

PN-APB H 376
70432

CARTOGRAPHIE ET TELEDETECTION DES RESSOURCES DE LA REPUBLIQUE DU SENEGAL

ETUDE DE LA GEOLOGIE, DE L'HYDROLOGIE, DES SOLS, DE LA VEGETATION ET DES POTENTIELS D'UTILISATION DES SOLS

SDSU-RSI-86-01



DIRECTION DE
L'AMENAGEMENT
DU TERRITOIRE



Agency for
International
Development

PSI REMOTE SENSING INSTITUTE

PA 124-376

CARTOGRAPHIE ET TELEDETECTION DES RESSOURCES
DE LA REPUBLIQUE DU SENEGAL

ETUDE DE LA GEOLOGIE, DE L'HYDROGEOLOGIE, DES SOLS, DE LA VEGETATION
ET DES POTENTIELS D'UTILISATION DES SOLS

sous l'égide conjointe de

LA REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTRE DE L'INTERIEUR
SECRETARIAT D'ETAT A LA DECENTRALISATION

et

L'AGENCE DES ETATS UNIS D'AMERIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

Avec la coopération de

L'INSTITUT DE TELEDETECTION
SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY
BROOKINGS, SOUTH DAKOTA 57007, USA

Directeur du projet- Victor I. Myers
Chef du projet- Andrew S. Stancioff

Auteurs

Géologie et hydrologie- Andrew Stancioff
Pédologie- Marc Staljanssens
Végétation/utilisation des terres- Gray Tappan

PROJET DE CARTOGRAPHIE ET DE TELEDETECTION
CONTRACT AID/AFR-685-0233-C-00-2013-00

Photographies

- en-haut à gauche: Un pâturage parmi des baobabs du Plateau de Bargny.
en-haut à droite: Champs de riz et prairies marécageuses de Basse Casamance.
en-bas à gauche: Une portion d'une image de Basse Casamance prise le 21 février 1973 (saison seche)
en-bas à droite: Une photographie aérienne oblique à basse altitude d'une succession de niayes au nord-est de Fâs Boye.
Altitude: 700 m; Date: le 27 avril 1984.

PREFACE

Le seul espoir de la Science d'échapper un jour à la malédiction de la Tour de Babel est de préparer de temps en temps des études qui résument et vulgarisent un nombre infini de contributions techniques.

*Carl L. Hubbs
1935*

Ce rapport présente les résultats de l'inventaire des ressources naturelles du Sénégal effectué de 1982 à 1985 pour le Plan National d'Aménagement du Territoire. Le titre adopté décrit plus complètement ce rapport qui satisfait aux clauses du contrat USAID, AID/afr 685-0233-C-00-2013-00 en application du 19 février 1982 au 31 mai 1985 et à celles du contrat USAID/Sénégal en application depuis le 1 juin 1985. Le premier contrat demandait la remise de matériels et d'équipements, le rassemblement de données et la formation d'homologues sénégalais. Le second demandait la préparation et la diffusion de cartes et de rapports décrivant les ressources du Sénégal.

La livraison du matériel et des équipements a eu lieu en 1982 et en 1983. La collecte des données par les équipes d'experts étrangers et sénégalais a commencé en 1982 et s'est terminée en 1985. Les activités de formation ont aussi commencé en 1982 et se sont aussi terminées en 1985. Les points précédents sont traités dans un rapport antérieur intitulé Rapport final administratif, SDSU-RSI-85-04.

Le présent rapport fournit aux agences gouvernementales sénégalaises et aux agences internationales coopérantes les résultats, arguments à l'appui, cités ci-après.

Cartes des ressources:

- Carte hydrogéologique du Sénégal montrant les unités géologiques et hydrologiques telles qu'elles ont été interprétées d'après les images Landsat et le travail de terrain. Il s'agit de 4 cartes colorées au 1:500 000^e et d'une feuille de légende en couleurs avec annotations.
- Carte pédologique du Sénégal montrant les unités morphologiques telles qu'elles ont été interprétées d'après les images Landsat et le travail de terrain. Il s'agit de 4 cartes colorées au 1:500 000^e et d'une feuille de légende en couleurs avec annotations.
- Carte de la végétation au Sénégal montrant les unités phytogéographiques. Il s'agit de 4 cartes colorées au 1:500 000^e et d'une feuille de légende en couleurs avec annotations.

Cartes thématiques:

- Carte de l'utilisation des sols au Sénégal montrant les utilisations en cours soit les principales cultures, les forêts, les pâtures. Il s'agit de 4 cartes au 1:500 000^e en noir et blanc et une feuille de légende avec annotations.
- Carte des puits et de la nappe phréatique montrant la profondeur de la nappe et des puits mesurés par le projet. Il s'agit de 4 cartes au 1:500 000^e en noir et blanc avec légende annotée.

Cartes de synthèse:

- Carte d'aptitude des sols et des terres du Sénégal montrant les potentiels pour l'agriculture, la sylviculture et le pâturage. Cette carte présente trois à cinq niveaux d'aptitudes, elle consiste en 4 cartes au 1:500 000^e en noir et blanc avec des motifs et d'une feuille de légende avec annotations.
- Carte tectonique du Sénégal montrant les principales unités structurales en relation avec les potentiels en minerais et en eau. Une carte au 1:1 000 000^e en noir et blanc dotée d'une légende avec annotations.
- Carte de la dégradation des sols au Sénégal montrant les zones d'érosion due au vent ou à l'eau, les zones d'incursion de l'eau salée et les zones soumises à une pression écologique du fait des dégradations d'origine humaine. Une carte au 1:1 000 000^e en noir et blanc avec légende et annotations.
- Carte de la dégradation de la végétation au Sénégal montrant la pression sur les unités phytogéographiques résultant du manque d'eau et/ou de la dégradation des sols, etc... Une carte au 1:1 000 000^e en noir et blanc avec légende et annotations.
- Carte de l'eau et des minerais au Sénégal montrant les zones à fortes potentialités en eau, la profondeur de l'eau et le potentiel minéral du Sénégal. Une carte au 1:1 000 000^e en noir et blanc avec légende et annotations.

REMERCIEMENTS

Après quatre années de travail, il est difficile de savoir par qui commencer les remerciements. Nous sommes redevables à tant de personnes, au Sénégal, aux USA et dans diverses autres parties du monde. Nous espérons sincèrement que l'utilité de notre travail payera du moins en partie notre lourde dette.

Nous voudrions plus particulièrement remercier le gouvernement sénégalais pour l'intérêt qu'il a porté à ce projet. Nos remerciements vont tout spécialement à Son Excellence, le Ministre du Secrétariat à la Décentralisation, Moussa Ndoye et à son équipe pour leur aimable soutien. Les membres du Bureau d'Organisation et Méthode à la Présidence de la République qui nous ont accordé leur support et leur attention sont aussi plus particulièrement remerciés. Nous voudrions également exprimer notre gratitude au Directeur et au Personnel de la Direction à l'Aménagement du Territoire pour leur intérêt, leurs conseils et les critiques. Nous sommes redevables à tous les membres des agences gouvernementales qui nous ont fait don de leur assistance, leur temps et dans de nombreux cas l'honneur de leur amitié.

Ce serait de la négligence de notre part de ne pas nommer les personnes, membres des diverses agences qui se sont efforcées d'améliorer notre connaissance du Sénégal. Nous remercions tout spécialement Alioum Badian, DAT; Luc Dubois, PNUD; A.K. Fahem, PNUD; Dr. P. Michel, Strasbourg; A. Hadj, ENEA; B. Dieng, J. Le Priol et P. Curretti de la Direction des Etudes Hydrauliques. Nos remerciements les plus chaleureux sont adressés aux membres du Département de Géographie de l'Université de Dakar pour leur patience, l'aide attentionnée et l'amitié qu'ils ont montrées à notre égard. Nous voudrions également exprimer notre gratitude aux membres du Département de Géologie de l'Université de Dakar et en particulier à Dr. Diop qui nous a aidé à dresser le catalogue de nos échantillons. Nous remercions très sincèrement le personnel de la Direction des Mines et Géologie, Mr. Cheick Faye et le personnel de la bibliothèque que nous ont généreusement offert leur aide et leur amitié. L'assistance fournie par l'IFAN et l'ORSTOM ont été aussi fortement appréciées.

Nous sommes particulièrement redevables au directeur de l'USAID Mrs. Littlefield, et à son prédécesseur Mr. Shear, ainsi qu'à l'officier de l'USAID pour le projet Mr. Harvey et son prédécesseur Mr. Larry Harms; mais nous sommes plus encore à David Diop et Angélique qui ont assuré la survie du projet grâce à leur bonne humeur, leur travail intensif et leur patience. Nous sommes aussi très reconnaissants de l'assistance et du soutien apportés par de nombreux employés de l'AID tant Sénégalais qu'Américains.

De retour au RSI, la lourde tâche de rédaction et de cartographie a été assurée par un personnel très coopératif. La connaissance approfondie des techniques de levés sur le terrain et de cartographie de Dr. Gene Eulert a été fortement appréciée. Nous voulons remercier Lisa, Mélanie, Rick, Barb, Lillian, Jan, Bob, Russ, Rahim, Hamid, Joanne et Paul pour leur dévouement et leur travail. Sont également

sincèrement remerciés Doug "Waldo" Van Driel pour ces dessins, à Bob Markowitz pour ces représentations à l'encre et au crayon du paysage sénégalais, à Sheryl Bolton pour avoir tapé le manuscrit, à Shirley Lyons pour la composition, à Tom Coblenz pour la préparation des cartes, à Anne Espinasse-Cellner pour la traduction et à Jeanne Lesinski pour sa patience en tant qu'éditeur des rapports.

Nous n'aurions jamais pu achever ce travail sans l'aide précieuse apportée par les membres du projet localisé à Dakar. Nous voulons les remercier de leur travail intense et de leur coopération dans les bons et les mauvais moments. Nous espérons qu'ils gardent un aussi bon souvenir du temps passé ensemble que nous. Nous remercions:

M. Cisse	- garde forestier	I. Diop	- dessinateur
M. Colli	- garde forestier	M. Gadiaga	- dessinateur
M. Diaga	- garde forestier	L. Hulten	- assistant administratif
A. Diallo	- garde forestier	D. Ka	- assistant administratif
S. Diallo	- chauffeur	C. Lamotte	- comptable
M. Darboe	- garde forestier	A. Ouattara	- secrétaire
S. Darboe	- chauffeur	M. Ndiaye	- personnel d'entretien
M. Da Silva	- chauffeur	I. Thior	- jardinier

Sans l'aide apportée par d'innombrables personnes dans les campagnes sénégalaises, notre travail se résumerait à rien. Nous voulons exprimer notre plus sincère gratitude à ceux qui ont poussé nos voitures lorsque nous étions embourbés, à ceux qui nous ont si généreusement nourris et à ceux qui nous ont reçu chez eux lorsque nous étions fatigués, fourbus et découragés. Nous leur sommes gré du soutien moral dont ils nous ont si délicatement fait don. Que tous nos amis de Tiel, Linguère, Bakel, Koumpentoum et de l'hôtel "Diouf" à Tambacounda soient remerciés.

Finalement nous nous tournons vers ceux qui vont continuer la télédétection au Sénégal. Nous avons partagés avec eux plus que les relations d'ordre professionnel et ils sont pour beaucoup responsables du succès du projet. Leurs nombreux sacrifices et leur travail visaient à améliorer la vie de leurs compatriotes; ils ont mérité pour leur patrie. Que ces scientifiques, nos amis, soient tous ici profondément remerciés.

A.K. Cissé - homologue au chef du projet, DAT
A. Bodian - botaniste, Dir. des Eaux et Forêts
A. Sow - géologue, Dir. des Mines et Géologie
K. Diatta - géographe, DAT
B. Diouf - géographe, Prof.
A. Niang - aménagiste, DAT

Nous voudrions dédier notre travail aux deux personnes qui ont depuis fort longtemps travaillé pour que la télédétection obtienne sa juste place dans le schéma global de développement de la gestion et de planification des ressources naturelles. Pour leur prévoyance, leur courage, leur soutien inconditionnel, nous dédions ce travail à Dr. Mamadou Sall du Département de Géographie de l'Université de Dakar et à Dr. Charles Paul de l'USAID Office of Science and Technology, Washington, DC.

RESUME

Date: 1 janvier 1986

Projet: Plan National pour l'Utilisation des Terres et le Développement

Pays: Sénégal

Coût autorisé: 2 000 000 dollars

OBJECTIFS DU PROJET

1. Fournir des cartes de ressources et des interprétations de base du potentiel de développement.
2. Effectuer un transfert de technologie et développer chez les officiels gouvernementaux sénégalais une appréciation et une capacité opérationnelle des utilisations et applications de la télédétection.
3. Initier un effort de création d'une institution pilote en vue d'identifier et d'estimer les besoins à long terme du Sénégal en institutions de télédétection.

ACCOMPLISSEMENTS

1. Preparation des cartes

- carte pédologique du Sénégal au 1:500 000^e, en couleurs
- carte de la végétation du Sénégal au 1:500 000^e, en couleurs
- carte de la hydrogéologie du Sénégal au 1:500 000^e, en couleurs
- carte d'utilisation des terres du Sénégal au 1:500 000^e, en noir et blanc
- carte des potentiels des terres du Sénégal au 1:500 000^e, en noir et blanc
- carte de la dégradation des sols du Sénégal au 1:1 000 000^e, en noir et blanc
- carte de la dégradation de la végétation du Sénégal au 1:1 000 000^e, en noir et blanc
- carte tectonique du Sénégal au 1:1 000 000^e, en noir et blanc
- carte des potentiels en eau et en minerais du Sénégal au 1:1 000 000^e, en noir et blanc
- carte des ressources en eau et de l'emplacement des puits au 1:500 000^e

2. ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

L'étude hydrogéologique avait trois buts principaux: définir le potentiel hydrogéologique du Sénégal, évaluer le niveau de dégradation des couches aquifères du Sénégal causée par la désertification et la pression d'origine humaine, évaluer les potentiels géologique et minéral du Sénégal. Notre étude a utilisé les données satellites ainsi que d'autres données et le travail de terrain pour établir de nouvelles cartes plus performantes qui montraient de façon non équivoque que les ressources en eau souterrain du Sénégal sont bonnes mais méritent d'être soumises à de nouvelles analyses. Au cours de notre étude nous avons mesurés des centaines de puits à travers tout le

Sénégal. Ces mesures montrent qu'un léger abaissement de la nappe phréatique s'est produit dans certaines régions particulières surpeuplées et que des mesures peuvent être prises qui contrarient cet effet. Notre étude montre aussi que le Sénégal a un potentiel en hydrocarbures et en minéraux supérieur à celui qui lui avait été initialement attribué.

3. ENQUETE PEDOLOGIQUE

L'enquête pédologique a accompli ses trois objectifs principaux: cartographier les sols du Sénégal au 1:500 000^e, prélever des échantillons et évaluer le potentiel pédologique de certaines régions du Sénégal qui ont été mal ou peu cartographiées, fournir au gouvernement sénégalais une carte d'aptitude des sols donnant le potentiel agricole, pastoral et sylvicole du territoire sénégalais.

4. ETUDE DE LA VEGETATION ET DE L'UTILISATION DES TERRES

L'enquête portant sur la végétation et les utilisations des terres a été faite en réponse au besoin exprimé par les officiels gouvernementaux sénégalais pour un inventaire actualisé de la végétation et des types d'utilisation des terres au Sénégal. L'enquête a utilisé une approche à niveaux multiples en télédétection pour produire des cartes détaillées du couvert végétal, de la dégradation de la végétation et des utilisations et des couvertures des terres au Sénégal. Les cartes sont basées sur des interprétations Landsat multitemporelles au 1:250 000^e, sur l'analyse de photographies aériennes de régions choisies et sur des quantités importantes de données prélevées sur le terrain entre 1982 et 1985.

Le présent rapport donne une description des procédures de cartographie utilisées, à savoir les méthodes d'interprétation des images Landsat, de collecte des données sur le terrain, les stratégies de classification des utilisations des terres et la structure des légendes accompagnant les cartes. Une description détaillée de chaque type de couverture végétale est aussi donnée. Elle doit être utilisée en accompagnement des cartes; elle contient des informations concernant la physionomie, la composition des espèces et l'état général de la végétation.

5. CONCLUSION

Le présent rapport, les cartes, les figures et les annexes qui l'accompagnent définissent l'étendue et le statut des ressources naturelles du Sénégal. Cette information quoique non définitive devrait donner au gouvernement du Sénégal, au peuple sénégalais et aux agences responsables du développement, une vision plus claire des ressources naturelles de Sénégal et devrait fournir les moyens nécessaires à une planification plus efficace et au développement du Sénégal.

TABLE DES MATIERES

	PAGE
Préface.....	i
Remerciements.....	iii
Résumé.....	vi
Table des Matières.....	viii
Liste des Cartes.....	xii
Liste des Tableaux.....	xiii
Liste des Annexes.....	xiv
Liste des Figures.....	xv
CHAPITRE I: PORTEE, OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE PAR TELEDECTION DU SENEGAL	
1.1 Introduction.....	3
1.2 Application de la télédétection à l'étude des ressources naturelles sénégalaises.....	5
1.3 Format des cartes.....	7
1.4 Production des Cartes et Format.....	10
1.4.1 Préparation des cartes au Sénégal.....	10
1.4.2 Production des cartes au RSI.....	11
1.4.3 Format des cartes.....	13
1.4.4 Précision des cartes.....	14
1.5 Références.....	14
CHAPITRE II: CLIMAT ET PHYSIOGRAPHIE	
2.1 Général.....	18
2.2 Environnement Physique.....	19
2.3 Le Climat.....	21
2.3.1 Les Influences Atmosphériques.....	22
2.3.2 Les Alizés.....	22
2.3.3 Le <u>Harmattan</u>	22
2.3.4 La Mousson.....	22
2.3.5 Les Saisons.....	22
2.3.6 Les Caractéristiques Pluviométriques.....	23
2.3.7 Les Régions Climatiques.....	23
2.3.8 Températures et Taux d'Evaporation.....	23
CHAPITRE III: HYDROGEOLOGIE	
3.1 Introduction.....	38
3.2 Méthodes de Cartographie.....	39
3.3 Revue Bibliographique.....	40
3.4 Méthodologie de l'Interprétation Landsat.....	41
3.5 Caractéristiques de l'Imagerie Landsat Disponible.....	43
3.6 Travail sur le Terrain.....	43
3.6.1 Général.....	43
3.6.2 Méthodes.....	44

3.7	Autres Moyens de Vérification.....	47
3.7.1	Général.....	47
3.7.2	Survols Aériens.....	48
3.7.3	Analyses des Photographies Aériennes.....	50
3.7.3.1	Général.....	50
3.7.3.2	Analyses des Photographies.....	51
3.8	Format des Légendes et des Cartes.....	52
3.8.1	Carte Hydrogéologique.....	52
3.8.2	Carte Tectonique.....	53
3.8.3	Carte Hydrologique.....	53
3.8.4	Carte de l'Eau et des Minerais.....	53
3.8.5	Format des Cartes et Documentation.....	54
3.9	La Géologie du Sénégal.....	54
3.9.1	Introduction.....	54
3.9.2	Géologie de Sénégal Oriental: Le Précambrien et le Paléozoïque.....	56
3.9.2.1	Le Birrimien.....	56
3.9.2.2	Les Roches de la Fin du Précambrien et du Paléozoïque.....	60
3.9.2.3	Conclusions.....	64
3.9.3	Le Bassin Sédimentaire du Sénégal.....	65
3.9.3.1	Les Périodes Géologiques.....	65
3.9.3.2	Tectonique, Magmatisme et Histoire Géologique du Bassin Sénégal-Mauritanien..	71
3.9.4	Interprétation Landsat.....	77
3.9.4.1	Introduction.....	77
3.9.4.2	Approche Descriptive.....	78
3.9.5	Interprétation des Données Satellites et Autres.....	125
3.9.5.1	Introduction.....	125
3.9.5.2	Interprétation des Images Landsat et Analyse Tectonique.....	126
3.9.5.3	Résumé du Développement Tectonique du Sénégal,	134
3.9.6	Géologie Economique.....	136
3.9.6.1	Introduction.....	136
3.9.6.2	Description du Potentiel Minéral et en Hydrocarbures du Sénégal.....	137
3.10	L'Hydrologie.....	159
3.10.1	Introduction.....	159
3.10.2	Présentation Générale.....	160
3.10.3	Revue Bibliographique.....	161
3.10.4	Les Caractéristiques Hydrologiques Majeures du Sénégal.....	162
3.10.4.1	L'Eau Superficielle.....	162
3.10.4.2	L'Eau Souterraine.....	166
3.10.4.3	Contrôle Structural des Couches Aquifères...	178
3.10.4.4	Interprétation Landsat des Caractéristiques Hydrologiques et Vérifications.....	178
3.10.4.5	Mesures des Puits par le Projet.....	179
3.10.6	Potentiel en Eau du Sénégal.....	184
3.11	Annexe A: Hydrogéologie.....	188
3.12	Références Bibliographiques.....	270

CHAPITRE IV: SOLS ET APTITUDE DES TERRES

4.1	Introduction.....	281
4.2	Méthode de Levé.....	282
4.2.1	Introduction.....	282
4.2.2	Acquisition des Données de Télédétection.....	282
4.2.3	Etude Bibliographique.....	282
4.2.4	Interprétation.....	283
4.2.5	Vérifications de Terrain.....	283
4.2.6	Finalisation.....	286
4.2.7	Vérifications Complémentaires.....	286
4.3	Production de la Carte Morphopédologique.....	286
4.3.1	Introduction.....	286
4.3.2	Légende.....	286
4.3.3	Description des Unités Cartographiques.....	292
4.3.3.1	Formaions sur Terrains Quaternaires ou a Volcanisme Récent.....	292
4.3.3.2	Formations sur Terrains Secondaires et Tertiaires.....	332
4.3.3.3	Formations sur Roches Primaires ou Roches Volcano-Sédimentaires Anciennes.....	362
4.3.3.4	Divers.....	394
4.3.3.5	Classification des Sols.....	394
4.4	Production de Cartes Dérivées.....	400
4.4.1	Introduction.....	400
4.4.2	Carte d'Aptitude des Sols.....	400
4.4.2.1	Critères.....	400
4.4.2.2	Cotation.....	418
4.4.3	Carte de la Dégradation des Sols.....	422
4.4.3.1	Introduction.....	422
4.4.3.2	Types de Dégradation.....	422
4.5	Annexe B: Sols et Aptitude des Terres.....	424
4.6	Références Bibliographiques.....	470

CHAPITRE V: VEGETATION ET UTILISATION DES TERRES

5.1	Introduction.....	482
5.2	Revue Bibliographique.....	482
5.3	Procédure de Cartographie.....	483
5.3.1	Itinéraires de Reconnaissance de la Végétation et de l'Utilisation des Terres.....	483
5.3.2	Classification de la Végétation.....	484
5.3.3	Classification des Types d'Utilisation et de Couverture des Terres.....	485
5.3.4	Interprétation.....	485
5.3.5	Collecte des Données sur le Terrain.....	487
5.3.6	Vérifications Complémentaires.....	489
5.3.7	Légende de la Végétation.....	491
5.3.8	Légende des Types d'Utilisation et d'Occupation des Sols.....	492
5.4	Description des Types de Couverture.....	492
5.4.1	Région Phytogéographique Sahélienne.....	493
5.4.1.1	La Vallée du Fleuve Sénégal.....	495
5.4.1.2	La Grande Côte.....	502
5.4.1.3	La Région de Dakar.....	508

5.4.1.4	Domaine Agricole du Centre-Ouest.....	511
5.4.1.5	Le Domaine Pastoral.....	530
5.4.2	La Région Phytogéographique Soudanaise.....	556
5.4.2.1	Le Domaine Agricole du Centre-Ouest (Soudanais).....	559
5.4.2.2	La Zone de Transition Orientale.....	576
5.4.2.3	La Région du Socle.....	588
5.4.2.4	La Casamance.....	598
5.4.3	La Région Phytogéographique Guinéenne.....	610
5.4.3.1	La Casamance.....	611
5.5	Carte de la Dégradation de la Végétation.....	616
5.6	Annexe C: Végétation et Utilisation des Terres.....	619
5.7	Références Bibliographiques.....	624

CHAPITRE VI: CONCLUSIONS

6.1	Introduction.....	633
6.2	Résumé et Conclusions des Cartes Hydrogéologiques du Sénégal.....	634
6.2.1	Résumé de la Cartographie Hydrologique.....	634
6.2.2	Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie Hydrogéologique.....	634
6.2.2.1	Conclusions Résultant de la Cartographie Géologique.....	634
6.2.2.2	Conclusions Basées sur la Cartographie Hydrologique.....	635
6.3	Résumé de la Cartographie Pédologique du Sénégal.....	635
6.3.1	Résumé de la Cartographie Pédologique.....	635
6.3.2	Conclusions Tirées de l'Effort Cartographique de la Pédologie.....	636
6.4	Résumé et Conclusions de la Cartographie de la Végétation du Sénégal.....	638
6.4.1	Résumé des Cartes de la Végétation et de l'Utilisation des Terres.....	638
6.4.2	Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie de la Végétation.....	639
6.4.2.1	La Vallée du Fleuve Sénégal.....	640
6.4.2.2	La Grande Côte.....	640
6.4.2.3	La Région de Dakar.....	641
6.4.2.4	Le Domaine Agricole du Centre-Ouest.....	641
6.4.2.5	Le Domaine Pastoral.....	642
6.4.2.6	La Zone de Transition Orientale.....	644
6.4.2.7	La Région du Socle.....	645
6.4.2.8	La Casamance.....	645
6.5	Recommandations.....	647
6.5.1	Recommandations Basées sur l'Etude Géologique et Hydrologique Réalisée par le Projet.....	648
6.5.1.1	Recommandations Géologiques.....	648
6.5.1.2	Recommandations Hydrologiques.....	649
6.5.2	Recommandations Basées sur les Travaux Pédologiques Effectués par le Projet.....	650
6.5.3	Recommandations Basées sur l'Etude de la Végétation, de l'Occupation et de l'Utilisation des Sols Réalisée par le Projet.....	651
6.6	Références Bibliographiques.....	653

CARTES

CHAPITRE I	PAGE
Carte 1.1 Indice de la Couverture Landsat du Sénégal et de la Gambie	6
Carte 1.2 Les Régions Naturelles du Sénégal	7
CHAPITRE II	
Carte 2.1 Les Grandes Régions Climatiques du Sénégal	20
Carte 2.2 Carte des Isohyètes du Sénégal	24
Carte 2.3 Moyennes Pluviométriques Annuelles	25
Carte 2.4 Comparaison des Données Pluviométriques	27
Carte 2.5 Régions Phytogéographiques du Sénégal	28
CHAPITRE III	
Carte 3.1 Itinéraires des Levés Hydrogéologiques	45
Carte 3.2 Sur vols Aériens	49
Carte 3.3 Carte du Bassin Sénégal-Mauritanien	55
Carte 3.4 Carte Gravimétrique du Sénégal	128
Carte 3.5 Carte Aéromagnétique du Bassin Sénégalais	129
CHAPITRE IV	
Carte 4.1 Découpage Géologique	289
Carte 4.2 Formations	290
Carte 4.3 Formations A et L (partim)	291
Carte 4.4 Formation P (partim)	353
Carte 4.5 Formation S (roches plissées)	363
Carte 4.6 Formations M, G, I et S (partim)	365
Carte 4.7 Régions Pédoclimatiques	417
CHAPITRE V	
Carte 5.1 Itinéraires des Levés de la Végétation	490
Carte 5.2 Environnements Ecogéographiques	496

TABLEAUX

CHAPITRE II		PAGE
Tableau 2.1	Relevés Pluviométriques de 1974 à 1983	27
Tableau 2.2	Moyennes Mensuelles des Températures	29
Tableau 2.3	Taux d'Evaporation pour 4 Stations au Sénégal	29
CHAPITRE III		
Tableau 3.1	Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba: Statistiques de Production et d'Exploration de 1960 à 1982 (totale)	146
Tableau 3.2	Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba: Statistiques de Production et d'Exploration de 1960 à 1982	147
Tableau 3.3	Comparaison de la Profondeur de l'Eau dans des 180 Puits Sénégalais--1962	180
Tableau 3.4	Comparaison de la Profondeur de l'Eau dans des Puits Sénégalais--1967	181
Tableau 3.5	Comparaison de la Profondeur de l'Eau dans des Puits Sénégalais--1981	181
CHAPITRE IV		
Tableau 4.1	Table de Conversion	419
Tableau 4.2	Triangle des Textures	404

ANNEXES

ANNEXE A: HYDROGEOLOGIE		PAGE
Tableau III-1	Caractéristiques de l'Imagerie Landsat	188
Tableau III-2	Catalogue des Points d'Eau et Mesures des Puits du Sénégal	202
Tableau III-3	Catalogue des Echantillons Géologiques	238
Tableau III-4	Analyse des Echantillons	247
Tableau III-5a	Travail sur le Terrain	251
Tableau III-5b	Travail sur le Terrain	251
Tableau III-6a	Survols Aériens	254
Tableau III-6b	Survols Aériens	254
Tableau III-7	Analyse des Photographies Aériennes	257
ANNEXE B: SOLS ET APTITUDE DES TERRES		
Tableau IV-1	Itinéraires des Levés Morphopédologiques	425
Tableau IV-2	Exemples de Profils d'Etude	426
Tableau IV-3	Caractéristiques Pédologiques: Paramètres de Premier Ordre	445
Tableau IV-4	Caractéristiques Pédologiques: Paramètres de Second Ordre	447
Tableau IV-5	Aptitude des Terres	467
ANNEXE C: VEGETATION ET UTILISATION DES TERRES		
Tableau V-1	Types de Végétation	619
Tableau V-2	Exemple d'une Feuille d'Observation de Terrain	622

FIGURES

FIGURE PAGE

CHAPITRE III

3.1	Schéma du section transversale du Sénégal (Dakar-Bakel).	73
3.2	Paysage du Sénégal Oriental.	80
3.3	Image Landsat du Sénégal Oriental.	80
3.4	Bandes de calcaires siliceux et argileux (marbre) à Ibel.	82
3.5	Roches calcaires à plis serrés de la Série Dialé près de Bandafassi.	83
3.6	Restes après érosion de calcaires et d'argiles à silex finement stratifiés et à plis serrés, à l'est de Ibel.	83
3.7	Roches schisteuses à plis déformés, à l'est de Kossanto.	84
3.8	Image Landsat du Sénégal Oriental.	88
3.9	Image Landsat du Sénégal Oriental.	94
3.10	Image Landsat de la Haute Casamance.	100
3.11	Horizon de tillites dans un petit cours d'eau à l'est de Marsa.	102
3.12	Blocs erratiques de dolérites dans un perrier à l'ouest de Bandafassi.	103
3.13	Cuirasse de dolérites et talus couvrant la Série Dialé du Birrimien à l'ouest de Bandafassi.	103
3.14	Grès au Cap Skirring.	112
3.15	Une faille chevauchante.	119
3.16	Image Landsat de la Région de Diourbel-Thiès.	119
3.17	Vue aérienne des niayes.	141
3.18	Lit du fleuve Falémé vu depuis le Mali en avril.	143
3.19	Horizon aurifère entre Kédougou et Saraya.	150
3.20	Conglomerat aurifère provenant des berges du cours d'eau Diaguéri.	151
3.21	Fossé d'érosion peu profond au sud de Mboune.	165
3.22	Puits à la Mission Catholique de Ndiagianiao.	168
3.23	Un groupe de stagiaires et d'instructeurs.	168
3.24	Relief kartistique dans les calcaires du Paléocène à Keur Ndiogue Nidaye.	170
3.25	Creusement d'un puits dans le "Continental Terminal" près de Koutia Bâ.	174
3.26	Un delta salé dans le lac Retba.	176
3.27	Un céane typique au Sénégal Oriental.	177

CHAPITRE IV

4.1	Le Sondage.	284
4.2	Un mini-puits.	284
4.3	Un mini-puits.	285
4.4	Un profil pédologique.	287
4.5	Photographie aérienne oblique à basse altitude des unités La1, La3 et La4.	294
4.6	Lit fonctionnel de la rivière en Haute Casamance.	310
4.7	Termitères "champignon" sur sols hydromorphes.	310

FIGURES (suite)

PAGE		
4.8	Surface de glaçage et érosion en nappe.	314
4.9	Un pare-feux dans le Ferlo sableux.	321
4.10	Un pare-feux dans le Ferlo Boundou.	334
4.11	Matériel ferrugineux durci exposé à l'air par l'érosion.	334
4.12	Termitières sur sols ferrugineux tropicaux profonds.	342
4.13	Affleurement de cuirasse - demantèlement de cuirasse.	342
4.14	Surface d'érosion: Massif de Ndiass.	361
4.15	Vue macroscopique de la carapace dans des grès.	370
4.16	Termitière "champignon" sur sol gravillonnaire.	370
4.17	Une cuesta (grès).	380
4.18	Plaine d'une cuesta.	380
4.19	Dallage avec blocs erratiques.	389
4.20	Vue macroscopique de la dalle d'une cuirasse.	389

CHAPITRE V

5.1	Une vue à l'est de la vallée du fleuve Sénégal.	491
5.2	Steppe arbustive dans la vallée du fleuve Sénégal.	497
5.3	Vue aérienne d'une forêt riveraine à <u>Acacia nilotica</u> .	498
5.4	Une forêt riveraine à <u>Acacia nilotica</u> dégradée.	498
5.5	Image Landsat du Ferlo sableux, du lac de Guiers et du delta du fleuve Sénégal.	500
5.6	Vue aérienne des niayes près de Fâs Boyé.	504
5.7	Vue aérienne des dunes côtières.	504
5.8	Vue d'une large niaye.	507
5.9	Vue aérienne du Bassin des Arachides dans la région de Khombole.	507
5.10	Vue aérienne d'une pseudo-steppe arbustive et arborée clairsemée dans le nord du Bassin des Arachides.	513
5.11	Herbage estival temporaire à la fin de la saison des pluies.	513
5.12	<u>Euphorbia balsamifera</u> utilisé comme haies.	516
5.13	<u>Cuiera senegalensis</u> dans une jachère sur sol sableux.	520
5.14	Scène de saison sèche à l'est de Ndangalma.	521
5.15	Scène de saison pluvieuse à l'est de Ndangalma.	521
5.16	Restes d'une palmeraie à <u>Borassus aethiopium</u> après exploitation.	524
5.17	Vue aérienne d'une étroite vallée près de Noto.	528
5.18	Vue aérienne de la savane tigrée.	532
5.19	Une pseudo-steppe arbustive clairsemée sur sols "diéri".	534
5.20	Une pseudo-steppe arbustive dans le nord du Ferlo sableux.	534
5.21	Une pseudo-steppe arbustive avec quelques arbres dispersés.	536
5.22	Végétation relativement dense dans les dépressions interdunaires.	536
5.23	Vue pendant la saison sèche de la vallée du Ferlo près de Linguère.	545
5.24	Vue pendant la saison des pluies de la vallée du Ferlo près de Linguère.	545

FIGURES (suite)

5.25	Vue de la savane arbustive à <u>Pterocarpus lucens</u> près de Yonofère en saison sèche.	547
5.26	Vue de la savane arbustive à <u>Pterocarpus lucens</u> près de Yonoféré en saison des pluies.	547
5.27	Vue aérienne de la savane arbustive dominée par <u>Pterocarpus lucens</u> près de Revane.	552
5.28	Canaux densément boisés d'une vallée fossile à l'est de Mboule.	552
5.29	Vue aérienne des cultures de mil, coton, et arachides au sud de Nioro du Rip.	565
5.30	Image Landsat du département de Kaffrine.	565
5.31	Vue en saison sèche des terres agricoles à l'est de Kounghoul.	567
5.32	Vue en saison humide des terres agricoles de l'est de Kounghoul.	567
5.33	Vue aérienne des termitières.	569
5.34	Vue aérienne des estuaires du Sine Saloum au nord de Toubakouta.	575
5.35	Paysage dégradé des estuaires du Sine Saloum au nord de Toubakouta.	578
5.36	Paysage aérienne de la limite entre la Forêt Classée de Mbégué et les cultures du Bassin des Arachides.	578
5.37	Vue de la savane boisée sur les hauteurs au sud de Toubéré Bafal.	583
5.38	Une savane boisé dense au nord de Tambacounda.	587
5.39	Arbustes et petits arbres éparpillés sur les buttes et les collines résiduelles entre Bakel et Kidira.	591
5.40	Un <u>bowal</u> typique ou alios ferrugineux près de Saraya.	595
5.41	Image Landsat de la portion sud du Parc National du Niokola Koba.	595
5.42	Végétation ripicole du fleuve Gambie près du Gué de Wassadou.	600
5.43	Vue aérienne des cultures dans les vastes étendues boisées de Moyenne Casamance.	600
5.44	Vue en saison humide d'une large vallée peu profond de Moyenne Casamance.	606
5.45	Vue en saison sèche d'une large vallée peu profond de Moyenne Casamance.	606
5.46	Vue aérienne des cultures irriguées de riz, des mangroves et des marécages dénudés soumis aux marées près de Séléki.	610
5.47	Vue aérienne des hauteurs déboisées de Basse Casamance.	613
5.48	Vue aérienne du complexe de forêts humides et de palmeraies (palmiers à huile) qui borde les larges vallées basse de Basse Casamance.	613
5.49	Image Landsat de Basse Casamance.	618

CHAPITRE I

PORTEE, OBJECTIFS

ET METHODOLOGIE CARTOGRAPHIQUE

DE L'ETUDE PAR TELEDETECTION DU SENEGAL



CHAPITRE I: PORTEE, OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE PAR
TELEDECTION DU SENEGAL

	PAGE
1.1 Introduction.....	3
1.2 Application de la télédétection à l'étude des ressources naturelles sénégalaises.....	5
1.3 Format des cartes.....	7
1.4 Production des Cartes et Format.....	10
1.4.1 Préparation des cartes au Sénégal.....	10
1.4.2 Production des cartes au RSI.....	11
1.4.3 Format des cartes.....	13
1.4.4 Précision des cartes.....	14
1.5 Références.....	14

CHAPITRE I

1.1 INTRODUCTION

Le Sénégal qui couvre environ 196 700 km² et la Gambie dont la superficie est environ 10 000 km², sont situés dans la zone Soudano-Sahélienne de l'Afrique occidentale. La population du Sénégal est estimée (en 1985) être de 6.1 millions d'habitants et son taux de croissance annuelle est estimé à 2.5%. Environ 70% de la population vit dans les zones rurales. Sans tenir compte de la forte pression qu'elle exerce sur Dakar et les autres centres urbains, cette même population rurale continue à s'accroître. Environ 55% de cette population vit dans le Bassin des Arachides, bassin central qui couvre moins de 20% du territoire sénégalais.

Les effets combinés de l'accroissement de la population, du déclin de la fertilité des sols et d'une période prolongée de précipitations en dessous de la normale, continuent à poser des obstacles majeurs au développement du Sénégal. La menace se fait particulièrement sentir dans le Bassin des Arachides. Il a été estimé que seulement la moitié des terres arables du Sénégal (soit 4.6 millions d'hectares) sont actuellement cultivées. Les chiffres de productivité pour des cultures telles que le mil et le riz sont significativement en dessous de ceux des autres contrées africaines.

Le Sénégal n'exploite pas complètement ses quelques ressources minérales connues, tels ses phosphates, et peu d'effort a été consacré à l'exploration approfondie des ressources en gaz dans l'ouest du pays et des autres ressources minérales dans l'est et le sud-est du pays.

Les disponibilités en eau constituent le problème majeur du Sénégal à tous les niveaux. Les faibles précipitations au cours des dix dernières années ont résulté en une diminution des réserves en eau dans de nombreux villages. Aucun effort à l'échelon national n'a cependant été entrepris pour évaluer les potentiels souterrains des diverses nappes aquifères. Le lac du barrage de Guiers qui reçoit des apports annuels en eau fraîche a allégé les manques d'eau à Dakar et dans les autres centres urbains. La construction de barrages à Diama et Manantali devrait aussi aider à régulariser le cours du fleuve Sénégal et libérer de nouvelles terres pour la production. Un effort des Investissements du Moyen Orient pour le creusement de puits profonds dans le Bassin des Arachides devrait aussi remédier à certains problèmes locaux. Néanmoins, de larges portions de la région surpeuplée à l'ouest du pays ont peu d'avenir sans des ressources adéquates en eau, en particulier depuis que la diminution des réserves en eau a signifié l'élimination de petits troupeaux de moutons ou de chèvres ainsi que coupé cours à la production végétale.

Les ressources forestières et en pâturage sont peu cartographiées et sont soumises dans certaines régions au stress résultant de la sur-exploitation et des feux, alors que d'autres régions elles sont sous développées.

Une sérieuse dégradation des sols sur l'ensemble du Sénégal a résulté de la pression de population, de la déforestation, de la monoculture extensive des cacahuètes comme unique source de revenus, des pauvres pratiques d'aménagement des terres, de la sécheresse chronique, des vents violents et des pluies torrentielles qui ont découpé les sols superficiels. La perte de productivité résultant de cette dégradation des sols pose de sérieux problèmes. Une première approche pour apporter une solution à ce problème est d'avoir une meilleure compréhension des ressources pédologiques du Sénégal et de leurs potentiels.

Le Sénégal doit donc faire face à deux problèmes majeurs dans son effort de développement d'une autosuffisance agricole. Le premier est le manque de données concernant ses ressources et le second est la détérioration de ses sols due à l'action combinée de la désertification et des mauvaises pratiques agricoles qui ont appauvri les sols, détruit les pâtures et endommagé les forêts.

Le présent projet représente un effort d'augmentation des connaissances concernant l'environnement sénégalais grâce à l'inventaire systématique de ses ressources et à une évaluation des effets de la dégradation qu'elle résulte de causes naturelles ou humaines.

Un nombre incalculable d'études spécifiques sur des sites précis, ont été réalisées et sont encore poursuivies au Sénégal. Ces études sont toutefois limitées, soit par leur format d'exécution, soit par leurs objectifs particuliers, soit parce qu'elles cadent. Alors que ces études peuvent être facilement utilisées pour confirmer les résultats d'autres enquêtes conduites à petites échelles, elles ne peuvent pas être aussi facilement intégrées dans une banque des ressources établie à l'échelle nationale. Une collecte synchronisée des données est nécessaire pour assurer l'uniformité des conditions d'établissement des données de base. Une connaissance de l'état et l'importance des divers paramètres définissant les ressources, est nécessaire à l'établissement de fondations sur lesquelles on puisse baser un plan national, la mise en application de mesures correctrices et la future mise à jour du catalogue des ressources.

Pour des enquêtes sur de vastes étendues, des cartes à petites échelles (1:1 000 000^e ou 1:500 000^e) constituent le meilleur compromis entre le niveau de détail et le coût et le temps passé à accomplir ces enquêtes. Les données du satellite Landsat ont été utilisées avec succès pour plusieurs inventaires des ressources à petite échelle, au niveau local, régional et national. En général, une approche à plusieurs niveaux a été utilisée pour les inventaires établis d'après Landsat. Ces niveaux comprennent: les données provenant du balayeur multispectral du Landsat (MSS), l'imagerie du vidicon à retour de faisceau (RBV), les photographies aériennes, les observations sur le

terrain et les échantillons prélevés sur le terrain. Les images Landsat, bien qu'elles soient limitées par leurs échelles réduites, procurent une couverture synoptique presque orthographique et multispectrale. La couverture multi-datée offerte par le Landsat (qui si elle est obtenue au moyen de la photographie aérienne serait beaucoup plus coûteuse) donne de plus la possibilité de mettre à jour les transformations encourues par les ressources telles la succession des pâtures, l'utilisation des sols, l'humidité, l'érosion.

Les inventaires à l'échelon national des ressources du Sénégal sont pratiquement inexistantes. Par exemple, les cartes pédologiques du Sénégal actuellement existantes sont au 1:1 000 000^e et ont été établies à partir d'enquêtes très réduites, faites à diverses échelles et à partir d'un très petit nombre d'expédition sur le terrain pour la majorité du très important bassin central, le Bassin des Arachides. De même, les cartes géologiques du Sénégal au 1:500 000^e en raison de leur nature composée, ne montrent que quelques structures et ne donnent pas ou que très peu d'information concernant l'histoire tectonique du Sénégal; ces données structurales (failles, plis, fractures) sont de la première importance quand il s'agit d'établir les ressources en eau, en minerais et en combustibles fossiles. C'est pourquoi le but du présent projet était d'établir les données de base pour un plan national de gestion des ressources, répondant aux besoins du Plan National de l'Aménagement du Territoire. Cet objectif a été atteint grâce à l'enquête à niveaux multiples réalisée au moyen du Landsat. Les ressources répertoriées lors de l'enquête portant sur 206 700 km² de territoires sénégalais et gambien, comprennent les ressources en eau, en minerais, la végétation (forêts, pâtures et agriculture) et les sols. Des interprétations supplémentaires relatives à la dégradation et des cartes du potentiel des ressources ont été aussi réalisées.

1.2 APPLICATION DE LA TELEDETECTION A L'INVENTAIRE DES RESSOURCES DU SENEGAL

La télédétection est définie comme étant la science et l'art d'acquérir des informations au sujet d'objets ayant une existence matérielle sans venir en contact physique avec ces objets.

Le projet de cartographie et d'études en télédétection a utilisé des images Landsat dans le proche infra-rouge, en lumière visible et accentuées et des photographies aériennes pour accomplir l'inventaire des ressources.

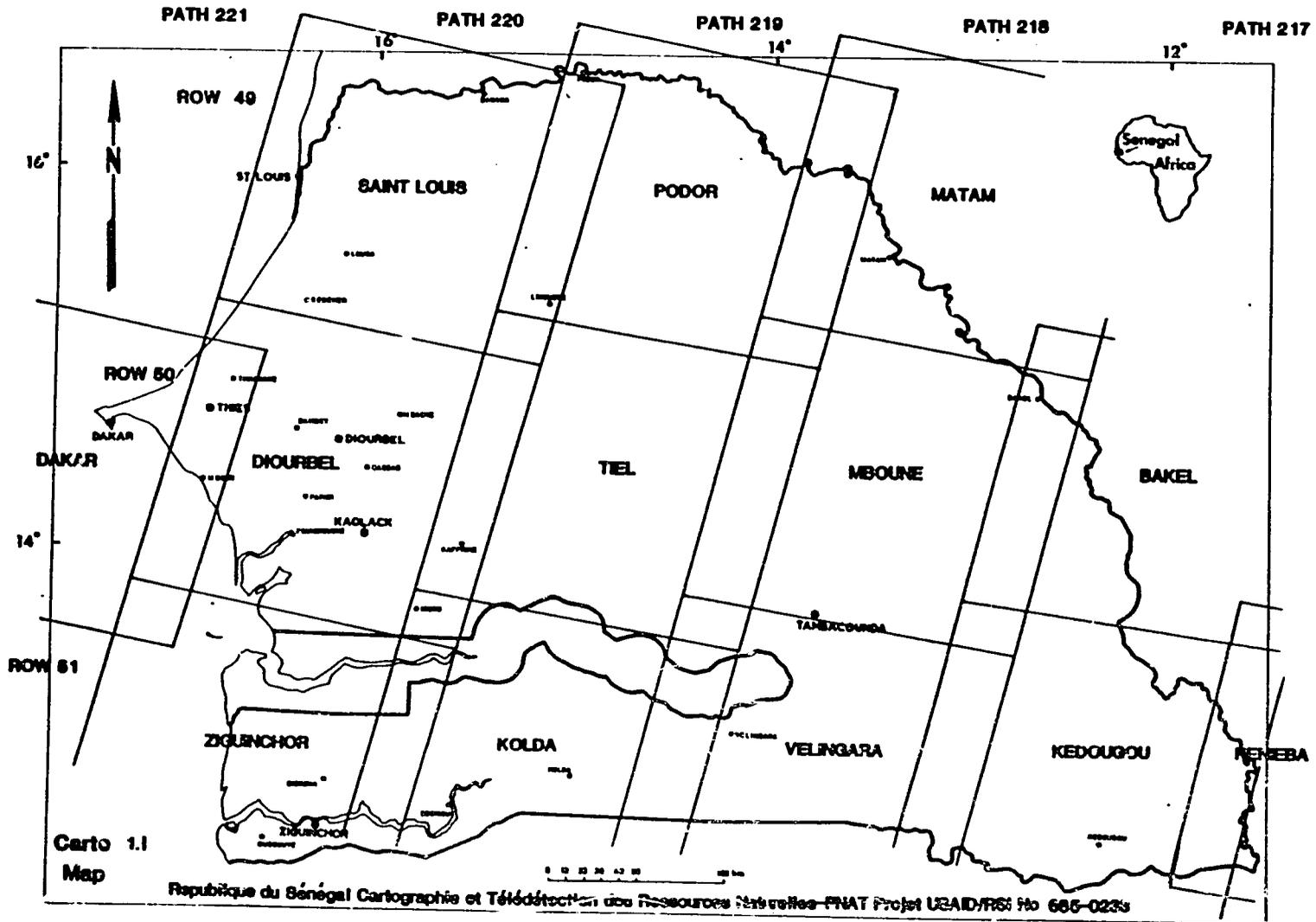
Les images du satellite Landsat sont composées des données MSS et RBV. Les données MSS ont été enregistrées sur 4 "bandes" spectrales: bande 4, 0.5 à 0.6 μm (verte); bande 5, 0.6 à 0.7 μm (rouge); bande 6, 0.7 à 0.8 μm (proche infra-rouge); bande 7, 0.8 à 1.1 μm (proche infra-rouge). Les images RBV (Landsat 3) ont été obtenues à l'aide de deux systèmes de caméras qui ont filmé les données dans les longueurs d'onde du spectre visible, 0.505 à 0.750 μm . Une scène Landsat MSS couvre 165 par 185 km tandis qu'une scène RBV couvre 98 par 98 km (4 scènes RBV par scène MSS). Le pouvoir instantané de résolution au sol (c'est-à-dire le point au sol vu à chaque instant par le système

optique) est de 0.45 ha pour les images Landsat MSS et 0.10 pour les images RBV. Le satellite Landsat achève une révolution complète autour de la Terre tous les 18 jours à une altitude de 917 km (la couverture pour le Sénégal est montré sur la carte 1.1); les facilités d'enregistrement et de manipulation des données sont toutefois limitées et en conséquence, les données MSS et RBV ne sont pas transmises en continu pour toutes les surfaces terrestres.

Les images en couleur infra-rouge sont sensibles aux radiations du spectre visible et du proche infra-rouge. La végétation en cours de croissance absorbe les radiations situées dans le bleu et le rouge et réfléchit les radiations situées dans le vert et le proche infra-rouge. Le système Landsat fait la différence entre ces diverses portions du spectre électromagnétique et donne des images infra-rouges à partir desquelles on peut reconnaître, différencier et définir les zones où la végétation est en cours de croissance, soumise à un stress ou morte. Les images en couleur obtenues à partir de la composition des bandes 4, 5, et 7 du système Landsat MSS permettent d'établir la carte de la végétation en bonne santé ou subissant un stress par comparaison des teintes. Par déduction, les cartes des sols productifs, des zones humides ou sèches, des pratiques agricoles (utilisation des terres) et des zones où la végétation est en bonne santé ou soumise à des pressions d'origine naturelle ou humaine peuvent également être établies.

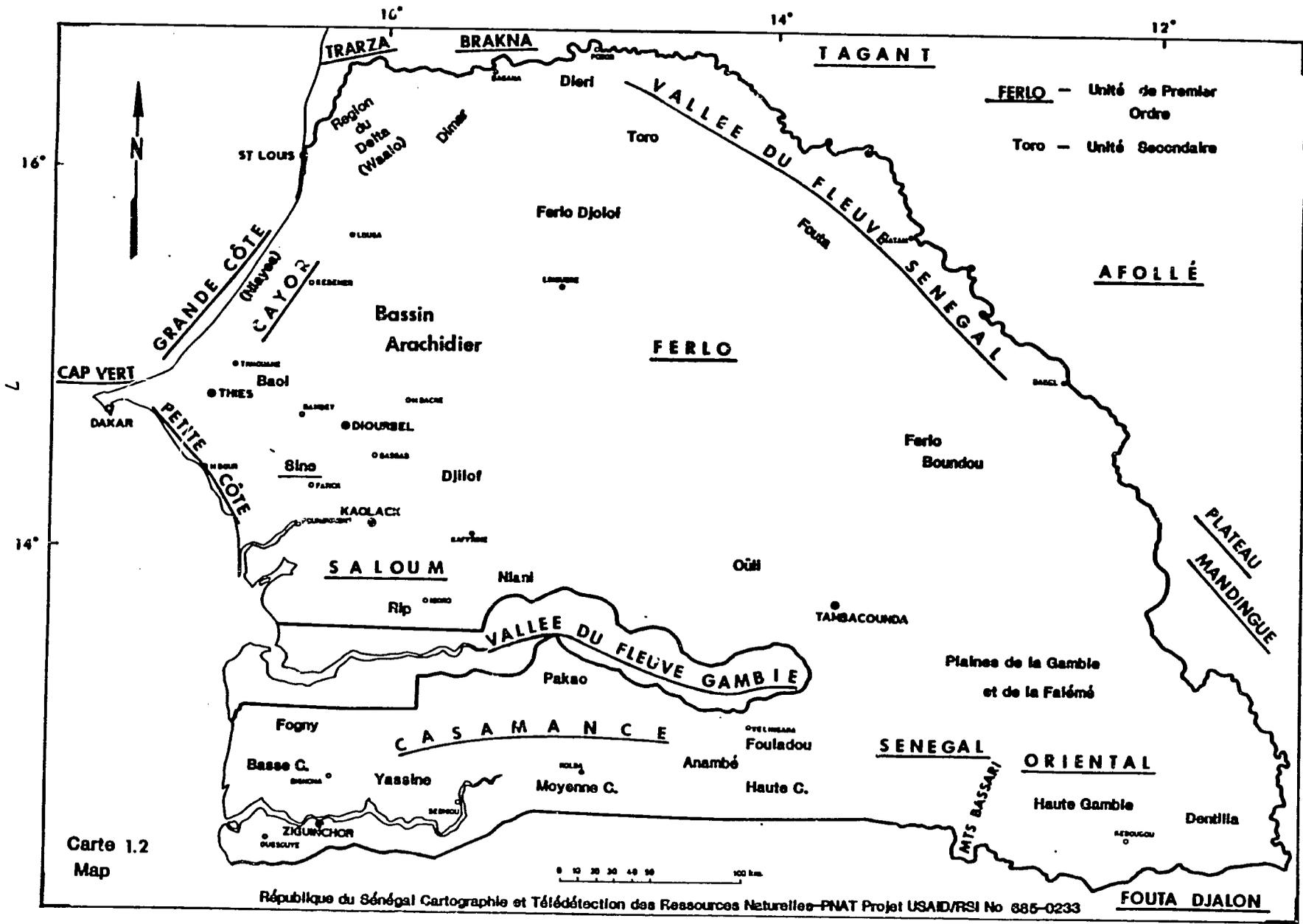
Bien qu'un grand nombre d'images soit disponible pour le Sénégal, on n'a pas pu trouver un seul lot d'images de haute qualité (il en faut 13 au total pour une couverture complète du Sénégal) qui couvre le Sénégal sur un mois ou une saison donné. C'est pourquoi les analyses ont été établies sur la base d'une mosaïque d'images obtenues sur plusieurs années et plusieurs saisons. De plus, aucun lot particulier d'images n'a paru être optimal pour les trois groupes de cartographes (pédologues, hydrogéologues, botanistes). Aucune base unifiée n'a par conséquent pu être produite. Ce manque d'image pour le Sénégal, en particulier pour les dernières années (1982-1985), a empêché toute estimation précise des progrès de la désertification au Sénégal. Ce manque d'image est dû au fait que les satellites Landsat en orbite autour de la Terre ont tous eu des problèmes de fonctionnement au cours des années 1982 à 1984 et que le dernier dans la série, Landsat TM (Thematic Mapper) qui aurait pu fournir l'information requise, a lui aussi souffert de mauvais fonctionnements et n'a que rarement opéré au dessus du Sénégal et n'a donné à l'origine que de pauvres résultats.

Une approche hiérarchique ou à niveaux multiples a été utilisée par chacun des scientifiques pour la réalisation des cartes de ressources lui revenant. Cette approche est basée sur l'interprétation des photographies et l'analyse multi-datée (saisonnière et sur plusieurs années) des images Landsat. Les premières délimitations établies par interprétation des images Landsat MSS d'échelles diverses ont été complétées avant le début du travail de terrain. Les autres informations de base qui comprenaient des études spécifiques de site, des cartes à petites échelles et l'expérience des homologues sénégalais ont été utilisées pour préparer l'interprétation préliminaire.



6A

INDEX TO LANDSAT COVERAGE-SENEGAL AND GAMBIA
 INDICE DE LA COUVERTURE LANDSAT DU SENEGAL ET DE LA GAMBIE



Régions Naturelles et Unités Géographiques du Sénégal

Natural Regions and Geographic Units of Senegal

Chacune des expéditions sur le terrain a duré une à deux semaines; les équipes des différentes ressources ont travaillé séparément en raison de la disparité des techniques d'échantillonnage, c'est-à-dire du type et du nombre d'observations sur le terrain. Prélèvements d'échantillons de plantes de bonne qualité, dénombrement des espèces par unité de surface, prélèvements d'échantillons de roches et d'échantillons de sols, descriptions des profils pédologiques, carte des pentes et estimation quantitative du couvert végétal sont quelques-unes des méthodes utilisées pour vérifier la description et les limites des unités cartographiques. Les particularités de chacune des méthodes d'échantillonnage des diverses ressources sont détaillées dans les chapitres correspondants. Après la collecte des données sur le terrain et les prises d'échantillons, les analyses et les collationnements ultérieurs ont eu lieu dans les bureaux du projet à Dakar et du RSI à Brookings, SD.

Les unités cartographiques ont été définitivement délimitées après l'achèvement de l'étude des résultats des observations sur le terrain, d'une seconde analyse des images Landsat et de la description des unités, de telle sorte que des différences significatives s'opposaient à tout autre regroupement ou nouvelle délimitation. L'emplacement réel des limites était subjectif et dépendait de l'expérience et des connaissances de chacun des spécialistes de ressources, et aussi de l'analyse et de l'intégration des nombreux jeux de données.

La technologie de télédétection a été utilisée dans ce projet afin de fournir une base pour la localisation et la description des ressources naturelles du Sénégal. Cette information de base a été rassemblée et analysée pour une utilisation immédiate et future par les directeurs de ressources, le personnel de la planification et les officiels gouvernementaux concernés. La technologie de télédétection devrait aussi être prise en considération lors de la définition des actions futures résultant de ces enquêtes ainsi que pour examiner plus en détail (soit des enquêtes à plus grandes échelles) quelques-unes des régions les plus prometteuses.

La fin des années 80 et les années 90 verront une rapide amélioration de la plupart des capacités des satellites de télédétection: les nouveaux satellites auront un pouvoir de résolution au sol plus élevé, une meilleure différenciation spectrale, une meilleure utilisation cartographique et un meilleur temps de révolution. Puisque les satellites capteurs auront été améliorés et les types d'information spectrale fournie augmentés, les applications de la télédétection à la gestion des ressources seront plus précises.

1.3 UTILISATION DES CARTES DE RESSOURCES ET DES DONNEES

Avant que les données de ce rapport puissent être complètement utilisées, il est nécessaire de comprendre le terme "enquête de reconnaissance" et d'avoir conscience des relations entre les sols, la végétation et les unités hydrogéologiques. Les forces et les faiblesses inhérentes à l'enquête de reconnaissance déterminent les types d'utilisation et les décisions qui peuvent en dériver. De la

même façon les ressemblances et les différences entre les unités de cartographiques des différentes ressources doivent être comprises, si des programmes intégrés sont à entreprendre sur la base de la présente enquête.

Le niveau de détail pour l'inventaire d'une ressource est généralement dicté par l'échelle de la carte de base et de façon concomitante par la densité des observations de terrain. L'échelle au 1:500 000^e a été choisie pour cette enquête parce qu'elle permettait d'obtenir la combinaison maximale des trois facteurs suivants: le niveau de détails, la superficie couverte par le projet et le temps alloué nécessaire à la réalisation du projet depuis sa conception jusqu'à la publication des résultats. Au 1:500 000^e, les unités cartographiques consistent en des associations et ont une taille minimum requise de 600 ha. Comme exemple des limitations de l'échelle imposées sur les unités cartographiques, une ligne de 1 mm de large sur la carte de base correspond à une bande de 0.5 km sur le terrain. En conséquence les résultats de l'enquête devrait seulement être utilisés pour des actions globales telles la gestion et la planification ou pour déterminer là où des enquêtes plus détaillées devraient avoir lieu.

Au Sénégal les caractéristiques géologiques, les sols et la végétation ont tendance à se correspondre et par conséquent peuvent être cartographiés séparément. Idéalement cette situation dicterait l'emploi d'unités cartographiques de région, c'est-à-dire d'unités composées, chacune ayant des caractéristiques climatiques, pédologiques, géologiques, hydrologiques et une flore et une faune raisonnablement similaires. Cependant, les différences dans la dynamique (ou résistance au changement) des diverses ressources et les relations climat-utilisation des sols au Sénégal, ont conduit à l'utilisation d'enquêtes individuelles pour chacune des ressources. Il y a donc trois cartes de ressources pour la région d'étude au lieu d'une seule et une bonne compréhension des différences et des ressemblances existant entre ces cartes conduira à une utilisation plus efficace des résultats des enquêtes.

Deux variables doivent être comprises avant de travailler avec les diverses cartes de ressources: 1) la relation entre la délimitation des unités cartographiques et l'aspect de chacune des ressources sur l'imagerie Landsat et les photographies aériennes, 2) les méthodes ou les niveaux utilisés pour diviser la région d'étude en associations c'est-à-dire en unités cartographiques. Les sols, la géologie et la végétation sont les principaux facteurs influençant la réflectance spectrale enregistrée par Landsat pour le Sénégal. En de nombreux endroits la couverture herbacée influence les signatures spectrales, en particulier des régions sableuses dans les zones de pluviosité plus favorable. Dans d'autres régions la végétation tend à masquer les sols et la géologie, aussi l'interprétation doit dépendre d'analyses plus complexes soit de combinaisons de facteurs du deuxième ordre, telles la vigueur et la topographie. Dans les régions densément boisées et sans ou très peu de variations topographiques, les interprétations géologiques et pédologiques dépendent fortement des cartes préexistantes et des autres données telles que les photographies aériennes.

Une approche similaire a été utilisée par chacune des équipes étudiant une ressource pour arriver à la délimitation finale des unités cartographiques. Les critères individuels utilisés pour la définition des unités cartographiques diffèrent toutefois fortement. Les similitudes entre les diverses approches consistent à: 1) éliminer les couvertures végétales ou les types de sols qui sont le plus improbables à un endroit donné, 2) établir la liste des associations les plus attendues à cet endroit d'après les images Landsat et en fonction des interactions écologiques connues. Les divers critères hiérarchiques utilisés pour la cartographie sont cités ci-dessous par ressource et en ordre décroissant:

1. Sols: zones climat-sol, groupement d'après la morphologie des terres, associations de sols établies d'après la pente et les autres caractéristiques mesurables des sols, en incluant la composition de sols différents mais non séparables.
2. Végétation et utilisation des sols: groupement d'après les couples sols-morphologie des terres, la dominance de certaines associations de plantes majeures et présence d'associations de plantes mineures, densité (nombre d'arbres à l'hectare), hauteur moyenne, niveau d'exploitation et de régénération, types de champs, etc...
3. Hydrogéologie: humidité, texture du paysage (variation de la topographie), drainage, couverture végétale, concordance ou discordance géométrique des caractéristiques de surface.

Chacun des chapitres consacrés à une ressource discute les particularités de la définition et de l'interprétation des unités cartographiques telles qu'elles existent dans cette discipline. L'utilisation d'une seule carte de ressource ne demande que peu d'explication contrairement aux cartes de reconnaissance qui sont accompagnées des limitations précédemment citées. Si on suit une approche intégrée dans laquelle toutes les ressources naturelles cartographiées sont considérées, on doit prendre soin de ne pas supprimer les différences entre cartes. La manière dont les diverses cartes de ressource sont combinées, devrait être liée aux objectifs spécifiques du projet. C'est ainsi qu'une évaluation des niveaux généraux d'aptitude à supporter des animaux pourrait inclure les interprétations des unités cartographiques de la carte des sols (érosion et possibilités d'érosion), des cartes de la végétation et de l'utilisation des sols (degré d'exploitation et de régénération). Pour effectivement intégrer ces données, la région d'étude doit premièrement être définie; deuxièmement, les unités cartographiques doivent être délimitées; troisièmement, les interprétations pertinentes ou ayant un intérêt doivent être sélectionnées; quatrièmement, l'ordre hiérarchique des unités cartographiques doit être établi; cinquièmement, les diverses délimitations des unités cartographiques pour chacune des ressources doivent être comparées (grâce à des calques) sur l'ensemble de la région d'étude de façon à choisir les limites finales; et finalement, le nombre d'hectares par unité doit être déterminé. Ce dernier point est beaucoup plus facilement accompli avec l'aide d'un ordinateur muni d'un système d'Information Géographique (GIS).

Pour effectivement pouvoir utiliser la carte d'aptitude des sols et des terres, on doit se rappeler que dans ce cas comme dans celui des cartes individuelles, chaque unité cartographique représente un aspect unique, même si elle a été établie suite à la combinaison de critères végétatifs, pédologiques, hydrologiques, géomorphologiques, géologiques et d'utilisation des sols. Chaque utilisateur doit définir ses propres besoins avant que les régions ayant les capacités de répondre à ces besoins et présentant les activités correspondantes, puissent être localisées sur la carte de ressource correspondante. De la même manière les régions non adaptées à ces activités peuvent aussi être localisées.

Les emplois des données relatives aux ressources sont nombreux et comprennent entre autres: contrôle de toutes les variables dynamiques mesurées, sélection des régions qui paraissent prometteuses pour le développement (enquêtes détaillées et intensives ou caractérisation ultérieure spécialisée sur le terrain), utilisation par d'autres projets en cours, utilisation pour le développement d'objectifs et d'applications de gestion, activités de conseil, éducation des étudiants. Les données représentées sur les diverses cartes et décrites dans les chapitres suivants donnent une représentation généralisée, synoptique de l'état actuel (1985) des ressources étudiées au Sénégal.

1.4 PRODUCTION DES CARTES ET FORMAT

Cette section résume les principales étapes de la production des cartes entreprise par le projet et décrit le format sous lequel ces cartes ont été produites.

1.4.1 Produits Cartographiques Préparés au Sénégal

a. Pendant que les interprétations Landsat initiales et le travail de terrain étaient en cours, le dessinateur du projet a commencé à tracer un jeu complet de 21 cartes de base au 1:250 000^e. Ces cartes ont été préparées à partir de cartes topographiques au 1:250 000^e, série 1501 du Joint Operations Graphic (JOG) provenant du Service de Cartographie de l'Armée des USA. Le tracé fut fait sur des feuilles de calque. Les caractéristiques topographiques et culturelles, telles que villes, routes, cours d'eau, limites politiques et coordonnées géographiques qui devaient être représentées sur les cartes finales du projet ont été relevées sur cette série de cartes. Les cartes JOG ont été utilisées de préférence aux autres cartes de l'Institut Géographique National (IGN) parce qu'elles étaient à la même échelle que les feuilles utilisées pour le tracé des interprétations Landsat et que seulement 21 feuilles JOG sont nécessaires pour couvrir la totalité du Sénégal contre 28 feuilles IGN.

b. Une fois achevées, ces feuilles de base ont été reproduites maintes fois photographiquement. Une copie fut faite pour chacun des jeux de cartes de ressources et thématiques (hydrologie, sols, végétation, utilisation des sols, eaux souterraines).

c. Après que le travail de terrain ait été fini et que les interprétations Landsat aient été achevées par chacune des équipes de ressources, les unités cartographiques ont été reportées (décalquées) sur les duplicata des cartes de base, les villes, les routes, les cours d'eau et les autres éléments géographiques étant utilisés comme moyens de repère des feuilles d'interprétation sur les cartes de base. Ce report s'est avéré plus difficile qu'on ne l'avait prévu car l'échelle des images Landsat varie légèrement de l'une à l'autre et le film transparent utilisé pour reproduire (décalquer) les cartes de base s'est révélé être de dimensions variables. Ce problème fut par la suite résolu. Le décalque final des interprétations fut réalisé sur la base de sections correspondant à des régions couvrant environ 1/2 degré de longitude et de latitude. Les interprétations devaient se correspondre d'une section à l'autre et d'une feuille à l'autre. Des codes ont permis de numéroter chaque unité cartographique.

d. Des copies sur papier de chacune des cartes de ressources et thématiques (soit 21 feuilles pour chacune, toutes au 1:250 000^e) ont été faites d'après les originaux. Ces copies ont été colorées manuellement et remises à la DAT en tant que cartes préliminaires pour le PNAT. Les originaux ont été envoyés au Remote Sensing Institute pour les phases finales de production des cartes.

1.4.2 Production des Cartes au RSI

a. Le jeu des 21 cartes de base transparentes au 1:250 000^e présentant les caractéristiques topographiques et culturelles fut réduit photographiquement au 1:500 000^e. La plupart des points où un décalage existait étaient dus aux variations dans la taille des feuilles, ils furent corrigés au moment de la réduction. Les 21 feuilles ainsi réduites furent alors décomposées en 4 quadrants. La carte IGN au 1:500 000^e, "Carte Routière et Touristique de la République du Sénégal" a servi de modèle pour le format.

b. Chaque jeu de cartes de ressources et thématiques a aussi été réduit au 1:500 000^e afin de correspondre aux 4 quadrants des cartes de base réduites.

c. Des annotations détaillées furent alors faites et l'on a aussi souscrit aux autres exigences du format. Celles-ci comprennent la mise en page, le titre, le format des légendes, le choix des espaces entre lignes, des types de lettre, de la frappe, la mention des auteurs, etc... Des motifs et des couleurs spécifiques ont été choisis pour représenter chaque unité cartographique.

d. Le tracé final des cartes a commencé avec celui des caractéristiques topographiques et culturelles sur les 4 quadrants de base. Tous les tracés de caractéristiques linéaires ont été faits sur de larges feuilles (30"x36") à l'aide de graveurs rigides et à pivot de façon à avoir une empreinte négative de la carte. Les caractéristiques linéaires qui devaient être indiquées sous différentes couleurs (par exemple, les cours d'eau en bleu, les routes en rouge, les limites administratives en noir) ont dû être gravées sur des feuilles séparées, une pour chaque couleur.

e. Une carte de base au 1:1 000 000^e fut gravée pour l'impression des 4 cartes de synthèse à cette même échelle. Cette carte a été dessinée à partir de la carte routière IGN "Sénégal, Carte au 1:1 000 000^e". Plusieurs des cartes de synthèse ont nécessité la réduction au 1:1 000 000^e des feuilles cartographiques de ressources au 1:500 000^e. On a alors combiné ces cartes au 1:1 000 000^e et cet assemblage a servi de base au gravage final.

f. Une fois que les feuilles gravées au 1:500 000^e et au 1:1 000 000^e pour les cartes de base fut achevée, on a commencé à graver les unités cartographiques pour chaque ressource pour chacune des cartes thématiques ou de synthèse en utilisant les assemblages comme matériel de base. Toutes les unités cartographiques ont été reproduites sur les gravures de base.

g. Des planches de texte ont été préparées pour chaque carte. Le style des caractères, leur taille ont été choisis pour tous les textes devant apparaître sur les cartes. Tous ces textes, à savoir noms de lieux, codes des cartes, noms des auteurs..., ont été imprimés, puis photographiquement transformés en négatifs, tirés sur film (positifs), fixés manuellement sur les plaques transparentes, reportés sur les cartes de base et finalement réimprimer sur de larges plaques négativement.

h. Des morceaux de négatifs (ou peelcoats) utilisés pour mettre en couleur ou tracer les motifs d'une certaine région ont été exposés puis gravés à l'eau forte à partir des feuilles gravées appropriées. Toute unité cartographique dotée d'une certaine couleur ou d'un certain motif (même une nuance de gris différente) a nécessité un peelcoat bien que souvent un seul ait suffi à la combinaison de plusieurs unités cartographiques.

i. Chaque peelcoat une fois achevé devait être masqué de façon à éliminer les gravures accessoires.

j. Plusieurs phases d'impression ont été nécessaires, dont des épreuves préliminaires en noir et blanc et en couleurs qui puissent être corrigées.

k. La totalité du travail d'impression fut envoyée à l'imprimeur pour qu'il produise l'épreuve finale et l'imprime.

Chaque feuille cartographique colorée nécessitait 7 à 9 feuilles de négatif ainsi que 12 à 20 peelcoats. Les cartes en noir et blanc nécessitaient en général un peu moins de feuilles de négatif et de peelcoats.

Le jeu complet des trois cartes de ressources, des deux cartes thématiques et des cinq cartes de synthèse comporte 32 feuilles en comptant les légendes. Le nombre total de feuilles utilisées pour l'impression et données à l'imprimeur s'élève à 470 environ.

1.4.3 Format des Cartes

Toutes les cartes sont de type traditionnel par opposition aux cartes à base de photographies dérivées des images Landsat ou de tout autre produit photographique. La décision de tracer des cartes traditionnelles plutôt que des photocartes résulte de plusieurs limitations inhérentes à l'imagerie Landsat disponible pour le Sénégal:

a. Il n'existait pas de couverture complète de la totalité du territoire sénégalais pour une année ou une saison donnée dont la couverture nuageuse faible aurait permis de reconstituer une mosaïque acceptable. Toutefois une telle possibilité fut prise en considération: de février à mars 1973, un jeu de 13 images a été pris de la totalité du Sénégal. Ces images ont cependant été rejetées en raison de leur contraste relativement faible et de leur date précoce.

b. Les feux de brousse qui traversent une grande partie du Sénégal chaque année, produisent des surfaces très sombres et irrégulières sur l'imagerie Landsat. Ces taches masquent les unités cartographiques délimitées à partir de photocartes rendant ces cartes incompréhensibles.

c. Une photocopie a tendance de façon inhérente à accentuer une date spécifique ou une saison particulière, celles qui correspondent aux dates d'acquisition des images. Les variations annuelles ou saisonnières ont en général tendance à être très marquées sur l'imagerie et sur le terrain. Une carte conventionnelle permet de tenir compte de toutes les saisons et de représenter les modifications environnementales les plus récentes car elle est basée sur des images et un travail de terrain plus récents.

Bien que les trois équipes de travail pour chacune des ressources aient échangé idées, techniques et informations, chaque équipe a dû faire ses propres interprétations Landsat. En effet, bien que certaines zones aient été intéressantes pour les trois équipes qui les ont cartographiées toutes les trois (par exemple les vallées fossiles), les limites cartographiques d'une même caractéristique tendent à différer d'une carte à l'autre. Cette variation peut être attribuée au fait que deux personnes différentes ne donneront jamais la même interprétation de la même photographie (ou image). De plus certaines dates de prise de vue des images Landsat étaient plus favorables aux interprétations géologiques tandis que d'autres dates favorisaient plus particulièrement l'analyse de la végétation. Des différences supplémentaires entre les diverses cartes de ressources proviennent de la façon dont une caractéristique donnée est représentée. Par exemple sur la carte de la végétation, la végétation d'une vallée donnée du Sénégal Oriental constitue une seule unité cartographique, on ne fait pas la distinction entre la végétation couvrant le fond de la vallée et celle couvrant les pentes (la distinction est faite au niveau de la description des types de couverture). Par contre sur la carte des sols, l'équipe a choisi de faire la différence entre les sols du fond de la vallée et ceux des pentes.

1.4.4 Précision des Cartes

La précision du tracé des limites des unités cartographiques sur les cartes par rapport à leur emplacement géographique réel est estimée être généralement comprise entre ± 1 mm (ce qui équivaut à ± 500 m au 1:500 000^e). Des erreurs de position de ± 2 mm (soit ± 1 km au 1:500 000^e) peuvent se produire dans certaines régions surtout aux bords des cartes adjacentes formant les cartes de base. Dans certains cas les erreurs de position peuvent dépasser 2 mm.

Bien que l'on ait tenté de maintenir une bonne précision spatiale, on a pu identifier plusieurs sources d'erreur:

- a. légères variations de l'échelle des images Landsat (1 à 2%).
- b. légères distortions introduites au moment du report des interprétations sur les cartes de base.
- c. problèmes rencontrés lors de la production d'une carte exacte par assemblage des cartes de base.

Néanmoins les erreurs spatiales ont été maintenues à un niveau minimum grâce à la production de cartes finales d'échelles réduites au 1:500 000^e et au 1:1 000 000^e par rapport à l'échelle de travail au 1:250 000^e.

1.5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnaud, G. (1952) Note sur l'hydrologie de la région de Dakar. Bull. de la Dir. des Min. 10:61-74.
- Breusse, J. (1952) Prospection électrique appliquée aux recherches hydrologiques dans la presqu'île du Cap Vert. Bull. de la Dir. des Min. 10:77-91.
- Church, R. (1980) "West Africa." Geographies for advanced study, 8th ed.
- Dubresson, A. (1979) La Géographie de l'Afrique. Dakar: Nouvelles Editions Africaines.
- Fauck, R., et al. (n.d.) Etudes sénégalaises. No. 9. Fas. 3. CRDS-Sénégal, St. Louis de Sénégal. 214 p.
- Giffard, P. (1974) L'Arbre dans le paysage sénégalais: Sylviculture en zone tropical sèche. Centre Technique Forestier Tropical, Dakar. 431 p.
- IGN (1977) Atlas national du Sénégal. Paris. 147 p.
- Michel, P. (1973) Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie: Etudes géomorphiques. Mém. ORSTOM. No. 63. Tomes I et II.

- Nelson, H. (1974) Area handbook for Senegal, 2nd ed. DA.Pam. 550-70.
pp. 269-71.
- Seck, O., ed. (1977) Atlas pour l'aménagement du territoire.
Dakar-Abidjan: Les Nouvelles Editions Africaines. 159 p.
- Stoner, R., et al. (1981) USAID-project authorization document.
- USAID (1980) Environmental report on Sénégal (draft). Office of Arid
Lands Studies. USAID. 105 p.

CHAPITRE II

CLIMAT ET PHYSIOGRAPHIE



CHAPITRE II: CLIMAT ET PHYSIOGRAPHIE

	PAGE
2.1 Général.....	18
2.2 Environnement Physique.....	19
2.3 Le Climat.....	21
2.3.1 Les Influences Atmosphériques.....	22
2.3.2 Les Alizés.....	22
2.3.3 Le <u>Harmattan</u>	22
2.3.4 La Mousson.....	22
2.3.5 Les Saisons.....	23
2.3.6 Les Caractéristiques Pluviométriques.....	23
2.3.7 Les Régions Climatiques.....	23
2.3.8 Températures et Taux d'Evaporation.....	23

CHAPITRE II

2.1 GENERALITES

Le Sénégal est le pays le plus à l'ouest de l'Afrique occidentale. Principalement composé d'une plaine légèrement vallonnée et peu découpée, il a un relief peu élevé. Sa surface totale est 196 192 km². Au nord, la frontière avec la Mauritanie est définie par le fleuve Sénégal; le fleuve Falémé délimite la frontière est avec le Mali; la Guinée et la Guinée-Bissau sont les pays limitrophes au sud. La Gambie (qui fait partie de cette étude) forme une enclave de 11 295 km² le long du fleuve Gambie au sud du Sénégal.

Comme tout le Sénégal est situé au sud du 17^{ème} degré de latitude nord, au plein coeur de la zone tropicale, les températures sont élevées toute l'année. Les précipitations annuelles ont presque entièrement lieu pendant l'été qui est la saison humide et qui dure jusqu'à six mois au sud et se réduit à trois mois en remontant vers le nord. Comme toutes les régions à la limite nord des vents alizés, le Sénégal souffre d'un régime de précipitations extrêmement variable. St. Louis a eu 127 mm de pluie en 1903 et 660 mm en 1912. Dakar a eu 381 mm en 1937 et 686 mm l'année suivante. La moyenne pluviométrique varie de plus de 1500 mm dans le sud-ouest à un peu moins de 300 mm dans le nord-ouest.

La région étudiée par le projet couvre 207 487 km² soit tout le Sénégal et la Gambie. La majorité de la population du Sénégal réside dans la partie ouest soit le bassin des Arachides et les centres sur-peuplés de Dakar, Thiès, St. Louis, Diourbel, Kaolack, Louga, Tambacounda et Ziguinchor. Environ 30% de la population est concentré dans ces villes et 40% dans le Bassin des Arachides juste mentionné. Plus de 60% de la population vit dans un rayon de 330 km autour de Dakar. Environ 60% de la population appartient au secteur rural de l'économie sénégalaise, qui comprend les productions végétales, l'élevage, la pêche et la sylviculture. Grossièrement 61% de la population dépend des productions végétales uniquement et 7% dépend de ces productions en combinaison avec l'élevage. Seulement 2% est totalement dépendant des troupeaux et 1% vit uniquement de la pêche.

La majorité de l'agriculture consiste en cultures non irriguées dans le bassin des Arachides avec une augmentation du nombre de terres irriguées dans la Casamance et dans la basse vallée du fleuve Sénégal où une agriculture de décrue est pratiquée. Les principales cultures sont les cacahuètes, la canne à sucre, le mil, le sorgho, le manioc, le riz, le maïs, le coton, les légumes, les fruits et les légumineuses.

Le pays en incluant la Gambie est arrosé par quatre grands fleuves. Le Sénégal est navigable de façon intermittente jusqu'à Kayes au Mali, et la Gambie est navigable sur 470 km environ. Le fleuve Saloum et son principal affluent le Sine, sont des cours d'eau stagnants qui alimentent les vastes étangs sujets aux marées de l'estuaire submergé. La Casamance coule dans un étroit bassin entre la Gambie et la Guinée-Bissau. Un certain nombre de cours d'eau plus petits tels le Ferlo coulent de façon intermittente pendant la saison des pluies, mais sont en fait des reliques d'un climat plus humide de par le passé.

Le réseau de communication est bon et comprend plus de 13 000 km de routes dont plus de 2500 km sont pavés. Le service ferroviaire s'étend à l'est et au nord de Dakar sur 1186 km de voie ferrée. Le trafic maritime est négligeable et a décliné de façon considérable sur le fleuve Sénégal en raison de l'amélioration du réseau routier et de la diminution des précipitations alimentant la région. Le réseau aérien est bon à l'intérieur du pays et dessert 15 villes en plus de Dakar.

2.2 L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

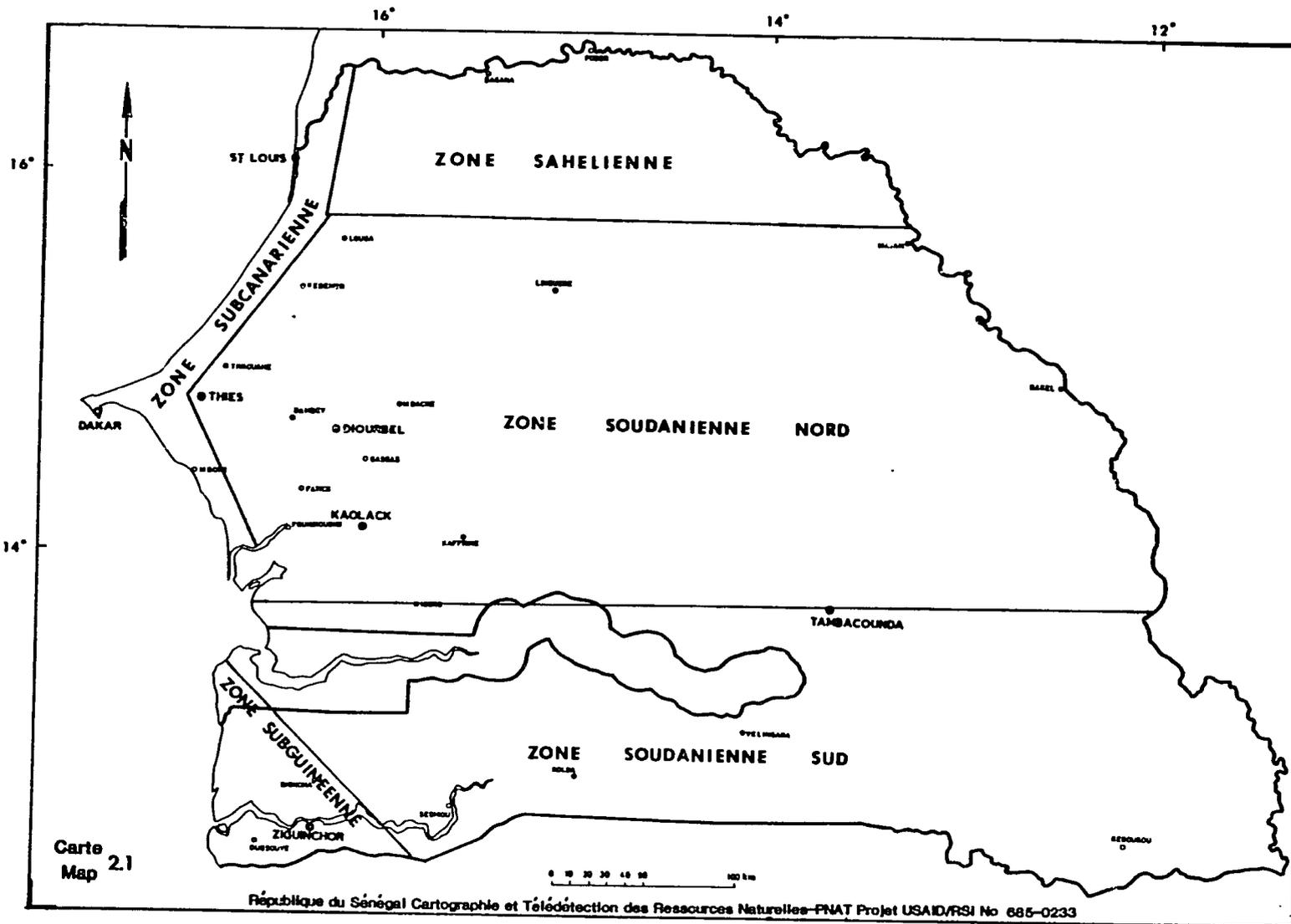
Le Sénégal est composé de deux reliefs principaux, un bassin sédimentaire composé de roches tertiaires et quaternaires et de sédiments, qui occupe l'ouest et le nord-est du pays, et une région plus découpée et plus élevée, constituée de roches paléozoïques et précambriennes plissées et faillées qui occupe le sud-est du pays.

Le Sénégal peut encore être divisé en quatre régions (cf carte 2.1):

A. La première est une région accidentée et latérisée qui comprend une partie du Ferlo Boundou, les plaines de la Gambie et de la Falémé, les Monts Bassari, la Haute Gambie (Niokolo Koba) et Dentilia. Les roches sont ici des formations fortement plissées et faillées du Paléozoïque inférieur qui reposent d'une manière discordante sur des roches précambriennes du Birrimien.

B. La deuxième région occupe la majorité de la surface restante et consiste en un bas plateau et des plaines composées de roches sédimentaires d'âge géologique plus récent, recouvertes de sédiments éoliens, d'alluvions et par endroit d'une croûte latérisée. Cette région englobe le Ferlo, le Kayar, le Sine, le Saloum et la Casamance. Le Ferlo comprend Dimar, Toro, Ferlo Djolof, Ouli et des parties du Fouta, Diéri et du Ferlo Boundou. Le Kayar et le Sine Saloum qui composent le Bassin des Arachides comprennent les districts suivants: Baol, Rip, Djolof et Niani. La Casamance est séparée en trois parties, la Basse, la Moyenne et la Haute Casamance qui comprennent les zones géographiques du Fouladou, du Bassin de l'Anambé, de Pakao, Yassine et Fogny.

C. La troisième région comprend les plaines fluviales et alluviales du fleuve Sénégal, le delta du Sine Saloum, les vallées de la Gambie et de la Casamance. La vallée du fleuve Sénégal est souvent séparée en trois unités, l'amont ou Fouta, le moyen fleuve ou Diéri et l'aval (le delta) ou Walo. Ces régions sont composées de dépôts alluviaux, de



République du Sénégal Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles-FNAT Projet USAID/RSI No 685-0233

Région Climatique du Sénégal Schématisée / Generalized Portrayal of Climatic Zones of Senegal

terrasses et de dépôts temporairement lacustres ainsi que de levées et dépôts deltaïques. La plus grande partie des deltas du Sénégal, du Sine Saloum, de la Gambie et de la Casamance sont soumises aux marées et il en résulte de vastes étendues de mangrove.

D. La quatrième et plus petite région consiste en une étroite bande côtière qui s'étend de St. Louis dans le nord jusqu'à l'estuaire du Sine Saloum au sud. Cette bande est divisée du nord au sud en la Grande Côte, de St. Louis à Kayar, le Cap Vert, soit la péninsule de Dakar, et la Petite Côte du Cap Vert à l'estuaire du Sine Saloum. La Grande Côte est composée de plages à pentes douces suivies par de hautes dunes ayant des directions irrégulières et séparées par des dépressions marécageuses appelées niayes. Le Cap Vert est composé d'une large bande de roches tertiaires et quaternaires d'origine volcanique et intrusive, reliée à la terre par des sables amoncellés par des courants de dérive littorale venant du nord. La Petite Côte est une étroite bande sableuse suivie de falaises et de promontoires irréguliers résultant de plissements et de cassures.

Quatre autres formations géomorphiques méritent l'attention:

E. Juste à l'est du Cap Vert, il y a un escarpement formé de roches sédimentaires du Paléocène et de l'Eocène qui établit une limite saisissante entre le Cap Vert et le reste du Sénégal.

F. Le lac de Guiers occupe la vallée du Bounoum. Avant la construction du barrage qui a créé le lac artificiel de Guiers, le fleuve Sénégal inondait annuellement la vallée du Bounoum et celle du Ferlo sur plus de 70 km en direction de Linguère.

G. Le Ferlo, le Sine et le Saloum sont des cours d'eau fossiles, seuls restes des anciens cours d'eau qui sillonnaient le Sénégal de façon permanente à des époques plus humides. Leurs vallées sont larges avec des méandres et ne constituent qu'une toute petite partie du plus vaste réseau hydrographique des époques antérieures.

H. La plateforme continentale sénégalaise sous-marine constitue une importante extension des ressources de la masse territoriale. Elle couvre 29 580 km² s'étendant sur 45 km au large de St. Louis et va en s'amincissant vers le sud pour n'être que de 10 km au nord de Dakar. Elle atteint 50 à 75 km de large au niveau de Mbour, de la Gambie et de la Casamance. Elle est principalement composée de sédiments, de boues, de sables et de bancs de roches dures. Ces derniers tendent à être concentrés au sud de Dakar et au large de St. Louis. Elle présente un très important canyon au large de Kayar qui correspond à un fossé de 200 m dans la plateforme continentale à 10 km des côtes. Cette fosse est probablement un reste du large système de cours d'eau antérieur au soulèvement des falaises de Thiès.

2.3 LE CLIMAT

Due à sa position entre le 12^{ème} et le 17^{ème} degré de latitude nord, le Sénégal est entièrement situé dans la zone tropicale. Il subit

des influences océaniques et continentales fortes quoique intermittentes en raison de sa longue ligne de côtes et de son relief peu élevé.

2.3.1 Influences Atmosphériques

Trois types d'évènement atmosphérique contrôlent le climat sénégalais: l'anticyclone des Açores, la haute pression centrée au nord de l'Afrique, l'anticyclone de Sainte-Hélène. Les courants climatiques qui leur correspondent, sont connus sous les noms respectifs de: les alizés, le harmattan et la mousson.

2.3.2 Les Alizés

Ces vents sont orientés nord, nord-ouest, et ils affectent les régions côtières de l'estuaire du Saloum à St. Louis mais sans effet à 15 km à l'intérieur des terres. Ces vents sont frais et humides, et causent un abaissement des températures, brouillard, rosée ou des crachins occasionnels appelés "heug" en Wolof.

2.3.3 Le Harmattan

Ces vents qui proviennent du Magrèbe au Sahara sont secs et chauds et sont responsables des températures extrêmement élevées et des forts taux d'évaporation existant sur la majorité territoire sénégalais. Ces vents soufflent généralement du nord-est et sont la cause des alignements de dunes parallèles couvrant tout le nord et le centre-nord du Sénégal.

2.3.4 La Mousson

La mousson ou l'anticyclone humide de l'Atlantique Sud se déplace progressivement vers le nord et se substitue au harmattan tandis que la masse continentale africaine est soumise aux torrides et constantes températures de l'été. Ces vents amènent d'énormes quantités d'air humide au dessus de l'Afrique de l'ouest, ce qui provoque des orages isolés, des tempêtes très violentes généralisées à l'ensemble du territoire, et à l'occasion des pluies continuelles. L'épaisseur et l'ampleur du front de la mousson détermine le type de précipitation.

2.3.5 Les Saisons

Depuis la fin du mois d'août, moment où le soleil est à son zénith au dessus du Sénégal, jusqu'à son retour en mai, un air plus froid en provenance du nord sévit au Sénégal et crée les conditions atmosphériques causes du harmattan; c'est la saison sèche. Comme la position de la Terre par rapport au soleil évolue et que l'influence solaire revient se centrer sur le tropique nord, il se produit un déplacement du front intertropical vers le nord qui entraîne avec lui les masses d'air humide; les pluies de mousson qui en résultent, définissent la saison des pluies ou "hivernage" ("navet" en Wolof).

2.3.6 Les Caractéristiques Pluviométriques

En excluant les pluies côtières occasionnelles de la saison sèche, appelées "heug", les pluies pour la plupart tombent pendant la saison humide.

La carte des isohyètes du Sénégal (carte 2.2) indique une diminution relative des pluies du sud au nord. La longueur moyenne de la saison pluvieuse est de 5 mois et demi à Kédougou, 5 mois sur la côte casamançaise, 4 mois à Nioro du Rip, 2 mois et demi à Louga et 2 mois dans la basse vallée du fleuve Sénégal. Les mois les plus arrosés sont par ordre décroissant, août, septembre et juillet. Les précipitations sont très variables d'une année à l'autre ou même sur des périodes de plus longue durée comme on peut le voir sur la carte 2.3. Un écart de plus de 100% est possible, tel fut le cas à St. Louis où on a enregistré 127 mm de pluie en 1903 et 660 mm en 1912. De plus, alors que les précipitations une certaine année peuvent paraître normales en quantité, le moment où elles commencent et où elles s'arrêtent et leur périodicité peuvent énormément varier surtout dans le nord et le centre du Sénégal. De telles variations désorganisent les pratiques culturelles et éventuellement résultent en des rendements désastreusement bas pour les principales cultures.

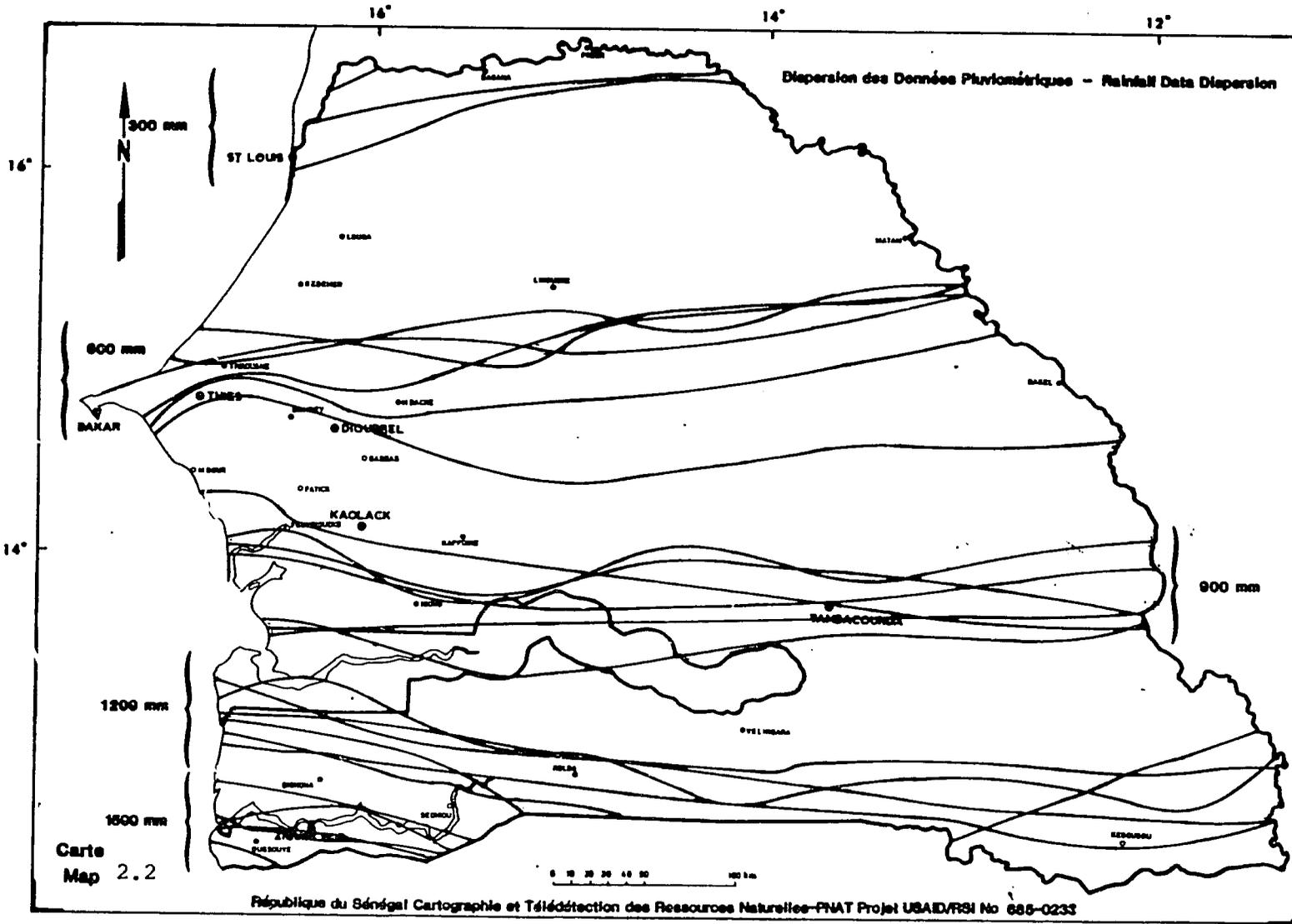
Les terribles années de sécheresse de 1967 à 1973 ont incité à spéculer que le climat évoluait vers des conditions plus sèches. Mais un examen des données récentes ainsi que des documents historiques a montré qu'il n'y avait pas de modification majeure du climat, qu'il s'agissait simplement des fluctuations mineures qui se sont déjà produites et qui, on peut le craindre, se produiront encore en raison de la situation géographique du Sénégal à l'intérieur du cadre climatique de l'Afrique de l'ouest à l'extrémité sud du Sahel. Le tableau 2.1 donne les précipitations pour les 12 points principaux du Sénégal de 1974 à 1983. On ne peut tirer de ces données aucune conclusion corroborant une évolution du climat vers des conditions plus sèches.

2.3.7 Les Régions Climatiques

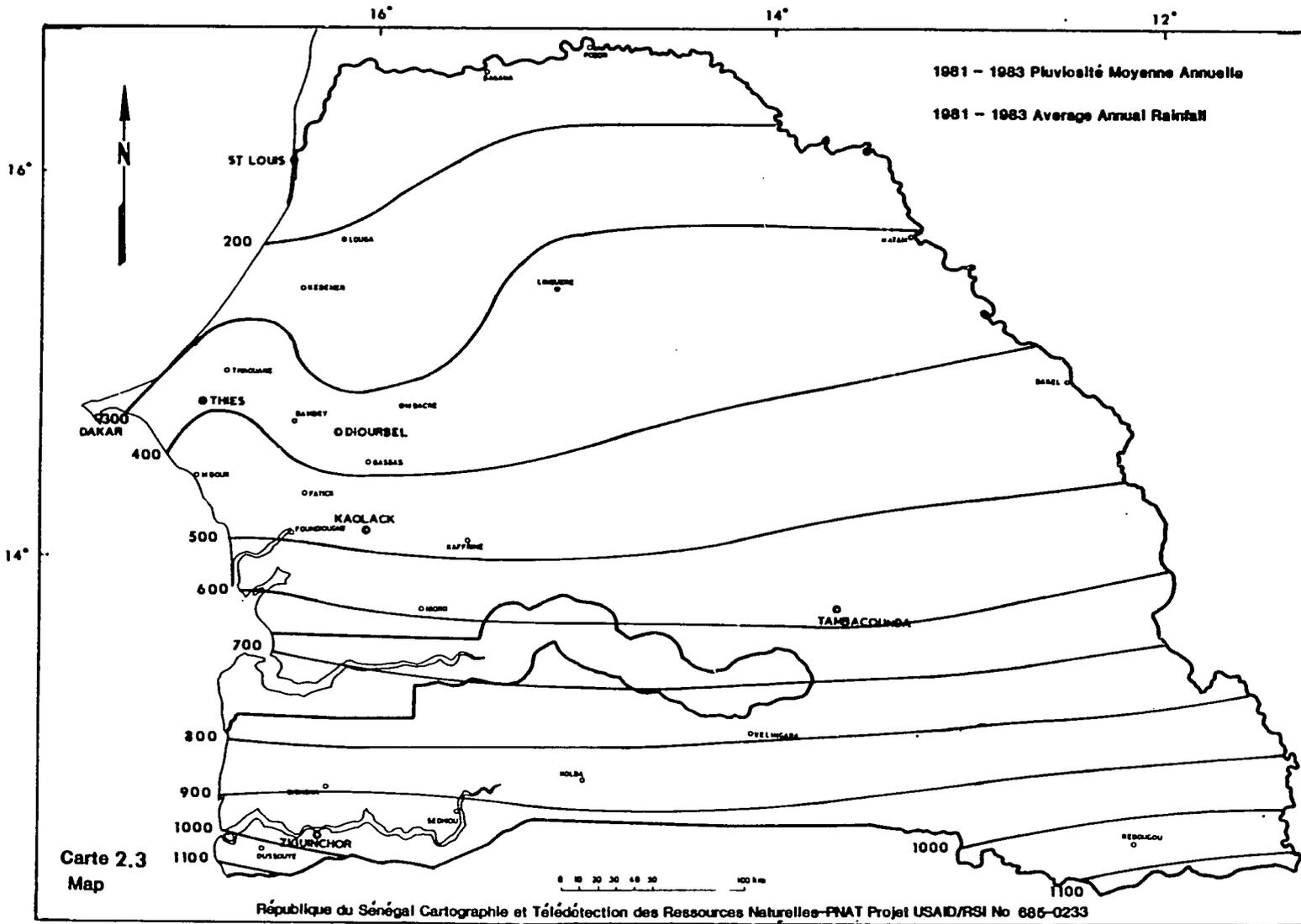
La quantité de précipitations a bien sûr un effet direct sur le climat du Sénégal et la croissance végétale. Ces variations ont été définies pour toute l'Afrique du nord et les chiffres concernant le Sénégal sont représentés sur la carte 2.4. Une subdivision plus détaillée en zones phytogéographiques et biogéographiques est montrée sur la carte 2.5 et sera plus amplement discutée dans le chapitre V consacré à la végétation et à l'utilisation des sols.

2.3.8 Températures et Taux d'Evaporation

L'analyse des gradients de températures pour un certain nombre de stations au Sénégal (tableau 2.2) montre que les moyennes annuelle et journalière des températures sont plus élevées dans l'intérieur que sur la côte. Les températures les plus élevées ont lieu en avril, mai et juin.



Carte 2.2 Les Grandes Régions Climatiques du Sénégal

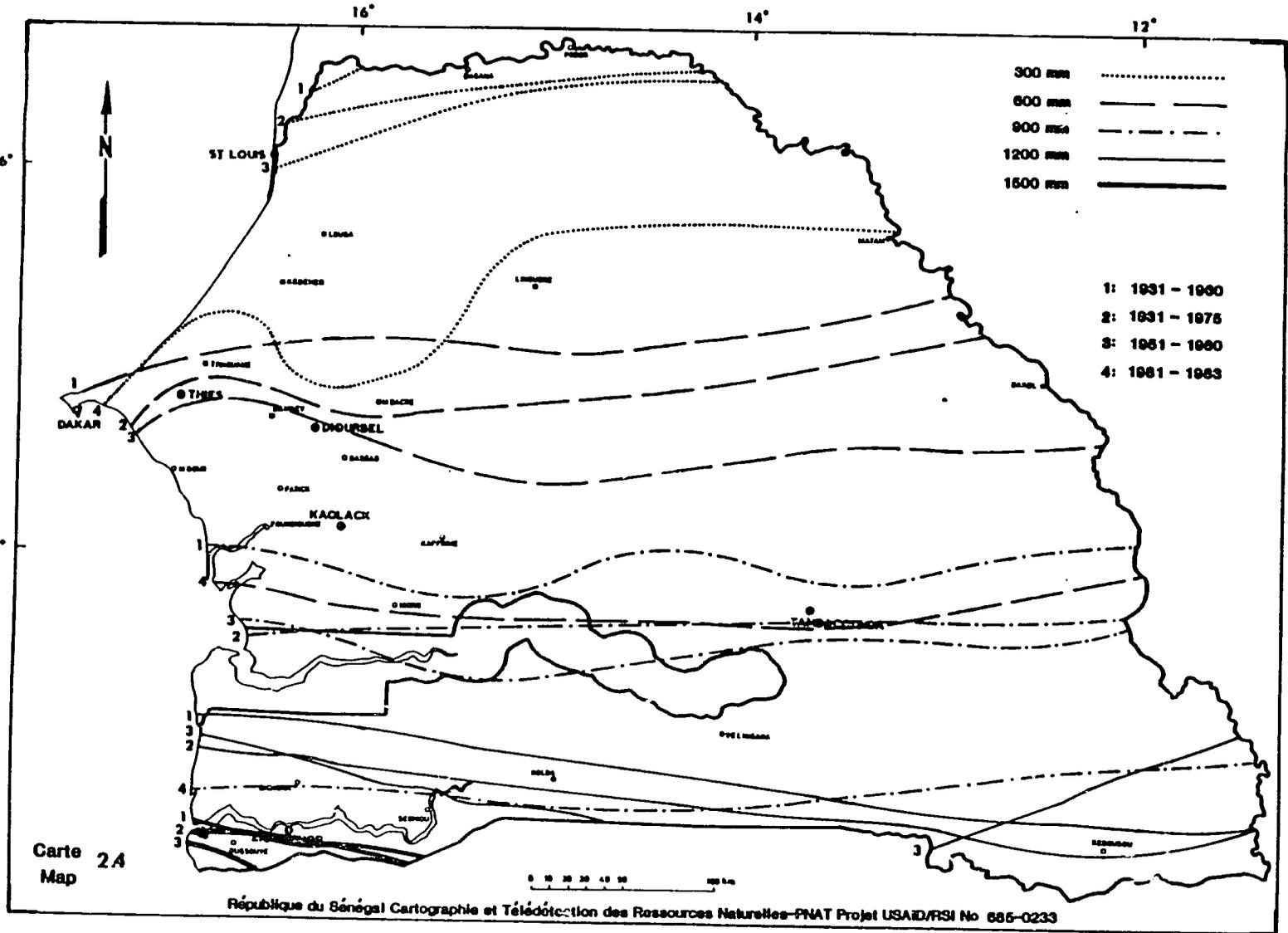


Carte 2.3 Moyennes Pluviométriques Annuelles

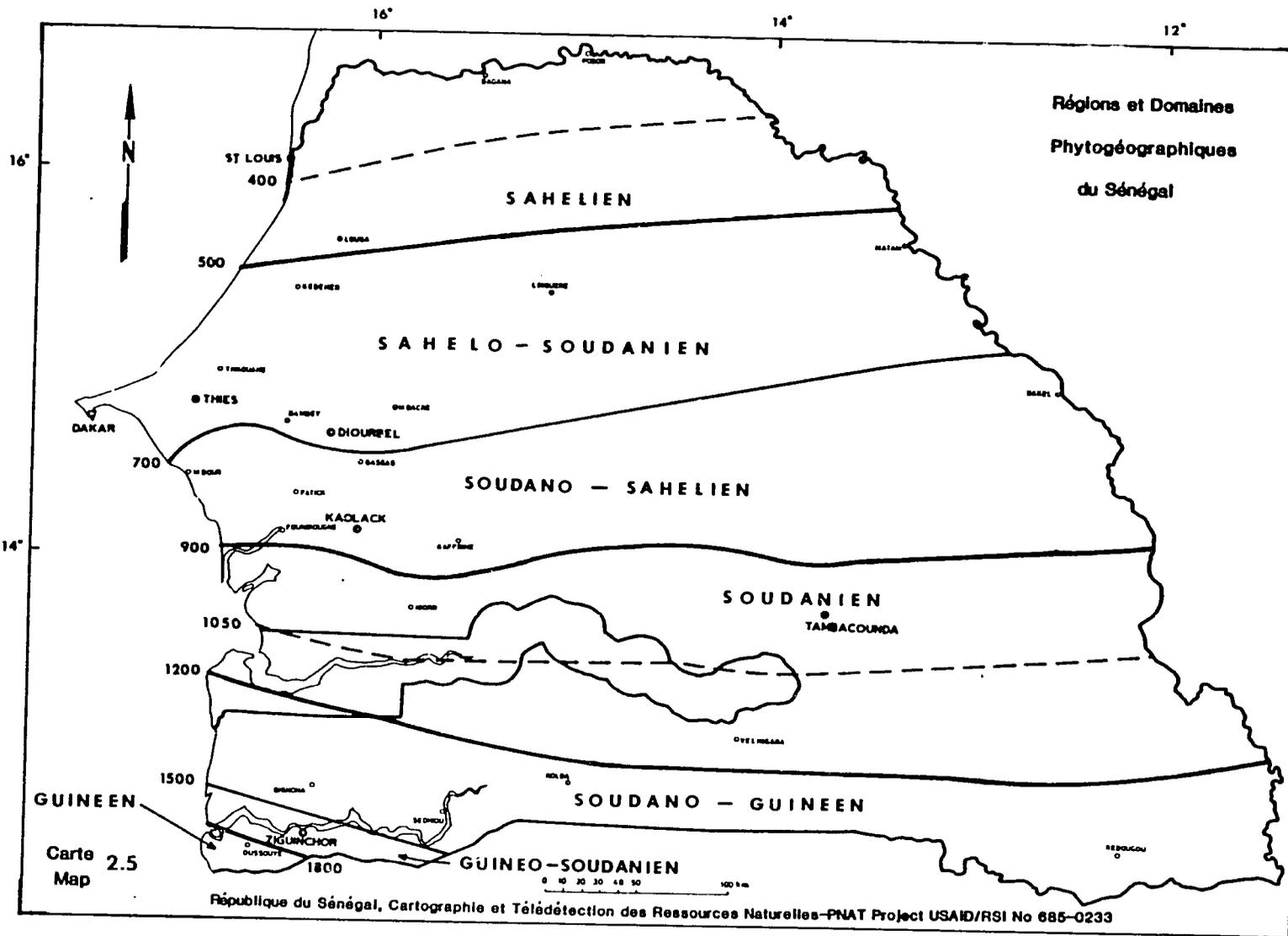
Tableau 2.1

RELEVES PLUVIOMETRIQUES DES PRINCIPALES
STATIONS CLIMATIQUES DE 1974 à 1983
(en mm)

STATIONS	A N N E E S									
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Dakar Yoff	366.3	564.0	387.3	171.2	323.4	341.1	377.8	338.2	305.5	154.9
Kédougou	1296.21	1271.9	1111.8	1109.3	1595.3	958.3	1116.1	1305.5	957.4	879.8
Kaolack	548.5	553.7	472.4	461.1		510.5	418.1	457.9	654.3	302.5
Linguère	330.0	478.9	378.7	340.0	316.0	393.3	380.9	376.7	480.0	189.4
Louga	408.5	308.3			308.0	252.4		259.1		145.4
Tambacounda	943.0	892.9	665.6	602.3	725.6	737.0	523.9	762.8	457.9	488.7
Dfourbel	598.9	505.2	497.1	351.8	651.2	527.3	340.6	370.8	328.5	285.0
Thiès	655.4			288.1	605.6	626.5	409.1	482.7	459.9	250.7
Kolda	1019.0	1187.8	920.4	644.6	991.9	823.2	565.9	1001.9	848.4	726.4
Podor	150.9	225.5	264.0	132.4	303.9	226.6	219.6	139.5	169.4	94.2
Matam	327.5	407.5	392.5	194.0	318.7	259.0	217.5	370.8	275.9	265.0
Ziguinchor	1240.4	1417.2	1296.5	790.3	1513.4	1194.1	698.5	1221.4	897.9	818.5



Comparison de Données Pluviométriques / Comparison of Rainfall Patterns



Carte 2.5 Régions Phytogéographiques du Sénégal

Tableau 2.2 MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES, °C
 Draft Environmental Report, Univ. of Arizona, 1980.

	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	Moyenne annuelle
Dakar*	12	21	21	22	23	26	27	27	28	27	26	23	24.3
Diourbel**	24	25	28	29	30	30	29	28	28	29	27	24	27.5
Kaolack+	25	27	29	30	30	30	29	28	28	29	28	25	28.0
Kedougou++	24	27	30	32	32	28	27	27	27	28	27	25	27.7
Kolda	24	27	29	31	31	30	28	27	27	28	27	24	27.7
Linguere	24	26	28	30	31	31	29	28	28	29	28	24	28.2
Matam	23	26	29	31	34	33	30	29	29	30	28	24	28.7
Podor	23	25	28	30	32	32	31	30	30	30	28	23	28.5
St. Louis+++	22	22	22	22	22	26	28	28	29	28	26	23	28.2
Tambacounda	25	28	30	32	33	30	27	27	27	28	27	25	28.2
Ziguinchor	24	26	27	28	29	28	27	26	27	28	27	25	25.8

** Années 1951-70 +++ Années 1931-70
 + Années 1931-60

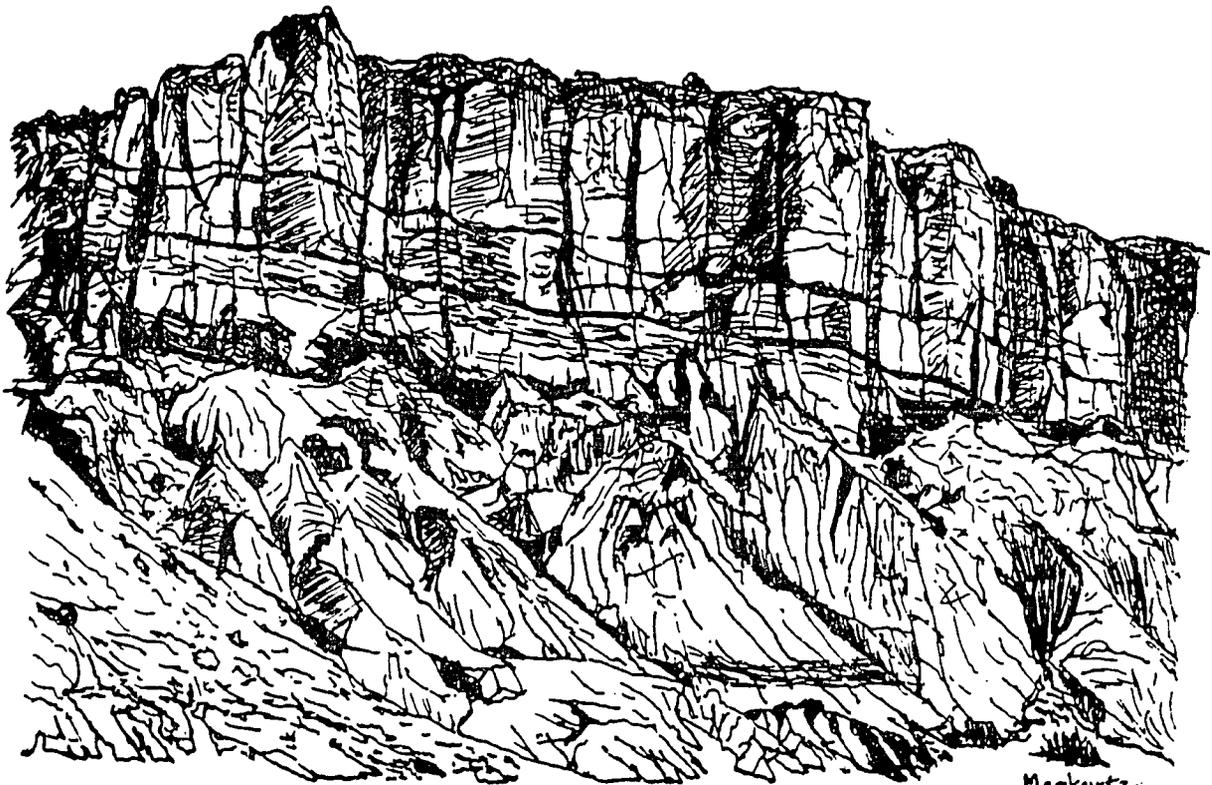
Tableau 2.3 TAUX D'EVAPORATION MOYENS POUR 4
 STATIONS AU SENEGAL (A. DANES ET
 AL, 1965) (en mm)

	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	Année
Matam	260	270	383	424	412	345	215	121	121	172	182	220	3.127
Linguere	449	457	572	580	484	317	206	123	109	193	359	384	4.233
Kaolack	276	289	354	344	264	173	107	65	52	97	152	222	2.395
Diourbel	255	268	337	318	252	172	116	65	67	116	168	208	2.342

Les taux d'évaporation sont très forts au Sénégal surtout dans les régions au nord de Louga, Linguère et Matam. Les taux minimaux d'évaporation se produisent en mars et avril et les taux maximaux ont lieu en août et septembre comme on peut le voir sur le tableau 2.3.

CHAPITRE III

HYDROGEOLOGIE



Markovetz

CHAPITRE III: HYDROGEOLOGIE

	PAGE	
3.1	Introduction.....	38
3.2	Méthodes de Cartographie.....	39
3.3	Revue Bibliographique.....	40
3.4	Méthodologie de l'Interprétation Landsat.....	41
3.5	Caractéristiques de l'Imagerie Landsat Disponible.....	43
3.6	Travail sur le Terrain.....	43
	3.6.1 Général.....	43
	3.6.2 Méthodes.....	44
3.7	Autres Moyens de Vérification.....	47
	3.7.1 Général.....	47
	3.7.2 Survols Aériens.....	48
	3.7.3 Analyses des Photographies Aériennes.....	50
	3.7.3.1 Général.....	50
	3.7.3.2 Analyses des Photographies.....	51
3.8	Format des Légendes et des Cartes.....	52
	3.8.1 Carte Hydrogéologique.....	52
	3.8.2 Carte Tectonique.....	53
	3.8.3 Carte Hydrologique.....	53
	3.8.4 Carte de l'Eau et des Minerais.....	53
	3.8.5 Format des Cartes et Documentation.....	54
3.9	La Géologie du Sénégal.....	54
	3.9.1 Introduction.....	54
	3.9.2 Géologie de Sénégal Oriental: Le Précambrien et le Paléozoïque.....	56
	3.9.2.1 Le Birrimien.....	56
	A. La Série Mako.....	56
	B. La Série Dialé.....	57
	C. La Série Daléma.....	58
	D. Les Granites de Type Baoulé.....	59
	E. Les Granites de Type Bobotí.....	59
	F. Les Granites Boudoukou.....	59
	3.9.2.2 Les Roches de la Fin du Précambrien et du Paléozoïque.....	60
	A. Série Ségou-Madina Kouta.....	60
	B. Série Mali.....	61
	C. Série Falémé.....	62
	D. Série Bassari.....	62
	E. Série Younkoun.....	63
	F. Série Koulountou.....	64
	G. Série Bakel.....	64
	3.9.2.3 Conclusions.....	64
3.9.3	Le Bassin Sédimentaire du Sénégal.....	65
	3.9.3.1 Les Périodes Géologiques.....	65
	A. Le Paléozoïque.....	65
	B. Le Triasique et le Liasique.....	66
	C. Le Jurassique.....	66
	D. Le Crétacé.....	66
	E. Le Tertiaire.....	67
	1. L'Eocène Inférieur.....	67
	2. L'Eocène Moyen.....	67
	3. L'Eocène Supérieur.....	68
	4. L'Oligocène.....	68
	5. Le Miocène.....	68
	6. Le Pliocène.....	69

	F. Le Quaternaire (Pléistocène-Holocène)..	70
3.9.3.2	Tectonique, Magmatisme et Histoire Géologique du Bassin Sénégal-Mauritanien..	71
	A. Tectonique du Bassin Sénégal- Mauritanien.....	71
	1. Résumé de la Structure du Bassin Sénégal-Mauritanien.....	71
	2. Analyse des Fractures.....	72
	B. Magmatisme du Bassin Sénégal- Mauritanien.....	74
	C. Histoire Géologique du Bassin Sénégal- Mauritanien.....	75
	1. Histoire pre-Mésozoïque.....	75
	2. Origine du Bassin.....	75
	3. Développement de la Rive Contin- entale.....	75
	4. Les Evènements du Crétacé à l'Eocène Moyen.....	76
	5. La Phase Pyrénéenne (l'Eocène Moyen à l'Eocène Supérieur).....	76
	6. De l'Eocène Supérieur au Quaternaire.....	76
3.9.4	Interprétation Landsat.....	77
3.9.4.1	Introduction.....	77
3.9.4.2	Approche Descriptive.....	78
	A. Les Roches du Birrimien.....	78
	1. La Série Mako (ßB).....	78
	a. Description de l'Unité.....	78
	b. Structure et Relations Inter- formationelles.....	79
	c. Interprétation des Caractéri- stiques Anomales.....	81
	d. Conclusions.....	81
	2. Les Séries Dialé et Daléma (Bvs, Bs, Bv, AB).....	81
	a. Description des Unités.....	81
	b. Structure et Relations Inter- formationelles.....	86
	3. Les Granites de Type Baouli et Boboti (Big).....	87
	a. Description de l'Unité.....	87
	b. Structure et Relations Inter- formationelles.....	89
	4. Les Granites de Bondoukou (GPB)....	90
	a. Description de l'Unité.....	90
	b. Structure et Relations Inter- formationelles.....	90
	B. Résumé et Conclusions pour les Roches du Birrimien.....	90
	C. Roches de la Fin du Précambrien et du Paléozoïque.....	91
	1. Introduction.....	91
	2. La Série Ségou-Madina Kouta (C ¹)... 91	
	a. Description de l'Unité.....	91

	b.	Structure et Relations Inter-formationnelles.....	92
3.		La Série Mali.....	93
4.		La Série Falémé (C^2, C^3, Ci).....	93
	a.	Général.....	93
	b.	Description de l'Unité C^2	93
	c.	Structure et Relations Interformationnelles.....	93
	d.	Description de l'Unité C^3	95
	e.	Structures et Relations Interformationnelles.....	95
	f.	Description de l'Unité Ci	96
	g.	Structures et Relations Interformationnelles.....	96
5.		La Série Bassari (Cim).....	96
	a.	Description de l'Unité.....	96
	b.	Structure et Relations Interformationnelles.....	97
6.		La Série Younkounkoun (Ci, C^3).....	97
7.		La Série Koulountou ($Caiv, Cvt, Cig$)..	98
	a.	Description des Unités.....	98
	b.	Structure et Relations Interformationnelles.....	98
8.		La Série Bakel ($C^2_m, \beta C$).....	99
	a.	Description des Unités.....	99
	b.	Structure et Relations Interformationnelles.....	99
9.		Les Dolérites du Sénégal Oriental (Dol).....	101
	a.	Description de l'Unité.....	101
	b.	Structure et Relations Stratigraphiques.....	104
D.		Conclusions Concernant l'Analyse Landsat des Roches Précambriennes et Paléozoïques du Sénégal Oriental.....	104
E.		Le Bassin Sédimentaire du Sénégal.....	105
	1.	Introduction.....	105
	2.	Approche Utilisée pour Cartographier les Unités Lithologiques.....	106
	3.	Description des Unités.....	107
	a.	Roches du Maestrichtien dans le Crétacé (Cr).....	107
		i. Description de l'Unité.....	107
		ii. Structure et Relations Interformationnelles.....	107
	b.	Le Paléocène, Tertiaire (e^{iv})....	107
		i. Description de l'Unité.....	107
		ii. Structure du Paléocène.....	107
	c.	L'Eocène, Tertiaire ($e^{iii}, e^{ii}, e^1, e^i$)	108
		i. Introduction.....	108
		ii. Description de l'Unité e^{iii} de l'Eocène Inférieur.....	108

	iii.	Description de l'Unité e ⁱⁱ de l'Eocène Moyen, Lutétien Inférieur.....	109
	iv.	Description de l'Unité e ⁱ de l'Eocène Moyen, Lutétien Supérieur.....	109
	v.	Structures et Relations Interformationnelles.....	110
	vi.	Description de l'Unité e ⁱ de l'Eocène Indifférencié.....	110
	d.	Oligo-Miocène, Tertiaire (OM)....	111
	e.	Le "Continental Terminal", Tertiaire (Ct).....	111
	f.	Couvertures Latéritiques Ter- tiaires et Quaternaires (cf)....	113
	g.	Autres Formations Tertiaires (ad ¹ , aff).....	114
F.		Géologie Structurale du Bassin Sédimen- taire Sénégalais.....	115
G.		Description des Unités Quaternaires du Bassin Sédimentaire Sénégalais.....	116
	1.	Introduction.....	116
	2.	Les Roches Volcaniques (β).....	116
	a.	Description de l'Unité.....	116
	b.	Structure et Relations intraformationnelles.....	116
	3.	Les Dépôts Lacustres (ae ¹ , ae ⁱ).....	117
	a.	Description des Unités.....	117
	b.	Relations structurales.....	118
	4.	Les Canaux Fossiles (aff).....	118
	a.	Description de l'Unité.....	120
	b.	Relations structurales.....	120
	5.	Dunes Fossiles de l'Ogolien ("dunes rouges", ad ¹).....	120
	a.	Description de l'Unité.....	120
	b.	Contrôles Structuraux.....	121
	6.	Les Dépôts Fluviatiles Récents (af)..	121
	a.	Description de l'Unité.....	121
	b.	Relations Structurales.....	122
	7.	Les sédiments Marins Récents (am)....	123
	a.	Description de l'Unité.....	123
	b.	Relations Structurales.....	124
	8.	Dunes Récentes (blanches et jaunes, ad ²).....	124
	H.	Conclusions de l'Approche Descriptive....	124
3.9.5		Interprétation des Données Satellites et Autres.....	125
	3.9.5.1	Introduction.....	125
	3.9.5.2	Interprétation des Images Landsat et Analyse Tectonique.....	126
	A.	L'interprétation des Mosaïques Landsat...	126
	B.	Conclusions Tirées de L'Analyse et de l'Interprétation Tectonique.....	127
	1.	Conclusions Tirées de l'Interpréta- tion Landsat.....	127

	2.	Conclusions Tectoniques Tirées de la Combinaison des Interprétations Landsat et Autres Données.....	131
	3.	Conclusions sur le Cadre Tectonique du Sénégal Basées sur les Données Autres que Landsat.....	132
3.9.5.3		Résumé du Développement Tectonique du Sénégal.....	134
3.9.6		Géologie Economique.....	136
3.9.6.1		Introduction.....	136
3.9.6.2		Description du Potentiel Minéral et en Hydrocarbures du Sénégal.....	137
	A.	Hydrocarbures et Sources d'Energie.....	137
	1.	Le Pétrole et le Gaz Naturel.....	137
	2.	La Lignite et le Charbon.....	138
	3.	Les Sources d'Energie Géothermique...	139
	4.	La Tourbe.....	140
	B.	Les Ressources en Minerais Non Métalliques	142
	1.	Matériaux de Construction.....	142
	2.	Les Phosphates.....	144
	C.	Minéraux Métalliques, Métaux Précieux et Autres Substances ayant une Valeur Economique.....	148
	1.	Introduction.....	148
	2.	Résumé des Résultats du Projet.....	148
	a.	Or.....	148
	b.	Chrome.....	153
	c.	Plomb, Zinc, Minéralisation Argentée.....	155
	d.	Etain, Molybdène, Tungstène, Li- thium, Niobium, Tantalum et Autres Minerais Exotiques et Rares.....	157
	3.	Conclusions.....	158
3.10		L'Hydrologie.....	159
3.10.1		Introduction.....	159
3.10.2		Présentation Générale.....	160
3.10.3		Revue Bibliographique.....	161
3.10.4		Les Caractéristiques Hydrologiques Majeures du Sénégal.....	162
3.10.4.1		L'Eau Superficielle.....	162
	A.	Précipitations.....	162
	B.	Evaporation.....	162
	C.	Ruissellement.....	163
	D.	Conclusions sur l'Eau Superficielle.....	164
3.10.4.2		L'Eau Souterraine.....	166
	A.	Couches Aquifères Profondes.....	166
	1.	La Couche Aquifère du Maestrichtien..	166
	2.	La Couche Aquifère du Paléocène.....	168
	3.	Couches Aquifères de l'Eocène.....	171
	B.	Couches Aquifères Peu Profondes.....	172
	1.	L'Eocène Supérieur.....	172
	2.	Les Sédiments du Mio-Pliocène de la Casamance.....	172

3.	Le "Continental Terminal" (Mio-Pliocène à l'Intérieur du Bassin Sédimentaire.....	173
4.	La Couche Aquifère de la Région des Niayes.....	174
5.	La Couche Aquifère Subvolcanique (nappe infrabasaltique).....	175
6.	Les Dépôts Alluviaux du Sénégal et des Autres Cours d'Eau.....	175
7.	Les Vallées Fossiles du Sénégal.....	175
8.	Autres Couches Aquifères dans les Roches Cristallines.....	176
3.10.4.3	Contrôle Structural des Couches Aquifères...	178
3.10.4.4	Interprétation Landsat des Caractéristiques Hydrologiques et Vérifications.....	178
3.10.4.5	Mesures des Puits par le Projet.....	179
3.10.5	conclusions sur l'Hydrologie du Sénégal.....	183
3.10.6	Potentiel en Eau du Sénégal.....	184
3.11	Annexe A: Hydrogéologie.....	188
3.12	Références Bibliographiques.....	270

CHAPITRE III

3.1 INTRODUCTION

La cartographie de la géologie et de l'hydrogéologie du Sénégal sur la base d'interprétations en télédétection avait pour but de fournir de nouvelles données sur ces deux importantes ressources naturelles sénégalaises. Peu a été fait ces dernières années dans le secteur des minerais. Bien que l'on ait prêté quelque attention aux phosphates en particulier, l'exploration a été limitée à la recherche de gisements d'uranium, d'or et de minerais de fer. La plupart des dépôts actuellement étudiés ont été découverts dans les années soixante ou avant. Mr. Serigne Lamine Diop, Ministre du Développement Industriel, a récemment en partie défini le problème dans le Plan Minéral de la République du Sénégal (1985):

"Auparavant lors de l'avant garde de la géologie de l'Afrique occidentale, le Sénégal a peut être souffert d'une surabondance de diagnostics formulés par des trop nombreux et plus intéressés à l'époque, à la géologie fondamentale qu'à prouver l'existence de gisements de minerais intéressants au point de vue économique."

Le manque de développement des ressources minérales du Sénégal et en particulier le persistant manque d'intérêt encore montré par les enquêteurs actuels, prouve ce point. Toutefois un autre facteur doit être mentionné, qui a lui aussi retardé le développement minéral du Sénégal. Il est bien connu que de nombreux efforts ont été fournis dans le début des années soixante, surtout par l'intermédiaire du Fond Spécial des Nations Unies, pour évaluer le potentiel minéral du Sénégal Oriental. Bien que le travail réalisé soit en majorité d'excellente qualité, il a malheureusement été effectué avant que l'introduction et l'acceptation de la Théorie des Plaques Tectoniques ne révolutionne complètement les méthodes d'exploration. De plus, de nouveaux systèmes et de nouveaux instruments ont été introduits dans les années soixante et les années soixante-dix qui sont responsables à l'échelle mondiale de la découverte de 40% environ des nouveaux sites miniers. Ces instruments tels ceux pour la géophysique de terrain et la géophysique aérienne et ceux pour la géochimie ont été inestimables non seulement pour la localisation des dépôts de minerais sur la base des modèles stochastiques et des modèles d'exploration développés avant 1965, mais aussi se sont montrés des plus efficaces lorsqu'ils étaient utilisés en conjonction avec les modèles résultant de la tectonique des plaques.

Depuis 1972, les satellites ont fourni un moyen supplémentaire d'exploration. L'avantage le plus estimable présenté par l'imagerie des satellites Landsat est qu'elle permet de visualiser de larges surfaces terriennes simultanément. On peut maintenant avoir une vue complète des régions géologiques, chaînes montagneuses, plateaux et autres caractéristiques géomorphiques et en rassemblant l'information dispersée acquise laborieusement par les méthodes inductives et en l'ajoutant à la vision générale fournie par le Landsat, on peut déduire le potentiel d'une région avec beaucoup plus de facilité.

Le développement de l'industrie minérale du Sénégal, ce qui inclut l'eau, a été retardée en raison du nombre limité d'études géophysiques et géochimiques. De plus très peu a été écrit jusqu'à très récemment sur la tectonique et le cadre métallogénique du Sénégal. En fait, quelques efforts d'exploration à la recherche de minerais ont été entrepris ces dernières années et seulement quelques synthèses géologiques et hydrologiques du Sénégal ont été présentées depuis 1966 (Bassot), avec l'exception d'une thèse à l'Université de Marseille (Villeneuve, 1984) et le Plan minéral en 1985.

Il doit être noté que dans les deux ou trois dernières années, la prise de conscience du potentiel sénégalais a conduit le Département de Géologie de l'Université de Dakar à fournir un effort très efficace en coopération avec des géologues français. Malheureusement ce groupe est surchargé et mal financé.

On ne peut pas s'attendre à ce que l'effort réalisé par le projet de télédétection ait des résultats immédiats. Ce qui a été tenté était de fournir une nouvelle approche qui, nous l'espérons, servira de véhicule pour le développement de nouveaux modèles et qui redonnera l'élan nécessaire à la relance de l'exploration au Sénégal. Bien qu'aucun bénéfice immédiat ne puisse résulter de nos enquêtes, nous pensons que la carte que nous avons établie à partir des interprétations Landsat a permis de faire un énorme pas en avant en direction de la détermination de nouvelles ressources minérales et en eau. Ce que nous avons fait d'une manière très élémentaire, était de redéfinir le cadre tectonique du Sénégal et d'avoir sur cette base et la base de vérifications partielles sur le terrain, défini de nouveaux sites pour l'exploration des ressources en minerais et en eau.

Nous espérons que ce nouveau modèle permettra aux professionnels de ce domaine d'apporter des solutions aux problèmes critiques du manque d'eau et de minerais au Sénégal.

3.2 METHODES DE CARTOGRAPHIE

La méthodologie utilisée pour cartographier les unités hydrogéologiques du Sénégal diffère de celle utilisée pour établir les cartes de la végétation, de l'utilisation des sols et des sols. Les différences sont dues à des méthodes qui de façon inhérente à chaque discipline sont dissemblables ou au fait qu'une plus grande emphase a été placée sur l'acquisition de résultats détaillés dans telle ou telle discipline. Par exemple, il est clair que dans les textes du projet,

la géologie (c'est-à-dire l'exploration minérale) n'était pas considérée aussi importante que l'utilisation des sols. Et c'était le souhait du Ministre à la Décentralisation, que plus d'emphase soit placée sur les ressources en eau que sur celles en minerais. Finalement moins de temps et d'argent ont été dépensés pour l'hydrologie et les ressources minérales.

Aucune méthode spécifique n'a été définie dans les textes du projet ou les autres documents officiels pour les études géologiques et hydrologiques. En raison de ce manque de directives, une méthodologie a été développée qui utilise au mieux le temps, les ressources financières, les moyens de locomotion, l'essence et l'absence critique d'homologues sénégalais.

Il doit être noté qu'un travail beaucoup plus minutieux aurait pu être accompli si un hydrologiste et un expert en minerais avaient été détachés au projet par le gouvernement et si, bien sûr, le géologue du projet avait lui même été libéré de ses obligations administratives.

3.3 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Généralement un projet de ce type commence par faire une recherche bibliographique sérieuse et par acquérir autant de documents que possible. Ceci comprend livres, articles, publications scientifiques, cartes, photographies aériennes ou tout autre document donnant une information sur l'hydrologie, le climat, la géologie, l'industrie minérale et les autres aspects de la géohydrologie.

La littérature sur la géologie et l'hydrologie du Sénégal est abondante quoique souvent difficile à trouver, acheter ou emprunter. Souvent les références ne sont pas disponibles au Sénégal et doivent être achetées en France à grands frais. Dans d'autres cas, les documents sont difficiles à trouver parce qu'il ne subsiste que quelques exemplaires et qu'ils sont souvent indisponibles.

La recherche des documents a eu lieu en juin, juillet et août 1983, soit immédiatement après l'arrivée de l'hydrogéologue. A ce moment là seulement les documents les plus généraux ont été obtenus en même temps que toutes les cartes disponibles disséminées dans le domaine public. Cette documentation a fourni la base pour la première interprétation de l'imagerie Landsat. Plus tard une littérature beaucoup plus détaillée a été rassemblée en même temps que les photographies aériennes et les journaux scientifiques plus abstrus et moins facilement obtenables. Ces journaux et cette documentation ont été utilisés lors de la seconde phase d'interprétation des images Landsat et en tant que documents d'appui lors de la rédaction du présent rapport.

La littérature sur la géologie et l'hydrologie du Sénégal est vaste et en cours d'accroissement (surtout celle traitant du creusement de puits et de la qualité de l'eau). S'il y a des lacunes dans notre revue bibliographique, il faut nous excuser parce qu'il était impossible de rassembler toute la littérature, sans mentionner essayer de la lire dans les 22 mois impartis.

Nous avons essayé de rassembler, d'évaluer et d'intégrer un morceau représentatif de la littérature pertinente. Ce matériel est présenté dans la partie bibliographique à la fin de ce chapitre.

3.4 METHODOLOGIE DE L'INTERPRETATION

La méthodologie utilisée lors de nos enquêtes est relativement simple et a consisté à:

- A. Choisir les meilleures images disponibles comme base de l'interprétation.
- B. Effectuer une rapide revue de la littérature pour comprendre les aspects fondamentaux de la géologie et de l'hydrologie du pays.
- C. Effectuer une rapide interprétation des principales entités lithologiques et structurales du pays au 1:1 000 000^e à partir d'images individuelles et d'une mosaïque en noir et blanc à la même échelle.
- D. Comparer les résultats cartographiques initiaux de l'interprétation aux cartes déjà existantes pour vérifier que nous sommes capables d'identifier des unités lithologiques connues ainsi que les failles, fractures et plissements. Corriger l'interprétation initiale et modifier la méthode d'approche si nécessaire.
- E. Faire de courtes expéditions sur le terrain afin d'établir les caractéristiques spectrales de la surface du territoire et les relations entre les diverses caractéristiques morphologiques.
- F. Commencer l'interprétation de la géomorphologie et de la géologie du Sénégal au 1:250 000^e en utilisant les cartes déjà existantes et les photographies aériennes. Achever la première interprétation au premier niveau en commençant par les unités les moins complexes. Utiliser toutes les images disponibles en incluant les images RBV et les images multi-datées (sur plusieurs saisons et sur plusieurs années). On réalise l'interprétation en plaçant les images Landsat sur une table lumineuse et en décalquant sur un acétate clair ou un matériau transparent glacé (mylar) les unités caractéristiques qui peuvent être définies. Une fois que l'interprétation est achevée sur une image (par exemple une image en couleur composée), une comparaison est faite en utilisant, soit une image en couleur composée prise à une autre date, soit une image en noir et blanc prise à la même ou à une date différente. De meilleurs résultats pourraient être obtenus suite à l'emploi de l'imagerie RBV ou des photographies aériennes. En général des diapositives de cartes topographiques (si elles existent) de même échelle sont utilisées pour localiser les caractéristiques interprétées en fonction des routes et des villes. Parfois on commence par reporter les

villes et les routes sur les feuilles d'interprétation bien que ceci tende à être distrayant. Les cartes géologiques ou autres déjà existantes sont aussi utilisées afin d'aider au maintien de la cohérence et d'aider l'interprète là où les unités lithologiques sont masquées par une végétation épaisse (comme dans la Casamance), ou par les feux de brousse (ce qui est souvent le cas au Sénégal). Généralement les images en saison sèche sont utilisées pour les interprétations hydrogéologiques. La préparation des premières légendes termine cette étape.

- G. Préparer le travail de terrain grâce au choix des régions ou sites spécifiques pour lesquels l'interprétation des images Landsat est en désaccord avec les résultats existants déjà publiés. Définir les régions présentant des anomalies qui n'avaient pas été remarquées pour une vérification sur le terrain. Choisir des régions ou des sites difficiles à interpréter. Préparer les itinéraires finaux pour couvrir le nombre maximum d'anomalies, de contacts géologiques ou hydrologiques ou toute autre caractéristique distinctive.
- H. Effectuer le travail de terrain pour vérifier tout ce qui précède.
- I. Corriger les interprétations de sorte qu'elles soient en accord avec les données du terrain et préparer une légende au second niveau.
- J. Effectuer les survols aériens afin de mieux comprendre les relations entre le terrain et les caractéristiques interprétées sur l'imagerie.
- K. Faire les corrections finales des interprétations.
- L. Transférer les interprétations sur des cartes de base et s'assurer de la continuité entre les unités des différentes images Landsat.
- M. Préparer la légende finale et définir les relations entre unités (c'est-à-dire l'âge, la géométrie, etc...).
- N. Corriger et colorer les cartes de base pour s'assurer de la cohérence des relations et par là même affiner les légendes.
- O. Dessiner et/ou graver les cartes finales pour la publication.
- P. Préparer des cartes supplémentaires sur la base des résultats de l'interprétation (tectonique, potentiel minéral, ressources en eau, érosion due à l'eau, etc...).

Note: Il doit être noté que les enquêtes géologiques et hydrologiques ne sont pas d'ordinaire effectuées par les mêmes personnes dans le cas d'un territoire aussi vaste que le Sénégal.

3.5 CARACTERISTIQUES DE L'IMAGERIE LANDSAT DISPONIBLE (carte 1.1)

De nombreux paramètres sont pris en considération lors de l'acquisition d'images spatiales en vue de les appliquer pour la détermination des ressources. Ces paramètres sans être exclusifs comprennent: l'année et la date, la qualité, la couverture nuageuse, le pouvoir de résolution, l'échelle, le type (MSS, RBV, Radar, Thematic Mapper), le lot en opposition aux images corrigées ou accentuées, la couleur par opposition au noir et blanc, etc...

L'imagerie Landsat acquise par le projet est décrite dans l'annexe A, tableau III-1. Les principales contraintes limitant l'utilisation efficace de l'imagerie lors de la cartographie au Sénégal étaient: un manque d'images récentes (depuis 1981) qui auraient été utiles pour évaluer le taux de dessiccation du Sahel et qui par conséquent auraient été utiles pour établir les tendances hydrologiques; un manque d'images géométriquement corrigées qui auraient garanti l'exactitude de la reproduction de l'échelle d'une image à l'autre; et le manque d'images à la "même" date pour tout le Sénégal (13 scènes) ce qui aurait permis d'évaluer l'avance de la dégradation sur des périodes précises depuis 1972, date de la première acquisition de l'imagerie Landsat. Finalement, l'échelle choisie, au 1:250 000^e, ne s'est pas avérée aussi utile que l'aurait pu l'être une imagerie au 1:200 000^e puisque la majorité des cartes du Sénégal sont à cette dernière échelle. Une imagerie de bonne ou même excellente qualité a néanmoins été disponible pour les années 1972-1981. Cette imagerie a peu ou pas de couverture nuageuse. Treize scènes couvrant la totalité du Sénégal ont été accentuées, quelques images RBV à forte résolution étaient disponibles ainsi qu'une imagerie comparative pour les mêmes scènes à différentes dates et qu'une imagerie à plusieurs échelles c'est-à-dire au 1:1 000 000^e, au 1:500 000^e et au 1:250 000^e. De plus quatre mosaïques du Sénégal portant sur les treize scènes ont été produites en couleurs et sur diapositives couleur, et deux en noir et blanc (une sur chacun des canaux 5 et 7).

3.6 TRAVAIL SUR LE TERRAIN

3.6.1 Général

Le travail de terrain venant à l'appui du projet de télédétection par satellite n'a pas, à notre connaissance, à inclure des méthodes différentes de celles utilisées lors d'enquêtes plus conventionnelles. En général, les expéditions sur le terrain pour la télédétection sont cependant raccourcies parce que c'est la nature de la télédétection de réduire le travail nécessaire de vérification sur le terrain. Ceci résulte de la description de toutes les unités d'aspect homogène par les interprétations et de la définition des paramètres qui à l'intérieur de chacune de ces unités doivent être vérifiés. Par exemple, une unité géologiquement homogène dans le bassin sédimentaire Sénégalais présentera un jeu d'aspects structuraux et tonaux qui lui seront caractéristiques. Lors de vérification sur le terrain chacun de ces aspects structuraux et tonaux doit être vérifiés. Mais chacun des représentants d'une même unité n'a pas besoin d'être vérifié puisqu'ils

peuvent aisément être reconnus comme étant identiques sur l'image satellite. Aussi, pour être efficace, le travail de vérification sur le terrain venant à l'appui d'un effort de cartographie par satellite tentera de vérifier seulement un nombre statistiquement valide de sites ayant les mêmes caractéristiques structurales et tonales, représentant les unités géomorphologiques, structurales, lithologiques ou hydrologiques définies par l'interprétation de l'imagerie satellite.

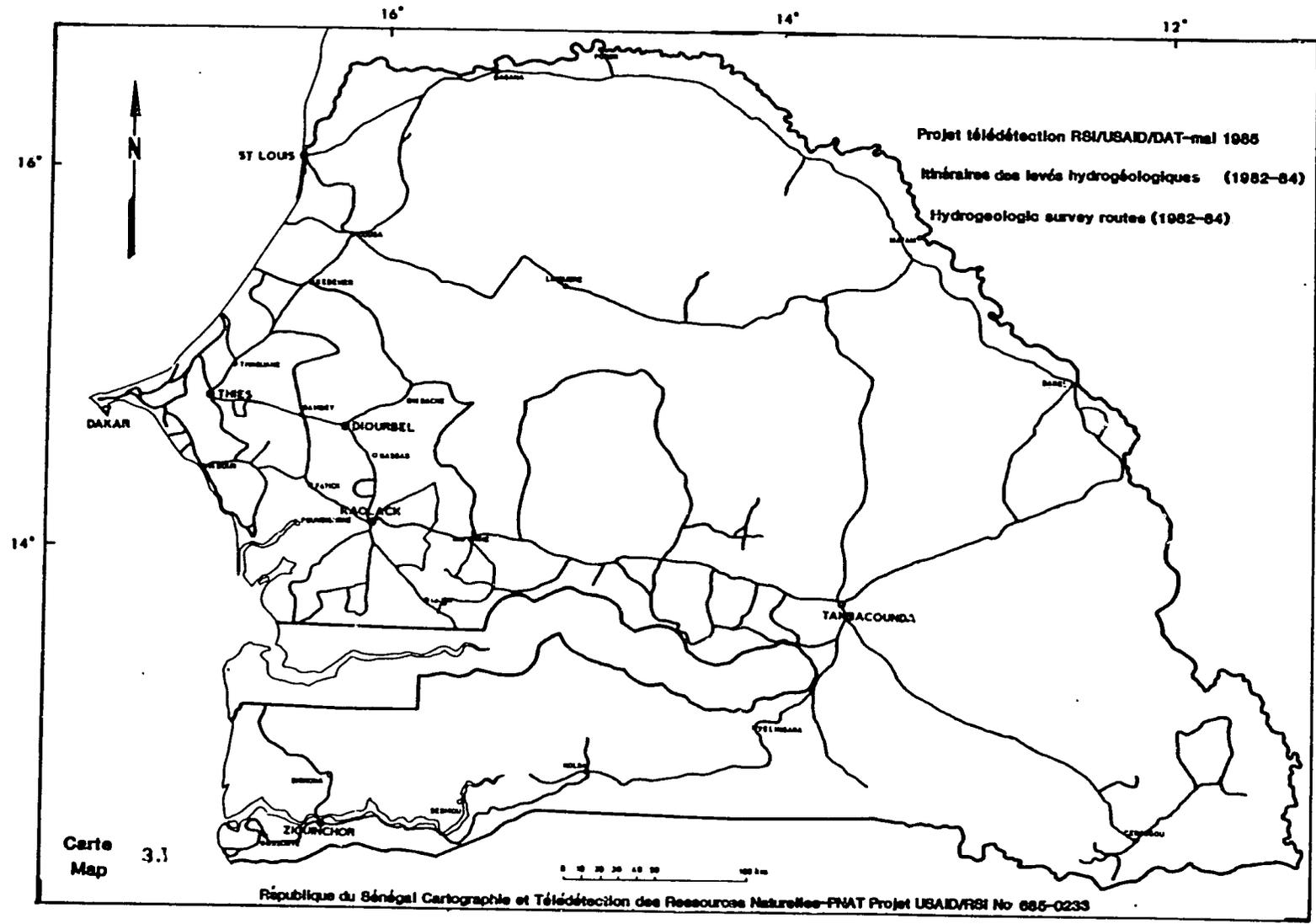
Deux autres points restent à considérer lorsqu'on effectue les vérifications sur le terrain pour la géologie et l'hydrologie. Le premier concerne les transformations et est particulièrement applicable aux enquêtes hydrologiques pour lesquelles les forces dynamiques agissant sur la croûte terrestre ont modifié la place des cours d'eau, des bancs de sable, des dunes, etc..., et par là même ont affecté la qualité et la quantité de l'eau disponible. Pour étudier de telles modifications et fournir des conclusions hydrologiques utiles en fonction de ces transformations, on utilise d'une part l'imagerie satellite multi-datée pour déceler les modifications et d'autre part le travail de terrain pour mesurer leurs effets ou le potentiel de changement. Comme l'interprétation de la télédétection par satellite nous a procuré une vision globale de la Terre comme jamais nous ne l'avons vue, nous sommes capables de voir des caractéristiques singulières qui auparavant n'avaient pas été notées; ces caractéristiques peuvent être structurales, sont moins fréquemment lithologiques et dans la plupart des cas représentent des variations botaniques ou chimiques non observables sur le terrain mais qui le sont sur le format synoptique de l'imagerie Landsat. Ces anomalies demandent une explication et par conséquent doivent donner lieu à une vérification sur le terrain.

Finalement, les vérifications sur le terrain sont faites simplement parce que dans de nombreuses régions peu ou pas d'études sur le terrain ont été effectuées et que du travail sur le terrain supplémentaire est toujours utile.

3.6.2 Méthodes

Le travail de terrain a été poursuivi simultanément pour la géologie (lithologie, structures, tectonique, gisements de pétrole et de minerais) et l'hydrologie (étendue, qualité, quantité et potentiel des nappes). En dépit de nombreux niveaux de correspondance entre les deux sciences, il a été difficile de rassembler sur le terrain des preuves en quantités suffisantes et de faire justice à toutes les deux. La carte 3.1 donne les routes suivies et les régions visitées.

Au total neuf expéditions sur le terrain ont été effectuées sur un total de 50 jours. Toutes ont été faites en 1984, 2 en mars, 2 en avril, 1 en mai, 2 en juin et 2 en septembre. La distance totale parcourue est de plus de 12 000 km.



Carte 3.1 Itinéraires des Levés Hydrogéologiques

<u>Número de l'expédition</u>	<u>Date de l'expédition</u>	<u>Région visitée par l'expédition</u>
1	5-9 mars	Petite Côte, Thiès, Sine Saloum
2	13-17 mars	Louga, Thiès, Linguère, Fleuve (Ouro Sogui), St Louis, Dakar
3	3-7 avril	Cap Vert, Thiès, Diourbel, Louga, Sine Saloum
4	12-20 avril	Sine Saloum, Louga, Sénégal Oriental, Fleuve
5	17-28 mai	Sénégal Oriental
6	15-20 juin	Sine Saloum, Sénégal Oriental
7	28 juin-3 juillet	Casamance
8	4 septembre	Thiès
9	9-10 septembre	Cap Vert, Thiès

La première journée passée sur le terrain, lors de la première expédition, a servi à former les homologues sénégalais aux méthodes de vérification géologique sur le terrain ainsi qu'à l'établissement de la méthodologie à suivre pour les vérifications hydrologiques sur le terrain. L'équipe a établi la méthode d'échantillonnage de façon à acquérir le maximum de données géologiques tout en obtenant un grand nombre d'informations concernant le niveau des nappes d'eau souterraines. Tous les 5 à 10 kilomètres le long de chaque transect, tous les puits (à l'exception de ceux de la Moyenne Casamance où le manque d'eau n'est pas un problème) ont été mesurés. Simultanément, des échantillons géologiques prélevés sur l'emplacement du puits ou sur le matériel d'excavation du puits, étaient décrits. Aussi souvent que possible, l'équipe a essayé de localiser les puits récemment creusés ou ceux en cours de creusement afin d'établir les relations stratigraphiques et de déterminer le potentiel des nappes aquifères alimentant les puits de l'échantillonnage. Ces puits présentaient souvent des matériaux récemment remontés à la surface et ceci a permis de décrire la séquence des matériaux jusqu'à celui constituant la nappe aquifère.

Les données hydrologiques ont été obtenues au moyen de mètres à ruban lestés. On déroulait un fil lesté jusqu'à celui-ci touche l'eau. Une première lecture de la longueur de fil déroulé était faite, ensuite le mètre à ruban lesté était déroulé jusqu'à ce qu'il touche le fond et une seconde lecture était faite. Plus de 350 puits ont ainsi été mesurés (cf l'annexe A, tableau III-2 et la carte hydrologique pour les résultats).

Le travail géologique de terrain a consisté à décrire la lithologie, la stratigraphie, la géomorphologie et la structure des sites de l'échantillonnage. Ces sites avaient été choisis avant notre départ sur le terrain. D'une manière typique, le choix des sites reposait sur les particularités mises en évidence lors de l'interprétation des images Landsat et correspondait aux points où elles étaient traversées ou accessibles par la route. Les sites étaient reportés sur des tirages à alcool des cartes topographiques du Sénégal. Toutes les cartes disponibles montrant la géologie et la présence de minerais ont été emportées sur le terrain ainsi que les images Landsat au 1:1 000 000e

et au 1:500 000^e. L'équipe a tenté d'observer sur le terrain les contacts géologiques, les failles et toutes les autres caractéristiques mentionnés sur ces cartes. De nombreuses observations ont été faites en des lieux qui, ni ne paraissaient remarquables sur les cartes géologiques, ni n'avaient été choisis en fonction de l'imagerie Landsat mais qui sont apparus intéressants au cours du travail sur le terrain.

Des échantillons de roches ont été décrits à maints endroits mais seulement quelques-uns ont été rapportés pour identification (annexe A, tableau III-3 pour les résultats d'analyse des échantillons). Cent sept échantillons ont été prélevés et identifiés. Treize ont été analysés par spectrométrie de masse (annexe A, tableau III-4). Un résumé type des activités sur le terrain est donné dans les tableaux III-5a, III-5b, III-6a et III-6b de l'annexe A.

En résumé notre travail sur le terrain a varié en fonction de la région étudiée, mais en dépit de ces variations, il a toujours consisté à prélever et identifier les types de roches, à mesurer les relations géométriques entre les unités de roches affleurant au moyen d'un compas Brunton pour établir les relations tectoniques à savoir les plissements, les fractures, les joints et les failles. De plus, nous avons essayé de décrire les caractéristiques géomorphologiques telles que les dunes, les cours d'eau, les terrasses, les cuestas et les autres formations terrestres afin de mieux comprendre la récente évolution géologique du Sénégal en particulier celle du Sénégal Oriental où de telles analyses peuvent éventuellement suggérer des points cibles pour la recherche de minerais.

Finalement nous devons signaler que, bien que les méthodes utilisées aient été valides, le temps disponible pour le terrain était au mieux très limité quoiqu'il ait suffi à vérifier la majorité des particularités mises en évidence par l'interprétation de l'imagerie satellite. Il était néanmoins décevant de ne pas avoir assez de temps pour vérifier certaines idées ni pour rassembler suffisamment de données à l'appui des hypothèses qui seront présentées dans les dernières parties de ce rapport.

3.7 AUTRES MOYENS DE VERIFICATION (survols et photographies aériens)

3.7.1 Général

Deux moyens supplémentaires de vérification rapide sont souvent utilisés au cours d'une approche à niveaux multiples venant à l'appui de projets par satellites. Il s'agit des survols aériens effectués par des avions légers et les photographies aériennes prises lors de missions cartographiques antérieures. Tous deux sont extrêmement utiles pour établir une meilleure compréhension des caractéristiques du terrain. Les survols aériens tendent toutefois à être plus efficaces car ils permettent à l'observateur d'assimiler de larges quantités d'information et de les corrélérer aux données déjà interprétées. Les photographies aériennes prises à des altitudes bien définies offrent un

contrôle au sol plus sûr que les survols aériens et par conséquent une information de détail excellente à une échelle intermédiaire entre celle du terrain et celle du satellite.

3.7.2 Survols aériens (carte 3.2)

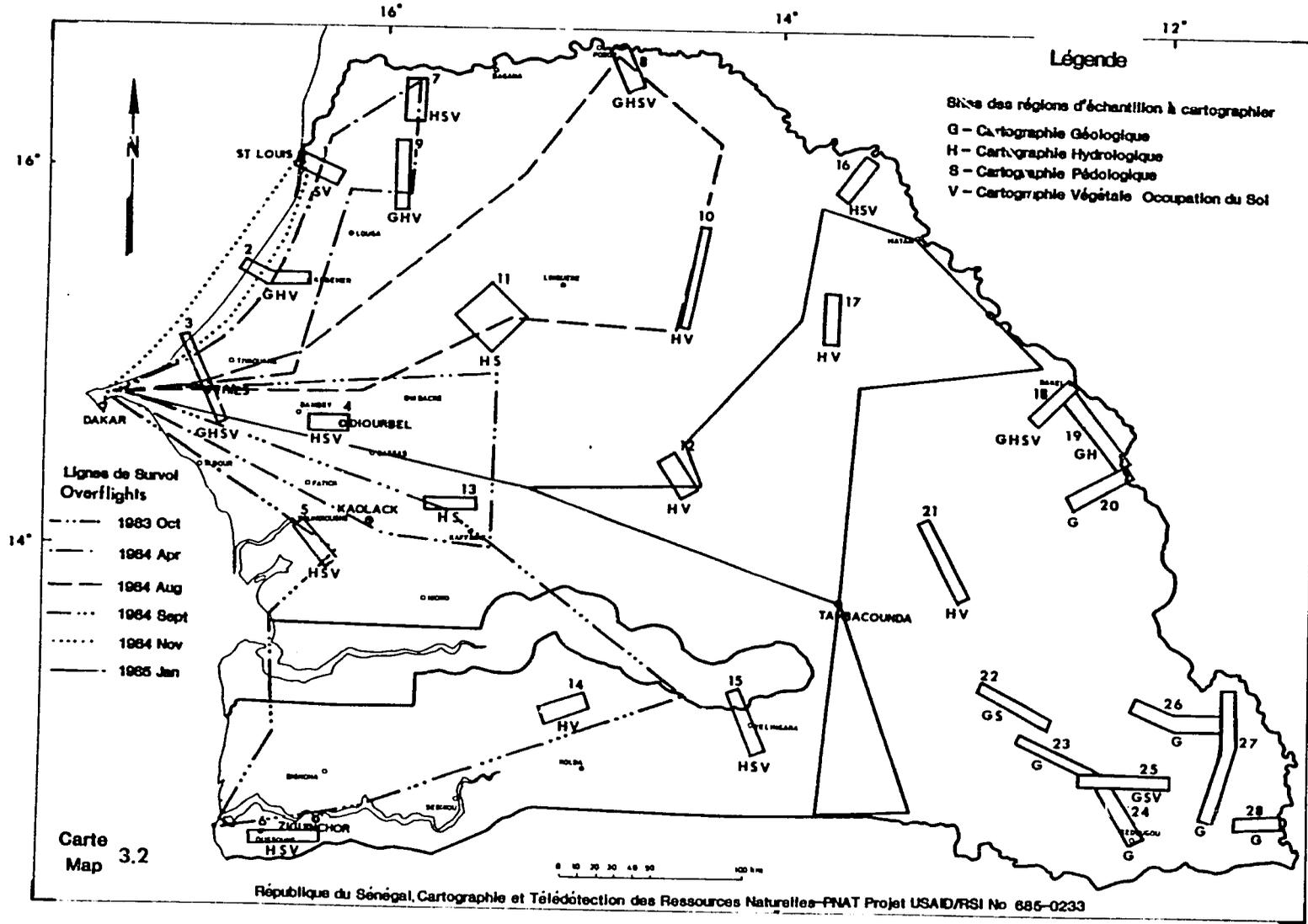
Six survols aériens ont été effectués (pour les exemples se reporter aux tableaux III-6a et III-6b de l'annexe A). Ces survols ont en général été couronnés de succès mais à quatre occasions ils ont dû être raccourcis en raison de la faible visibilité ou ils en ont fortement souffert. La plupart du temps on a utilisé un avion à six places à ailes fixes. Il était loué à une compagnie locale au taux horaire de 125 000 CFA environ. Malheureusement cet appareil avait des ailes profilées vers le bas plutôt que vers le haut. Ceci a nui aux observations que pouvaient faire certains des passagers. La pratique la plus courante était d'avoir un scientifique commis à la prise des photographies tandis qu'un second repérait la position relative de l'appareil sur l'imagerie Landsat au 1:1 000 000^e ou sur des cartes topographiques au 1:250 000^e tout en notant les coordonnées de chacune des photographies prises.

L'équipe géologique a participé à trois survols aériens et a été très déçue en raison de la faible visibilité en particulier lors du survol du Sénégal Oriental. Ce vol a été effectué avec la coopération de Dr Sall, géographe à l'Université de Dakar et de P. Michel, de l'Université Louis Pasteur à Strasbourg, auteur de "Les Bassins des Fleuves des Sénégal et Gambie, Etude Géomorphologique" (ORSTOM, 1973).

Les photographies prises lors de ces survols devaient correspondre aux régions de l'échantillonnage déjà choisies et vérifier l'interprétation pour les sites posant problèmes. Les photographies étaient généralement des diapositives ce qui permet de les projeter et de les analyser en détail. L'altitude à laquelle ces diapositives ont été prises variait entre 500 m et 1500 m mais la brume provenant des tempêtes de sable ou des feux de brousse nous a en général forcé à voler à plus basse altitude et a ainsi empêché les observations géologiques (caractéristiques de grande taille). L'altitude optimale de vol pour des observations géologiques se situe entre 1500 m et 2000 m.

Les vols à basse altitude, avec une caméra fixée dans le ventre de l'appareil et suivant des lignes de vols prédéterminées, fournissent une séquence photographique en temps réel continu qui peut permettre de dresser l'inventaire des principales cultures et, si elle est analysée stéréoscopiquement, de faire une interprétation géologique soigneuse. Les enquêtes qui ont été réalisées de cette manière au Zaïre (Stancioff et al, 1981) ont été très utiles pour prédire la production de maïs et pour dresser l'inventaire des autres ressources. Cette méthode n'a pas pu être employée au Sénégal parce que l'avion nécessaire n'était pas disponible.

Les survols aériens ont été très utiles pour confirmer ou infirmer l'existence des caractéristiques interprétées sur les images Landsat,



Carte 3.2 Survol Aériens

pour établir les principales unités géomorphiques et structurales et pour confirmer la présence des canaux fossiles, des failles, des fractures et des joints. Le tableau ci-dessous présente les dates de vols et les régions survolées par le projet. Le premier, deuxième et sixième vol ont été effectués par l'équipe hydrogéologique. L'équipe a seulement vu les photographies prises lors des autres missions.

<u>Numéro du vol</u>	<u>Date du vol</u>	<u>Région survolée</u>
1	Oct. 1984	Mbour-Koalack-Sadio-Diourbel-Thiès
2	Avr. 1984	Thiès-Koki-Cuiers-Rosso-St Louis-Louga-Meka-Tanma
3	Aou. 1984	Dakar-Diourbel-Darha-Linguère-Yonoféré-Tiaski-Tilogne-Podor-Koki-Dakar
4	Sep. 1984	Dakar-Nioro Du Rip-Kolda-Zinguinchor-Foudiougne-Dakar
5	Nov. 1984	Dakar-St Louis-Dakar (stabilisation des dunes)
6	Jan. 1985	Dakar-Diourbel-Payar-Loumbol-Liou-Ouro Sougi-Matam-Woumpou-Fété Bowé-Tambacounda-Kalifourou Siméti-Tambacounda-Dakar

3.7.3 Analyse des photographies aériennes

3.7.3.1. Général

Vingt huit régions ont été choisies comme sites tests de l'échantillonnage pour l'ensemble des diverses disciplines. Pas toutes ces régions ne présentaient un intérêt géologique ou hydrologique. Les régions montrant un tel intérêt sont présentées sur la carte 3.2. Quatorze régions ont été retenues pour une interprétation géologique à partir des photographies aériennes et une vérification de l'interprétation des images Landsat, et dix-neuf ont été retenues pour une étude hydrologique. L'interprétation détaillée des photographies aériennes n'a pu être faite pour toutes ces régions pour les raisons suivantes:

- Les régions 8, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 26 n'étaient pas disponibles à l'IGN de Dakar. Les régions 8, 11, 16, 17, 18, 19 et 21 appartenaient à l'échantillon hydrologique et les régions 8, 18, 19 et 26 faisaient partie de l'échantillon géologique.
- L'analyse détaillée des photographies aériennes au 1:50 000^e et au 1:40 000^e exige du temps et de la concentration. Les deux faisaient défaut en raison de problèmes de management existant au projet.
- De nombreuses photographies étaient de mauvaise qualité.
- Dans le cas de la région 2, les photographies prises par le projet ont entièrement satisfait aux exigences de nos vérifications.

- Dans le cas des régions 4, 5, 6 et 13, les utilisations agricoles ont eu tendance à masquer les caractéristiques géologiques et hydrologiques à l'échelle utilisée (1:50 000^e).

3.7.3.2. Analyse des photographies aériennes (annexe A, tableau III-7)

Toutes les photographies analysées soit superficiellement (régions 2, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 12, 14 et 15), soit en détail (régions 3, 10, 23, 24, 25 et 28) corroborent de façon définitive l'interprétation satellite. Les limites entre les unités lithologiques sont clairement plus visibles sur les photographies aériennes mais leurs coordonnées n'ont pas toujours été reportées sur les interprétations Landsat car ceci aurait résulté en une carte beaucoup trop détaillée et confuse. Les traits structuraux localisés sur Landsat ont été vérifiés sur les photographies aériennes et dans 75% des cas environ se sont correspondus. La bonne correspondance a surtout été observée pour les provinces du Bassin Sédimentaire et de l'axe Thiès-Cap Vert qui sont plus simples sur le plan structural.

D'une manière intéressante, les particularités telles que les canaux fossiles apparaissent comme des directions générales inexplicables sur les photographies aériennes tandis que leur identification comme trait géomorphique important et omniprésent du paysage sénégalais n'est possible que sur l'imagerie Landsat. Les vérifier fut cependant aisé grâce à l'emploi des photographies aériennes.

Les photographies aériennes permettent une vérification sérieuse de l'imagerie Landsat à condition qu'elles puissent être regardées stéréoscopiquement. Cet aspect tridimensionnel dépend naturellement des variations de l'altitude du terrain. La majeure partie du Sénégal est malheureusement plate, plusieurs cours d'eau n'ont creusé leur lit que sur 1 à 2 m en dessous du niveau topographique moyen. C'est pourquoi l'analyse des photographies aériennes à des fins géologiques ou hydrologiques a été de peu d'utilité pour la majorité du Bassin des Arachides et du Ferlo. En fait, les fractures et linéaments étaient beaucoup plus visibles sur l'imagerie Landsat que sur les photographies parce que ces caractéristiques étaient accentuées par les différentes réponses spectrales enregistrées par le satellite, par la possibilité d'avoir des images en couleurs et des images répétitives ainsi que par la vision synoptique donnée par le satellite.

Les photographies aériennes ont été particulièrement utiles au Sénégal Oriental où les unités pétrographiques et structurales présentent une variété et une complexité indéchiffrable sur l'imagerie Landsat qui manque de pouvoir résolutif au sol. Alors que les photographies aériennes de cette région donnent des détails en abondance, la pléthore de ces détails a souvent masqué les tendances plus générales qui sont alors seulement décelables sur l'imagerie Landsat. Ainsi les deux techniques sont particulièrement utiles pour établir les relations géologiques dans de telles régions. Une analyse photogéologique complète devrait être faite pour le Sénégal Oriental mais en utilisant cette fois des photographies de meilleure qualité, au 1:40 000^e et de préférence en couleurs. Cette approche aurait elle aussi ses propres limites dues à la présence fréquente d'une croûte latérisée qui

probablement obscurcit plus de 40% de la géologie et à la couverture végétale qui cause une gêne supplémentaire. La photointerprétation, imagerie satellite comprise, n'est donc pas adaptée à l'établissement des relations géologiques au Sénégal Oriental. La seule façon de produire de bonnes cartes du Sénégal Oriental qui puissent servir de base à l'organisation de missions d'exploration, est de combiner les techniques précédentes avec une enquête aéromagnétique et gravimétrique plus détaillée de la région. Cette méthode devrait permettre de cartographier les continuités et discontinuités des structures géologiques sous les couvertures végétale et latéritique.

Un certain nombre d'études détaillées et spécifiques des photographies aériennes ont été faites, elles sont présentées et commentées dans le tableau III-7 de l'annexe A. Ces analyses montrent de façon indiscutable que cette séquence d'interprétation (images Landsat, photographies aériennes, vérifications sur le terrain) a des avantages nets sur la procédure classique d'interprétation photogéologique. Mais il a également été montré que cette nouvelle procédure a elle aussi ses limites en particulier dans des régions telles que le Sénégal Oriental.

3.8 FORMAT DES LEGENDES ET DES CARTES

Quatre cartes ont été préparées par le groupe de géohydrologie, chacune avec sa propre légende. Ces cartes sont les suivantes:

- A. Carte géohydrologique en couleurs au 1:500 000^e.
- B. Carte tectonique en noir et blanc au 1:1 000 000^e.
- C. Carte hydrologique en noir et blanc au 1:500 000^e.
- D. Carte des potentiels en eau et en minerais en noir et blanc au 1:1 000 000^e.

3.8.1 Carte Hydrogéologique

Cette carte a été produite pour correspondre autant que possible à la carte géologique déjà existante (Carte Géologique de la République du Sénégal et de la Gambie, BRGM, 1962) et pour incorporer à chaque fois que cela était possible les caractéristiques proéminentes des cartes géologiques au 1:200 000^e publiées par le Service des Mines et de la Géologie (Bassot, et al., 1963).

Notre carte diffère en ce qu'elle prend en considération une gamme de caractéristiques visibles sur l'imagerie Landsat, qui de ce fait n'avaient pas été jusqu'à présent cartographiées et qu'elle tente de montrer certaines caractéristiques hydrologiques ou d'accentuer certaines caractéristiques géologiques qui sont directement ou indirectement en relation avec le potentiel hydrique du pays. Nos légendes diffèrent en ce sens des normes établies pour les autres cartes précédemment citées.

Nous avons, partout où c'était possible, employé les mêmes termes lithologiques que ceux utilisés par les cartes déjà existantes. Des différences existent toutefois, elles seront expliquées dans le texte de ce rapport. Nous avons aussi essayé d'utiliser un code de couleur similaire pour faciliter la lecture de la carte et sa comparaison avec les cartes déjà existantes.

3.8.2 Carte Tectonique

Notre carte tectonique est, à notre connaissance, la première du genre à cette échelle (1:1 000 000^e) pour le Sénégal. Cette carte a utilisé, là où c'était possible, les termes lithologiques et structuraux déjà existants. Certains éléments nouveaux que nous avons tenté de décrire dans la légende ont cependant été incorporés. Les unités lithologiques sont aussi présentées d'une manière généralisée sur cette carte et nous avons tenté de montrer les composants structuraux de la croûte au Sénégal afin de fournir aux hydrologues et géologues économiques, un cadre pour l'exploration et le développement de modèles.

3.8.3 Carte Hydrologique

La carte hydrologique préparée par le projet au 1:500 000^e donne l'emplacement des puits mesurés par le projet, les positions estimées des niveaux supérieurs de trois formations géologiques connues pour correspondre à des nappes aquifères et la position des canaux fossiles datant du Tertiaire, du Quaternaire ou de plus récente origine, comblés par des alluvions.

La localisation des mesurations des puits s'explique d'elle même. La méthode utilisée pour présenter les données mesurées suit d'aussi près que possible celle de SODEFITEX (1981). Les contours montrant la profondeur relative du Maestrichtien, du Paléocène et de la fin de l'Eocène ont été directement empruntés à C. Monciardini (1966). Les failles, les fractures et les linéaments proviennent de l'imagerie Landsat de même que les canaux fossiles et les autres unités alluviales cartographiées. Il n'existe que quelques normes seulement pour la création d'une légende pour ce type de carte, nous avons donc utilisé une approche qui, nous le pensons, est appropriée et évidente.

3.8.4 Carte de l'Eau et des Minerais

Cette carte a été préparée d'après les "Cartes Des Gites Minéraux de la République du Sénégal" (1985), d'après le Plan minéral (1985), d'après C. Monciardini (1966) et d'après le travail effectué par les membres du présent projet. L'échelle de la carte (au 1:1 000 000^e) ne permet pas de définir dans le détail les possibilités, les mines et les autres caractéristiques importantes des ressources minérales, en eau et en combustibles du Sénégal. Mais nous avons essayé de montrer les emplacements des gisements connus et des régions à fort ou faible potentiel. L'objectif principal est de donner au gestionnaire des ressources un moyen rapide pour évaluer le potentiel sénégalais en eau, minerais et énergies fossiles.

3.8.5 Format des Cartes et Documentation

Le format utilisé pour la carte géohydrologique comprenait 4 feuilles, chacune au 1:500 000^e et une feuille de légende. Les cartes résultent du transfert des interprétations des images Landsat au 1:250 000^e sur des projections de base UTM du Service de Cartographie de l'Armée des US au 1:250 000^e préparées sur la base des photographies IGN aériennes. Ces cartes ont alors été composées et réduites au 1:500 000^e. La documentation utilisée est citée dans la partie bibliographique qui suit ce chapitre.

Le format pour la carte hydrologique est le même que le précédent mais comprend seulement 4 feuilles, la légende se trouvant dans le quadrant nord-est de la feuille numéro 2.

Le format de la carte tectonique et des cartes des potentiels en eau et en minerais, au 1:1 000 000^e est une réduction du format précédent et ne comprend qu'une seule feuille.

Les méthodes de préparation et de production du format cartographique ont été décrites plus en détail dans la section 1.4 (format des cartes).

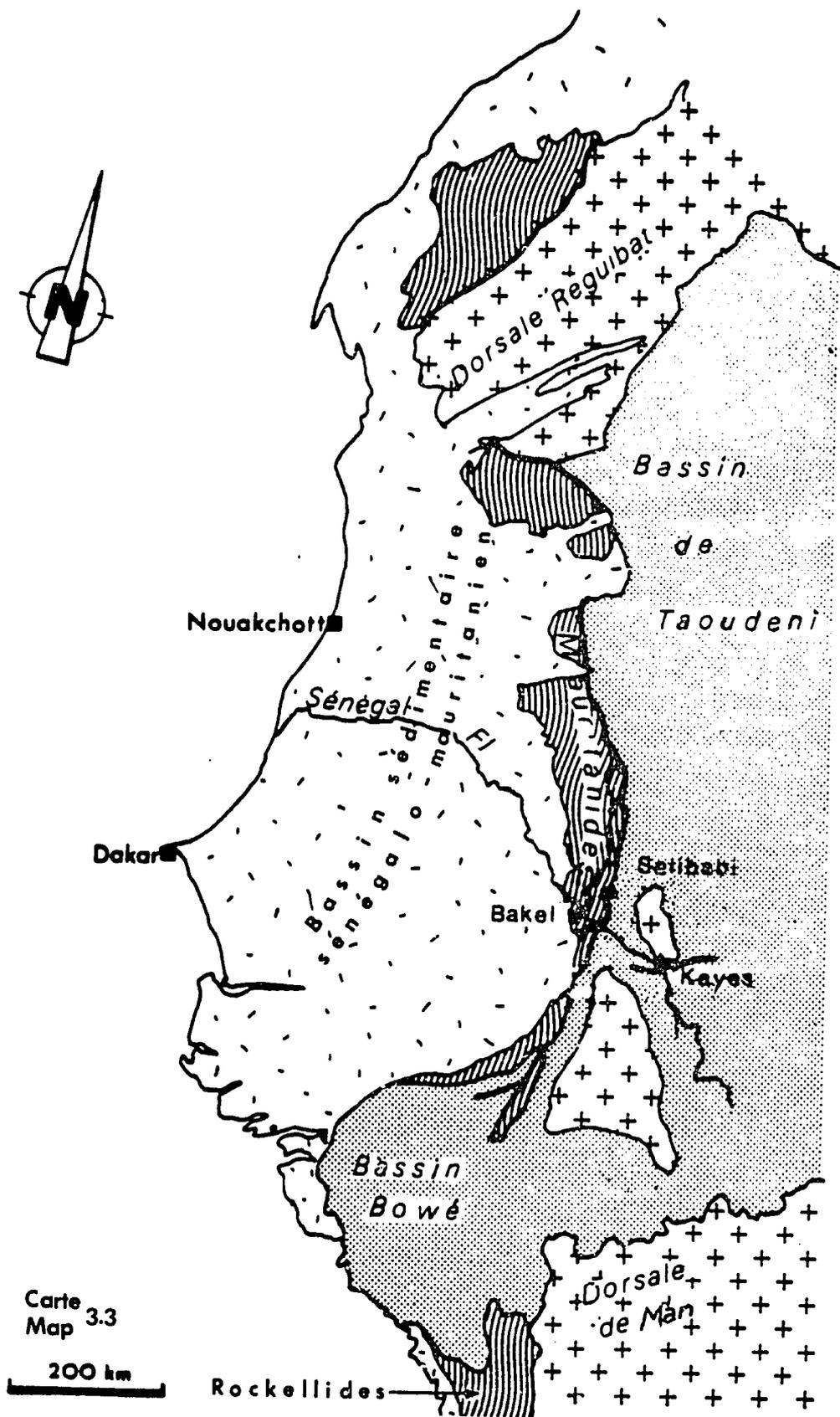
3.9 GEOLOGIE DU SENEGAL

3.9.1 Introduction

Le présent chapitre tente dans un premier temps de donner une vue d'ensemble, bref résumé de la géologie du Sénégal et en second lieu de décrire les résultats du projet. Cinq travaux récents servent de base à ce résumé: J.P. Bassot, 1966; P. Michel, 1973; M. Villeneuve, 1984; G. Sustrac et al., 1985; A. Le Page, 1980.

Bien que presque cent ans de cartographie aient apporté de nombreuses données sur lesquelles on peut baser une vue d'ensemble de la géologie du Sénégal, deux problèmes néanmoins restent à résoudre. Dans le cas du Sénégal Oriental composé de roches paléozoïques et précambriennes, le principal problème à résoudre est celui de la succession stratigraphique. Ce problème est en étroite relation avec l'évolution tectonique de la région et affecte donc grandement le potentiel et la localisation des dépôts de minerais dans cette région. Le second problème est lié au Bassin Sédimentaire post-Paléozoïque du Sénégal occidental (carte 3.3), dont les relations structurales sont mal comprises et ceci affecte la prospection pour les hydrocarbures et l'eau.

La présente enquête et le présent rapport n'ont pas pour objet de tenter de résoudre ces problèmes mais ils peuvent donner quelques indices concernant l'évolution structurale et tectonique du Sénégal et ainsi ils peuvent suggérer des voies possibles pour la recherche et permettre aux efforts futurs de se concentrer sur des projets précis de cartographie.



Le Bassin Sedimentaire Senegalo-Mauritanien

Les sections 3.9 à 3.9.3 résument les données déjà existantes tandis que les sections 3.9.4 à 3.9.5 rapportent les interprétations Landsat, le travail de vérification sur le terrain et l'analyse des photographies aériennes.

Les sections décrivant la géologie du Sénégal suivent le format utilisé par les auteurs précédents qui ont en général divisé leurs exposés en deux parties, la première (3.9.2) décrit le bouclier précambrien et paléozoïque du Sénégal Oriental, la seconde (3.9.3) traite du bassin sédimentaire du centre et de la partie ouest du pays.

3.9.2 Géologie du Sénégal Oriental--Le Précambrien et le Paléozoïque

Les roches paléozoïques et précambriennes du Sénégal Oriental forment un noyau orogénique stable sur lequel des roches plus récentes se sont déposées. Ces anciennes roches consistent en:

- Un bouclier précambrien (du début du Protérozoïque), fenêtre de roches ophiolitiques et granitiques de l'ère Birrimienne qui sont aussi trouvées au Mali et ont été datées de ± 2000 M.A. ce qui les rend d'âge équivalent aux séquences similaires rencontrées au Ghana d'où d'ailleurs le nom est dérivé (Birrim).

- Une série de roches volcano-sédimentaires de la fin du Précambrien (Grenvillien) appelée Série de Ségou-Madina Kouta, rencontrée dans les régions à l'extrême sud de la Guinée et du Sénégal et comprenant les roches du plateau de Tambaoura au Mali. La séquence de base a été datée de ± 1000 M.A.

- Une série de roches sédimentaires et volcaniques fortement plissées présentant différents degrés de métamorphisme qui ont été mal définies et sont globalement désignées sous le terme "Mauritanids". Elles dateraient de la période allant de la fin du Précambrien jusqu'éventuellement au Silurien.

3.9.2.1 Les Roches du Birrimien

J.P. Bassot (1966) sépare le Birrimien en six groupes:

A. La Série Mako

La Série Mako est en général une série métamorphique de roches ophiolitiques composées principalement de roches basiques telles que des gabbros, des dolérites, des basaltes (d'origine sous-marine), des andésites, des rhyolites, des pyroxénites, des dunités, des amphibolites, des brèches volcaniques, des argilites, des grauwackes, des schistes et des micaschistes. Les roches basiques et ultrabasiques forment des reliefs élevés en raison de leur résistance à l'érosion. Entre ces formations se trouvent des roches sédimentaires et volcaniques moins dures.

Le degré de métamorphisme se révélerait dans les schistes verts et les faciès à amphibolites, quoique des niveaux plus élevés de méta-

morphismes aient été observés dans les séquences ultrabasiques. En conclusion il reste fort à faire pour établir les rangs métamorphiques et les relations tectoniques.

J.P. Bassot (1966) propose la séquence suivante pour la Série Mako:

- mise en place sous-marine des roches basiques sous des conditions ophiolitiques.
- formation de la chaîne montagneuse et dépôt concomitant des andésites et du flysch volcanique produisant rhyolites et brèches volcaniques.
- accélération des dépôts de flysch en plus de dépôts de grauwackes sombres et de conglomérats.
- cycle orogénique majeur et mise en place des granites.
- mise en place par extension d'un système de veines et de filons intrusifs basiques.

B. La Série Dialé

Cette série de roches se trouve à l'est de la Série Mako et à l'ouest des "granites" de Saraya. Ces roches sont essentiellement des roches sédimentaires légèrement métamorphisées (schistes verts et phyllites). Ces roches tendent à former des unités fortement inclinées et orientées nord-est qui consistent d'est en ouest en:

- schistes et quartzites.
- grauwackes et schistes argileux (séricito- et chlorito-schistes et équivalents métamorphiques).
- conglomérats, basaltes, séquence de roches siliceuses (les conglomérats contiennent des cailloux granitiques et volcaniques métamorphisés).
- schistes additionnels et grauwackes avec une couleur vert-sombre, qui ressemblent aux roches tufacées de la Série Mako.

De plus des marbres ont aussi été trouvés localement à Ibel dans le sud-ouest en association avec des séquences alternées de calcaires et de pélites fortement plissées. Ces marbres sont aussi rencontrés près du village de Missira au nord-ouest des "granites" de Saraya.

J.P. Bassot (1966) estime que la Série Dialé est plus jeune que la Série Mako et suggère la séquence suivante:

- séquence de marbres/quartzites, schistes à conglomérats, schistes graphitiques.
- séquence de flysch à la base de laquelle se trouvent les conglomérats de la partie ouest de la série.

Cependant J.P. Bassot suggère que les marbres sont d'âge équivalent à celui de la Série Mako.

D'autres travaux (Plan minéral, 1985) suggèrent que la Série Dialé est divisée en deux parties, à la base une séquence à dominance feldspathique, suivie d'une séquence à prédominance de grauwackes. De plus, on pense que la séquence supérieure (plus jeune) est située à l'ouest et que la séquence la plus âgée est située à l'est. D'après les estimations l'épaisseur totale de la série serait proche de 8 km.

Des travaux par le COGEMA ont localisé les schistes graphitiques près de la surface de la Série Dialé et il a été proposé à juste titre qu'ils étaient équivalents en âge aux roches similaires de la Série Mako. Les auteurs du Plan minéral (1985) estiment que ces deux séries sont synchrones, l'une océanique et volcanique, l'autre littorale et sédimentaire.

C. La Série Daléma

Cette série se trouve à l'est des "granites" de Saraya et s'étend à l'est vers le fleuve Falémé et au delà à l'intérieur du Mali où elle est recouverte par la Série Ségou-Madina Kouta. Les roches composant cette série sont d'ouest en est d'après J.P. Bassot (1966) les suivantes:

- une série fortement inclinée de schistes jaunes à gris-noir avec des couches mineures de grauwackes.
- une séquence de grauwackes qui devient progressivement plus calcaire à mesure que l'on se déplace vers l'est en direction des marbres.

Ces deux séries sont toutefois très variées et présentent des grauwackes conglomératiques, quartzitiques, calcaires et feldspathiques de même que des micaschistes sériciteux et brotites.

Un travail plus important (Walter et Chatraine, 1976) mentionne l'existence de deux provinces majeures sédimentaires métamorphisées, séparées par une séquence à granodiorites appelée Boboti par J.P. Bassot. Ces deux types de roches consistent en un groupe occidental schisto-gréseux à grauwackes et un groupe oriental comportant plusieurs types de roches volcaniques compris dans une séquence volcano-sédimentaire. Les roches volcaniques ont des caractéristiques intermédiaires à acides et sont typiquement andésitiques. C'est en association avec ces roches que l'on trouve les importants gisements de fer stratifiés et massifs du fleuve Falémé. D'après ces mêmes auteurs, un faible degré de métamorphisme affecte les deux séries quoique plus intensément les séquences volcaniques. Ces auteurs déclarent aussi que les roches granodiorites intrusives ont causé un métamorphisme de contact qui s'étend sur 1 km sur le pourtour de la roche encaissante.

D. Les Granites du Type Baoulé

Ces granites, d'après J.P. Bassot, sont intrusifs et batholitiques, concordants avec la roche encaissante et ils sont probablement syntectoniques ou liés à la dernière activité tectonique. Ils sont soit métasomatiques (sédimentaires métamorphisés dans le massif de Kakadian (au nord de Mako jusqu'au nord du fleuve Falémé), soit magmatiques comme dans le cas des granites de type Saraya. L'âge de ces granites varie entre 2200 M.A. et 2000 M.A. (Rb/Sr).

Les granites Baoulé-Kakadian sont décrits comme étant de composition extrêmement variée. Le massif comprend des diorites, des granodiorites, des syénites alcalines et calco-alcalines. Le fait que ces composants aient une orientation tectonique suggère une origine syntectonique.

Les granites de type Saraya (ce qui comprend: Saraya 2000 km² et Lamoussa 10 km²) sont beaucoup plus leucocrates et bien qu'ils contiennent de nombreuses variations pétrographiques, ils sont généralement homogènes et considérés comme étant d'origine syntectonique puisque leur direction générale correspond à l'orientation générale des roches du Birrimien environnantes. Ils sont aussi considérés comme étant inclus dans une structure anticlinale.

E. Les Granites de Type Boboti

Ils sont présents à l'est de Saraya et sont nommés d'après l'un des petits cours d'eau qui les traversent d'est en ouest. Ces granites sont aussi alignés suivant la direction générale des roches du Birrimien et sont donc aussi considérés comme étant syntectoniques ou peut-être comme faisant partie de la dernière phase tectonique. D'après J. Walter et J. Chatraine (1976), ce sont des graniodorites à pyroxènes orthorhombiques.

F. Les Granites Boundoukou

Ces roches sont typiquement homogènes, masses circulaires à elliptiques de petites tailles (quelques kilomètres de diamètre). Elles ont tendance à être akéritiques (sursaturées en silice) et ne sont pas alcalines. Leur mise en place semble liée à une activité post-tectonique en profondeur au sein des roches birrimiennes.

Toutes ces roches semblent avoir été profondément modifiées par l'orogénèse. Le plissement est isoclinal à forte inclinaison vers le nord-ouest. Les plis varient mais ont tendance à être orienté 45°E par rapport au Nord.

J.P. Bassot propose deux grandes périodes tectonique et de granitisation pour les roches du Birrimien précédemment décrites, l'une il y a environ 2200 M.A. et l'autre il y a environ 2000 M.A. Ces deux périodes sont néanmoins incluses dans le Cycle Orogénique Eburnéen.

J.P. Bassot conclue son résumé de la période birrimienne du Sénégal

en proposant un environnement en géosynclinal pour site de sédimentation de ces roches. Selon lui la Série Mako se serait déposée dans un eugéosynclinal et les Séries Dialé et Daléma dans un miogéosynclinal. Les dépôts de flysch auraient commencé à se former à l'est de la Série Mako à mesure que cette série devenait plus élevée et était plissée par la poussée en provenance du nord-ouest. Il ajoute que les granites (Kakadian, Saraya, et Boboti) se seraient mis en place pendant ces premières poussées orogéniques. Finalement il suggère une dernière compression tectonique qui aurait produit les principales cassures structurales (système de fissures) et conduit à la mise en place des granites de type circulaires. Il a trouvé des roches analogues au Mali (à Kayes), en Guinée, en Sierra Leone, au Ghana, au nord de la Mauritanie (Cuidimaka) et dans la région du Bouclier Réguibat. Bien que J.P. Bassot propose un processus de rajeunissement pour les granites protérozoïques de Mauritanie, il ne suggère pas cette possibilité pour les granites birrimiens du Sénégal peut-être parce que le bouclier pré-birrimien est inconnu au Sénégal.

3.9.2.2 Les Roches de la Fin du Précambrien et du Paléozoïque

D'après les nombreux travaux cités par le Plan minéral (1985), cette séquence de roches est composée de deux larges séries ou deux grands groupes de roches distinctes. Il s'agit à la base d'une série connue sous le nom de Série Ségou-Madina Kouta et d'une série très diversifiée de roches désignées sous les noms de Mali, Falémé, Younkounkoun, Bassari, Koulountou et Bakel. Ce dernier groupe n'a jamais été bien défini et en raison de sa complexité structurale et de la diversité de ses origines, il pose des problèmes considérables.

Des discussions relatives à l'âge de ces séries ont encore cours du fait de la complexité structurale de la région. M. Villeneuve (1984) qui a surtout travaillé en Guinée et A. Le Page (1983) lequel a principalement travaillé dans le nord du Sénégal et en Mauritanie, ont montré que des failles de chevauchement imbriquées se sont formées et qu'elles pouvaient être la cause des répétitions et des troncatures observées dans les diverses séries. Ils suggèrent que les âges relatifs ne peuvent pas être déterminés uniquement sur la base de superpositions ou des simples relations stratigraphiques comme cela a été tenté auparavant.

A. La Série Ségou-Madina Kouta

Cette série est en discordance avec les roches sous-jacentes du bouclier birrimien et est aussi en discordance avec la Série Mali qui la recouvre. A la base de la Série Mali se trouve l'horizon de tillites servant de référence pour toute l'Afrique occidentale mais dont l'âge exact n'a toujours pas été déterminé. La Série Ségou-Madina Kouta est datée de 1022 M.A.

Ce groupe contient une succession mixte de roches volcano-sédimentaires sur une épaisseur d'environ 2500 m selon J.P. Bassot. Des travaux plus récents (COGEMA 1976-1977) ont subdivisé ce groupe en deux séries:

- une séquence volcano-détritique connue comme la Série Ségou qui s'épaissit vers l'ouest.
- une séquence marine deltaïque qui marque la période transgressive de la fin du Précambrien. Cette séquence est discordante par rapport à la Série Ségou et est connue comme la Série Madina Kouta.

Ces roches sont confinées aux régions bordant le Mali et la Guinée.

La Série Ségou se serait déposée dans un bassin à développement rapide en bordure des zones les plus stables du craton birrimien où se serait accumulé un récif stromatolitique. Les sédiments marins les plus fins de la Série Madina Kouta se seraient déposés après une courte période d'érosion et de dénudation des séries précédentes. Cette séquence commence par une mince couche de stromatolites remaniées ou in situ et est particulièrement remarquable du fait de la présence de pérites calcaires jaunâtres qui sont riches en uranium, en cuivre (malachite) et en manganèse. Cette couche riche en métaux lourds est continue d'est en ouest et constitue un excellent marqueur. Le reste de la séquence est plutôt monotone et consiste en des grès grossiers avec des couches de calcaires occasionnelles et se termine par une unité calcaire qui s'épaissit à mesure que l'on se déplace vers le sud jusqu'en Guinée.

Un dernier événement tectonique à la fin du Birrimien ou postérieur au Birrimien serait responsable du développement des bassins où se sont déposées les séquences précédentes. Apparemment les diverses unités granitiques, Lamoussa, Saraya et Boboti se sont maintenues sur les hautes positions topographiques et ont fourni le matériel détritique aux régions intragranitiques en cours d'effondration lente qui ont formé les bassins de sédimentation.

Ces roches présentent très peu de signes visibles d'activité tectonique; elles ont tendance à s'enfoncer doucement vers le sud et sont traversées par trois systèmes de failles, N30° à 40°, N140° à 160° et N70°E. La seule autre marque visible des effets orogéniques est la présence des couches supérieures de dolérites qui seront discutées ultérieurement.

B. La Série Mali

Cette série occupe seulement une toute petite partie du Sénégal, mais s'étend largement vers le sud en Guinée. Cette séquence est concordante avec la Série Ségou-Madina Kouta sur laquelle elle repose. L'essentiel de la succession sédimentaire peut-être décrit comme suit:

- horizon marqueur de tillites de fond
- argiles
- grès

- dolomies calcaires
- jaspes
- argiles contenant des sables feldspathiques, des grauwackes et des conglomérats

La séquence a 500 à 700 m d'épaisseur, la couche la plus épaisse étant la couche supérieure formée par les pélites. Cette série serait très légèrement déformée et s'enfoncerait quelque peu vers l'ouest.

C. La Série Falémé

Cette séquence est la continuation de la Série Mali et elle se rétrécit à mesure qu'elle suit la direction générale des Mauritanids vers le nord. Elle est en discordance avec les roches du Birrimien à l'est et s'apparente de façon complexe et discordante avec la Série Bassari à l'ouest. Cette séquence est composée de roches non métamorphiques plissées et horizontales. Elle se serait déposée dans un environnement de sédimentation côtier à l'est et dans un bassin de sédimentation plus profond à l'ouest. La seule différence importante entre cette série et la Série Mali est que l'élément de base tend à être un élément acide volcanique composé de rhyodacites et de tufs, suivi par l'horizon marqueur de tillites et par la séquence typique décrite pour la Série Mali. Plus à l'ouest, les formations volcaniques de base deviennent plus basiques et sont composées d'une séquence volcano-sédimentaire de dolérites et de spilites. La succession arrive alors aux tillites et aux autres couches déjà décrites qui à l'ouest ont tendance à être plus épaisses. Finalement et au contraire de la Série Mali, la Série Falémé est couverte par une épaisse couche de grès rouges (± 1000 m).

J.P. Bassot et A. Le Page proposent tous deux que de faibles plissements ont affecté la Série Falémé. Dans le nord de cette série, près de Kidira et Marsa, A. Le Page a décrit une série de nappes de charriage imbriquées vers l'est (Le Page, 1978, 1980, 1981, 1982) ainsi qu'une histoire structurale très complexe.

D. La Série Bassari

La Série Bassari occupe une zone élevée de 25 à 5 km de large du sud au nord. Cette série de roches est métamorphisée et s'élargit vers le sud en Guinée où elle se sépare en deux bandes (Villeneuve, 1980, 1984). La Série Bassari est discordante avec les roches de la Série Falémé à l'est et les roches de la Série Younkounkoun à l'ouest dont elle est séparée par une faille majeure.

Les âges pour cette série n'ont pas pu être établis, bien qu'au moins trois auteurs (Bassot, 1966; Chiron, 1964; Villeneuve, 1980, 1984) suggèrent que la Série Bassari soit en partie contemporaine de la Série Falémé quoique probablement un peu plus vieille.

Ces roches ont été précédemment décrites comme une séquence de schistes, de roches effusives basiques et de dolérites surmontant des

quartzites et des schistes verts. La séquence supérieure ressemble en partie aux Séries Mali et Falémé mais la couche marqueuse n'a pas été trouvée et pour les séquence de base toute corrélation est au mieux un essai.

L'épaisseur de cette série a été estimée à 1500 m (Chiron, 1964). Au nord où cette série se rétrécit, elle semble joindre la Série Koulountou.

Les roches de la Série Bassari sont décrites comme étant écrasées, ayant subi une mylonitisation complète et une forte tectonique. Bien que leurs relations structurales avec les roches voisines soient peu comprises, on pense qu'elles auraient été transportées d'ouest en est de façon discordante avec la Série Falémé le long d'une faille majeure. De même, les roches à l'ouest ont été charriées sur la Série Bassari et sont discordantes avec cette série. Il a aussi été suggéré par le Plan minéral (1985) que la Série Bassari puisse représenter une zone anticlinale interne à la région.

E. La Série Younkounkoun

La Série Younkounkoun occupe un large bassin sédimentaire qui est parallèle à la Série Bassari à l'est et qui en est séparé par une discontinuité structurale majeure qui serait une faille chevauchante. A l'ouest, cette série traverse la Série Koulountou avec laquelle elle est en discordance à cause d'une série de failles et d'intrusions granitiques. Les roches intrusives sont âgées de 683 ± 18 M.A. ce qui suggère une origine Pan-Africaine ou Hadrynienne. Cette série de roches a été décrite de bas en haut comme suit par J.P. Bassot:

- un complexe volcanique acide
- argiles et pélites avec des couches de grauwackes et de grès
- grès rouges feldspathiques
- grès blancs

L'épaisseur totale de cette séquence est 4500 m.

La Série Younkounkoun se serait déposée le long d'une série de fractures profondes qui auraient permis la mise en place des roches volcaniques acides s'étant partiellement déposées dans un environnement marin. L'effondrement persistant du bassin de sédimentation aurait permis le dépôt d'une séquence mixte volcano-sédimentaire, puis de séquences sédimentaires peu profondes à profondes typiques. Ces événements furent suivis d'une phase orogénique, de l'enlèvement du fonds des mers dans certaines régions et du dépôt des grès rouges. Cette séquence fut suivie d'une nouvelle phase orogénique qui a consisté en de forts plissements. Une dernière transgression marine a fourni l'environnement nécessaire à la sédimentation des argiles à graptolites. La sédimentation dans cette région a continué jusqu'au moins la fin de l'Ordovicien et du Silurien mais en Guinée elle a

continué jusqu'au Devonien. Une autre phase d'orogénèse (hercynienne) a eu pour résultat le plissement des parties supérieures de ces séquences. J.P. Bassot n'explique pas pourquoi il rassemble dans une même série, des roches affectées par l'orogénèse Pan-Africaine (Précambrien) et des roches qui sont clairement du début ou du milieu de l'ère Paléozoïque (Gothlandien).

F. La Série koulountou

La Série koulountou est une séquence complexe, acide, volcano-sédimentaire située à l'ouest de la Série Younkounkoun dont elle paraît être séparée par une série de failles et de fractures. Elle correspond probablement à un anticlinal équivalent de cette même série située à l'est. Elle est recouverte de manière discordante à l'ouest par des roches tertiaires et quaternaires.

Les roches koulountou sont fortement métamorphosées et par endroit presque mylonitisées, souvent recristallisées et étirées. J.P. Bassot pense que cette série est l'équivalent métamorphique de la Série Younkounkoun bien qu'il n'ait pu trouver une seule section transversale continue là où les deux séries se rejoignent. La datation de la Série Koulountou donne un âge approximatif de 433 M.A. (Calédonien) et cette série serait donc un exemple de rajeunissement métamorphique postérieur à la sédimentation. J.P. Bassot note aussi la présence d'une anomalie gravimétrique (positive) sous ce complexe acide et sans donner d'explication considère que des roches ultrabasiques sont présentes 3000 m en dessous de la Série Koulountou. Il interprète les données géophysiques comme preuves de la présence de failles nord-est/sud-ouest et de failles nord-ouest orientées 300°-330°. Finalement J.P. Bassot suggère que les roches de la Série Koulountou ont subi des forces de compression agissant suivant deux directions différentes, l'une dans le sens NO et l'autre dans le sens SO.

G. La Série Bakel

Des auteurs récents ont montré que la Série Bakel est composée d'une séquence volcano-sédimentaire constituée par des roches acides sous-marines d'origine volcanique et sédimentaire qui comprennent des quartzites, des schistes, des équivalents acides subaquatiques des roches spilitiques, des jaspes, des serpentines, des kératephyres, des roches gabbroïques et kératephyriques soit des harzburgites et des dunités partiellement serpentinisées (Petkovic, 1971).

Cette séquence ophiolitique typique est sur le plan de la structure affectée par une tectonique tangentielle extrême et une dislocation subséquente horizontale en fines tranches de la Série Bakel d'ouest en est (Le Page, 1981, 1982).

3.9.2.3 Conclusions

Bien que J.P. Bassot, A. Le Page, et M. Villeneuve aient, parmi d'autres, fourni un cadre général pour les roches du Protérozoïque, du Précambrien et du Paléozoïque de l'est du Sénégal, il n'en demeure pas

moins que du fait de la complexité structurale de la région, des études supplémentaires nombreuses sont nécessaires avant qu'une parfaite compréhension des relations stratigraphiques et du potentiel minéral de cette région ne soit atteinte. A. Le Page (1980) a montré que la région de Kidira à Bakel est très complexe mais qu'une analyse soigneuse de l'imagerie Landsat suivie d'un travail de terrain traditionnel et d'une photogéologie elle aussi traditionnelle permettrait de continuer à déchiffrer la géologie de cette région.

3.9.3 Le Bassin Sédimentaire du Sénégal

Un vaste bassin sédimentaire dont les sédiments et les roches sédimentaires datent du Crétacé à l'Epoque Récente occupe plus des deux tiers du Sénégal. Ce bassin est désigné sous le nom de Bassin Sénégal-Mauritanien ou Bassin Sédimentaire Sénégalais; il s'étend au sud depuis le Maroc jusqu'à la Guinée (carte 3.3). Bien que ce bassin semble présenter une histoire structurale simple, celle-ci est démentie par l'activité volcanique qui se manifeste dans le Cap Vert et les diverses failles telles celles parallèles au horst de Ndiass qui sont connues pour affecter la région. En effet de larges plissements et des failles contrôlent l'emplacement du lac de Guiers et de son analogue mauritanien, le lac de Rkiz. Les cartes du champ magnétique et de la gravimétrie montrent aussi de façon claire que le bassin sédimentaire a un substrat non uniforme qui est probablement sous le contrôle des variations inhérentes aux roches du socle et des forces tectoniques qui ont plus récemment affecté le socle et la séquence sédimentaire sur-jacente.

En général le Bassin Sénégal-Mauritanien s'étend au plus sur 500 kilomètres depuis la côte jusqu'au bouclier du Sénégal Oriental. Il est composé en surface principalement par des sédiments et des roches sédimentaires tertiaires et quaternaires, à l'exception d'une petite enclave de sédiments du Crétacé Supérieur dans le Cap Vert. On considère que toute la séquence repose sur des sédiments et des roches sédimentaires datant du Précambrien au Devonien et que des intrusions de roches ophiolitiques et intrusives d'âges divers mais surtout tertiaires sont présentes en particulier à l'ouest. Le bassin est largement faillé en particulier dans la direction nord-est/sud-ouest et il est ou légèrement plissé ou il s'est simplement affaissé par endroits.

La séquence sédimentaire au Sénégal a été très bien décrite par de nombreux auteurs et a été très clairement résumée par G. Sustrac et al (Plan minéral, 1985). Le présent rapport rappelle seulement les grandes lignes de ce résumé et ajoute des informations supplémentaires là où les résultats de nos travaux se montrent dignes d'intérêt.

3.9.3.1 Les Périodes Géologiques

A. Le Paléozoïque

La séquence sédimentaire repose en discordance sur des grès quartzites datés du Devonien (Paléozoïque). Cette information provient de puits profonds creusés pour la recherche pétrolière dans la Casamance

(Diama Malari). En d'autres endroits, le Dabo et la Haute Casamance, les forages ont rencontré des roches schisteuses plissées ayant probablement une origine paléozoïque. Les explorations pétrolières par la compagnie Shell ont aussi mis en évidence des roches schisteuses plissées à Linguère. De plus des roches granitiques datant probablement du Précambrien ont été rencontrées lors des forages à Korkol au sud-est de Linguère, à 620 m de profondeur et à semblable profondeur à Dioumanan au sud/sud-est de Linguère. Un peu plus loin à l'ouest, à Kolobane, les forages ont atteint une auréole métamorphique dont la présence suggère l'existence à cet endroit d'une intrusion de roches ignées et d'un bassin se développant rapidement à mesure que l'on se déplace vers l'ouest.

D'après la description précédente, il est clair que la profondeur du bassin sédimentaire est extrêmement variable et qu'il s'enfonçe et s'épaissit vers l'ouest.

B. Le Triasique et le Liasique

Les séquences sédimentaires postérieures au Paléozoïque commencent avec des dépôts salins, gypsifères et anhydrites qui sont associés avec des argiles vertes, ou noires et pyriteuses, ou à inclusions de soufre. Ces roches sont présentes dans les structures diapir au large de la Casamance et quelques-unes sont exploitées pour le pétrole, le gaz et le soufre. Les forages sous-marins ont mis en évidence du sel pur dans les structures diapir au large des côtes en association avec des séquences similaires d'anhydrites, d'argiles et de dolomies. Près de Dakar, les forages sous-marins ont révélé l'existence (à 4050 m) de séquences anhydrite/dolomie caractéristiques des zones de sédimentation sujettes aux marées.

C. Le Jurassique

Les sédiments jurassiques ont été rencontrés au cours d'un certain nombre de forages effectués soit au large soit à terre. Le grand nombre de fossiles suggère un environnement néritique pour ces roches essentiellement carbonées. L'épaisseur totale des sédiments dépasse 1800 m probablement.

D. Le Crétacé

Le Crétacé au Sénégal est représenté par une succession stratigraphique complète. Les principales étapes sont le Néocomien, l'Aptien, le Cénomaniën, le Turonien, le Sénonien et le Maestrichtien. Cette succession est dominée de la base au sommet par des sables continentaux et à l'occasion quelques sables argileux. Toutefois, à mesure que l'on s'approche des côtes ces sables deviennent plus calcaires. A l'intérieur, des lignites ont été trouvées dans les couches du Crétacé Moyen, ce qui suggère des dépressions proches des côtes, lagunaires ou interdunaires. Dans les sédiments du Sénonien à l'ouest de la plateforme des sables grossiers et des graviers sont l'indice d'un soulèvement probable des hautes terres à l'est du Sénégal. Dans les régions côtières cette phase se manifeste par des petites failles

dues à l'érosion et ceci semble indiquer que le soulèvement du bassin dans son entier aurait eu lieu simultanément au déplacement des syénites du dôme de Leona au sud de St. Louis.

Le Crétacé Supérieur est homogène dans l'est et le centre du Sénégal où il consiste essentiellement en des sables argileux. Il existe des variations dans les types de sédiments, notamment un certain nombre de couches de lignites sont présentes dans la partie supérieure de la succession maestrichtienne. A l'ouest, cette série de couches devient plus argileuse et va en s'épaississant jusqu'à atteindre 2000 mètres d'épaisseur. Ce changement s'observe à mesure que l'on se déplace vers l'ouest dans la région du horst de Ndiass où ces couches d'ailleurs affleurent. Le Maestrichtien est très important en tant que couche aquifère et sera discuté plus loin.

E. Le Tertiaire

Le Paléocène affleure à l'est et à l'ouest du horst de Ndiass dans la falaise de Thiès et à Dakar. Pendant le Paléocène l'environnement de sédimentation devient de plus en plus calcaire et voit le développement de récifs formés de calcaires, d'argiles calcaires et de marnes. Le Paléocène est riche en fossiles à l'est jusque dans le Ferlo et jusqu'à Tambacounda mais à l'ouest (actuellement au large de la Casamance) il devient de plus en plus argileux et plus épais (+300 m). A la fin du Paléocène le horst de Ndiass a commencé à émerger et un relief karstique s'est développé à partir des calcaires adjacents du Paléocène. Cette séquence calcaire est une des principales sources aquifères du Sénégal occidental.

1. L'EOCENE INFÉRIEUR

Pendant l'Eocène Inférieur, l'océan a recouvert la totalité du bassin sédimentaire; c'est pourquoi les dépôts argileux et marneux prédominent à l'exception du début et de la fin de la série stratigraphique. Des horizons sableux et calcaires d'épaisseur limitée reposent en général en discordance sur le Paléocène. Ils présentent parfois des cherts, des phosphates et des glauconies qui dans la région du horst de Ndiass ont comblé les formes karstiques du Paléocène. Au dessus de ces horizons inférieurs des successions épaisses d'attapulgites, d'argiles papyracées et de marnes occupent la majeure partie du bassin mais sont surtout remarquables près de Rufisque et du lac R:tba. L'Eocène Inférieur se termine par une série de calcaires marneux et de calcaires.

2. L'EOCENE MOYEN

A cette époque l'océan recouvre complètement ou presque le Bassin Sénégal-Mauritanien. Le début de cet âge se définit par la réapparition d'une microfaune. Les faciès typiques comprennent des horizons phosphatés, des sables et des calcaires quoique les marnes prédominent. Cette série de roches connue sous le nom de Lutétien est en discordance avec les séries sur-jacentes de l'Eocène Supérieur qui semblent s'être déposées après une courte période d'érosion. L'épaisseur de cette

séquence varie de 40 m pour l'axe Bambey-Linguère à 150 m en Casamance et à plus de 200 m dans le delta du fleuve Sénégal.

C'est pendant l'Eocène Moyen que les principaux dépôts phosphatés se sont accumulés. Des phosphates sont présents à différents niveaux dans cette séquence et sont actuellement exploités en plusieurs points du Sénégal en particulier à Taïba. Cette série se termine par une séquence sableuse et calcaire qui à son sommet consiste en une "formation jaune"; cette dernière se mélange généralement aux dépôts continentaux de l'Eocène Supérieur.

3. L'EOCENE SUPERIEUR

D'après le résumé de la géologie du Sénégal (Plan minéral, 1985), l'Eocène Supérieur est seulement représenté dans la partie la plus occidentale du Sénégal. La carte géologique du Sénégal (1962) montre les sédiments de l'Eocène Supérieur couvrant une surface quelque peu plus vaste qui comprend Sakal, Louga, Mbédiène, Niakhène et Eaba Garage. Dans et en dehors de la Casamance, l'Eocène Supérieur a été identifié lors de forages là où la série est représentée par des marnes et des marnes calcaires qui sont souvent phosphatées. Cette série a aussi été retrouvée à Kolda et Tambacounda où elle consiste en argilites et en argilites calcaires sur environ 10 à 20 m d'épaisseur.

Un volcanisme naissant a été observé dans la région de Thiès près de Bandia. Cette activité ainsi que la transgression marine de l'Eocène Supérieur limitée à l'ouest du Sénégal suggère qu'une phase d'orogénèse (soulèvement) a commencé à cette époque dans le Sénégal occidental. Simultanément au volcanisme un vaste anticlinal et des failles en grabens se sont mis en place à l'ouest de Mbour et du lac de Guiers. Le bassin de la Casamance a aussi commencé à s'effondrer simultanément à la transgression marine.

4. L'OLIGOCENE

L'Oligocène au Sénégal est représenté par des calcaires dans la région du plateau continental casamançais. Des marnes grises et brunes apparaissent à la base de la série et alternent avec des calcaires qui parfois présentent des caractéristiques phosphatées. Cette série s'amincit rapidement à mesure que l'on se déplace vers l'est et à Ziguinchor elle prend un aspect sableux. Les faciès marins de l'Oligocène ont aussi été identifiés à Dakar tandis que des sédiments marins côtiers et phosphatés ont été trouvés à Lam-Lam et à Thiès. C'est au cours de l'Oligocène que l'activité volcanique s'intensifie, elle s'observe d'abord dans la région de Dakar et des îles littorales.

5. LE MIOCENE

Des travaux récents ont identifié les sédiments marins du Miocène sur presque la totalité du Bassin Sénégalais-mauritanien. Mais en raison d'un manque de fossiles dans de nombreuses régions la controverse persiste quant à leur origine et leur exacte identité.

Les séquences de sédiments marins du Miocène les mieux développées sont présentes au large de la Casamance là où sans rupture le Miocène succède à l'Oligocène et là où elles consistent en argilites datées au moyen de microfossiles. Cette série a 300 à 600 m d'épaisseur et se mélange avec les calcaires marneux, les marnes et les calcaires argileux sur-jacents. Les sédiments d'âge équivalent situés plus à l'est ne contiennent pas de fossiles marins. Ces sédiments non fossilifères que l'on rencontre jusqu'à Tambacounda ont été affectés par la diagénèse continentale et une érosion subaérienne; ils consistent en des sables silteux sur environ 110 m d'épaisseur. Des preuves palynologiques ont permis de dater ces sédiments et de les attribuer aux transgressions marines et lagunaires de l'Eocène Moyen et de l'Eocène Supérieur.

Une très large portion du Bassin Sénégalo-lauritanien est recouvert par une formation argilo-sableuse qui traditionnellement est appelée "Continental Terminal". Cette formation est la plus épaisse dans le Ferlo ou elle peut atteindre 130 m. Des travaux récents par J.R. l'Appartient (1976) ont montré que certaines portions de cette formation (à Niore du Rip) sont très fossilifères et qu'elles appartiennent à la transgression marine du Miocène Moyen. Plus à l'est et au nord cette même formation bien qu'elle ne soit plus fossilifère et qu'elle soit souvent recouverte par des latérites constitue un équivalent altéré de la série du Miocène Moyen décrite ci-dessus.

Des sections transversales effectuées lors de forages au large de Dakar ont montré la présence sur plus de 100 m d'épaisseur de marnes et d'argiles qui ont été datées du Miocène Moyen bien qu'il n'y ait aucune preuve paléontologique.

Le volcanisme devient très conséquent pendant le Miocène, non seulement dans la péninsule du Cap Vert et la région de Thiès, mais aussi dans la région en bordure de la plateforme continentale sénégalaise.

6. LE PLIOCENE

Aucune formation marine n'a à ce jour été trouvée au Sénégal qui puisse définitivement être attribuée au Pliocène. Il est clair cependant que de tels dépôts existent sur la plateforme continentale sénégalaise. P. Michel (1973) attribue la formation de la plupart des latérites riches en fer du Sénégal à une période pluviale de la fin du Pliocène. Puisque ces latérites se forment non pas en surface mais en profondeur là où le fer s'accumule suite aux phénomènes d'infiltration et de solubilisation, on peut émettre l'hypothèse qu'il y a eu émergence du bassin sédimentaire à cette période. Il est possible par ailleurs qu'une telle émergence ait donné lieu au creusement par les cours d'eau de vallées profondes 10 à 50 m au dessous de leur niveau actuel, ceci est surtout vrai pour le Ferlo. Ce creusement a probablement continué au début du Pléistocène.

F. Le Quaternaire (Pléistocène-Holocène)

Les dépôts quaternaires d'origine volcanique, marine et continentale couvrent la majeure partie de la surface du Bassin Sénégal-Mauritanien. P. Michel (1973) a le mieux résumé les travaux traitant de ces dépôts quaternaires et son interprétation fait désormais autorité à ce sujet.

Les sédiments marins quaternaires représentant les périodes de transgression il y a respectivement environ 32 000, 5000, 3000 et 2000 ans ont laissé des preuves indiscutables des niveaux plus élevés des mers le long des côtes sénégalaises et le long des cours inférieurs des principaux fleuves tels le Sénégal, le Ferlo, le Sine Saloum, la Gambie et la Casamance. Lors des deux majeures périodes de transgression, l'Inchirien et le Nouakchotien, des accumulations de sables et de calcaires coquilliers (plages) se sont formées. Les principaux dépôts ont lieu pendant le Nouakchotien en particulier dans le delta du fleuve Sénégal. Ils sont néanmoins d'épaisseurs limitées et ne dépassent pas 5 m. De plus les dépôts marins et continentaux dans ce qui est considéré comme les vallées fossiles le long de la côte sénégalaise ont plus de 30 m et jusqu'à 50 m d'épaisseur et sont donc l'indice d'une sédimentation marine et continentale. Ces époques de transgression ont probablement comblé les vallées creusées lors des périodes de niveaux marins inférieurs durant le Pliocène et le Pléistocène (périodes glaciaires). Ces niveaux marins inférieurs ont aussi permis la formation du canyon de Kayar qui atteint 200 m de profondeur à quelques kilomètres au large. Le plus récent de ces cycles d'érosion qui a eu lieu pendant l'Ogolien ou juste avant, a créé des vallées profondes. Diverses terrasses et surfaces d'érosion représentées par des dépôts continentaux témoignent des cycles de sédimentation terrestre du Pléistocène liés aux variations du climat et du niveau des mers.

Une régression marine très accentuée datée d'environ 20 000 à 30 000 ans est la cause du creusement et du surcreusement ainsi que de l'érosion par les principaux cours d'eau du nord, du centre et de l'est du Sénégal. C'est à cette période que le fleuve Sénégal a capturé de nombreux cours d'eau de l'est et a de ce fait changé le développement morphologique du Sénégal. En effet suite à cet événement des barrages et des lacs naturels se sont formés dans diverses parties du Sénégal qui sont probablement la cause des vastes dépôts lacustres dans le centre, le nord et le nord-est du Sénégal.

Pendant l'Ogolien, les dépôts éoliens ont recouvert de vastes régions dans l'ouest du Sénégal et ils sont présents au sud jusqu'au fleuve Gambie. Ils ont causé la formation de barrages naturels et ont dévié le cours des rivières à plus faible débit qui ne pouvaient plus porter leur charge.

Trois séries de dunes, chacune datant d'une période différente ont été observées au Sénégal. Une série de larges dunes orientées est--nord-est/ouest--sud-ouest, est présente au nord de la région du Ferlo et a reçu le nom d'Akhérien (pré-Ogolien). Une seconde série de dunes

rougeâtres orientées nord-est/sud-est présente dans le Sine Saloum et le delta du fleuve Sénégal suggère que les latérites du Pliocène ont été érodées, mobilisées et redéposées. Ces dunes sont datées de l'Ogolien. Une série de dunes géométriquement hétérogènes variant du blanc au jaune et généralement orientées nord-ouest/sud-est borde la côte entre Dakar et St. Louis.

Dans cette zone côtière et sous ces dunes ont été trouvés des dépôts de tourbe qui datent d'une période plus humide ayant eu lieu probablement entre 8000 et 10 000 ans A.P. Ces dépôts sont associés à tous les dépôts littoraux de la fin du Quaternaire (Holocène) et sont typiquement associés aux environnements de sédimentation lagunaire des estuaires actuels ou à ceux qui en bordure de côte le long du Cayor (ou niayes) présentent des conditions similaires.

De la fin du Pléistocène jusqu'aux phases tectoniques (Holocène) de l'Epoque Récente, le développement du Sénégal a été marqué par une période de relative inactivité. Avec quelques exceptions cette phase de repos est particulièrement vraie pour les régions côtières au long desquelles les courants côtiers ont transporté des sédiments du nord au sud et ont permis en raison du niveau stable de la mer, à l'avantage (séparation) des fractions lourdes des sables de s'effectuer. C'est pourquoi tout au long de la côte sénégalaise des accumulations de zircon, de rutile, de monazite et d'ilménite sont présentes.

3.9.3.2 Tectonique, Magmatisme et Histoire Géologique du Bassin Sénégal-Mauritanien

A. Tectonique du Bassin Sénégal-Mauritanien

Le terrain relativement plat observé pour toute cette région géomorphologique, la succession des sédiments et des roches sédimentaires à pentages légers sont en contradiction avec les structures complexes et la diversité tectonique mises en évidence par les données gravimétriques, magnétiques et provenant des forages.

1. RESUME DE LA STRUCTURE DU BASSIN SENEGALO-MAURITANIEN

Le volcanisme tertiaire et quaternaire dans la région de Thiès/Dakar fournit une preuve de l'étendue de l'activité tectonique dans cette région et suggère la présence à grande profondeur d'un vaste système de failles. Les exemples les plus manifestes sont dans le horst de Ndiass, le horst de Dakar, le lac de la dépression de Rkiz-Guiers et le graben de Rufisque. D'autres structures ont été mises en évidence lors des forages ou des études géophysiques antérieures, tels les diapirs de sel et le horst au large de Mbour. Un certain nombre d'auteurs récents, Y. Bellion et R. Guiraud (1984), A. de Sengler et al (1984), ont établi des sections transversales sur la base des données rassemblées par les compagnies pétrolières. Ces données sont l'indice d'une structure très compliquée formée de failles "en échelon" ayant tendance à s'orienter nord-sud ou parallèlement à la côte. Le système de failles sous-marin le long ou sur la plateforme continentale apparaît plus simple parce qu'il semble constituer de

failles plus longues et plus continues. A l'intérieur de la masse continentale, le système de failles devient beaucoup plus complexe et peut comporter des failles anormales ou reverses, des dômes, des plissements et des failles orthogonales qui sont perpendiculaires à la ligne majeure nord-sud citée précédemment.

De telles structures ont compliqué les explorations à la recherche de pétrole et de gaz et ont rendu difficiles et frustrantes la recherche et l'évaluation des couches aquifères.

2. ANALYSE DES FRACTURES

Les fractures comme le prouve le horst de Ndiass sont principalement orientées nord-sud \pm N20°E. Ces fractures et les failles qui leur sont associées définissent les mouvements verticaux ou quasi-verticaux. Le système de fracture est à la fois normal et inverse et quelques observations suggèrent aussi un mouvement de rejet horizontal.

Les expéditions sur le terrain, les photographies aériennes et les images satellites suggèrent l'existence de plusieurs autres systèmes de fracture quoique ceux-ci soient probablement de moindre importance. Le Plan minéral (1985) donne les informations suivantes en ce qui concerne la direction des fractures:

Au centre ouest du Sénégal: N25° à N35°E, N60° à N65°E, N125° à N130°E et N160° à N175°E

Dans la région de Iibour: N30° à N50°E, N80°E et N120° à N140°E

Au sud et à l'ouest de la région du dôme de Guiers: N40°E, N130°E

Dans la Casamance: N50° à N55°E, N130°E et N160°E

Au nord de la Guinée-Bissau: N50° à N60°E

Finalement et de première importance sont les failles transformantes qui s'étendent depuis l'océan Atlantique jusque dans le Bassin Sénégal-mauritanien et qui, on peut le supposer, se continuent à l'est jusque dans les roches entourant le bassin (carte 3.3). Ces failles sont interprétables à partir des données gravimétriques et magnétiques et sont notables dans les régions suivantes (Fig. 3.1):

- a. Une faille le long du 20^{ème} parallèle qui déplace la chaîne mauritanienne au nord de Akjoujt.
- b. Des failles ou une zone de fractures de l'archipel du Cap Verde qui semblent être liées au mont sous-marin de Cayar et au dôme de Léona (anomalie gravimétrique positive au sud de St. Louis).
- c. La zone de fracture de la Gambie qui s'étend à l'est sur une distance considérable et est clairement marquée sur les cartes géophysiques existantes.
- d. La zone de fracture de la Guinée.

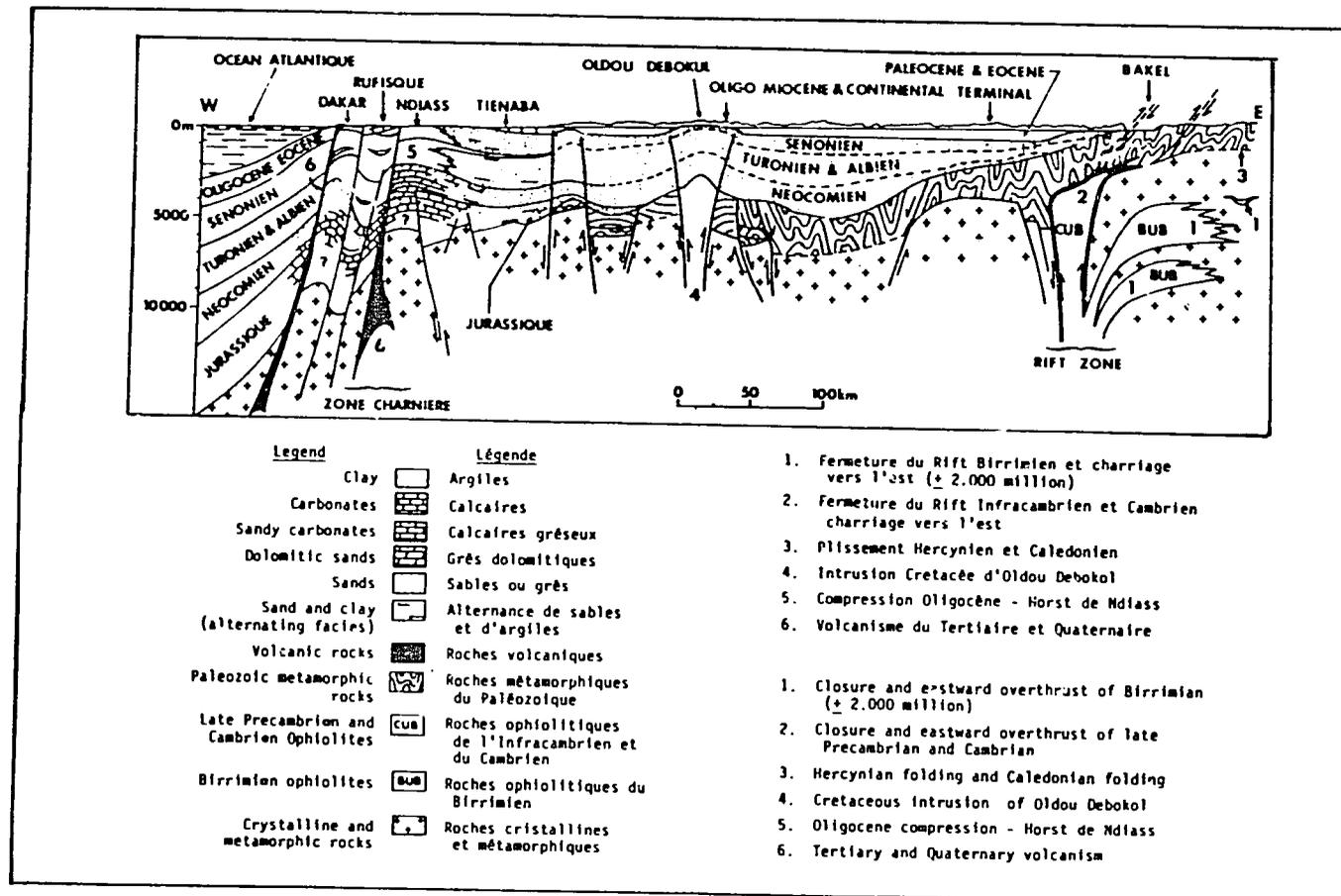


Figure 3.1

Coupe schématique du Sénégal (Dakar - Bakel) d'après A. de Spengler et al 1966 (in partim)

Modifié d'après l'interprétation Landsat et Tectonique: Project Télédétection 1985

Schematic cross section of Senegal (Dakar - Bakel) from A. de Spengler et al 1966 (in partim)

Modified on a basis of Landsat and Tectonic interpretation: Mapping and Remote Sensing Project 1985

L'activité magmatique depuis la fin du Paléozoïque jusqu'à nos jours a assuré l'épanchement des dolérites sur l'ensemble du Sénégal Oriental, la mise en place des syénites du dôme de Léona et plus récemment, de l'Eocène à l'Holocène, l'activité magmatique et d'extrusion de la péninsule du Cap Vert. Les deux premiers événements résulteraient des mouvements le long des failles transformantes orientées est-ouest tandis que cette dernière activité magmatique ne semble soumise à aucun contrôle particulier.

Les données stratigraphiques donnent une claire vision d'un certain nombre d'événements tectoniques majeurs définis par les discordances, les lacunes dans la sédimentation et les changements rapides dans la sédimentologie. Ces changements sont observés pour le Crétacé (dans l'Aptien et le Sénonien Inférieur), entre le Crétacé et le Paléocène, entre le Paléocène et l'Eocène, sont soulignés par un événement tectonique majeur à la base de l'Eocène Supérieur et sont enfin visibles quoique de façon moindre pour le Quaternaire.

En conclusion, on doit remarquer que l'histoire tectonique du Bassin Sénégal-Mauritanien est marquée par la prédominance des phases d'extension dont résultent les horsts et les fossés, et qui sont associées à des phases de compression et par un développement complexe multi-phasé. Le projet a tenté de résumer toute l'information connue sur la Carte Tectonique ci-jointe.

B. Le Magmatisme du Bassin Sénégal-Mauritanien

Les affleurements dans la région de Dakar-Thiès sont une preuve de l'activité magmatique mais ils représentent qu'une toute petite partie, la seule visible, de la vaste province magmatique qui comprend le mont sous-marin de Cayar et le dôme de Léona. Cette activité a commencé au Crétacé et s'est terminée par un paroxysme volcanique il y a moins d'un million d'années dans la région du Cap Vert.

La première preuve connue au Sénégal de cette activité magmatique post-triasique provient d'un forage à 40 km au sud de St. Louis près de la ville de Léona où une microsyénite a été atteinte à 463 m de profondeur. Cette masse coiffée de sables du Maestrichtien apparaît comme une anomalie positive, + 90 millegals, sur la carte gravimétrique du Sénégal. Cette masse intrusive est encadrée par des roches du Sénonien légèrement inclinées qui sont recouvertes de manière discordante par des sables du Maestrichtien.

Un volcanisme tertiaire plus récent a pour limite est, le 16°30' de longitude ouest au nord-est de Khombole et pour limite nord, Taïba. A l'ouest de cette région jusqu'au Cap de Naz au sud, on rencontre disséminés sur toute la région de petits affleurements de tufs et de laves ou même des puits. L'activité sismique sous-marine (Domain, 1977) indique la présence de roches basaltiques qui sont elles aussi datées de 35 M.A. à 5.3 M.A., soit de la fin de l'Eocène jusqu'au Pliocène; on pense que la majeure partie de l'activité s'est produite pendant le Miocène.

Le volcanisme quaternaire continental est limité à la péninsule du Cap Vert. Des preuves de cette activité sont fournies par le matériel volcanique des Mamelles, juste au nord de Dakar. Ce matériel est l'indice d'un cône volcanique complexe et est constitué de tufs, de coulées et de brèches interstratifiées de sédiments.

Le consensus général est que les activités magmatique et volcanique du bassin Sénégal-Mauritanien sont d'un type intermédiaire ou transitoire entre le type continental et le type océanique. L'activité magmatique a commencé au Crétacé Moyen ou Supérieur et a eu son apogée pendant le Miocène. Les plus récentes phases se sont produites il y a seulement un million d'années.

C. Histoire Géologique du Bassin Sénégal-Mauritanien

1. HISTOIRE PRE-MÉSOZOÏQUE DU BASSIN SENEGALO-AURITANIEN

L'histoire pré-mésozoïque est mal connue en raison du nombre limité de forages profonds dans la région. On suppose que le bassin paléozoïque Bové qui existe en Guinée et qui consiste en d'épaisses accumulations de roches du Devonien et du Silurien se continue au nord jusque dans le Sénégal. La partie sénégalaise de ce bassin paléozoïque a dû s'effondrer le long des lignes tectoniques majeures qui suivent la Gambie et a dû subir les orogénèses taconique et hercynienne. Les données provenant des forages corroborent cette hypothèse en particulier en Casamance où les grès du Devonien sont séparés des séquences mésozoïques par une discordance angulaire.

2. ORIGINE DU BASSIN SENEGALO-AURITANIEN

On connaît très peu d'éléments concernant l'origine du bassin. Toutefois on peut supposer que le mouvement le long des failles transformantes pendant l'ouverture de l'océan Atlantique a provoqué un effondrement. Des dépressions sont présentes au sein d'une série de grabens orientés nord-sud et est-ouest qui sont à l'origine de la transgression marine différentielle ayant eu lieu pendant la transgression atlantique naissante.

3. DÉVELOPPEMENT DE LA RIVE CONTINENTALE

Du Jurassique Inférieur (Liasique) au Crétacé Moyen (Aptien), la bordure continentale continue à s'effondrer mais une ligne d'articulation se développe à l'est de laquelle se produit une sédimentation continentale détritale et à l'ouest de laquelle la sédimentation marine prédomine. Cette ligne d'articulation a fourni un environnement propice à la formation de récifs et pourrait correspondre à une zone d'accumulation des hydrocarbures.

4. LES EVENEMENTS DU CRETACE A L'EOCENE MOYEN

Vers la fin de l'Aptien, un renouveau de la sédimentation continentale détritale a eu lieu, ce qui suggère un soulèvement et une mise à découvert des hautes terres de l'est, attribués par les auteurs du Plan minéral (1985) à la première phase de compression de l'orogénèse alpine. Cette période de sédimentation détritique fut suivie par une alternance de transgressions marines et de régressions correspondant à l'Aptien et au Cénomanién.

Vers la fin du Crétacé, principalement pendant le Maestrichtien, la sédimentation détritique redevient prépondérante dans le bassin, ce qui suggère un nouveau soulèvement du bouclier à l'est, probablement dû au réajustement (d'extension) isostatique. Cette période voit aussi le début du développement du horst de Ndiass le long d'une série de failles subparallèles nord-sud. Le dôme de Léona s'est mis en place juste avant le début du Maestrichtien. La fin du Crétacé est marquée par l'émersion définitive quoique partielle du horst de Ndiass.

Pendant le Paléocène, les portions de la plateforme continentale toutes récemment émergées ou surélevées sont à l'origine de la mise en place de nouveaux faciès récifaux le long de la bordure continentale. Malgré cette émergence très localisée, une transgression majeure a déposé des sédiments marins jusque dans l'est du Sénégal et au delà jusqu'en Mauritanie. Cette transgression est principalement représentée par une sédimentation biochimique qui s'est poursuivie jusqu'à l'Eocène Moyen et qui est responsable des dépôts de phosphates à Taïba, à Lam-Lam et à Matam.

5. LA PHASE PYRENEENNE (EOCENE MOYEN A EOCENE SUPERIEUR)

Vers la fin de l'Eocène Moyen, la totalité du Bassin Sénégal-Mauritanien se fracture probablement suite à des compressions et subit une régression généralisée des mers de l'époque. Le golf de la Casamance est une exception, il s'est fracturé seulement pendant l'Eocène Supérieur. Les failles sont générales et de directions multiples, toutefois la majorité sont normales et présentent très peu de décalage.

6. DE L'EOCENE SUPERIEUR AU QUATERNAIRE

Bien que des transgressions marines soient datées de l'Eocène Supérieur, de l'Oligocène et du Miocène, elles sont limitées dans le temps et dans l'espace, en superficie et en profondeur. Progressivement à cette époque toute la région a pris son aspect actuel et depuis l'Eocène Supérieur un environnement continental s'installe sur le bassin. Aucune autre transgression marine ne se produit après la dernière période de transgression du Miocène. Pendant la mise en place progressive de cette influence continentale les sédiments marins du Miocène ont été fortement altérés par la diagénèse et les

mouvements de l'eau douce superficielle. Cette altération aurait également pu se produire pendant la période où le niveau de la mer était plus bas à la fin du Miocène, ou résulter d'une compensation isostatique généralisée ayant eu lieu à cette période. La séquence sédimentaire altérée et mal définie qui en a résulté et qui recouvre la majeure partie du Bassin Sénégal-Mauritanien est désignée sous le nom de "Continental Terminal". Les latérites riches en fer de la fin du Pliocène sont la marque d'un climat tropical humide.

Pendant le Quaternaire, des influences glaciaires (eustatiques) sont la preuve d'un changement dans le niveau des mers le long des côtes et sont responsables de la mise en place de surfaces d'érosion et de terrasses à travers tout le Sénégal.

Des changements climatiques, climat plus sec, ont entraîné la mise à nu et le transport de vastes quantités de sédiments par les vents soufflant du nord-est. Il en a résulté des formes éoliennes qui couvrent la majeure part du centre nord et du nord-ouest du Sénégal.

L'activité magmatique et sa résultante l'activité volcanique reprennent vers le milieu du Tertiaire et se poursuivent tout au long du Quaternaire. Ces activités commencent à la fin du cycle de formation pyrénéen et sont largement limitées à la région de Dakar-Thiès. Les activités magmatique et volcanique ont pris place en bordure de la plateforme continentale dans une zone d'effacement de la croûte et le long des fractures presque nord-sud parallèles au bord de la plateforme. Il semble que ces deux activités soient comprises dans une vaste zone orientée est-ouest et limitée par des failles transformantes, qui s'étend jusqu'à englober les îles du Cap Verde.

L'histoire du Bassin Sénégal-Mauritanien et son développement sont liés à l'ouverture et à la fermeture de l'océan Atlantique ainsi qu'aux mouvements occasionnels de collision entre la plaque africaine et la plaque européenne.

3.9.4 Interprétation Landsat

3.9.4.1 Introduction (carte 3.3)

La section 3.4 décrit la méthodologie utilisée pour effectuer l'interprétation Landsat. Deux autres points doivent être mentionnés avant que nous procédions à la description des unités cartographiées sur les cartes hydrogéologiques. Le premier point est qu'un grand nombre de données interprétables n'ont pas été reportées sur les cartes en raison de l'échelle utilisée (1:500 000^e) qui limite considérablement la quantité d'information qui peut être présentée sur les cartes. Par exemple, un certain nombre de failles chevauchantes visibles sur l'imagerie Landsat dans la région au sud de Bakel n'ont pas été cartographiées. Quelques unes ont été interprétées d'après

l'imagerie Landsat par A. Le Page (1978, 1980, 1982). Le deuxième point est que notre effort d'interprétation a essayé de faire acte d'innovation en matière de géologie et d'hydrologie. Nous avons donc volontairement évité de prendre connaissance des résultats de travaux antérieurs lors de nos premières interprétations. Cette attitude nous a effectivement permis de regarder la géologie du Sénégal avec un oeil neuf et les résultats de notre analyse non biaisée ont par la suite fourni une vérification inconditionnelle de nos interprétations. Par ailleurs cette attitude nous a aussi forcé à revoir et réviser nos interprétations quand les observations sur le terrain ou des travaux antérieurs les contredisaient. Des exemples de cette approche particulièrement intéressants seront discutés plus loin. La meilleure preuve de l'efficacité de notre approche est venue bien plus tard quand le projet a réussi à acquérir les cartes des anomalies gravimétriques et magnétiques du Sénégal. Ces cartes montrent nettement une anomalie magnétique et gravimétrique positive plutôt surprenante au sud de St. Louis à Léona. Cette anomalie est due à une masse intrusive ignée de roches syénitiques datant de la fin du Jurassique et du début du Crétacé. Bien qu'il n'y ait aucun signe visible de cette intrusion à la surface du sol et qu'aucune carte ne mentionne sa présence, l'analyse Landsat a néanmoins délimité sa position et son étendue. L'imagerie Landsat met en évidence des différences subtiles dans la végétation. Celles-ci définissent une série de failles et de fractures autour de la masse intrusive et sont la preuve de récents mouvements le long des failles suggestifs de l'éventuelle persistance d'une activité ignée.

Enfin nous souhaitons donner l'avertissement suivant aux utilisateurs futurs de nos cartes. Ils doivent être conscients de leur nature interprétative et se souvenir que les vérités d'aujourd'hui peuvent être démenties dans l'avenir.

3.9.4.2 Approche Descriptive

L'approche utilisée pour décrire la carte hydrogéologique et les résultats de notre interprétation suit la méthodologie utilisée dans les sections 3.9 à 3.9.3.2. Chaque unité cartographiée est définie par son nom et un symbole dans la légende. Quand nos résultats diffèrent de ceux déjà publiés sur d'autres cartes, une explication est donnée. Par ailleurs, une courte explication sera fournie chaque fois que possible dans un souci d'expliquer comment nous avons défini les limites de chacune des unités.

A. Les Roches du Birrimien

1. LA SERIE MAKO (notée βB sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Cette série de roches se présente sous forme d'un relief relativement escarpé et apparaît plus sombre que les roches environnantes. Elle est définie sur l'imagerie Landsat, en longueur et en largeur, par des affleurements de teintes beaucoup plus sombres que les roches

avoisinantes. Les limites qui de façon persistante paraissent plus larges et plus longues fournissent probablement la meilleure définition de cette unité sur l'imagerie Landsat.

En fonction de notre interprétation Landsat nous avons défini deux bandes majeures dans cette unité (Figs. 3.2 et 3.3). Toutes deux ont une orientation générale nord-est/sud-ouest; mais sont légèrement convexes à l'est. La plus occidentale est le plus souvent la plus persistante et la plus large; elle se ramifie en une série d'unités discontinues mais généralement parallèles près du fleuve Falémé d'où elle se prolonge au Mali.

Bien que cette unité soit bien définie sur la carte, elle n'est pas dans la réalité aussi homogène qu'elle paraît sur la carte. En fait les images satellites et aussi bien les photographies aériennes indiquent qu'en de nombreux endroits les roches ultrabasiques et ophiolitiques de la Série Mako sont intercalées de roches finement stratifiées, de teinte plus pâle, d'une nature pétrographique et stratigraphique différente. Les limites de cette unité se définissent en bordure des séquences massives et plus épaisses constituées de basaltes plus résistants à l'érosion et de roches ultrabasiques.

b: Structure et les relations intraformationnelles

La Série Mako semble avoir des pendages verticaux à subverticaux. Le tracé des affleurements visibles ne suffit pas à donner des évidences formelles des fermetures qui sont signe de plis. L'analyse des photographies aériennes dans la région de Mako-Kanoum suggère cependant que de tels plis existent mais la preuve de leur existence ne sera fournie que par des analyses photographiques plus approfondies et des vérifications sur le terrain supplémentaires.

La tendance structurale majeure de la Série Mako suit la direction générale N30° à N65°E bien que dans la région au nord et à l'ouest de Laminea sur la Falémé elle s'oriente brutalement vers le nord et varie entre N5° et N25°E.

La tendance générale de la série paraît être en concordance avec les roches adjacentes des autres séries birrimiennes. Toutefois cette série est souvent séparée des autres séries par des failles, des fractures et des linéaments qui en général suivent grossièrement la direction des affleurements et sont par conséquent linéaires; ils présentent souvent des caractéristiques communes aux zones de broyage ou de mylonitisation, telles celles trouvées au sud-ouest de Tourokhoto sur la Falémé. Ces zones de broyage relativement linéaires et intraformationnelles indiquent des fronts de charriage et il a été proposé que la zone de contact (bien que non représentée sur la carte) entre la séquence volcano-sédimentaire (Bvs) décrite comme la série Dialé et la Série Mako était presque tout au long un contact de charriage. Ceci est suggéré par les nombreux dépôts de flysch trouvés en association avec ces deux séries.



Fig. 3.2. Paysage du Sénégal Oriental au nord de Missira. Au premier plan on voit les roches composant la Série Dialé. Les collines dans l'arrière plan correspondent probablement à des roches résistantes à l'érosion de la Série Mako.

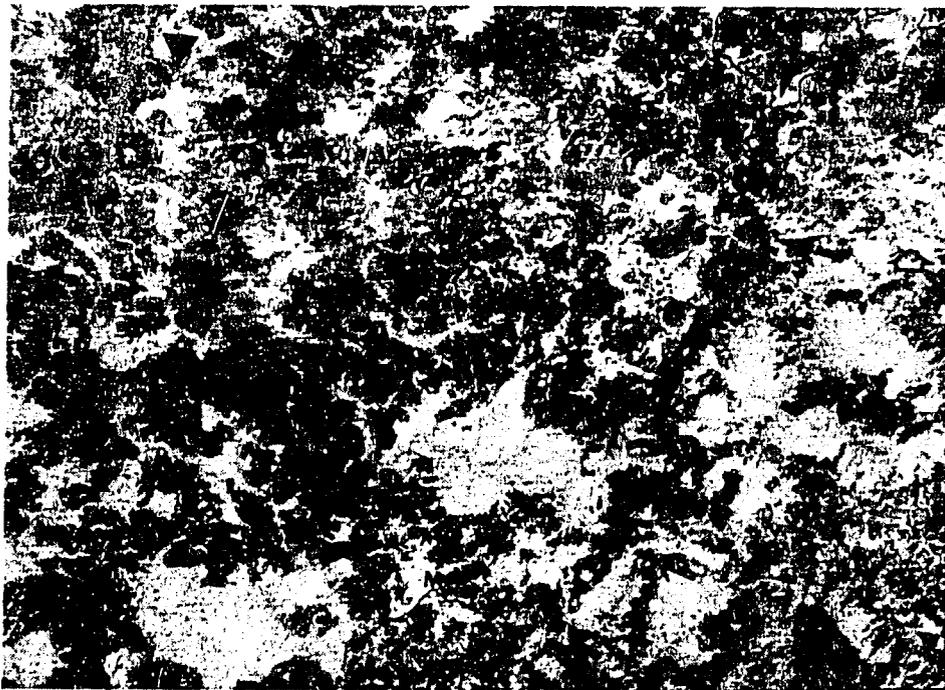


Fig. 3.3. Image Landsat au Sénégal Oriental prise le 27/12/77 au 1:100 000^e. La bande spectrale correspond au canal 7. Mako est au centre en bas sur la photographie (M). La Falémé est en haut et à droite. La caractéristique linéaire comprise entre les triangles à gauche correspond à la série métamorphique des Monts Bassari. La séquence arquée entre les flèches, de teinte plus sombre, est l'expression superficielle des riches ophiolitiques birrimiennes de la Série Mako. La zone dans le coin droit entre les flèches ouvertes représente une séquence typique des roches birrimiennes de la Série Dialé.

Les caractéristiques linéaires dans la Série Mako qui représentent les fractures et les failles varient énormément en direction, distribution et en intensité. La direction de fissuration qui prévaut est orientée N45° à N75°E. La seconde direction communément observée est orientée du N30° à N75°O. Une troisième direction beaucoup moins commune surtout rencontrée au sud de Mako est orientée N15°O à N15°E.

c: Interprétation des caractéristiques anormales à partir de Landsat

Deux masses allongées et une circulaire dans la série de roches Mako ont été interprétées et ont été représentées sur la carte dans la région sud de Touré Kounda aux positions 13°30'N et 12°15'O. Ces masses sont considérées comme appartenant à la Série Mako de roches du Birrimien, bien que dans les deux cas elles soient présentes à quelque distance des autres roches du même âge. On leur a aussi attribué cette identité en raison de leur tendance générale à ne pas être parallèles à la direction suivie par les roches de la fin du Précambrien et du début du Cambrien qui les entourent. Elles ont aussi une texture plus grossière, une teinte plus sombre et une apparence plus massive (moins feuilletée). Aucune vérification de terrain ne fut effectuée dans cette région et aucune photographie aérienne n'étant disponible, la confirmation de l'identité de ces masses est en suspens.

d: Conclusion

La Série Mako semble être une séquence à lits épais de roches ultrabasiques et ophiolitiques qui sont associées à des dépôts de flysch dont les relations structurales avec les autres roches situées au nord-ouest et sud-est suggèrent une ou des séquences de failles chevauchantes imbriquées. La forme arquée des bandes de roches et leur convexité orientée sud-est implique l'existence d'une compression en provenance du nord-ouest et ayant son point focal quelque part entre Bransan et Mako.

2. LES SERIES DIALE ET DALEMA (notées Bvs, bs, Bv, et AB sur la carte et en légende)

a: Description des unités (Figs. 3.4, 3.5, 3.6 et 3.7)

Aucune caractéristique distincte qui aurait permis de différencier les deux séries ne fut observée sur l'interprétation Landsat. J.P. Bassot les différencie surtout sur la base de leurs positions relatives et de leur séparation par les ainsi dénommés "granites" de Saraya. Bien que des variations structurales existent, aucune différence tonale ou structurale n'a été observée; c'est pourquoi ces roches ont été cartographiées ensemble dans une même unité (Bvs) à moins qu'il ne soit précisé différemment.

Ces roches ont un aspect finement stratifié et généralement constituent les basses terres entre les roches plus dures granitoïdes et les séquences à lits épais de la série Mako. Souvent de nombreux contacts sont visibles, et là où ils ont pu être représentés sur les cartes, ils



Fig. 3.4. Bandes de calcaires argileux et siliceux à Ibel, au Sénégal Oriental. Les veines blanches sont des calcites, les bandes grises des calcaires cristallins, les bandes plus sombres sont des couches argileuses contenant des nodules siliceux. La masse sombre de matériel rocheux correspond à des silices bréchiques. Ce matériel fut fluidisé pendant la période de métamorphisme. Après avoir été plissé en bande de flexures répétées, après s'être déposé et recristallisé, ce matériel fut de nouveau plissé et est devenu bréchique. Enfin les dépôts de calcite ont comblé les veines.



Fig. 3.5. Roches calcaires à plis serrés de la Série Dialé à proximité de Bandafassi qui montrent des couches d'argile de silex et de calcaires.



Fig. 3.6. Résidu d'érosion d'un calcaire et d'une fine couche d'argile feuilletée à silex, fortement plissée. Ces roches font partie de la Série Dialé et se rencontre à 1 km à l'est de Ibel, tout à côté du boudinage calcaire de la carrière de marbre de Ibel. Les plissements serrés "microfolding" présent en cet endroit indiquent que cette séquence était un milieu fluide qui a pu jouer le rôle de lubrifiant lors du charriage d'unités rocheuses plus compactes.



Fig. 3.7. Roches schisteuses trouvées à 4 km à l'est de Kossanto ces roches font probablement partie de la Série Dialé et ont subi un léger métamorphisme. Elles sont plissées isoclinalement.

donnent des indications de fermeture de plis. Ces unités occupent en général des zones basses et apparaissent plus claires que la Série Mako mais plus sombres et moins homogènes que les roches granitoïdes des "granites" de Saraya.

Ces unités affleurent aussi à l'est de la Falémé, au sud de Kidira et au nord de Laninea. Leur apparence dans cette dernière région est variable et suggère un environnement tectonique et de sédimentation complexe. Sur la base des différences de teinte, de texture et de structure, trois unités cartographiques distinctes ont été représentées pour cette région: une unité sédimentaire (Bs); une unité moins homogène que l'on suppose essentiellement volcanique (Bv); une unité (AB) plus sombre et plus uniforme qui paraît plus fortement métamorphosée que les unités de même âge situées plus à l'est. L'utilisation des cartes disponibles au 1:200 000^e et au 1:500 000^e comme guides n'a pas permis d'établir de corrélation entre les unités visibles sur les images Landsat et les unités définies sur ces cartes. Toutefois la nomenclature utilisée pour ces cartes a été conservée dans un but de continuité. De plus l'imagerie Landsat apporte peu de confirmation de l'existence des larges masses granitiques représentées sur les cartes géologiques existantes. Au contraire, elle indique que les formes stratifiées volcaniques et sédimentaires sont plus importantes sur l'ensemble de la région que les dits granites. Nous ne nions pas l'existence de phénomènes de granitisation mais nous n'avons trouvé aucune preuve définitive de l'existence de grandes surfaces en granites batholitiques. En fait, nous avons trouvé des preuves claires de l'existence de contacts sinueux et parallèles qui sont l'indice du faible degré de métamorphisme subi par l'ensemble de la séquence sédimentaire volcanique. Ces régions ont été représentées comme des roches sédimentaires du Birrimien lorsqu'elles possèdent clairement de nombreuses caractéristiques topographiques linéaires ou sinueuses qui sont la preuve d'une érosion différentielle de strates fortement inclinées. Les régions plus sombres avec une apparence plus mouchetée et présentant moins de signes de stratification, ont été définies comme des roches volcaniques du Birrimien. Les roches plus sombres et ayant moins de traits superficiels visibles indicateurs de stratification ont été désignées comme amphibolites du Birrimien. Cette définition (AB) a été choisie sur la base seulement de travaux antérieurs (Bassot et al, 1963: cartes de Dalafi, Bakel et de Kossanto au 1:200 000^e).

Nous avons choisi de différencier les roches du birrimien riches en fer de leurs équivalents contemporains pour la simple raison qu'elles sont facilement reconnaissables en raison de leurs teintes. Ces unités sont indiquées par le symbole Fe. Nous avions à l'origine espéré que, après les avoir tracé sur la carte (taille, position et forme), nous pourrions obtenir quelques éclaircissements quant à la relation existant entre le style Boboti de granitisation et la série encaissante Daléma. Malheureusement nous n'avons pu formuler aucune conclusion définitive quant à cette relation. La seule observation ayant quelque signification qui a pu être faite, est que les caractéristiques tonales qui sont l'indice de la présence de fer ou de ses dérivés d'érosion à ou près de la surface, ne sont pas limitées aux séquences volcano-sédimentaires du Birrimien comme on l'a indiqué sur la carte, mais que

ces dépôts de fer sont aussi présents dans toute la série granitoïde Boboti. Nous n'avons pu établir si la relation entre les dépôts de minerai de fer et la série granitoïde est concordante, ce qui aurait indiqué que tous deux ont une origine et un âge similaires, ou si des âges différents sont plus probables. D'après les travaux antérieurs du BRGM (Plan minéral, 1985) la relation entre le minerai de fer et le matériau granitoïde (andésites et granodiorites) est partout discordante alors que les dépôts de fer sont recouverts de façon parfois discordante parfois concordante par des grès et des marbres. Ceci suggérerait que le minerai de fer est plus âgé que les unités carbonées et plus jeune que les roches granitiques de la Série Boboti.

b: Structure et relations interformationnelles

De nombreux plis ont été cartographiés dans les Séries Dialé et Daléma d'après le tracé des contacts. Ils ont été représentés comme orientés NO/SE, soit $12^{\circ}50'N$ et $11^{\circ}40'O$, dans la région située à 20-25 kilomètres à l'est de Saraya. Des signes de plissements sont particulièrement visibles à l'est de la Falémé (à l'est de Sansandé et Tomboura).

La direction prépondérante des fractures, des failles et des linéaments dans la séquence volcano-sédimentaire du Birrimien est $E40^{\circ}$ au $N60^{\circ}E$. Les directions secondaires sont $N30^{\circ}$ à $N60^{\circ}E$, $N30^{\circ}$ à $N60^{\circ}O$, $N80^{\circ}$ à $N105^{\circ}E$ et NO° à $N20^{\circ}E$. Au moins deux failles longitudinales en gradins entre Kanoumering et Kédougou ont été représentées sur les cartes; des mouvements différentiels le long des failles NE/SO et NO/SE ont aussi été indiqués.

La plus large bande de roches volcano-sédimentaires du Birrimien c'est-à-dire les séries Dialé et Daléma, s'étend du nord-est de Ségou au sud vers Sainsoutou sur la Falémé. La direction générale est adjacente et parallèle aux roches tholéïques de la Série Mako et est orientée $N45^{\circ}E$. Les deux autres bande plus petites de roches volcano-sédimentaires du Birrimien sont celles de Diakha Madina au sud et celle de Tomboura-Falémé au nord; elles sont orientées presque nord-sud.

Les relations entre ces unités paraissent complexes. Les différences dans l'orientation des directions générales (visibles sur les images Landsat) et les types de roches (décrits par d'autres auteurs) suggèrent que la série volcano-sédimentaire de Dialé-Daléma et celle de la rive est de la Falémé ont subi des histoires tectoniques différentes. Nous pensons que pendant la phase d'orogénèse du Birrimien la séquence volcano-sédimentaire de Dialé a été compressée et charriée (orogénèse éburnéenne) vers l'est jusqu'à chevaucher les ainsi dénommés "granites" de Saraya. Ces mouvements orogéniques ont délimité l'emplacement de la Série Mako qui nous les pensons est allogène quoique presque synchrone. A l'est des "granites" de Saraya, la Série Daléma (équivalente en âge) fut simplement compressée et si elle s'est déplacée, ce fut de façon concordante et suite à une réaction en chaîne. La majeure partie de la séquence volcano-sédimentaire sur la rive est de la Falémé est située juste au nord de la principale zone de compression de la poussée tectonique birrimienne et bien que des

phénomènes de transport et de charriage soient possibles surtout dans la portion sud de cette séquence (au nord de Kondoko), les analyses des images Landsat suggèrent plutôt que ces roches fortement plissées et faillées sont autochtones.

3. LES GRANITES DE TYPE BAOULE ET BOBOTI (notés "Big" sur la carte et en légende)

Les contacts entre ces granites et les roches du birrimien environnantes sont faiblement apparents sur l'imagerie Landsat. La masse granitoïde de Saraya a un aspect tonal beaucoup plus homogène que les types Boboti et Kakadian. En fait, le massif Kakadian, comme on l'appelle, est si hétérogène que le cartographe en tant qu'une seule unité doit être considéré comme une concession faite aux efforts de cartographie antérieurs. D'après la texture et la teinte, notre interprétation suggère que ces roches sont l'équivalent métamorphisé et parfois recristallisé de la Série Mako et qu'une cartographie soigneuse de la région devrait attribuer une origine volcano-sédimentaire à quelques-unes de ces roches et montrer une écrasante concentration de roches ophiolitiques caractéristiques de zones de jonction entre plaques ou lignes de suture d'un rift. La région Kadadian présente quelques traits linéaires parallèles qui suggèrent des contacts interformationnels mais ne présente pas de vaste diaclase indicatrice d'une cristallisation quasi-totale ce qui impliquerait qu'une granitisation comme l'ont proposé d'autres auteurs a eu lieu. De telles fissurations et diaclases ne se produisent qu'à seulement 15 à 25 km au nord/nord-est de Mako où elles semblent associées avec une activité intrusive post-birrimienne.

a: Description de l'unité

Le "granite" de Saraya (Fig. 3.8) a un aspect très homogène sur l'imagerie Landsat; il a une couleur pâle et à première vue paraît clairement délimité. Mais une analyse multi-saisonnière et plurianuelle soigneuse met en évidence des relations moins nettes surtout dans la région comprise entre Bembou et l'est de Missira. Une analyse soigneuse de cette masse présentant une teinte distincte a donné quelques indications de l'existence de structures sédimentaires reliques dans la région depuis Saraya jusqu'à Koudokhou, 3 à 5 km au nord de Fodikounda. L'analyse des photographies aériennes corrobore cette interprétation. Trois dômes ont été définis dans le granite de Saraya, lesquels, dans deux cas, apparaissent avoir des structures internes et concentriques; celles-ci sont néanmoins considérées comme résultant d'évènements tectoniques plus récents que ceux responsables de la mise en place de la masse de Saraya (voir photointerprétation en annexe A, tableau III-7).

Les granites de Boboti ou granodiorites comme ils sont parfois appelés (Witschard, 1965) sont très difficiles à définir et à cartographier comme différents des roches volcano-sédimentaires environnantes de l'époque birrimienne. Ils sont en général en concordance avec ces dernières et paraissent correspondre aux versions magmatisées des roches environnantes birrimiennes. L'analyse des photographies

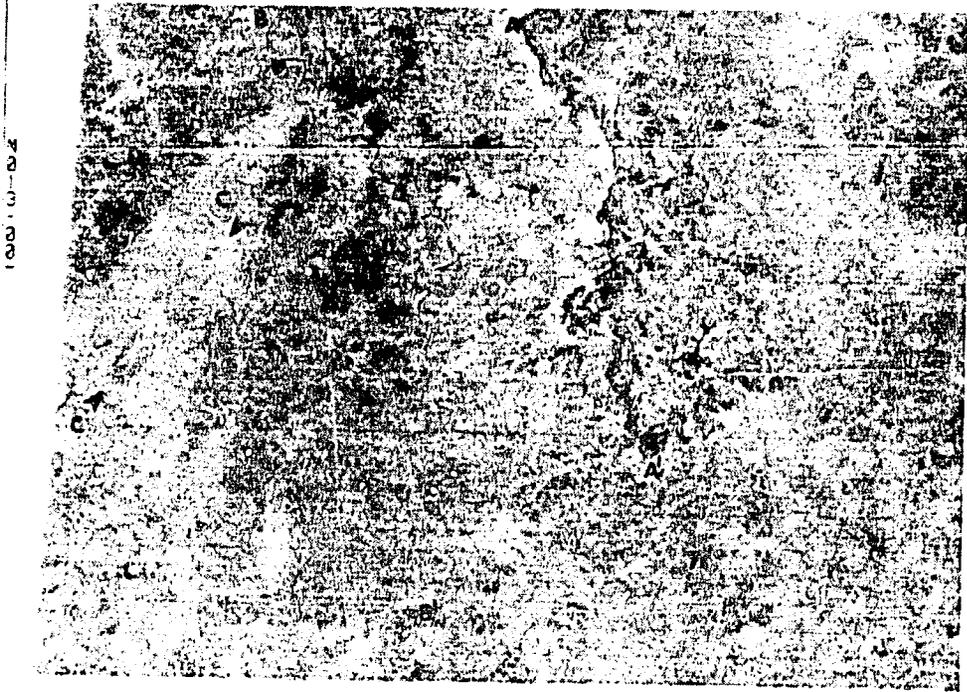


Fig. 3.8. Image Landsat du Sénégal Oriental au 1:100 000^e datée du 7/3/73. Le canal spectral est le canal 7 (infrarouge). La falaise de Tambaoura est visible entre A et A'. Le fleuve Falémé peut être suivi entre B et B'. Le "granite" de Saraya se distingue facilement à gauche de la photographie, il correspond à l'entité plus claire (C). Les Séries Dialé et Daléma (D) entourent le granite. La structure interne pregranitique du granite de Saraya est visible entre les deux flèches.

aériennes de ces séries de Nagadji à Satadougou Bafé ne donne pas d'indication claire de la relation intrusive (voir photointerprétation en annexe A, tableau III-7).

b: Structure et relations interformationnelles

Les fractures du massif Kakadian consistent en tendances linéaires qui suivent les directions suivantes: $N45^{\circ}$ à $N50^{\circ}O$, $N10^{\circ}$ à $N20^{\circ}O$, $N75^{\circ}$ à $N85^{\circ}O$ et $N45^{\circ}$ à $N55^{\circ}E$. Quelques fractures seulement se continuent dans la Série Mako et ceci suggère une phase d'activité tectonique pour le massif de Kakadian antérieure à la mise en place de la série Mako.

La direction prédominante de fissuration, des failles et des linéaments dans la masse granitique de Saraya est $N45^{\circ}$ à $N60^{\circ}E$; une seconde direction de moindre importance mais encore importante est orientée $N40^{\circ}$ à $N65^{\circ}O$. De plus, de petites fractures nord-sud et est-ouest ont été cartographiées, en particulier sur le bord oriental de la masse granitique là où elle est en contact avec les roches volcano-sédimentaires du Birrimien et là où ces fractures traversent la limite entre les deux unités. Quelques rares structures traversent la limite ouest des roches granitiques et elles sont dirigées NO/SE. Ces observations sont l'indice d'un contact plus concordant entre les roches granitiques et la Série Dialé à l'ouest et sont probablement aussi l'indice d'un contact au moins partiellement chevauchant sur une portion de cette limite. Le contact oriental est beaucoup plus irrégulier et plusieurs fractures et linéaments traversent la séparation entre les deux groupes de roches.

Les séquences granitoïdes Boboti ont aussi tendance à donner des exemples des nombreuses fractures et directions linéaires qui se poursuivent dans la Série Daléma adjacente. Ces alignements structuraux sont orientés $N45^{\circ}$ à $N60^{\circ}E$, $N70^{\circ}$ à $N100^{\circ}E$ et $N45^{\circ}$ à 60° .

L'auteur du présent rapport propose une origine différente de celle proposée par J.P. Bassot (1966) pour ces divers terrains granitiques. Selon nous les roches intermédiaires à des roches cristallines basiques composant le massif Kakadian seraient synchrones en origine aux roches birrimiennes et représenteraient un environnement de sédimentation suivant une plaque ou un rift. Les roches ont subi des compressions en provenance du nord-ouest et une mylonitisation pendant le charriage de la séquence ophiolitique qui comprend la Série Mako. Celle-ci proviendrait de la région présentant une large anomalie de gravité linéaire et positive, située à l'ouest, qui suit la direction $N30^{\circ}$ à $N45^{\circ}E$. Cette théorie expliquerait le manque d'homogénéité structurale et pétrographique des roches de la Série Mako et du massif Kakadian.

Sur le terrain les granites de Saraya présentent des xénolites de roches riches en hornblende et des gneiss à amphiboles ainsi que des reliques structurales tels des plis, des contacts de stratification et des différences granulométriques suggestives d'un granoclassement dans un environnement proche du littoral. La combinaison de ces facteurs

semble désigner une origine métasédimentaire (sédimentaire métamorphisée) pour ces granites de Saraya. En raison des phénomènes de recristallisation, ces roches semblent faussement dater de la tectonique éburnéenne. Notre interprétation est que ces roches granitoïdes et relativement homogènes seraient des roches recristallisées de la période archéenne provenant d'un environnement de sédimentation littorale. Ces roches précambriennes pourraient être équivalentes aux roches précambriennes D-1 formant la dorsale (bouclier) de Reguibat.

Finalement, nous proposons un développement tectonique similaire pour le terrain granitique de Boboti. Comme cette région était toutefois probablement située plus au large (dans un bassin plus profond), la nature intermédiaire des roches (andésites, etc...) peut alors être expliquée par un environnement mixte volcano-sédimentaire dans une zone tectoniquement plus active. Les hypothèses que nous venons de proposer sont de hautes spéculations qui cependant expliquent de manière plausible pourquoi des types de roches si différents coexistent dans un proche voisinage.

4. LES GRANITES DE BONDOUKOU (notés GPB sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Ces granites sont circulaires à ovoïdes et relativement faciles à identifier sur l'imagerie Landsat et les photographies aériennes en raison de leur configuration géométrique et du manque de caractéristiques internes. Ils sont groupés dans la région de Iako où ils font intrusion dans les roches du Birrimien et de ce fait ils sont considérés comme étant post-tectoniques (post-éburnéen). Il est probable que plusieurs autres intrusions et apophyses de ce type seront cartographiées au fur et à mesure du travail précis de vérification sur le terrain.

b: Structure et relations interformationnelles

Aucune caractéristique structurale ne permet de distinguer les granites Bondoukou des roches qui les entourent. Quelques fractures se poursuivent dans les roches les entourant et sont par conséquent post-birrimiennes. Quelques fractures NE/SO sont présentes dans ces granites. La plupart des fractures sont orientées N30° à N60°O.

B. Résumé et Conclusions pour les Roches du Birrimien

La combinaison de l'interprétation Landsat, de l'analyse des photographies aériennes, du travail de terrain avec les données déjà existantes nous a permis de proposer la séquence suivante d'évènements géologiques pour les roches birrimiennes du Sénégal Oriental:

1. Une large dépression et un rift aulacogène se sont formés entre la dorsale de Man et la dorsale de Reguibat, suivant la direction SO de Kayes à Sansandé (±2600 H.A.).
2. Un rift étroit qui s'est rapidement approfondi s'est formé presque perpendiculairement à l'aulacogène ci-dessus; il occupe

l'emplacement actuel de l'anomalie positive de gravité parallèle à l'actuelle chaîne mauritanienne de montagnes plissées.

3. Le ricochet isostatique des terrains archéens préexistants vers l'est qui se serait produit à Saraya et vers l'est, a fourni au rift des sédiments littoraux et d'origine plus profonde.
4. Les séquences ophiolitiques se sont déposées dans le rift et des roches volcano-sédimentaires de nature intermédiaire se sont déposées dans la région du massif Kakadian tandis que les sédiments littoraux s'accumulaient dans les dépressions de Dialé et Daléma.
5. La fermeture des rifts commence et les séries ophiolitiques sont soulevées, plissées et charriées vers l'est en direction du noyau métasédimentaire de Saraya. Les dépôts de flysch ont eu lieu à la base des nappes de charriage et sont partiellement interstratifiés de sédiments dont l'accumulation s'est poursuivie dans le bassin littoral de Dialé.
6. La compression se poursuit et crée des séquences en plis isoclinaux et des nappes de charriage allogènes, probablement sous la forme de structures en nappes. Celles-ci ont enfoncé la fine croûte archéenne (à Saraya) et ont entraîné la recristallisation des roches granitiques de Saraya et des séquences granitiques plus jeunes de Kakadian (2100 M.A.).
7. Les forces compressives éburnéennes cessent et l'érosion commence. La réponse à l'extension détermine l'emplacement du complexe batholitique des granites du type Boudoukou (1900-2000 M.A.).

C. Roches de la Fin du Précambrien et du Paléozoïque du Sénégal Oriental

1. INTRODUCTION

En raison du désaccord persistant concernant la succession Précambrien-Cambrien nous avons décidé à des fins de simplicité de grouper toutes ces roches dans le Cambrien. Certaines de ces roches ont des âges radiologiques qui les placent dans le Précambrien. Néanmoins nous avons considéré que les âges et les relations exactes sont si mal connus que toute différenciation pour être valide doit attendre la confirmation de terrain.

2. LA SERIE SEGOU-HADINA KOUTA (notée c¹ sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Cette série de roches est relativement facile à repérer sur les images Landsat parce qu'elle forme le haut relief marquant la frontière sénégal-guinéenne. Par ailleurs, comme cette série est de nature relativement plane et qu'elle repose de façon discordante sur les

roches du Birrimien, il est facile de la distinguer des autres roches plus âgées. La relation avec les coulées de dolérites sur-jacentes est aussi nettement discernable puisque ces dernières sont plus homogènes et d'une teinte plus sombre.

b: Structure et relations intraformationnelles

Cette série ne présente pas de plissements et les failles et fractures se limitent à deux directions principales, l'une N20° à N40°E, l'autre nord-sud à N10°E.

Il est intéressant de remarquer que cette série ne se rencontre pas dans les avant-buttes au nord. Ceci laisse à penser que si cette série a occupé autrefois une plus vaste étendue, elle a été complètement érodée depuis. Mais cette explication est très peu vraisemblable. Il est plus probable que l'étendue actuelle corresponde à la presque totalité de cette unité au Sénégal. Si cette dernière hypothèse est vraie, alors la région des roches du Birrimien au nord peut être considérée comme une région montagneuse fournissant des produits d'érosion grossiers (Bassot, 1966) à un bassin limité qui se serait formé au sud et à l'est pendant la période de sédimentation de la Série Ségou-Madina Kouta.

Cette série est composée d'une séquence volcano-sédimentaire surmontée d'un horizon riche en soufre associé à des stromatolites et recouvert par des dépôts plus typiques de bassin sédimentaire. En Afrique occidentale cette série est orientée parallèlement à la direction du bassin de Taoudeni ou aulacogène de Gourma. La sédimentation de cette série aurait donc résulté de la réactivation de la fragmentation du bouclier de l'Afrique occidentale pendant la première phase du développement de l'océan Atlantique. La fermeture subséquente de cet embryon d'océan a provoqué une impulsion tectonique qui est attribuable à l'orogénèse kibaréenne. Cette dernière impulsion a causé très peu de bouleversements orogéniques dans la Série Ségou-Madina Kouta au Sénégal où cette série repose partiellement à plat. Une activité volcanique a probablement été induite le long des failles nord-est/sud-ouest parallèles au Bassin de Taoudeni et à l'aulacogène de Gourma. Cette activité résulte probablement d'une réactivation de fractures profondes qui ont fourni les matériaux riches en métaux trouvés à la base de la série Madina Kouta. Mais il est possible également que la source de ces métaux soit les séquences ophiolitiques du Birrimien qui après avoir été érodées et dissoutes, se seraient redéposées dans un environnement de sédimentation littoral où elles auraient été enrichies par une activité d'origine biologique ou par l'alternance des phases d'inondation et de déshydratation dans un environnement de type sebkha. Sans tenir compte de leur origine ces sédiments riches en métaux présentent un intérêt parce qu'ils ont une extension latérale et qu'ils ne sont pas déformés.

Une petite région à l'est de Takoutala sur la rive est de la Falémé est incluse dans la Série Ségou-Madina Kouta (Bassot, 1966). Quoiqu'elle soit identifiable sur les images Landsat, nous l'avons représentée sur la carte comme étant du matériel Cambrien indifférencié (Ci).

3. LA SERIE MALI

La Série Mali n'a pas été représentée sur la carte à partir de l'imagerie Landsat.

4. LA SERIE FALEME (notée C², C³ et C_i sur la carte et en légende)

a: Général

Bien que les trois unités composant cette série soient considérées comme étant du même âge, elles diffèrent quant à leurs relations lithologiques et structurales comme cela peut être vu sur les images Landsat. L'unité C², l'unité à la base de la série, apparaît plus finement stratifiée, plus fréquemment faillée et à plis plus serrés que les deux autres unités. C'est pourquoi mais aussi parce que les trois unités sont pétrographiquement différentes (Bassot, 1966) qu'elles ont été cartographiées séparément, en tant que trois entités distinctes.

b: Description de l'unité C² (Fig. 3.9)

Cette unité est contemporaine et similaire à la Série Mali cartographiée au sud. Elle forme une bande de 225 km de long orientée nord-sud qui s'étend depuis la frontière guinéenne jusqu'au sud de Kidira. Elle a entre 10 et 20 km de large et a tendance à être plus étroite près de Kayar et à l'ouest de Ilako.

Sur les images Landsat, cette unité se distingue toujours des roches du Birrimien de l'est sur lesquelles elle repose de façon discordante. A l'ouest elle présente peu de contraste avec les roches plus jeunes sauf là où elle est faillée. Surtout dans ses parties nord et centrale cette unité est formée de séquences sédimentaires finement stratifiées présentant des contacts de stratification simples et bien visibles qui souvent forment des fermetures; celles-ci soulignent le plongement des plis.

c: Structure et relations interformationnelles

L'unité C² suit une direction presque totalement orientée au nord et probablement est formée d'une série d'unités ayant des plis droits et serrés (là où la compression fut la plus forte) à ouverts. Au regard de sa relation avec les roches plus jeunes et moins élevées de l'ouest, on considère que cette unité constitue un anticlinorium.

Entre Kidira et Sitabanta, la direction principale de fissuration et de fracturation est orientée nord-est/sud-ouest. Ce système de fissuration et de fracturation se continue vers le sud mais s'oriente suivant une autre direction prédominante, N80° à N100°E qui devient nettement apparente entre Sitabanta et Touré Kounda. Au sud de Touré Kounda un autre système orienté nord-ouest/sud-est s'ajoute au précédent. Finalement un dernier système nord-sud est observable en particulier au niveau de la faille de contact entre la Série Falémé et les roches plus jeunes à l'ouest. Au regard de cette dernière observation, il est possible que certaines portions de la zone de contact



Fig. 3.9. Image Landsat du Sénégal Oriental, prise le 21/11/77 au 1:100 000^e; la bande spectrale correspond au canal 5, et représente la partie visible du spectre. Le Sénégal coule d'est en ouest (droite à gauche) sur cette photographie. La Falémé coule au nord; Bakel se situe au point B. La ligne en pointillés sépare les sédiments du Bassin Sénégalais à pendage occidental des roches sous jacentes à plis serrés du Paléozoïque et du Précambrien; Les taches claires le long du réseau hydraulique à l'ouest correspondent aux régions dénudées autour des villages. Les teintes plus sombres correspondent aux zones ayant un couvert végétal (graminées ou autres). La région la plus claire (A) représente les schistes et les quartzites de la Série Bakel. La région au sud-est (F) correspond aux grès rouges et aux autres roches de la Série Falémé. La teinte plus sombre entre les flèches est probablement un contact le long d'une faille chevauchante.

entre les unités inférieure C² et supérieure C³ soient aussi contrôllées par une faille qui éventuellement serait chevauchante comme par exemple à l'ouest de Sitabanta et à l'est de Tiankaye.

c: Description de l'unité C³

Cette unité occupe la plus vaste superficie constituée de roches du Paléozoïque au Sénégal Oriental et couvre deux zones quasi parallèles de Kidira au nord à la frontière guinéenne au sud. On rencontre quelques avant-buttes aussi loin au nord que Yaféra sur le fleuve Sénégal. Ces roches seraient aussi présentes dans une petite poche à l'est du fleuve Falémé mais il est possible que cette interprétation soit erronée. Cette région pourrait faire partie de l'unité précédente C². En surface l'unité C³ est composée de grès rougeâtres qui sont beaucoup moins plissés et paraissent moins bouleversés que ceux de l'unité C² située à l'est. Dans la région entre Sambakola et Touré Kounda, la stratification est apparente sur l'imagerie Landsat et laisse à penser que cette région nordique a subi une tectonique plus intense que les régions sud où les contacts et les couches marqueuses sont moins visibles. Mais ceci n'est pas forcément vrai puisqu'il a été démontré que le sud avait aussi subi une activité tectonique majeure. Au moins deux failles majeures, l'une chevauchante, l'autre inverse sont connues pour avoir affecté cette partie sud et le métamorphisme a atteint un niveau relativement élevé dans les monts Bassari. On peut peut-être expliquer ce paradoxe en supposant que les sédiments C³ étaient plus minces au nord et que de ce fait ils ont été plus facilement plissés que les sédiments du sud qui plus épais semblent provenir d'une sédimentation en bassin et qui à l'heure actuelle occupent de larges zones synclinales moins sujettes à des plissements serrés.

e: Relations structurales et interformationnelles

Il a été remarqué plus haut que l'unité C³ est composée d'une épaisse séquence de grès rouges et qu'elle occupe deux larges dépressions en cuvette. Ces dépressions se seraient transformées en vastes synclinoriums lorsque l'activité tectonique en provenance du nord-est les aurait compressées. La direction prédominante visible sur l'imagerie Landsat s'oriente N10° à N30°E dans la ceinture synclinale orientale. A l'ouest de Salémata et de Niokolo Koba, la direction générale varie entre N40° et N60°E. Les relations entre cette unité et les unités situées à l'ouest et à l'est ne sont pas nettes. Le coin cartographié comme étant C³ à l'ouest et au sud de Niokolo Koba, est limité à l'est par ce qui est probablement une faille chevauchante mais pourrait aussi être une faille inverse subhorizontale. A l'ouest, des indices nets de l'existence d'une faille sont visibles. Cette faille s'allonge sur environ 100 km suivant une direction nord-est/sud-ouest. On a considéré qu'il s'agissait d'une faille chevauchante et on l'a représentée comme telle sur la carte bien que l'aspect très droit de cette faille suggérât plutôt un type inverse. Les directions générales des fractures sont: N30° à N60°E, N30° à N60°O, N0° à N20° et NS.

f: Description de l'unité Ci

Sur la carte, nous avons séparé l'unité Ci (Cambrien indifférencié) des deux unités précédentes parce qu'elle paraît avoir subi un certain degré de métamorphisme et qu'elle est présente dans au moins deux zones anticlinales qui émergent à l'ouest de Boutougou Fara. En dépit de l'épaisse couche de latérites qui les recouvre, ces roches sont visiblement fortement plissées et présentent des fermetures et de nombreux affleurements qui sont signes d'une stratification parallèle. D'après J.P. Bassot (1966), cette unité diffère de la Série Falémé située à l'est, de par la présence d'épaisses séquences de roches volcaniques qui tendent à être plus basiques et qui contiennent des spilites et des dolérites. Ces roches sont probablement équivalentes aux roches C² présentes à l'est mais elles représentent les équivalents stratigraphiques d'une limite de plaque sous-marine. On rencontre ces roches à Oussoumkala au sud-ouest de Mako.

g: Relations structurales et interformationnelles

Si l'interprétation formulée par J.P. Bassot (1966), à savoir que les roches de l'unité Ci sont plus âgées que les grès rouges de l'unité C³ est correcte, alors elle sont présentes dans les zones soulevées et elles sont aussi probablement du même âge que les roches C² qui reposent de manière discordante sur les roches du Birrimien à l'est.

Les fractures varient mais suivent une direction générale parallèle à l'orientation régionale principale surtout à la limite entre les unités. Elles suivent toutefois aussi les directions imposées aux unités C² et C³ à savoir N30° à N60°O, NO° à N20°O et NS. Dans les parties les plus occidentales de l'unité Ci, la direction qui prédomine est orientée N30° à N50°O. Ces caractéristiques sont particulièrement visibles au nord-est et au sud-ouest de Simenti.

Les relations entre les unités de cette région restent un point de discussion. L'analyse Landsat de cette région complexe ne donne pas assez d'information pour démêler les complexités inhérentes à ces séquences de roches. Les solutions doivent attendre un travail de terrain supplémentaire et/ou que les satellites Thematic Mapper ou SPOT aient une meilleure résolution ou couvrent un spectre plus large.

5. LA SERIE BASSARI (notée Cim sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité (Fig. 3.3)

Cette Série suit une direction générale plein est de la position nord et occupe une zone de 85 km de long sur 5 à 15 km de large. Elle a un aspect moucheté mais homogène sur l'imagerie Landsat qui la distingue des unités plus lisses (moins mouchetées) présentes à l'est et à l'ouest. Les principaux traits géométriques qui différencient les roches de la Série Bassari des roches des séries voisines sont les nombreuses formes topographiques parallèles mais non linéaires qui sont l'indice d'unités plissées et ondulées (métamorphisées). La limite

nord de cette série est mal définie et cette dernière semble s'enfoncer sous des unités qui sont probablement plus jeunes.

b: Structures et relations interformationnelles

La Série Bassari semble former une large masse en forme de voûte. Sa limite ouest est nettement discordante et serait définie par une faille continue le long de laquelle les roches de l'unité C³ auraient été charriées sur celles de la Série Bassari. D'autres fractures ou failles plus courtes établissent la limite entre la Série Bassari et l'unité Ci à l'est.

Les failles et les fractures présentes dans cette unité sont peut-être plus limitées en longueur que celles des unités voisines de l'est et elles sont très variables. On reconnaît trois systèmes de failles et fractures, le premier est orienté N15° à N30°E, le second N45° à N60°E et le troisième N30° à N45°O.

La Série Bassari semble être un équivalent métamorphisé de la Série Falémé ou une version peut-être légèrement plus âgée, mylonitisée, broyée et arquée de la Série Ségou-Madina Kouta.

Au sud et à l'est de Gouta, une masse en forme d'ellipse (Cim) composée de roches relativement homogènes se présente comme une entité séparée. Ses limites sont mal définies sur l'imagerie Landsat. Cette entité est longue de 35 km du nord au sud et mesure 20 km dans sa plus grande largeur. L'unité est caractérisée sur l'imagerie Landsat par la nature distincte de ses affleurements et la largeur et la longueur de ses unités cartographiables. J.P. Bassot (1966) a décrit quelques-unes des roches de cette région comme étant quartzitiques et d'âge indéterminé mais datant probablement du Paléozoïque et sur lesquelles se serait surimprimé un métamorphisme. Cette description paraît appropriée et d'une certaine manière permet d'établir les relations entre cette unité et les autres unités.

Les principales formes structurales de cette unité sont orientées nord-est/sud-ouest. Les fractures et les limites stratigraphiques sont nettes et sont orientées N50°E environ. Les autres systèmes de fractures sont orientés N20° et N45° à N50°O.

L'unité Cim est bordée à l'est, au nord, au sud et au sud-ouest par des roches indifférenciées du Cambrien et présente les mêmes relations avec celles-ci que la Série Bassari avec les roches qui la bordent au sud. L'unité Cim peut correspondre à un faciès plus terrigène de la Série Bassari, un faciès ayant subi un plus faible degré de métamorphisme. L'unité Cim et la Série Bassari pourraient aussi être l'équivalent de la Série Bakel au nord.

6. LA SERIE YOUNKOUNKOUN (notée Ci et C³ sur la carte et en légende)

D'après J.P. Bassot (1966) cette série a une origine volcano-sédimentaire et est discordante avec la Série Bassari à l'est et la Série Koulountou à l'ouest. Comme noté précédemment lors de la

description des unités C₁ et C₃, nous pensons que l'unité C₃ est la plus jeune des deux unités en raison de sa position synclinale et serait du début de la période Falémé (équivalent à C₂). Nous pensons aussi que les unités C₁, Caiv et Cvt sont du même âge.

7. LA SERIE KOULOUNTOU (notée Caiv, Cvt, Cig sur la carte et en légende)

a: Description des unités

L'analyse Landsat nous a permis de définir trois unités, distinctes des roches situées à l'est et à l'ouest sur la base de leurs relations stratigraphiques et structurales complexes. L'imagerie Landsat montre nettement des contacts et des affleurements légèrement plissés, non rectilignes mais parallèles au sein de l'unité Caiv. La direction principale pour l'unité est N60°E mais varie de nord-sud à N80°E. L'unité Cvt est beaucoup plus homogène, ses contacts et ses limites lithologiques internes sont confus; elle peut aussi correspondre à une zone de charriage de roches allogènes. D'après les cartes géologiques du Sénégal au 1:200 000^e (feuilles de Younkounkoun) cette unité serait composée de tufs et d'agglomérats.

Entre Mahsa Dala et le fleuve Gambie au sud-est de Simenti, deux masses allongées composées de roches granitoïdes ont été représentées sur les cartes (Cig). Leurs limites semblent avoir été déterminées par des événements tectoniques et sont probablement sous le contrôle de failles. Ceci paraît particulièrement vrai dans le cas des limites nord-ouest.

Bien que la présence de latérites ait été cartographiées en deux endroits seulement, toutes ces unités sont en fait recouvertes de latérites d'une manière quasi continue. La couche latérisée doit cependant être relativement peu épaisse pour que l'érosion différentielle qui s'est exercée nous permette de déterminer les limites et les relations structurales de ces unités, en dépit de la gêne occasionnée par cette couverture latérisée omniprésente.

b: Structure et relations intraformationnelles

Les fractures et les failles sont nombreuses dans ces unités. La direction prédominante observée sur les images Landsat est orientée N40° à N50°O. La seconde direction d'importance est orientée N60° à N70°E. Un certain nombre de plis ont été représentés sur les cartes d'après les fermetures de contact en particulier dans la région entre les cours d'eau Koulountou et Gambie. Les roches volcano-sédimentaires légèrement métamorphisées qui composent ces unités et leurs équivalents granitoïdes semblent s'être mises en place dans un bassin soumis à une contrainte d'extension. La compression ultérieure subie par de ces séquences hétérogènes, sous-marines, volcaniques et sédimentaires leur a donné une apparence très irrégulière, visible sur l'imagerie Landsat.

La relation entre l'unité Caiv et l'unité C₁ apparaît relativement simple. En nous basant sur cette relation structurale nous pensons que

l'unité Caiv est plus vieille que l'unité Ci et qu'elle est au coeur de deux vastes systèmes de plissement anticlinoriaux. La relation entre ces deux unités semble concordante ce qui n'exclut pas qu'elles soient contemporaines ou presque. Ces roches (Caiv, Cvt) et leurs équivalents granitoïdes (Cig) sont donc plus âgés que les roches de l'unité C³ mais probablement du même âge et seulement légèrement plus âgés que les roches de l'unité C². Les unités Caiv et Cvt sont probablement équivalentes à la Série Bakel, notée C²_m.

Selon nous cette région plutôt inaccessible, couverte de roches volcaniques acides et de roches sédimentaires est la clé qui permettra d'établir des relations stratigraphiques correctes et de déterminer les âges relatifs des périodes dénommées Infracambrien et Cambrien au Sénégal Oriental. Les analyses Landsat ont montré que les contacts, les limites entre unités et les affleurements pouvaient être identifiés et cartographiés. Ces contacts peuvent même être localisés sur le terrain en dépit de la couverture de latérites et ils peuvent aider à mieux comprendre la région du point de vue litho-stratigraphique. Cet environnement lithologique offre aussi des potentiels variés en matière de dépôts minéraux.

Un travail récent (Plan minéral, 1985) a aussi localisé les roches du début du Paléozoïque à très faible profondeur dans le bassin de l'Anambé (Fig. 3.10). Le horst orienté nord-est/sud-est aurait soulevé les séquences cambriennes/précambriennes à quelques mètres au dessous de la surface de cette région. Les analyses Landsat suggèrent que ceci s'est répété en plusieurs points de la région, depuis Groumbayel sur le Niéri Ko à Kounkane et au delà (carte et analyse tectonique, section 3.9.5).

8. LA SERIE BAKEL (notée C²_m et B²C sur la carte et en légende)

a: Description des unités (Fig. 3.9)

Cette série de roches est peut-être la plus facile à interpréter de toutes les unités visibles sur les images Landsat. Elle est essentiellement composée de roches métamorphisées dont des quartzites résistantes à l'érosion qui forment les collines de Bakel à Kidira et qui représentent une série de plis entre lesquels on trouve des schistes, des argiles et des phyllites moins résistants à l'érosion. Sont aussi présentes quoique sur de moindres superficies des jaspes, des tillites et des roches ultrabasiqes serpentinisées. La plupart de ces unités sont identifiables sur l'imagerie Landsat grâce aux reliquats d'érosion laissés à la surface. Mais ces unités ont des formes plus irrégulières que celles montrées par les séquences cambriennes typiques présentes au sud et ont de manière évidente subi une compression, une mylonitisation et un transport latéral d'ouest en est.

b: Structure et relations interformationnelles

Jusqu'à ce que l'on atteigne la latitude du confluent de la Falémé et du fleuve Sénégal, la direction générale de la Série Bakel est



Fig. 3.10. Image Landsat de la Haute Casamance montrant le fleuve Kou-lountou (K) et le Bassin de l'Anambé (BA). L'image a été prise au 1:1 000 000^e le 10/2/75. Le canal 5 accentue l'humidité des sols. Puisque tous les cours d'eau divergent depuis le Bassin de l'Anambé, ce bassin correspond plutôt à un dôme qu'à un bassin bien qu'en son centre les sédiments soient érodés et donnent donc l'impression d'une dépression. L'humidité de la partie centrale du Bassin de l'Anambé est due au fait que les roches cristallines imperméables du Paléozoïque et du Précambrien affleurent au centre et limite le drainage. Un linéament orienté NE/SO apparaît clairement entre les flèches et se poursuit au nord-est vers Médina Gounas et au delà. La ligne comprise entre les triangles sépare les sédiments de l'Eocène au plus jeunes des roches du Paléozoïques situées au sud-est. Cette démarcation est nette et visible si l'on considère les modifications dans les processus de drainage.

semblable à celles des Série Falémé et Younkounkoun présentes au sud. Depuis Yaféra en allant vers le nord, la direction générale est variable et change rapidement. A. Le Page (1981, 1982) a cartographié une série de failles chevauchantes parallèles en se basant sur l'imagerie Landsat. Nous avons identifié et cartographié la plupart de ces failles avant même de connaître l'existence du travail de A. Le Page. La majorité des charriages sont orientés nord-est/sud-ouest mais un charriage, du moins on le considère comme tel, qui est représenté sur la carte au sud-ouest de Moudiéri, est orienté sud-est puis tourne au sud-ouest à 5-7 km à l'ouest de Bakel. En bordure des charriages situés plus au sud, de fines tranches de séquences ultrabasiques ophiolitiques serpentinisées (Petkovic, 1971) ont été localisées. Nous avons aussi trouvé des gabbros et des dolérites au sud de Marsa ainsi qu'un épais horizon de tillites (fig. 3.11). De nombreux plis parallèles ou subparallèles ont été identifiés dans la région et semblent correspondre à une fine séquence de matériaux sédimentaires de la base du Cambrien qui auraient été disloqués par une compression en provenance de l'ouest et qui auraient été transportés en tranches jusqu'à leurs présentes locations. La séquence serpentinisée ultrabasique composée de dunites, harzburgites et de gabbros correspond probablement aux limites des roches ultrabasiques responsables de l'anomalie de gravité positive (cf carte tectonique) observée à l'ouest de Bakel et de Kidira (le contour +10 millegal passe par Bakel et à l'est de Kidira).

La relation entre C^3 , c'est-à-dire les grès rouges du Falémé Supérieur et l'unité C^2_m de la Série Bakel est relativement nette. L'unité C^3 repose distinctement sur la Série Bakel comme on peut le voir à l'ouest de la Falémé et au sud de Yaféra. La relation entre les roches du Falémé Inférieur (C^2) et celles de la Série Bakel n'est pas aussi nette et il se pourrait que ces deux unités soient du même âge bien qu'elles correspondent à différents environnements de sédimentation et faciès lithologiques. Il est vraisemblable que la région de Kidira-Bakel a subi un métamorphisme plus intense que la région située au sud. L'unité C^2 et la Série Bakel sont probablement séparées par une fracture majeure profonde et parallèle à la route allant de Tambacounda à Kidira et située à 10-15 km au sud de cette route. Cette fracture serait associée à la formation de l'aulacogène de Gourma. Au nord de cette zone, la Série Bakel aurait été verticalement déplacée, soulevée et érodée jusqu'au niveau presque du Précambrien.

9. LES DOLERITES DU SENEGAL ORIENTAL (notées Dol sur la carte et en légende)

Bien que ces roches ne datent pas du Paléozoïque mais probablement du Jurassique nous les décrivons maintenant à cause de leurs relations intimes avec les roches du Paléozoïque, du Précambrien et du Birrimien au Sénégal Oriental et parce qu'elles n'affleurent pas à l'ouest dans le Bassin Sédimentaire Sénégal-Mauritanien.

a: Description de l'unité (Figs. 3.12 et 3.13)

Ces roches sont des reliquats d'érosion présentant des formes irrégulières qui occupent la partie la plus au sud du Sénégal Oriental.



Fig. 3.11. Horizon de tillites dans un petit cours d'eau à l'est de Marsa au Sénégal Oriental. Les tillites appartiennent à la Série Falémé et sont composées d'une matrice schisteuse, de quelques blocs erratiques occasionnels et de cailloux d'origines diverses dont granitique.



Fig. 3.12. Blocs de dolérite sur une pente d'ébloulis à 2 km à l'ouest de Bandafassi sur la route vers Ibel. Ces roches datent probablement du Mésozoïque. Les formes arrondies des blocs sont dues à une desquamation. De couleurs sombres ils prennent des teintes sombres sur l'imagerie Landsat.



Fig. 3.13. Couverture de dolérites recouvrant la Série Dialé du Birrimien à l'ouest de Bandafassi au Sénégal Oriental.

La plupart des unités cartographiables se présentent sous la forme de masses sombres bien définies ou de plateaux entourés de structures semblables à des collines. Ces dolérites auraient autrefois couvert la majeure partie du Sénégal Oriental et sont toujours rencontrées sous la forme de larges sills au sud en Guinée et à l'est au Mali. Quelques filons intrusifs tel celui long de 10 km environ situé à 7 km au sud-est de Oubadji ont aussi été observés; ils suivent la direction N40°E. Ils ont été déplacés suivant une faille orientée N130°O et le bloc nord s'est écarté de 300 à 700 m.

J.P. Bassot (1966) pense que ces roches effusives de la fin du Jurassique étaient situées le long de fractures et de failles très profondes affectant le fondement birrimien. Probablement, elles résultent de pression d'extension due à la fragmentation du Gondwanaland qui a débuté à la fin du Jurassique.

b: Structure et relations stratigraphiques

Les trois systèmes de failles qui affectent les dolérites sont clairement visibles sur l'imagerie Landsat. Ils sont orientés suivant quatre directions N15° à N30°E, NS, N60°E et N10° à N20°O.

Ces trois sills recouvrent généralement les roches érodées des unités de base déjà établies. Les dolérites sont étendues à toute l'Afrique occidentale et sont surtout présentes au Mali, à l'est du fleuve Falémé et au sud en Guinée. Elles ont été érodées suivant une direction nord-est/sud-ouest parallèle au cours des fleuves Sénégal et Falémé. Il existerait donc un effet d'arche en faveur de cette direction et il est possible qu'un système de fractures parallèles aux fleuves Sénégal et Falémé soit responsable de l'érosion plus rapide en aval et de l'élimination des dolérites dans la partie la plus élevée de cette arche.

D. Conclusions Concernant l'Analyse Landsat des Roches Précambriennes et Paléozoïques du Sénégal Oriental

Treize ans d'analyse Landsat ont montré que les limites lithologiques sont difficiles à déterminer sauf dans les terrains extrêmement arides. Un travail récent réalisé avec les données du Thematic Mapper laisse à penser que des informations supplémentaires pourraient être dérivées de l'analyse des données obtenues à plus grandes longueurs d'ondes et à plus fortes résolutions grâce à ce système (communication personnelle USGS, 1985). L'épaisse couche de latérites qui masque les contacts au Sénégal Oriental, rend difficile la différenciation des unités de roches et la localisation de leurs limites. L'analyse Landsat fut néanmoins un succès relatif dans cette région en raison des directives données par les cartes déjà existantes. Une analyse supplémentaire des photographies aériennes disponibles aurait été inestimable mais nous n'avions pas le temps matériel de réaliser cette analyse.

Les résultats de notre interprétation Landsat démontrent que le Sénégal Oriental est beaucoup plus complexe au plan structural qu'il

n'avait été auparavant soupçonné. Notre interprétation Landsat a mis en évidence de nouvelles structures jusqu'ici inconnues. Cette analyse combinée aux autres données disponibles notamment les données gravimétriques va nous permettre de découvrir l'histoire tectonique du Sénégal et le potentiel minéral de la région.

E. Le Bassin Sédimentaire du Sénégal

1. INTRODUCTION

Un coup d'oeil superficiel jeté aux images Landsat du Bassin Sédimentaire du Sénégal (carte 3.3) laisse croire à un terrain homogène avec seulement quelques formes topographiques et ne présentant pas ou peu de signe d'activité tectonique. Mais une analyse plus fine révèle un terrain tectonique complexe masqué par des sédiments récents, des dunes et une couverture latérisée. Beaucoup des caractéristiques mises en évidence par l'imagerie Landsat sont très subtiles et ne sont pas apparentes sur le terrain. Nous avons passé plusieurs heures dans le Bassin des Arachides à essayer de vérifier certaines des caractéristiques interprétées sur les images Landsat; le plus souvent nous avons échoué. La confiance que nous accordions alors à notre interprétation Landsat était tombée au niveau le plus bas, mais deux succès, l'un très bien démontré et l'autre qui est fort logique quoique non complètement prouvé, ont réaffirmé notre foi dans notre interprétation.

Le premier succès correspond à l'identification de quelques fractures orientées est-ouest ou $N70^{\circ}$ à $N90^{\circ}$ que nous avons notées dans l'interprétation à environ 40 km au sud de St. Louis. Ces fractures qui prennent place dans un terrain de dunes couvertes d'herbe sont très subtiles. Elles ne sont visibles qu'en tant que différence dans la réponse de la végétation à une possible variation de l'approvisionnement en eau de surface. Les fractures ne sont pas linéaires sur de longues distances et ne sont pas visibles sur le terrain ni sur les photographies aériennes. Leur direction générale n'est ni montrée sur les cartes antérieures ni discutée dans la littérature. De façon évidente elles ne correspondent pas à des directions tectoniques considérées comme dominantes dans le Sénégal occidental. La présence de ces fractures que rien ne confirmait dans les données antérieures était donc perturbante. Elles ont été identifiées en octobre 1983. En mars 1985, nous avons consulté pour la première fois un carte gravimétrique du Sénégal. Elle montrait une nette anomalie de gravité positive dont la forme et la taille correspondaient aux caractéristiques mises en évidence sur les images Landsat et qui établissait ainsi la relation entre le terrain et l'imagerie Landsat. En avril 1985, référence fut faite dans le Plan minéral (1985) à une masse intrusive composée de syénites à néphéline, appelée dôme de Léona qui a été localisée à 463 m de profondeur lors de forages profonds par les compagnies pétrolières. L'emplacement de cette masse et l'anomalie positive de gravité sont marqués à la surface par les fractures que nous avons identifiées sur l'imagerie Landsat démontrant par la même la validité de notre interprétation.

Le second exemple concerne la cartographie d'après les images Landsat d'un grand nombre de canaux traversant le Bassin Sédimentaire Sénégalais. Le tracé de ces canaux a attiré notre attention sur la possibilité d'un système de cours d'eau antérieur à l'Holocène qui semblait être distinct du présent système. D'après notre interprétation un grand nombre de cours d'eau convergent à travers le centre du Bassin des Arachides vers Thiès et au delà. Il semble que la plupart des cours d'eau coulant vers le sud ou le sud-est en direction du fleuve Saloum ont été inversés et qu'antérieurement au soulèvement de l'escarpement de Thiès et à la formation du horst de Ndiass, un système fluvial majeur drainait cette région et se déversait dans l'océan aux alentours de Kayar. Cette théorie a reçu quelque support lorsqu'on a découvert (Michel, 1975) au large de Kayar un large canyon, très profond, qui ne peut résulter que de l'érosion fluviale d'une plateforme continentale alors émergée.

Ces deux exemples apportent des preuves partielles de la validité de nos méthodes d'interprétation. La bonne concordance existant entre nos résultats et ceux de Y. Bellion et R. Guiraud (1979) qu'ils ont obtenus à la suite de l'analyse des fractures apparentes sur la scène Landsat de Diourbel, est une confirmation supplémentaire de la validité de notre méthodologie. M. Sall (1979) relate une étude du bassin de l'Anambé et en se fondant sur l'analyse Landsat, il fait l'hypothèse de l'existence d'un dôme dans la région. Les travaux de J.Y. Trenous et P. Michel (1971) portant sur le dôme de Guiers sont aussi en accord avec notre interprétation.

Finalement les travaux de C. Montciardini (1966) qui a cartographié ses mesures de puits de manière à établir l'emplacement et la profondeur des diverses nappes aquifères présentes dans le bassin, donnent des preuves de la présence des failles et des fractures. Ses travaux montrent que certaines nappes aquifères sont fortement pentues comme en témoigne le faible espacement des contours qui marquent les contacts entre formations. Ce faible espacement est un signe probable de failles. Dans de nombreux cas les fractures que nous avons représentées sur la carte en fonction de l'interprétation Landsat sont parallèles et souvent proches ou très proches des failles proposées par C. Montciardini.

2. APPROCHE UTILISEE POUR CARTOGRAPHIER LES UNITES LITHOLOGIQUES

Au sein du Bassin Sédimentaire Sénégalais seulement quelques unités sont clairement définissables et cartographiables sur l'imagerie Landsat. Ceci est dû aux trois facteurs suivants: l'abondance des dépôts éoliens superficiels, le manque d'expression topographique de la région et la nature homogène des séquences marines et non marines trouvées dans la région.

A chaque fois qu'il était possible de reconnaître des caractéristiques lithologiques, nous les avons représentées sur la carte en tant qu'unités distinctes et nous avons adopté les termes et symboles en usage pour décrire la lithologie et la stratigraphie, c'est-à-dire ceux qui ont été employés par les publications

antérieures. Lorsque les limites sont indistinctes, nous les avons représentées comme telles et fait usage des limites présentées par les documents déjà existants.

3. DESCRIPTION DES UNITES

a: Roches du Maestrichtien, Crétacé (notées Cr sur la carte et en légende)

i: Description de l'unité

Les roches et sédiments sont nettement visibles sur l'imagerie Landsat; ils forment une bande de 15 à 20 km de large à Ndiass, orientée nord-sud, qui va en s'amincissant vers le nord où elle disparaît sous les sédiments du lac Tanma. Cette unité est d'un jaune verdâtre et apparaît burinée par les intempéries en raison de la haute teneur en fer de ses sables. La forte latérisation de cette unité la différencie des unités adjacentes. Elle a une forme arquée de horst.

ii: Structure et relations interformationnelles

Cette unité est largement faillée dans sa masse et ses contacts avec les unités adjacentes sont sous le contrôle de failles. La direction prédominante des failles est orientée nord-sud; toutefois une seconde direction N45° à N70°E est fréquente. Sont aussi présentes quelques failles et fractures orientées N60° à N80°O. A l'est, le contact entre le Maestrichtien et le Paléocène est probablement aussi sous le contrôle d'une faille bien que dans certaines zones il soit concordant. A l'ouest, les roches du Maestrichtien sont juxtaposées aux roches de la période yprésienne de l'Eocène Inférieur qui ont été faillées et elles constituent la pente est d'un synclinal de l'Eocène.

b: Le Paléocène, Tertiaire (noté e^{iv} sur la carte et en légende)

i: Description de l'unité

Cette unité paraît généralement uniforme sur les images Landsat et tend à être densément couverte de petits acacias ce qui la distingue des unités voisines. Le contact entre le Paléocène et le Maestrichtien est généralement net mais les contacts avec les unités situées à l'est ne sont pas aussi distincts. La confusion est en partie due au fait que le Paléocène forme la majeure part des hautes terres à l'ouest de Thiès et ses produits d'érosion masquent donc au long des pentes les contacts avec les roches plus jeunes. Ce matériel détritique donne aussi des sols différents qui supportent une végétation commune au Paléocène au lieu de celle qui prédomine sur les roches plus jeunes et de ce fait les diverses unités rocheuses sont difficiles à délimiter.

ii: Structure du Paléocène

La majorité des fractures du Paléocène sont orientées N40° à N50°E. Dans la région entre Pout et Thiès quelques courtes fractures sont

orientées N75° à N90°E et quelques autres mineures sont orientées N50°O.

c: L'Eocène, Tertiaire (noté eiii, eii, ei, ei sur la carte et en légende)

i: Introduction

La plus large part du nord du Sénégal occidental au nord du fleuve Gambie est formée de roches datant de l'Eocène. Ces roches et ces sédiments sont souvent recouverts par des dunes d'origine plus récente, des sédiments lacustres et alluviaux et des latérites. Les sédiments de surface rendent la différenciation entre les unités quasi impossible. De plus les roches de l'Eocène Supérieur et de l'Eocène Inférieur ne sont pas fondamentalement différentes et cela complique d'autant plus la différenciation.

C'est pourquoi nous avons adopté pour limites celles qui avaient déjà été établies pour les unités de l'Eocène sauf là où une distinction au moyen de l'imagerie Landsat était possible. Dans certaines régions, les relations géologiques que les précédents cartographes ont proposées ou que nous avons proposées lors de notre première interprétation paraissent criticables, peu probables et souvent incongrues. Nous avons donc décidé de désigner ces régions par le terme Eocène indifférencié (ei). C'est en particulier le cas d'une région fortement faillée allant du nord de St. Louis aux fleuves Sine et Saloum.

Il est probable que si les données fournies par TM, SPOT et SR-B (Side Imaging Radar-B) avaient été disponibles, elles auraient résolu la majorité de ces problèmes et elles nous auraient permis d'établir des cartes beaucoup plus précises des unités sédimentaires du Bassin Sénégal-Mauritanien.

ii: Description de l'unité eiii (Eocène Inférieur, Yprésien)

D'après la carte géologique du Sénégal (1962) cette unité affleure en une large bande entre Nianing et Fimela le long de l'estuaire du Sine Saloum, puis réapparaît en une bande étroite à Foundiougne. Cette dernière bande serait incurvée suivant une courbe nord-ouest en direction de Fissel, Thiès et Ndiassane au sud de Tivaouane. Notre interprétation et le travail de terrain confirme cette représentation cartographique sauf pour la région littorale entre Nianing et Ngazobil qui remonte au nord jusqu'à Thiès. Nous pensons qu'en cet endroit un bloc faillé ramène à la surface du matériel du Paléocène et découvre les roches plus jeunes de l'Eocène dans les fossés d'effondrement. En raison du grand nombre de failles parallèles orientées nord-est/sud-ouest présentes dans la région et des changements latéraux rapides de matériel observés sur le terrain, il nous a semblé raisonnable de désigner cette zone sous le terme d'Eocène indifférencié.

L'Eocène Inférieur (unité eiii) est facilement cartographiable dans la région entre le lac Tanma et le nord de Mboro. Cette unité de

l'Eocène Inférieur est aussi présente à Lam-Lam et s'étend au sud en direction de Thiès. La prédominance des teintes vertes sur les images Landsat de cette région signifie que le terrain est latérisé, ce que nous avons par la suite démontré. Un affleurement supplémentaire de cette unité eⁱⁱⁱ est observable à l'ouest du horst de Ndiass, sur le flanc est du synclinal de Bargny.

Les principales fractures dans la partie nord de l'affleurement des roches de l'Yprésien sont orientées N60°E tandis qu'au sud dans la région de l'estuaire du Saloum deux autres importantes fractures sont orientées N30°E et N25°E et que la direction N60°E se transforme en N70°E. Ces fractures sont longues de 20 à 40 km et contrôlent la direction d'écoulement du Sine et des autres affluents de la région du delta du Sine Saloum. En fonction du modèle d'apparition suivi par cette formation, il est probable que les roches les plus anciennes de l'Eocène Inférieur ont été plissées dans un environnement de faible profondeur, un synclinal ayant pour direction générale l'axe Palmarin-Fatick. A Fatick cet axe s'oriente au nord et est reconnaissable dans les données gravimétriques (carte tectonique). Dans la région du synclinal de Bargny, les fractures sont variables et nombreuses. Elles sont nettement visibles sur les images Landsat, les photographies aériennes et ont été vérifiées pendant les survols aériens. Elles constituent des contrôles de drainage indiscutables.

iii: Description de l'unité eⁱⁱ (Eocène Moyen, Lutétien Inférieur)

Cette unité occupe une vaste superficie du Sénégal occidental; depuis Sokone au sud, elle passe par Kaolack à 15 km à l'est de Kolobane, se poursuit à l'est de Linde en passant par Lagbar et Yaré Lao, tourne au sud-est à l'est de Guirvas, Odealdou, Nandenam, continue jusqu'à l'est de Madina Diaka où elle tourne sud-ouest en direction de la frontière guinéenne (juste à l'est de Koumbara). Cette formation est évidemment indifférenciable des autres unités de l'Eocène et aussi des autres roches et sédiments du Bassin Sédimentaire en raison de l'épaisse couverture éolienne, lacustre, latéritique et alluviale.

La région où cette unité est relativement facile à discerner et cartographier se situe le long du fleuve Sénégal entre Fadarria et Bodé au nord. Là, la séquence sédimentaire a une teinte distincte de celles des sédiments alluviaux présents à l'est et des roches de même âge typiquement recouvertes de latérites présentes à l'ouest. De la même manière, les roches du Lutétien de l'Eocène Inférieur peuvent être cartographiées le long d'un certain nombre d'affluents du Ferlo. Bien qu'en tous ces lieux l'Eocène soit souvent masqué par des dépôts plus récents, soit de grandes quantités de sables transportées par le vent, soit des alluvions et des blocailles latérisées, des différences caractéristiques dans les teintes permettent de définir ses limites.

iv: Description de l'unité eⁱ (Eocène Moyen, Lutétien Supérieur)

D'après de précédents cartographes, cette unité occupe la majeure partie du centre du Bassin Sénégal-Mauritanien. Nous avons seulement pu la distinguer des autres unités présentes au Sénégal occidental là

où elle forme une bande relativement étroite de 30 à 50 km de large qui s'étend depuis le sud de Tivaouane jusqu'à 30 km au nord-est de Louga. Elle est la mieux apparente sur les images Landsat en couleurs composées de la région à l'ouest de la route Tivaouane-Louga où elle se reconnaît à sa teinte légèrement rosée.

v: Relations structurales et interformationnelles

La série correspondant à l'Eocène Moyen ou Yprésien Supérieur est mise à découvert sous forme de deux larges bassins à l'intérieur du Bassin Sénégal-Mauritanien. Le premier bassin est large de 30 à 50 km et orienté nord-sud. Il s'étend du nord-est de Louga jusqu'au nord de Thiès et forme un synclinal qui quoique peu profond et abondamment faillé est un exemple de pli synclinal plongeant. Il est bordé à l'ouest par l'anticlinal plissé du horst de Ndiass et à l'est par le dôme ou anticlinal du lac de Guiers (Trenous et Michel, 1971). Le système de fractures de cette série de l'Eocène est complexe mais en raison de sa nature envahissante il sera discuté avec les autres formations d'une façon globale.

vi: Description de l'unité e_i (Eocène indifférencié)

Un certain nombre de régions ont été cartographiées en tant que sédiments et roches sédimentaires de l'Eocène indifférencié parce que la complexité structurale inhérente à ces régions suggérait une géologie plus complexe que celle proposée par les précédents cartographes et parce que des sédiments superficiels plus récents empêchaient de définir des séquences stratigraphiques correctes.

La première de ces régions est située dans le synclinal de Bargny. Il s'agit d'une unité limitée par une faille au sein de laquelle de nombreuses fractures et failles ont été observées. Bien que la représentation cartographique de cette unité soit relativement correcte, il est probable que des failles en compliquent la structure et qu'elles soient la cause d'une lithologie différente en surface. Une autre région dont on n'a pas pu définir avec certitude la lithologie se trouve dans le secteur de Tiénaba, Ndiagianiao, Tiadiaye et Ngazobil. Cette région a été cartographiée comme représentant l'Yprésien (Eocène Inférieur, e_{iii}) par des auteurs antérieurs (Carte Géologique du Sénégal, 1962). Les images Landsat suggèrent que dans cette région le Paléocène (e_{iv}) affleurerait dans un certain nombre de blocs étroits orientés $N40^\circ E$ et $N65^\circ E$. A l'ouest de Mekke, de 5 km au nord de Siné Kane jusqu'à Ndiougo au nord sur le fleuve Sénégal, nous avons représenté sur la carte une bande de 10 à 35 km de long comme étant ad^1/e_i en raison de l'important système de dunes jaunes et blanches à orientations multiples qui ne permettait pas d'acquiescer de certitudes en matière de représentation cartographique. Par ailleurs, un nombre conséquent de fractures orientées sud-est/est associées en particulier mais non exclusivement au dôme Léona laissent à penser que quelques failles normales pourraient bouleverser la séquence stratigraphique le long de la côte. Ceci serait surtout vrai pour les régions suivantes: Siné Kane et Kake Gayé; depuis Toundé Maléye sur la côte à Taïba Amaria Mberi; entre Sag et Léona Ndiaye et dans la région

deltaïque probablement faillée de Makhana; Ndiougo et Ndial au nord-est de St. Louis. Les autres régions du Sénégal occidental posant des problèmes d'interprétation sont celles qui semblent avoir été occupées par des lacs et qui sont recouvertes de fines pellicules de dépôts lacustres. Ces régions, par exemple celle située entre Diourbel et Kolokane sont presque impossibles à placer lithologiquement dans les séquences de l'Eocène. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'elles sont associées à des zones de fractures comme dans le cas des environs de Ndande.

Une autre région notée ei sur la carte est située dans le Sénégal Oriental et s'étend depuis la frontière avec la Guinée-Bissau vers le nord, le long de l'Anambé. Elle s'élargit au passage de la Koulountou et de la Gambie, puis elle continue vers le nord jusqu'à 6 km à l'ouest de Diarra. Cette région fortement latérisée serait couverte par des sédiments terrigènes superficiels du "Continental Terminal". Les nombreux affleurements linéaires et fortement rapprochés sont signe d'une séquence non horizontale et il est possible que ces affleurements soient pré-Tertiaire. Le fait que la dépression de l'Anambé soit un dôme paléozoïque datant du Précambrien (Plan minéral, 1985) confirmerait cette dernière hypothèse. Mais il est tout aussi vraisemblable que ces affleurements représentent une séquence légèrement inclinée du début de l'Eocène qui se serait inclinée suite au développement d'un bassin orienté nord-ouest et incliné vers Tambacounda. Finalement il est aussi possible que des failles en échelon soient responsables de l'apparence présentée en surface par les affleurements de l'Eocène telle qu'on peut la voir sur les images Landsat.

d: Oligo-Miocène, Tertiaire (noté OM sur la carte et en légende)

Cette formation occupe un vaste bassin s'étendant de 30 km au nord de l'estuaire de la Gambie jusqu'à l'intérieur de la Guinée-Bissau. La phase de transgression marine aurait atteint le bassin de l'Anambé selon certains auteurs (Carte Géologique du Sénégal, 1962). Mais d'autres (Plan minéral, 1985) suggèrent que la transgression de l'Oligo-Miocène aurait été beaucoup plus étendue et qu'elle aurait recouvert la majeure partie du centre-est du Sénégal dont notamment de larges portions du Ferlo au nord de Tambacounda. Les images Landsat n'apportent pas de preuves certaines de l'existence d'une unité homogène s'étendant à l'est au delà de Ziguinchor. Les faciès sableux, littoraux, tachés de fer, typiques de l'époque Oligo-Miocène sont visibles sur le Cap Skirring (Fig. 3.14) et dans les puits à Oussouye, Kabrousse et Essaout. A l'est de Ziguinchor et Bignona, les sables superficiels et les latérites masquent tout signe de séquence marine. Nous avons donc encore une fois été obligés d'utiliser pour nos unités les dénominations et les limitations définies sur des cartes antérieures. Ces limites sont particulièrement trompeuses dans le cas de la Casamance où les affleurements sont peu nombreux.

e: Le "Continental Terminal", Tertiaire (noté Ct sur la carte et en légende)

Cette désignation "Continental Terminal" a été utilisée comme fourre tout et elle n'est plus aujourd'hui considérée comme valide.



Fig. 3.14. Ceci se situe à + 7 m au dessus du niveau de la mer au Cap Skirring en front de plage. La formation de base grise et homogène est composée de grès rouges à stratification entrecroisée et quelquefois graduée du Miocène. La zone plus sombre est vide. Au dessus se trouve + 1 m de latérites comme on peut le voir qui ont fléchi sous leur propre poids. La couche supérieure faiblement colorée correspond au sol tropical arénacé.

Nous pensons qu'un terme plus approprié devrait être trouvé et qu'un travail de terrain soigneux devrait être effectué dans le but d'identifier les divers éléments regroupés sous terme.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, J.R. l'Appartient (1983) a montré que de larges parties cartographiées comme appartenant au "Continental Terminal" contiennent en fait des fossiles marins et qu'elles appartiennent à la séquence transgressive du Miocène Moyen. En se fondant sur ce travail, le Plan minéral (1985) a proposé une hypothèse selon laquelle de vastes superficies du Sénégal Oriental et du Ferlo auraient été remaniées et seraient en réalité les équivalents marins altérés du dit "Continental Terminal". Cette formation a néanmoins été représentée par le projet comme s'il s'agissait d'un produit d'érosion continentale n'ayant pas une origine marine. Elle n'est nulle part homogène, ne serait ce qu'en raison de la latérisation presque toujours présente ou de la couverture de sédiments superficiels éoliens, lacustres ou alluviaux. En résumé nous avons représenté sur la carte sous la désignation Ct tout ce que nous étions incapables de cartographier clairement comme une unité distincte et ceci pour toute la région est du Bassin Sédimentaire Sénégalais.

f: Couvertures latéritiques tertiaires et quaternaires (notées cf sur la carte et en légende)

Ce matériel latéritique apparaît rarement de façon extensive à la surface et n'est souvent nettement visible que dans les falaises le long des vallées des cours d'eau; néanmoins en raison de sa nature résistante à l'érosion, il forme souvent des piedmonts ou des surfaces quasi-planes ou "bowé" qui sont couverts par très peu de sédiments ou même aucun. Dans le cas où ce matériel est recouvert de sédiments, les produits d'érosion riches en fer c'est-à-dire les colluvions, les éluvions et les alluvions de surface sont de sûrs indicateurs de sa présence tout près de la surface. La moitié du Bassin Sédimentaire Sénégalais repose sur des latérites recouvertes par au moins 2 m de sables et de sédiments d'origine éolienne ou autre. Sur les images Landsat, les régions dont les latérites affleurent presque en surface ont tendance à avoir une teinte marron foncé ou marron rouge et même parfois noir-brunâtre ou verdâtre. Ces teintes n'existent presque jamais dans les vallées mais presque toujours sur les hauteurs interfluviales; elles sont nettes quand elles apparaissent sous forme de falaises plus sombres. Les latérites sont donc faciles à identifier sur l'imagerie Landsat.

Dans le Sénégal occidental, ces latérites sont présentes par intermittence mais elles ont seulement été cartographiées là où elles apparaissent clairement comme le type dominant de roches superficielles. Bien que la majeure part du horst de Ndiass ait une couverture latéritique de même que certaines des régions au sud de Nianing, nous avons considéré que la représentation cartographique des unités de prime importance, ici le Maestrichtien et le Paléocène, conférerait plus de valeur à nos cartes.

Dans certaines parties de la Casamance, les failles ont remonté les latérites à ou près de la surface. Notre interprétation indique que dans la région de Sindian et Bignona notée Ct sur la carte il n'y a pas de latérites à la surface tandis qu'elles sont présentes au nord-est. Cette apparente anomalie peut être expliquée par l'hypothèse selon laquelle la région de Bignona-Sindian serait un bloc abaissé par une faille, ce qui explique la présence de latérites en profondeur. Réciproquement, la région au nord-est notée cf sur la carte correspondrait au bloc soulevé contenant les latérites faillées près de ou à la surface.

Le matériel latéritique au Sénégal est omniprésent mais comme il a moins de valeur économique que les roches sous-jacentes nous ne l'avons cartographié que lorsqu'il représente un événement tectonique ou structural ou que sa présence peut avoir une influence sur le potentiel économique de la région.

Comme nous l'avons noté précédemment il est difficile de distinguer les unités lithologiques horizontales; il l'est encore plus lorsque l'unité apparaît à la surface ou près de la surface de manière discontinue. Bien qu'il soit certain que nous avons commis de nombreuses erreurs lors de la cartographie du matériel latéritique, d'une manière générale nous sommes en accord avec la carte géotechnique du Sénégal (Carte Géotechnique de la République du Sénégal, Service des Mines et de la Géologie, BRGM, 1963).

g: Autres formations tertiaires (notées ad¹ et aff sur la carte et en légende)

De larges portions du Sénégal sont couvertes de dunes. Ces systèmes linéaires de dunes sont généralement considérés comme des formes interglaciaires datant du Quaternaire et comme résultant de la désertification récente ou quaternaire subie par le Sahel et le Sahara. Toutefois nous sommes d'avis que quelques uns des majeurs systèmes de dunes dans le nord du Ferlo pourraient dater de périodes plus anciennes de soulèvement, d'érosion et d'activité éolienne. Deux semblables périodes de soulèvement et d'érosion sont documentées (Michel, 1973), l'une se serait produite à la fin de l'Oligocène, l'autre correspondrait à une période de sécheresse au début du Pliocène. Un soulèvement similaire important aurait eu lieu, selon nous, dans le nord-est du Sénégal et les régions voisines de Mauritanie. Il se serait accompagné d'un régime désertique typique.

Un tel mouvement de soulèvement signifie qu'au moins partiellement il y a eu émergence du Bassin Sédimentaire Sénégalais. Celle-ci serait à l'origine d'une nouvelle ligne continue de partage des eaux, quelque part à l'est de l'actuel fleuve Sénégal, qui aurait concerné de vastes portions de l'ouest du Mali et du sud-est de la Mauritanie. Ce vaste système hydrographique comptait probablement de nombreuses vallées profondes qui sillonnaient d'est en ouest tout le Bassin Sénégalo-Mauritanien. Le résultat final était un réseau hydrographique majeur qui aurait drainé les hautes terres guinéennes, l'ouest du Mali et de vastes portions du sud-est de la Mauritanie et dont le point terminal

de déversement aurait bien pu se situer à Kayar. La profondeur du canyon au large de Kayar est le signe d'un réseau fluvial de grande capacité et ayant eu une certaine durée semblable à celui que nous venons de décrire. Après le soulèvement du horst de Ndiass les vallées qui transportaient les produits d'érosion d'est en ouest auraient commencé à se combler d'alluvions et de dépôts marins et éoliens. Nous pensons que les vallées qui sont aujourd'hui visibles sur l'imagerie Landsat sont d'origine tertiaire et qu'elles contiennent jusqu'à 50 m de dépôts marins et terrigènes, postérieurs à l'Eocène.

F. Géologie Structurale du Bassin Sédimentaire Sénégalais

Le Bassin Sédimentaire Sénégalais est rempli de signes de failles et de fractures. Il y a trois niveaux visibles de fractures et au moins deux directions principales de fracturation. La direction de fracturation la plus évidente est orientée N60°E; la seconde est presque orthogonale à la précédente et traverse le bassin du nord-ouest au sud-est. Bien que ces fractures soient discontinues elles constituent des alignements structuraux majeurs. Par exemple un alignement structural discontinu commence juste au sud de Bakel et apparaît par intermittence jusqu'à Kabrousse. Un autre est reconnaissable du nord de Bakel jusqu'à Dar Salam et Diana en passant par Koupentoum et Kougheul. Un alignement structural majeur orienté nord-ouest/sud-est est presque continu de Dagana à Goudiri ainsi qu'un second de Dahra à Koussana en passant par Tiel; un autre est parallèle au fleuve Sénégal depuis l'est de Ndioum jusqu'à Bakel et au delà.

Dans la partie la plus occidentale du Sénégal les directions des fractures ont tendance à varier. Ceci est particulièrement vrai en Basse Casamance, de Kaolack à Dakar et dans le secteur du lac de Guiers et de Léona. Dans la région du Cap Vert et de la Petite Côte les fractures sont nombreuses et s'orientent N40°-N50°E ou N30°-N60°O. Dans le Cayor les directions deviennent N60°-N85°O. Ces dernières suivent presque les orientations générales magnétiques et gravimétriques. Leurs relations de même que leurs mouvements relatifs seront discutées dans la section 3.9.5 (Interprétation tectonique des données satellites et autres). Parce que ces fractures tendent à correspondre aux limites des anomalies de gravité, nous pensons qu'elles représentent un système complexe de horsts et de fossés pour la majeure part du bassin ainsi que probablement des systèmes de fossés faillés en échelon comme ceux situés dans l'estuaire du fleuve Sénégal qui correspondent aux alignements structuraux de Bignona-Koussanar-Bakel et Ross-Bethio-Linguère-Tambacounda. Dans certain cas ces alignements seraient aussi, du moins on le pense, légèrement plissés comme pour l'anticlinal du lac de Guiers (Trenous et Michel, 1971) et le synclinal de Koussanar (carte tectonique).

Nous croyons qu'il existe un certain nombre d'autres plis dans le bassin qui résulteraient de forces de compression et intrusives liées au tectonisme qui a ouvert et fermé l'océan Atlantique. Ces hypothèses seront discutées ultérieurement dans la section 3.9.5 (Interprétation tectonique des données satellites et autres).

G. Description des Unités Quaternaires du Bassin Sédimentaire Sénégalais

1. INTRODUCTION

Les unités de la fin du Tertiaire et du début du Quaternaire sont difficiles à différencier sur l'imagerie Landsat et sont donc encore plus difficiles à dater. C'est pourquoi les nombreux dépôts que nous avons datés du Quaternaire sur la carte sont peut-être, du moins en partie, du Tertiaire.

2. Les ROCHES VOLCANIQUES (notées β sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Les roches effusives et intrusives de composition basique sont nettement visibles et cartographiables sur les images Landsat. Elles se rencontrent dans la péninsule du Cap Vert et au sud-est de Thiès, à Diak. En cet endroit, une couleur verdâtre très soutenue, signe de latérites riches en fer, délimite une zone de teinte plus sombre semblable à celle de la région de Dakar-Yoff. Vers le nord-est, deux régions, l'une au nord et l'autre au sud de la ville de Keur Samba Kane, sont fortement décolorées en raison de la latérisation. Parce que cette apparence superficielle ressemble tant à celle présentée par l'affleurement de Diak, nous avons considéré toutes ces zones de même apparence tonale comme des halos d'altération autour de masses basiques composées de roches intrusives. Une confirmation partielle de cette interprétation a été donnée par le Plan minéral (1985) qui indique la présence de deux accumulations (sills) de roches basiques tufacées près des villages de Bare Diam et Beaufi. Un travail de terrain a tenté de corréliser les anomalies tonales avec des affleurements réels de roches volcaniques basiques du Tertiaire ou du Quaternaire qui auraient pu se présenter sur le terrain sous forme d'intrusion dans le bassin sédimentaire. Cet essai fut infructueux sauf à Diak, car la plupart des affleurements étaient de taille insignifiante et par conséquent non visibles, ou ils ne pouvaient être trouvés aux emplacements indiqués par l'imagerie Landsat. De plus les latérites donnent des signatures spectrales similaires à celles des roches volcaniques basiques de cette région.

b: Structures et relations interformationnelles

Les relations structurales entre les roches intrusives et extrusives du Sénégal occidental sont l'indice d'une série d'activités de différents types à savoir coulées de lave subaériennes et subaqueuses, accumulations de scories, de tufs et de cendres, et sills, cheminées et filons intrusifs de formes et de compositions variées. Aucune de ces différences n'est directement apparente sur l'imagerie Landsat. Mais il est clair que l'activité est liée aux failles orientées N40° à N50°E. Cette relation tient pour les affleurements de Diak et Keur Samba Kane et peut aussi être déduite du tracé des affleurements connus de roches tertiaires (Plan minéral, 1985) sur la carte des fractures et des linéaments. Cette carte montre que tous les affleurements de

roches magmatiques et volcaniques suivent l'alignement structural orienté N40° à N50°E.

Aux Mamelles (Fig. 3.15), une faille remarquée lors de l'atterrissage à l'aéroport de Dakar a été confirmée sur le terrain. Cette faille serait une faille chevauchante et a été représentée comme telle sur la carte. Le Plan minéral (1985) suggère qu'il s'agit d'une faille d'effondrement de cratère. Rien ne vient à l'appui de cette hypothèse, et nous pensons que rien ne s'oppose à ce qu'une faille chevauchante orientée est/sud-est se prolonge à travers la péninsule.

3. LES DEPOTS LACUSTRES (notés a, ae¹ et ae¹ sur la carte et en légende)

Les dépôts lacustres ont été remarqués en de nombreux points du Sénégal par des auteurs antérieurs (Carte Géologique du Sénégal, 1962). Nous avons aussi observé ce que nous croyons être des dépôts lacustres sur l'imagerie Landsat. Les dépôts les plus évidents sont situés à l'est de Linguère dans le Ferlo, sur le bord du plateau tertiaire et de la vallée du fleuve Sénégal. Ces lits lacustres sont intermittents (saisonniers) et continuent à jouer un rôle de collecteur comme ils l'ont fait pendant la majeure partie du Quaternaire. La plupart sont circulaires ou subcirculaires et occupent les dépressions de la croûte latéritique. Ils couvrent une superficie totale de 150 km² mais en moyenne n'occupent que 15 à 25 km². T. Monod (1965) les a interprétés à tort comme pouvant être des cratères formés par l'impact de météorites.

a: Description des unités

De larges régions d'origine apparemment lacustre ont été remarquées dans l'ouest et le centre-ouest du Sénégal. Ces régions apparaissent en teintes très claires sur l'imagerie ce qui contraste fortement avec les teintes sombres prises par les canaux fossiles des anciens cours d'eau couverts de végétation qui leur sont généralement associés. Des dépôts lacustres conséquents ont été représentés sur la carte dans les régions de Linguère, Dara et Sagata, entre Mekhé et Kébémér, dans la région de Diourbel-Kolobane et à l'est de Baba Garage. Selon nous, les dépôts lacustres de la région de Diourbel sont liés à l'obstruction naturelle résultant du soulèvement du horst de Ndiass qui a condamné le système de cours d'eau orienté est-ouest qui se jettait dans l'océan Atlantique à Kayar. Ce système est-ouest a probablement resurgi en divers points de la côte entre Kayar et Loumpol une fois que la sortie au niveau du canyon de Kayar a été fermée et avant que la dépression de la Casamance et de la Gambie ne s'effondre.

Un soulèvement similaire mais plus tardif aurait affecté le cours du Ferlo. Nous supposons qu'auparavant le Ferlo se serait écoulé en ligne directe depuis Linguère jusque dans l'océan Atlantique dans lequel il débouchait au niveau de St. Louis. L'imagerie Landsat laisse à penser que l'histoire du système fluvial entre Pal et St. Louis est plutôt complexe; de petits canaux avec de nombreux méandres et des régions inondées ont été cartographiés autour de St. Louis. Si l'on

accepte cette hypothèse, alors il est possible de comprendre comment le soulèvement de l'anticlinal du lac de Guiers aurait affecté (à plusieurs reprises) le système de drainage de cette région. Notre proposition est que les dépôts lacustres à l'est de Linguère seraient dus à cette obstruction intermittente de l'embouchure du Ferlo à proximité de St. Louis. Cette obstruction remonterait à la fin du Jurassique et aurait duré jusqu'au milieu du Quaternaire (probablement).

b: Les relations structurales

Peu de structures (fractures ou linéaments) interrompent les dépôts lacustres sauf au nord et au sud de Ndande où un certain nombre de fractures sont visibles sur la carte dans la région correspondant aux dépôts lacustres et elles auraient même pu déterminer le site de sédimentation de ces dépôts.

4. LES CANAUX FOSSILES (notés aff sur la carte et en légende)
(Fig. 3.16)

Il a été établi (Michel, 1973) que durant la glaciation Würm (30 000 A.P.) une régression marine majeure a eu lieu pendant laquelle le Sénégal et la Gambie ont creusé leurs lits. P. Michel (1973) a établi que le Sénégal a creusé son lit jusqu'à une profondeur de 28 m en dessous de la profondeur actuelle à Richard Toll et la Gambie jusqu'à 38 m à son embouchure. C'est probablement à cette époque qu'une érosion d'amont par le fleuve Sénégal lui a permis de capturer les nombreux cours d'eau parcourant le Ferlo et la Mauritanie, d'abord par l'intermédiaire de la vallée du Bounoun et ensuite par l'intermédiaire de son propre canal à l'est. La plupart de ces canaux ne sont plus actifs mais sont des vallées reliques de grandes dimensions qui attestent d'un climat beaucoup plus humide. Ces vallées très profondes ont depuis longtemps été comblées par des sédiments alluviaux et des sables d'origine éolienne. Il est impossible de savoir si ces canaux faisaient partie de la branche majeure ou mineure du système fossile de cours d'eau, quand ils étaient actifs, s'ils représentent une activité érodive qui se serait produite à maintes occasions ou si certains ou tous ont été submergés par l'eau salée lorsque le niveau de l'océan s'est élevé pour la dernière fois (Nouakchotien). Néanmoins, on peut dire avec une certaine certitude que la plupart des canaux fossiles visibles sur l'imagerie Landsat étaient alimentés en eau douce. En de nombreuses parties du Ferlo ainsi que dans le centre ouest et l'ouest du Sénégal, ces canaux pourraient transporter de vastes quantités d'eau douce que pourraient utiliser les villages. Sachant que le niveau de la mer était de -74 m à la fin de l'Ogolien (\pm 14 000 A.P., Michel, 1973) et qu'une période rocheuse a suivi (12 000-7300 A.P., Michel, 1973) il devient clair que ces épaisses couches de sables et de graviers fossiles pourraient bien contenir de grands volumes d'eau. Dans certains cas, les canaux fossiles pourraient même avoir creusé dans les couches aquifères du Maestrichtien et pourraient être alimentés par ces dépôts. L'inverse peut également être vrai, il est possible que les couches aquifères du Maestrichtien soient alimentées par les eaux du Sénégal à Dagana où elles sont situées à 20 m de la surface.

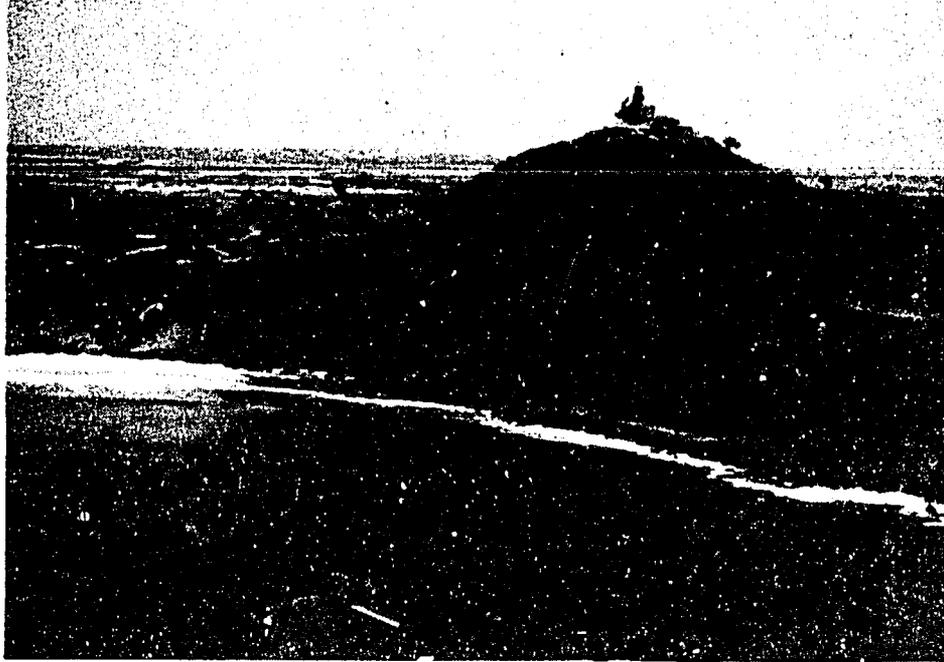


Fig. 3.15. Angle bas d'une faille chevauchante dans les roches quaternaires volcaniques situées sous le phare des Mamelles. La faille est la ligne sombre arquée qui commence au point indiqué par la flèche.



Fig. 3.16. Image Landsat au 1:1 000 000^e de la région de Diourbel-Thiès dans le Bassin des Arachides. Acquis le 21/2/73. Le canal spectral 5 utilisé souligne les caractéristiques humides du sol. Diourbel est situé au point A, Thiès au point B. Les points noirs et gris représentent des villes (C). La trace entre D et D¹ correspond à l'emplacement d'une faille majeure est-ouest. La tache sombre sineuse (marquée par une ligne pointillée) entre E et E¹ est l'une des nombreuses caractéristiques interprétées comme une vallée fossile. La région entre les flèches présente plusieurs de ces directions générales parallèles orientées NE/SO qui correspondent à l'expression de surface des failles et des fractures présentes dans les roches du Paléocène et de l'Eocène constituant cette région.

a: Description de l'unité

Les canaux fossiles au Sénégal Oriental ont été représentés sur la carte d'après l'imagerie Landsat le long du fleuve Falémé. A cet endroit les canaux présentent un grand intérêt en raison de leur potentiel en or, tungstène, étain et diamants.

Les autres canaux fossiles antérieurs au Tertiaire existaient, du moins on le pense, entre Kédougou et Tourokoto. Ces canaux sont parallèles au système de drainage des cours d'eau Diguinkili et Dialé et probablement correspondent au système de drainage d'amont de la Gambie, orienté nord-est qui existait antérieurement au Tertiaire. Les eaux d'amont de la Gambie coulaient depuis les hautes terres guinéennes au nord-est vers Kédougou et au nord suivant le système de drainage de Dinodiang vers le Dailé avant que la nouvelle Gambie ait été capable de percer une voie à travers les hautes terres des montagnes Kakadian et de la Série Mako et qu'elle ne capture la majorité des cours d'eau du sud-est du Sénégal, définissant ainsi la superficie couverte par le bassin hydrographique actuel. Ce dernier événement s'est probablement produit à la fin de la glaciation Würm, quand le niveau des mers était 70 m en dessous du niveau actuel et que les précipitations ont commencé à s'accroître.

Le projet a situé une terrasse quaternaire riche en or à environ 3 m au-dessus du niveau actuel des cours d'eau. Le potentiel pour des dépôts d'or dans les hautes terrasses entre Kédougou et la Falémé est excellent. Les terrasses sont exploitées à Kossanto et en d'autres points sont situées à environ 35 m au-dessus du niveau actuel du fleuve soit la distance exacte entre l'embouchure actuelle de la Gambie et le plus bas niveau de la mer (-35 m) mentionné par P. Michel (1973).

b: Les relations structurales

La plupart des canaux fossiles suivent une direction rectiligne formant un réseau orthogonal. La direction principale est orientée N60°O, la seconde orientation prépondérante est N45° à N50°E. Ces deux directions de drainage sont particulièrement nettes dans le Ferlo et le centre du Sénégal, mais sont moins claires dans le Sénégal occidental.

5. DUNES FOSSILES DE L'OGOLIEN ("dunes rouges" notées ad¹ sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Les dunes couvrent la majeure partie de l'ouest, du centre et du nord du Sénégal depuis Matam jusqu'à St. Louis et aussi loin au sud que le Sine Saloum. Ces dunes sont bien visibles sur les photographies aériennes et sur l'imagerie Landsat. De grandes dunes telles celles au nord du Ferlo et toutes celles du nord du Sénégal sont la preuve de conditions atmosphériques constantes sur plusieurs milliers d'années. Nous avons aussi mentionné précédemment que quelques-uns de ces larges systèmes de dunes représentent une activité éolienne pré-Quaternaire. Les nombreuses petites dunes du centre du Bassin des Arachides sont

évidemment d'une origine relativement plus récente. Leurs tailles et leurs directions diffèrent de celles des dunes du nord du Ferlo qui sont orientées N60° à N70°E tandis que celles du Bassin des Arachides qui les superposent sont orientées N45° à N60°E. Les larges dunes au nord du Ferlo couvrent plus de 125 km de long et ont souvent plus de 5 km de large. Elles sont limitées à la région à l'est du lac de Guiers et au nord du Ferlo. Au sud et à l'ouest du cours d'eau Ferlo, les dunes typiques ont les caractéristiques suivantes: une longueur maximum de 50 km, une largeur de moins de 2 km, une orientation générale N45°E et une altitude de seulement quelques mètres (contrairement aux dunes du nord du Ferlo). A l'ouest de ces dunes en une bande correspondant au Cayor et aux niayes de St. Louis à Dakar, des dunes d'une couleur plus jaune mais souvent rouges ou blanches, ont été façonnées par les vents Alizés. Les dunes suivent souvent des directions multiples mais généralement sont orientées nord-sud ou presque. Elles peuvent avoir plus de 10 m de haut, et elles contrôlent l'emplacement des niayes.

b: Contrôles structuraux

Les champs de dunes du Sénégal sont en général parallèles à ceux de la Mauritanie. Ceux-ci dans le Sine suivent souvent et parfois comblent les vallées des rivières dont les lits suivent des fractures linéaires. Cette relation est nette dans les provinces rocailleuses et nues de Mauritanie (Aftout, Tagant, Aouku et Edjibiteu) mais est moins apparente au Sénégal. Cette direction N60° à N70°E est parallèle à la direction générale gravimétrique (carte tectonique). Nous en avons donc conclu que les principaux champs de dunes sénégalais avaient tendance à suivre les directions définies par les systèmes de cours d'eau, eux-mêmes orientés suivant la direction générale tectonique majeure N60° à N70°E.

6. LES DEPOTS FLUVIATILES RECENTS (notés af sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Ces dépôts sont visibles sur l'imagerie Landsat parce qu'ils sont souvent recouverts de végétation. Cette végétation a soit une teinte rouge sur l'imagerie Landsat pendant la saison des pluies, soit une teinte gris-sombre pendant la saison sèche.

De nombreux cours d'eau au Sénégal restent secs pendant plusieurs années et ne redeviennent actifs qu'à la suite de pluies plus abondantes. Comme les vallées ne peuvent contenir ces cours d'eau au moment des crues, ils créent des canaux anastomosés et des méandres temporaires, et ils façonnent le paysage qui présente une géomorphie fluviatile résiduelle typique d'un climat sec. Il s'agit du Ferlo et de la plupart de ces principaux affluents, du Sine et du Saloum.

Quels sont les cours d'eau qui sont restés actifs dernièrement et quelles quantités de matériel ont-ils transportées, n'est pas sûr. Il n'est pas certain non plus qu'un cours d'eau actuellement inactif soit

un cours d'eau fossile. Néanmoins, certains cours d'eau ont été considérés comme actifs (af) en fonction de la présence ou non de signes d'érosion. Les cours d'eau qui ont un faible nombre d'affluents et qui présentent des couvertures végétales différentes ou des caractéristiques géomorphiques fluviales visibles sur l'imagerie Landsat de plusieurs années ont été considérés comme actifs. Quelques cours d'eau sont notés af/aff parce que l'on considère que leurs vallées en général larges qui donnent des signes de maturité géomorphique correspondent à une activité alluviale et deux types de sédimentation. Le matériel le plus profondément enfoui dans le lit de ces vallées devrait être fossile ou pré-récent tandis que le matériel de surface et d'amont ayant été remanié récemment serait récent à actuel.

Beaucoup de ces cours d'eau actifs semblent avoir été capturés par des cours d'eau plus jeunes de pentes plus fortes. Cette tendance est particulièrement visible dans le sud de la Casamance au sud-est de Kolda où une capture a probablement pris place à Makon Ousman. La Gambie et ses affluents ont effectué d'autres captures au détriment du Saloum. Par exemple, les cours d'eau drainant le Saudougou au nord de la route Tambacounda-Kougheul auraient alimenté le Saloum à Kaffrine. Ils auraient été graduellement capturés par la Gambie suite à l'effondrement progressif et continu de la dépression de la Casamance qui a provoqué l'accroissement des pentes. Des captures supplémentaires se seraient produites à l'ouest de Kédougou où le Fongoli, un cours d'eau qui s'écoulait sud-est, coule désormais nord-est vers le fleuve Gambie. Il semblerait aussi que le cours de la Falémé ait été allongé du fait de sa capture à Faricounda. Au lieu de s'écouler directement vers Durali-Diaranke, la Falémé coule désormais au sud vers Ségoto puis de nouveau au nord après avoir dépassé Sékounkou pour rejoindre son lit originel à Durali-Diaranke. Dans les deux cas précédents, la capture est le fait d'affluents ayant des lits composés de roches moins dures.

b: Relations structurales

La plupart des cours d'eau drainant le Bassin Sédimentaire Sénégalais s'écoulent vers l'ouest et sont considérés comme conséquents. Dans le Sénégal Oriental, les cours d'eau coulent vers l'est ou le nord et alimentent les fleuves Gambie et Sénégal. La plupart des cours d'eau sillonnant le Bassin Sédimentaire sont conséquents et coulent vers l'ouest suivant de fortes pentes. Les autres cours d'eau suivent toutefois d'autres directions linéaires, à savoir N50° à N60°E et N50° à N70°. La direction et le débit de la plupart des cours d'eau, en incluant la Gambie et le Sénégal, sont déterminés par d'autres types de caractéristiques structurales. Le Sénégal a formé un vaste delta parce qu'il s'écoule sur un socle très faible qui s'effondre sous le poids des sédiments accumulés. Cet effondrement est dû aux mouvements continuels le long des failles qui ont formé la structure complexe en forme de grabens présente à l'embouchure du fleuve Sénégal. Son cours actuel entre Paté Galo et Yaféra résulterait d'une érosion d'amont suivant la direction sud-est le long de l'arrête d'un arc. Le fleuve Gambie tourne brutalement à l'est de Madina Sabak et suit une direction nord-sud sur au moins 30 km. L'explication la

plus simple pour ce changement de direction est que la Gambie serait et aurait été affectée par le soulèvement de cette région. La carte tectonique révèle une forte anomalie de gravité positive entre le fleuve et Madina Sabak à l'est. Si cette anomalie est liée à un soulèvement, comme celle de Léona, ce qui semble probable, alors il est fort possible que ce léger soulèvement ait barré le fleuve ou au moins ait condamné une voie d'écoulement plus directe, le forçant à changer de direction.

A cause de l'effondrement épirogénique du Bassin Sédimentaire Sénégalais et de l'accroissement du niveau des mers depuis la fin du Pliocène, la plupart des cours d'eau majeurs ont vu leurs embouchures submergées et des sédiments marins sont visibles en remontant vers l'est à l'intérieur des terres. Des marques de ces transgressions marines sont visibles jusqu'à Diattakounda sur la Casamance, Maka Gouyé sur la Gambie et Keur Mbouki sur le Saloum. L'importance de l'incursion des eaux salées dans le fleuve Sénégal varie avec les marées et avec les modifications des barres littorales dues aux courants de dérive littorale, mais les incursions à grandes échelles qui affecte le delta sont généralement dues à des effondrements structuraux et à la formation de grabens et de failles en échelons dans la zone du delta.

7. LES SEDIMENTS MARINS RECENTS (notés am sur la carte et en légende)

a: Description de l'unité

Les dépôts marins et estuariens sont facilement cartographiables d'après les images Landsat. Dans les zones d'estuaires, la croissance intense des mangroves apparaît nettement dans le proche infra-rouge; les autres caractéristiques marquant les estuaires telles les estrans, les marais et les dépôts littoraux de sels apparaissent aussi très clairement et délimitent la plus récente transgression des eaux marines au Sénégal. Les quatre grandes zones de transgression marine sont le delta du fleuve Sénégal, les vallées submergées du Sine Saloum, de la Gambie et de la Casamance. Quelques petits fragments de côtes submergées sont visibles entre Ngazobil et Nianing, le long de la Petite Côte à Thiroaye, Malika et Retba dans la péninsule du Cap Vert et aussi entre Tanma et Mboro le long du Cayor. Dans le cas du Cayor, la côte s'accroît par accumulation et les anciennes vallées submergées et comblées de sédiments marins forment maintenant des dépressions remplies d'eau douce appelées niayes.

Dans le delta du fleuve Sénégal, les eaux marines sont remontées jusqu'au delà de Richard Toll. Du Pliocène à la fin du Pléistocène, les eaux marines sont remontées jusqu'à Dioum et Bogué. Comme les eaux douces et marines se mélangent de façon intermittente (saisonnière) dans le delta, il n'existe aucune ligne de démarcation rigoureuse. Chaque année pendant la saison des pluies, les eaux marines et fluviales déposent leurs sédiments et divisent le delta suivant une ligne variant avec les marées, le mouvement des courants de dérive littorale et les pluies ératiques alimentant le Sahel.

b: Les relations structurales

Le contrôle structural des zones d'estuaire de la Casamance, du Sine Saloum et du Sénégal est bien défini; l'analyse linéaire de l'imagerie Landsat corrobore la proposition selon laquelle ces deltas sont composés de séries de failles en échelon ou de fossés d'effondrement qui ont permis des empreintes marines. Ces failles et ces fractures sont orientées N10° à N15°E, N55° à N 65°E et N45° à N55°O. L'embouchure de la Gambie ne semble pas avoir la même composition structurale et son aspect submergé est probablement en relation avec le développement sédimentaire général de la région. Le delta du fleuve Sénégal est formé d'un complexe de fossés d'effondrement limité par de nombreuses failles en échelon orientées N45° à N55°E et par une seconde série de fractures et failles, plus ou moins orthogonales aux premières, orientées N55° à N60°O.

8. DUNES RECENTES (jaunes et blanches, notées ad² sur la carte et en légende)

Ces dunes se rencontrent surtout le long de la côte Atlantique entre Dakar et St. Louis. Elles ne peuvent être différenciées des plages de sable typiques bordant cette même côte, ni de celles présentes au sud en Gambie et en Casamance. Des dunes récentes ou réactivées mais datant du Pliocène/Pléistocène ont été cartographiées au nord du Ferlo à Revane, Dodji, Diouguel Sanarabe, à l'ouest de Mbouda et Doumga et entre Dioum et Ndiayène. Ces dunes sont de deux types: celles du nord du Ferlo qui datent de l'Ogolien ou sont plus anciennes, sont parallèles aux dunes déjà existantes soit orientées N60° à N70°E et ont été remaniées; les autres correspondent en fait aux champs de dunes qui ont comblé les vallées d'anciens cours d'eau comme à Dodji, ou qui semblent occuper des dépressions induites par des failles de part et d'autre d'un horst comme à Revane et Diouguel Sanarabe. Les dunes quoique plus jeunes sont semblables à celles qui occupent les 150 km de dépression entre Horé Fôndû et Mbeuleukhe sur le Ferlo.

H. Conclusions de l'Approche Descriptive

De nombreux auteurs (Robineau, 1985; Sall, 1978; Le Priol, 1985; Le Page, 1978, 1980, 1982) ont désormais achevé leurs interprétations Landsat du Sénégal et ont ainsi démontré l'intérêt de la méthode pour établir des cartes de divers types. L'utilisation de l'imagerie Landsat au Sénégal pose encore un certain nombre de problèmes à savoir des images de mauvaise qualité, un manque d'images répétitives, l'absence d'une couverture simultanée complète, un manque de résolution et la difficulté inhérente à l'imagerie pour différencier les unités lithologiques. Le manque de variations topographiques dans le paysage sénégalais, l'épaisse cuirasse latéritique, l'épaisse couverture végétale et enfin les cicatrices omniprésentes laissées par les feux de brousse résultant des pratiques de brûlis exacerbent les difficultés précédemment citées. Néanmoins, les résultats montrent qu'une interprétation faite sur la base d'images satellites peut améliorer les cartes géologiques surtout celles représentant les systèmes linéaires de fractures et de failles. Notre propre travail avec les images

Landsat a clarifié deux aspects significatifs de la géologie sénégalaise qui jusqu'à présent étaient mal compris. En premier lieu grâce au Landsat, nous avons pu définir et expliquer les relations des failles et des fractures. En second lieu, nous avons mis en évidence l'existence d'un important réseau de cours d'eau fossiles. Les images Landsat et leurs interprétations sont en dernière analyse plus utiles quand elles sont combinées aux données déjà existantes et qu'elles sont utilisées pour aider à faire une synthèse. Une telle synthèse devrait nous permettre de dresser de nouveaux plans d'exploration à la recherche des hydrocarbures, de l'eau et des autres minéraux. Nous pensons avoir achevé cet objectif.

3.9.5 Interprétation Tectonique des Données Satellites et Autres

3.9.5.1. Introduction

Lors d'une tentative de reconstruction de l'histoire tectonique du Sénégal, il ne faut pas oublier que l'histoire sénégalaise s'inscrit dans le cadre de la géologie et de la tectonique de l'Afrique occidentale. Le Sénégal est composé de trois unités géotectoniques:

- a. Une fenêtre du craton de l'Afrique occidentale composé d'un socle granitisé datant du Protérozoïque ou d'une époque plus ancienne recouvert par des couches volcano-sédimentaires datant d'une période allant de la fin du Protérozoïque jusqu'au Paléozoïque.
- b. Des séquences volcano-sédimentaires datant du Paléozoïque en bordure du bouclier.
- c. Une province volcano-sédimentaire du Mésozoïque et du Cénozoïque en bordure des séquences sédimentaires précédentes.

Cette région a été affectée par au moins trois orogénèses et probablement quatre orogénèses majeures:

- a. L'orogénèse éburnéenne, 2000 M.A.
- b. L'orogénèse Pan Africaine, 500 à 700 M.A.
- c. L'orogénèse hercynienne, 300 M.A.
- d. Bien qu'il n'y ait pas suffisamment de preuves de l'existence d'une quatrième phase d'orogénèse il est fort probable qu'elle ait eu lieu et qu'il s'agisse de la phase orogénique calédonienne de formation des montagnes Katangan-Damaran (Bassot, 1966) qui aurait affecté la région il y a environ 400 M.A. Une activité orogénique plus récente, de moindre importance mais néanmoins conséquente se serait produite après le Viséen (Carbonifère) mais avant le Jurassique (Black et Girod, 1970) une fois que les couches basaltiques à dolérites se furent déposées dans le Sénégal Oriental, pendant le Crétacé (Sénonien) alors que les syénites de Leona se mettaient en place et finale-

ment d'une manière presque continuelle depuis l'Eocène Moyen alors que commençait une activité tectonique cause de vastes plissements (lac de Guiers), de failles (horst de Ndiass) et de magmatisme (Cap Vert, Mamelles, etc...) (Bellion et Giraud, 1979).

Ce rapport ne peut en aucun cas résumer le travail énorme réalisé par les nombreux géologues de l'Afrique occidentale sur lequel baser le modèle tectonique actuel. Nous allons nous limiter à la description de notre analyse tectonique, ce qui comprend nos interprétations de l'imagerie Landsat, les conclusions qui peuvent en être tirées ainsi que des travaux antérieurs et des hypothèses finales.

3.9.5.2 Interprétation des Images Landsat et Analyse Tectonique

Nous avons déjà décrit la manière dont les géologues du projet ont conduit leurs analyses structurales et géologiques de l'imagerie Landsat dont ils disposaient. De telles analyses ne sont en général utiles qu'après avoir défini le cadre tectonique de sorte que les analyses de détail des images individuelles (ou parties) peuvent être replacées dans le contexte d'une analyse plus complète de la région dans sa totalité, ce qui permet alors au géologue de tirer des conclusions relatives aux potentiels en minerais et en hydrocarbures. Pour faire l'analyse tectonique du Sénégal, le projet a interprété trois mosaïques de treize scènes Landsat couvrant la totalité du Sénégal. La carte tectonique du Sénégal préparée sur la base de ces interprétations en association avec les résultats de travaux antérieurs présente les caractéristiques lithologiques, structurales et géophysiques du Sénégal.

A. Interprétation des Mosaïques Landsat

Les deux géologues du projet ont conduit l'interprétation des images Landsat de la manière suivante:

- a. Interprétation des mosaïques du Sénégal au 1:1 000 000^e en utilisant les canaux 5 et 7 afin de définir les éléments linéaires.
- b. Interprétation similaire des images du Sénégal en couleurs composées au 1:1 000 000^e.
- c. Interprétation des mosaïques en couleurs de treize scènes Landsat couvrant le Sénégal et des parties du Mali, de la Guinée, de la Guinée-Bissau et de la Mauritanie.
- d. Comparaison des résultats des deux interprétations individuelles.
- e. Elimination des points de désaccord.
- f. Représentation des données communes aux deux interprétations.
- g. Comparaison de ces résultats avec ceux des interprétations

antérieures au 1:250 000^e. Ajout des caractéristiques linéaires significatives.

- h. Comparaison de nos résultats et de ceux des autres géologues, notamment ceux de Bellion et Giraud (1979) et ceux de Le Page et al (1978, 1980, 1982).
- i. Comparaison des données de l'interprétation aux cartes magnétiques, gravimétriques et isopaques déjà existantes (Montciardini, 1966; Le Priol, 1984) afin d'avoir une confirmation de l'existence des failles, fractures, bassins et dômes. A chaque fois que les caractéristiques linéaires interprétées sur les images Landsat correspondaient à des changements rapides dans l'épaisseur des sédiments ou aux limites des anomalies de gravité ou magnétiques, nous avons considéré que ces correspondances étaient le signe de l'existence de fractures ou de failles et de mouvements possibles le long de ces fractures ou failles (cartes 3.4 et 3.5).
- j. Révision de l'interprétation en fonction de toutes les comparaisons précédentes. Ajout ou élimination de certaines caractéristiques linéaires.
- k. Report des plus importantes unités lithologiques définies par d'autres auteurs sur notre carte tectonique de base.
- l. Report des altitudes sur la carte.
- m. En fonction de tout ce qui précède, suggestion d'une direction de déplacement le long des failles.
- n. En fonction de tout ce qui précède, report des axes de plissements et d'inclinaison sur la carte.

B. Conclusions Tirées de l'Analyse et de l'Interprétation Tectonique

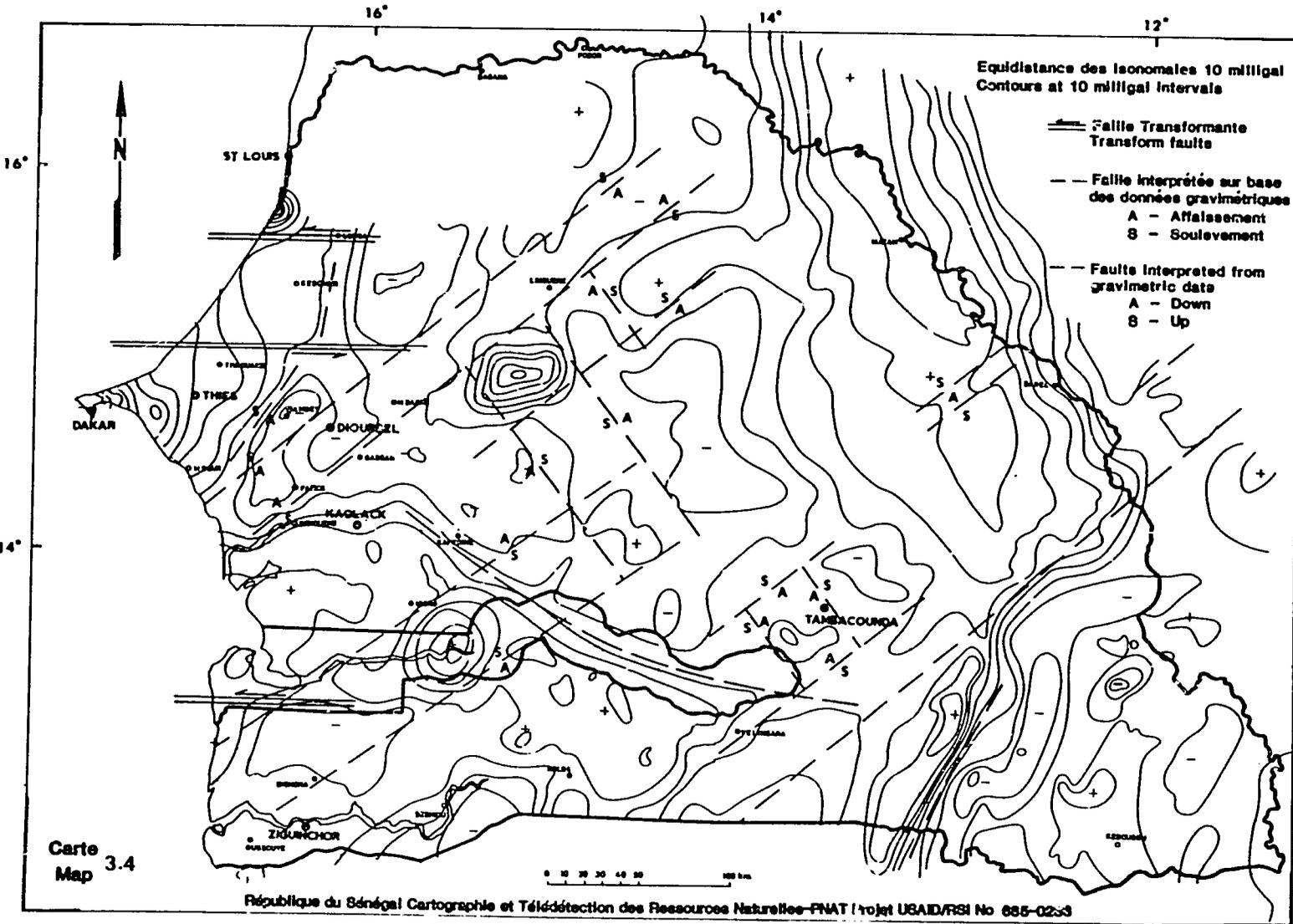
Les conclusions qui résultent de l'analyse et de l'interprétation tectonique se classent suivant trois catégories: celles directement liées à l'interprétation Landsat, celles qui provenant d'autres données viennent à l'appui de l'interprétation Landsat et permettent de formuler des conclusions utiles concernant l'histoire tectonique de la région, enfin celles qui résultent d'une ré-interprétation des données déjà existantes indépendantes du satellite Landsat mais de grande importance dans le contexte du développement tectonique de la région.

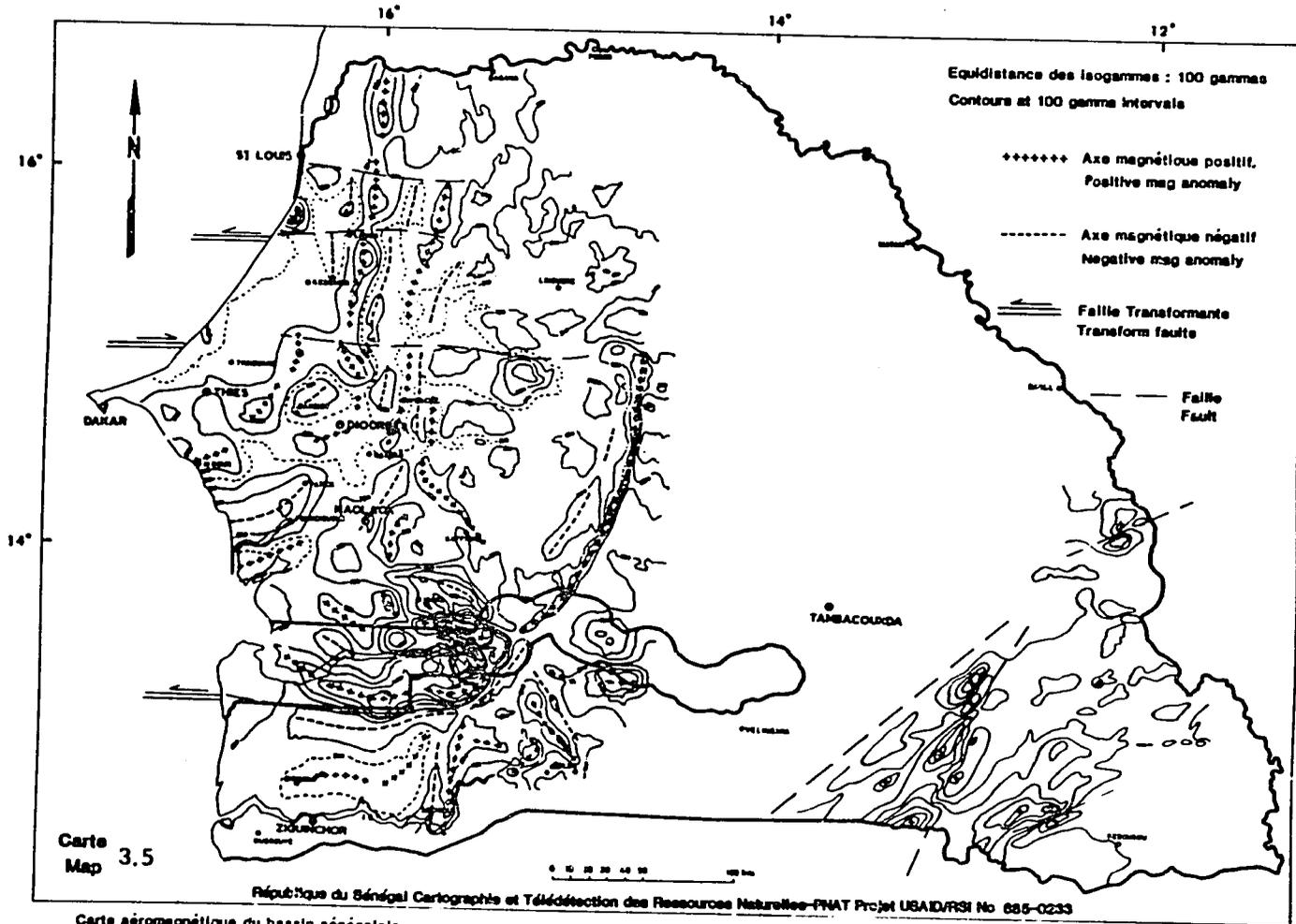
1. CONCLUSIONS TIREES DE L'INTERPRETATION LANDSAT.

- Les directions générales linéaires dans le Bassin sénégalais sont:

- N45° à N60°E (direction générale majeure)
- N40° à N55°O (direction générale majeure)

Ces deux directions générales traversent toute la région.





Carte aéromagnétique du bassin sénégalais
(champ total réduit au pôle : d'après BRP, 1956)
Aeromagnetic map of the Senegal Basin
(total field reduced to pole : from BRP, 1956)

Carte composite des anomalies magnétiques au Sénégal Oriental,
d'après une compilation de Ponsard(1984)
Magnetic anomaly map of Senegal Oriental,
from a compilation by Ponsard(1984)

- Les directions générales linéaires des terrains du Paléozoïque et du Bouclier dans le Sénégal Oriental sont:

N45° à N60°E (direction générale majeure)
N40° à N55°O (direction générale majeure)
N0° à N15°E (direction générale mineure)
N60° à N80° (direction générale mineure)

- De nombreuses failles chevauchantes ont été remarquées lors de l'interprétation du Sénégal Oriental (qui n'ont pu être représentées sur la carte tectonique au 1:1 000 000^e) dans la région allant au nord de Bakel à 20 km au nord de Kidira. Les directions générales suivies par ces failles ne concordent pas mais la plupart semblent être dues à une force de compression provenant de l'ouest ou du nord-ouest.

- Les directions générales dans le Sénégal occidental (à l'ouest du 15° de longitude) sont:

N18° à N30°O (direction majeure)
N30° à N45°E (direction majeure)
N45° à N55°O (direction secondaire)
N60° à N70°E (direction secondaire)
N60° à N70°O (direction secondaire)
N/S (direction mineure)
E/O (direction mineure)

- Après avoir accentué les directions générales qui quoique discontinues sont récurrentes et suivent des lignes linéaires ou curvilinéaires à travers tout le Sénégal, nous avons découvert un certain nombre de linéaments orientés nord-est/sud-ouest qui peuvent être suivis depuis les fleuves Sénégal et Falémé dans l'est jusqu'aux fleuves Gambie et Casamance dans le sud-ouest. L'alignement structural qui de tous ces linéaments est situé le plus au sud a été appelé Koukane. Il forme la limite sud du dôme de l'Anambé. La limite nord de ce dôme est formée par l'alignement structural désigné sous le nom de Niéri Ko-Vélingara. Ce dernier passe au sud de Kolda et se poursuit jusqu'à Ziguinchor et vers le sud-est jusqu'à Kabrousse. L'alignement structural suivant est courbe, discontinu et formé de quinze linéaments qui s'orientent au sud-ouest et passent à 10 km au sud de Tambacounda et continuent vers le sud-ouest jusqu'à Bignona/Ziguinchor et le Cap Skirring. Plus au nord et commençant juste au sud de Moudéri à environ 50 km au nord de Bakel, un autre alignement structural discontinu mais très net peut être suivi vers le sud-ouest jusqu'à Koumpentoum et au delà vers l'embouchure de la Casamance. Dans le Ferlo au sud de Mboune, cet alignement forme la ligne de partage des eaux de la Gambie et du Ferlo. Au nord un autre alignement structural similaire peut être décelé par intermittence de Kanel sur le fleuve Sénégal à Malém-Hodar et Banjul sur la Gambie. Trois autres alignements structuraux majeurs orientés nord-est/sud-ouest ont été observés et représentés au nord de Matam, mais ils ne se poursuivent guère au delà de Kolobane. Les linéaments dans cette région sont quelques peu sujets à caution et souvent sont confondus avec les dunes orientées suivant la même direction générale.

- Si nous accentuons, comme dans le cas précédent, les directions générales linéaires qui sont orthogonales aux précédentes c'est-à-dire orientées nord-ouest/sud-est, un certain nombre de linéaments parallèles à cette direction et traversant le paysage sénégalais deviennent apparents. Ces linéaments définissent souvent le cours des rivières dans le Ferlo et en Haute Casamance. Le principal alignement structural majeur de cette catégorie est connu sous le nom de Dara-Tiel-Koussanar. Un second alignement structural majeur suit une direction similaire et est appelé linéament de Dagana-Gandiu. Le troisième ayant une certaine continuité et une certaine longueur et celui qui contrôle le cours du fleuve Sénégal s'étend de Paté Galo à Sébou sur la Falémé. Quelques autres linéaments et alignements structuraux moins étendus et plus difficilement définissables, orientés nord-est/sud-est, traversent le Sénégal et sont probablement la cause des changements dans la direction des principaux cours d'eau.

2. CONCLUSIONS TECTONIQUES TIREES DE LA COMBINAISON DES INTERPRETATIONS LANDSAT ET DES AUTRES DONNEES

- La dépression sédimentaire de la Casamance-Gambie telle qu'elle a été cartographiée par C. Montciardini (1966) et d'autres, est délimitée par des alignements structuraux majeurs qui probablement définissent un fossé d'effondrement.

- Le synclinal du Ferlo et l'anticlinal de Dara (lac de Guiers) sont tous deux délimités par des fractures orthogonales (alignements structuraux) visibles sur les images Landsat (Degallier, 1962).

- Les nombreuses anomalies gravimétriques et magnétiques sont définies ou délimitées par des caractéristiques linéaires visibles sur le Landsat dont certaines n'ont pas été mentionnées dans la littérature antérieure. Les correspondances entre les anomalies géophysiques et les linéaments vus sur les images Landsat sont:

- a. L'intrusion de Léona (déjà connue et déjà forée)
- b. L'intrusion de Doldou Dibokol (nouvellement mise en évidence)
- c. L'anomalie de Farafenni-Medina (nouvellement mise en évidence)
- d. L'anomalie gravimétrique de Revane (nouvellement mise en évidence)
- e. L'indentation gravimétrique de Mboune-Bakel à l'intérieur de la ligne du 40^e millegal (nouvellement mise en évidence)
- f. L'alignement structural de Vélingara-Koukane qui définit la limite entre une petite anomalie positive de gravité, orientée nord-est et située au sud de part et d'autre de la Gambie, et une grande anomalie orientée nord-est qui prend naissance aux environs de Goudiri et se poursuit au nord jusqu'en Mauritanie.

g. Il existe une étroite correspondance entre les anomalies de gravité et magnétiques et les plissements en particulier dans le Sénégal occidental (c'est-à-dire le synclinal de Joal qui est une anomalie négative magnétique et de gravité et l'anticlinal du lac de Guiers qui est une anomalie positive magnétique et de gravité (cartes 3.4 et 3.5).

- Une interprétation des cartes gravimétriques et magnétiques nous a permis de localiser les failles avec un certain niveau de confiance (cartes 3.4 et 3.5). Parfois les failles interprétées d'après les données magnétiques et gravimétriques ne se surimposent pas exactement avec leurs équivalents linéaires. Selon nous cette différence serait due au fait que les différences magnétiques et gravimétriques sont mesurées en profondeur, de sorte que l'emplacement de la faille ainsi défini correspond à l'emplacement réel de la faille en dessous de la surface. La différence entre les deux emplacements ainsi définis peut alors être attribuée à des inclinaisons ou pendages le long des failles. Nous pouvons donc affirmer qu'il est possible de déterminer approximativement l'inclinaison ou pente d'une faille et par analogie de suggérer des mouvements de déplacements relatifs le long de ces failles qui ont presque toutes tendance à être normales. Par ailleurs nous pouvons être certains qu'une masse intrusive fracturée sur place sera définie par les blocs affaissés qui l'entourent.

3. CONCLUSIONS SUR LE CADRE TECTONIQUE DU SENEGAL BASEES SUR LES DONNEES AUTRES QUE LANDSAT

- Trois anomalies de gravité fortement positives, très intéressantes, sont visibles sur la carte gravimétrique du Sénégal dans l'ouest et le centre du pays. Elles correspondent à du matériel non seulement plus dense mais aussi plus fortement magnétique (cartes 3.4 et 3.5). D'après le Plan minéral (1985) la plus nordique de ces anomalies, située à ± 40 km au sud de St. Louis est colmatée par une syénite à néphéline. Il semble donc légitime de suggérer que les deux autres anomalies qui ont des caractéristiques similaires, sont aussi des masses intrusives ignées. Connaissant d'une part la profondeur réelle de l'anomalie de Léona et son intensité et sachant que des intrusions similaires sont présentes à l'ouest de Tiel et le long du fleuve Gambie, nous pouvons supposer que ces masses intrusives se situent entre 500 et 1000 m de profondeur. Cette hypothèse est confirmée par les résultats des forages qui atteignent les roches d'origine précambriennes à 900 m environ de profondeur à quelques 10 km au sud-ouest de Tiel (Plan minéral, 1985).

- Deux anomalies de gravité positives linéaires sont présentes dans le Sénégal Oriental. L'une suit une direction générale faisant un angle aigu de quelques degrés ouest avec le Nord et s'étend vers le nord depuis Coudiri jusqu'au delà de Akjoujt en Mauritanie. Cette anomalie a jusqu'à 100 km de large et est en tous points parallèle à la chaîne des Mauritanids. Le point le plus important est qu'elle suit les contours de l'anomalie négative de gravité, massive, formée de roches légères granitiques constituant l'extension sud du Bouclier de Réguibat et des roches associées et qu'elle en est apparemment séparée par une

ou plusieurs failles. La linéarité, la largeur et l'emplacement de cette anomalie sont signe de l'existence d'un système soudé de rifts au sein de roches denses et simatiques qui donnent des réponses gravimétriques atteignant 60 millegals en de nombreux points de la Mauritanie. Par conséquent nous estimons que les séquences ultrabasiques se situent dans cette zone à environ 750 m de profondeur.

La seconde anomalie positive de gravité linéaire est située plus au nord à l'ouest de Niokola Koba; elle est orientée N30°E et plonge au nord à Diama puis pénètre en Guinée à 30 km au sud-ouest de Younkoukoun. L'anomalie atteint 48 millegals. Sa largeur n'excède pas 35 km et sa longueur est de l'ordre de 130 km. Les valeurs positives diminuent rapidement le long de la bordure est de l'anomalie, ce qui suggère une faille majeure profonde. La zone d'extension de cette faille en Guinée correspond exactement à l'emplacement de la ville de Koumbia qui fut l'épicentre d'un tremblement de terre (6.2 sur l'échelle de Richter) en 1983 (Robineau, 1985; Dorbath et al, 1984). Les données magnétiques confirment ce dernier point (cartes 3.4 et 3.5). Cette anomalie est séparée de l'anomalie gravimétrique plus large et plus dense qui se trouve plus au nord (décrite dans le paragraphe précédent) par ce qui peut être considéré comme une faille majeure orientée N45°E. Le déplacement le long de cette faille du bloc sud suivant un axe nord-est/sud-ouest a été proposé par M. Villeneuve (1984). En nous fondant sur l'interprétation gravimétrique, nous faisons l'hypothèse d'un soulèvement du bloc sud depuis Timbedra en Mauritanie jusqu'à Lenkering au moins et probablement au delà jusqu'en Guinée-Bissau. D'après les données gravimétriques et magnétiques, il semble que cette faille ait une inclinaison nord-ouest. La faille formant la limite est de l'anomalie est probablement verticale ou alors il s'agit de la limite d'une faille chevauchante. Cette seconde anomalie serait aussi formée de roches basiques ou ultrabasiques typiques des environnements ophiolitiques caractérisant les rifts.

- Peut-être la conclusion la plus significative qui peut être tirée des cartes magnétique et gravimétrique concerne la région de Nako. En cet endroit les séquences ultrabasiques bien découvertes devraient donner de fortes valeurs pour les mesures de gravité et de magnétisme mais leurs réponses sont beaucoup plus faibles que prévu et ceci serait dû, selon nous, au fait que les roches ultrabasiques ne sont que superficielles; ces roches correspondraient à des masses d'origine allgène qui auraient été transportées depuis le nord-ouest jusqu'en cet endroit. A. Le Page (1978) a proposé une hypothèse similaire pour la région entre Kidira et Bakel.

- Des anomalies magnétiques de large amplitude, de grande largeur et de grande longueur sont présentes au centre du "granite" de Saraya (Witschard, 1965). Une anomalie de 4000 gamma au milieu de la masse granitique semble incompatible avec une composition plutonique et batholitique. Cette anomalie est d'après nous l'indice de l'origine non magmatique (au sens strict) du "granite" de Saraya. Il s'agirait en fait de roches syntectoniques granitisées (roches métamorphiques ayant subi une recristallisation) datant d'une époque antérieure au Birrimien.

- Une anomalie positive de gravité ayant une apparence discordante peut être observée à l'est de Linguère là où le contour correspondant à la ligne +20 millegal, tel un pouce prolonge à l'ouest l'anomalie presque nord-sud d'Akjoujt-Goudiri. Cette anomalie ne peut être rattachée ni au groupe des anomalies de type rift datant du Birrimien et orientées nord-sud, ni à celui des plutons post-triasiques atlantiques qui occupent les jointures entre les alignements structuraux majeurs préexistants et les zones de fractures trans-océaniques.

- Une anomalie magnétique positive arquée peut être suivie depuis la Gambie jusqu'à environ 30 km à l'est de Tiel. Cette anomalie n'a pas d'explication simple et pourrait définir soit une faille majeure, soit, ce qui plus probable, l'axe d'un anticlinal affectant les roches du socle et qui est probablement accentué par l'accumulation de minéraux lourds d'origine détritique, ou pourrait correspondre au côté marin de l'anticlinal. Finalement elle pourrait correspondre à une nappe de charriage provenant de l'ouest (Villeneuve, 1984).

3.9.5.3 Résumé du Développement Tectonique du Sénégal

L'analyse Landsat et les interprétations viennent à l'appui des conclusions déjà formulées suggérant que le Sénégal est essentiellement une région géologique instable en bordure occidentale du bouclier de l'Afrique occidentale. Il est composé d'une croûte relativement mince formée de roches métamorphiques précambriennes ayant une origine ignée ou sédimentaire, qui ont été pour la plupart recouvertes par des sédiments depuis le Paléozoïque jusqu'à l'Époque Récente. Les principales conclusions qui peuvent être tirées de nos travaux et de ceux effectués par divers autres auteurs sont les suivantes (Fig. 3.1):

- Les régions stables et épaisses formant le craton de l'Afrique occidentale sont situées à l'est du 13^{ème} degré de longitude ouest. Par conséquent seulement une faible portion du Sénégal (à l'est de Niokolo Koba) a une croûte cratonique stable.
- Les roches du socle existent dans le Sénégal occidental mais elles ont été fracturées et faillées en segments qui ont été charriés vers l'Atlantique pendant les périodes d'extension puis plissés et bousculés pendant les périodes de compression (fermeture de l'océan Atlantique).
- Nos conclusions nous conduisent à penser qu'à un certain moment pendant le Protérozoïque le craton de l'Afrique occidentale a commencé à se transformer en aulacogène (Gold dans Siegal et al, 1980). Alors qu'un des bras de cet aulacogène se continuait dans le bassin de Taoudeni et rejoignait l'aulacogène de Gourma (Haggerty, 1984), un second formait une dépression parallèle à la chaîne mauritanienne et un troisième se poursuivait vers le sud-ouest en direction des montagnes Rokel de la Sierra Léone.
- Le dépôt des séquences ophiolitiques eut lieu pendant le Birrimien dans les rifts en voie de formation et les roches de la Série Iako se sont mises en place dans les zones les plus profon-

des. Les roches des Séries Daléma et Dialé ont été déposées sur une avant-plage formée de roches archéennes (granites de Saraya) qui sont à l'origine du matériel détritique des dépôts continentaux et marins.

- Pendant l'orogénèse éburnéenne à la fin du Birrimien, une phase de compression a eu lieu et la Série Mako a été charriée vers l'est et a recouvert les dépôts de l'avant-plage ce qui a provoqué la formation de structures semblables à une nappe et de plis isoclinaux ainsi que la recristallisation des roches déjà en place à savoir les roches archéennes des granites de Saraya. Vers la fin de l'orogénèse alors que la phase de compression cessait, une phase d'extension a permis la remontée du matériel granitique du type Bondoukou (Bassot, 1966).
- Pendant la période allant du milieu à la fin du Protérozoïque, le bassin de Taoudeni a de nouveau subi des forces d'extension et la phase de sédimentation a commencé le long du bord Atlantique. Tout d'abord les dépôts de l'avant-plage se sont mis en place formant la Série Ségou-Madina Kouta, puis plus tard les roches de la Série Mali. Vers la fin du Protérozoïque un nouveau cycle de formation de rifts a débuté le long des axes mauritanien, bassarien et rokélien.
- Ce nouveau cycle de formation de rifts fut plus intense dans le sud et est à l'origine de la sédimentation de la Série Bassari. Ces roches ont ensuite été écrasées, plissées, faillées et métamorphosées localement pendant l'orogénèse Pan-Africaine et des portions de cette série ont été charriées vers l'est (Villeneuve, 1984).
- A la fin du Précambrien et au début du Cambrien une relance dans la formation des rifts s'est produite le long du rift mauritano-bassarien. Dans le même temps les Séries Falémé, Bakel, Younkounkoun et Koulountou ont été déposées.
- Une nouvelle phase de compression accompagnée d'intense plissements et de broyage a lieu d'abord pendant le Taconique, il y a 435 M.A. et plus tard pendant le Hercynien, il y a 360 M.A. Ces phases ont provoqué le plissement de la chaîne mauritanienne et le plissement, la fissuration et le charriage des roches de la région de Bakel et celles de la région de Simenti-Niokolo Koba.
- Comme l'océan Atlantique commençait à se former par extension à la fin du Carbonifère, des failles très profondes ont été réactivées et des fissures ont permis à des coulées de laves composées de dolérites de se déposer dans la portion sud-est du Sénégal. Pendant cette période certaines parties des avant-terres occidentales du Sénégal ont commencé à s'effondrer vers l'Atlantique.
- Du milieu à la fin du Mésozoïque, des intrusions de composition basique à intermédiaire se sont mises en place dans le Sénégal occidental (Léona, à l'ouest de Tiel et le long de la Gambie).

- Du milieu à la fin du Tertiaire et depuis lors, la collision entre la plaque africaine et la plaque européenne a été la cause de la formation de l'Atlas et des Alpes. Au Sénégal cette collision est à l'origine de l'arc-boutement en voûte (anticlinal du lac de Guiers-Dara, dôme de l'Anambé et horst de Mdiass), de failles ainsi que de l'introduction d'un magmatisme à la base de l'axe Thiès-Dakar.
- Pendant la fin du Tertiaire et durant le Quaternaire, la dépression de la Gambie s'est approfondie et quelques soulèvements mineurs dans le Ferlo au Sénégal et l'Akjoujt en Mauritanie se sont produits.

Pour plus de détails sur le développement de l'histoire tectonique du Sénégal nous suggérons de se référer à la présentation de M. Villeneuve (1984).

3.9.6 Géologie Economique

3.9.6.1 Introduction

Le potentiel géologique du Sénégal a été décrit par le BRGM dans le Plan minéral (1985). Le présent rapport ne fera que résumer les résultats de notre projet et tentera de les replacer ainsi que ceux des autres auteurs dans le contexte du cadre tectonique que nous venons de développer.

Le projet a préparé la "Carte du Potentiel en Eau, des Cîtes ou Indices de Minéraux et du Potentiel Métallogénique" qui donne: 1) les régions ayant un potentiel en eau (qui seront discutées dans la section 3.10, hydrologie), 2) la majorité des dépôts connus de minerais ou les potentiels et 3) le potentiel métallogénique du Sénégal en fonction des types de roches de la région.

Ont été représentés sur la carte, les métaux, les hydrocarbures et les autres sources d'énergie de même que les graviers et les minerais non métalliques importants tels les phosphates. Les substances non métalliques comme le marbre et les autres pierres décoratives et les dépôts sableux n'ont pas été représentées parce qu'elles ont été décrites dans le Plan minéral et parce qu'elles sont à notre avis d'un intérêt mineur pour le développement du Sénégal.

Notre analyse ne traite que des trois principales catégories de ressources minérales du Sénégal à savoir celles ayant trait à l'énergie, les ressources non métalliques et les ressources métalliques.

Avant de commencer notre analyse il est bon de récapituler les récentes explorations qui ont eu lieu ces dernières années au Sénégal:

- a. Une exploration à la recherche de sources d'énergie, qui se poursuit pour le pétrole et le gaz sur l'avant-plage au large de la Casamance; recherche de lignites dans le centre du Bassin des Arachides et de tourbes dans les zones d'estuaires.

- b. Une exploration pour la recherche et le développement de minerais non métalliques qui est largement centrée sur les dépôts de phosphates du Sénégal occidental en Moyenne et en Haute Casamance ainsi que dans la région de Matam. L'exploration et le développement se continuent dans le cas des calcaires, des attapulgités, des terres à diatomées, des sables siliceux, des argiles à céramique, des roches pour le ballast et la construction (basaltes) et les graviers.
- c. L'exploration pour la recherche et le développement des minerais métalliques a été limitée ces dernières années à la recherche de gisements d'uranium (COGEMA), de nickel et de cuivre (BRGM) et à des tentatives de développement des dépôts de minerais de fer (MIRERSO), des dépôts d'or (SABODALA), des minéraux lourds (ilménite, rutile et zircon) du littoral et à quelques explorations occasionnelles et anciennes pour les métaux à base de chrome à savoir plomb, zinc, cuivre, chrome, étain, tungstène et molybdène.

3.9.6.2 Description du Potentiel Minéral et en Hydrocarbures du Sénégal

A. Hydrocarbures et Sources d'Energie

1. LE PETROLE ET LE GAZ NATUREL

Les sources de pétrole et de gaz sont en général limitées à la partie occidentale du Sénégal et aux avant-plages immergées qui prolongent sa plateforme continentale. Il serait hasardeux d'avancer une quelconque hypothèse concernant le potentiel de ces avant-plages et des régions côtières sans se fonder sur les données accumulées par les compagnies pétrolières qui ont prospecté au Sénégal. De nombreux rapports font par ailleurs état de suintements de pétrole au Sénégal, en particulier dans la zone comprise entre Bambey et Joal le long de la Petite Côte. Du gaz a été trouvé dans la région du Cap Vert et serait présent au large. Un excellent résumé des potentiels en gaz et en pétrole du Sénégal est donné dans l'une des dernières éditions de la revue mensuelle The Oil and Gaz Journal (Dumestre, 28 octobre 1985). Dans cet article M. Dumestre divise le Sénégal en deux zones de bassin, l'une au nord de Dakar, l'autre au sud de Dakar, qui semblent toutes deux avoir un certain potentiel. La zone sud a été partiellement explorée et son potentiel a été établi. Des dômes de sel et les sédiments diapirs associés ont été forés et du pétrole a été trouvé. En 1969, le dôme Flore a été foré et 600 millions à 1 billion de barils de pétrole brut ont ainsi été découverts dans les roches carbonées de l'Oligocène, l'Eocène et du Paléocène. Par ailleurs on a trouvé du pétrole dans les sédiments du Paléocène et du Maestrichtien ayant un caractère arénacé fortement prononcé. Du gaz et des produits de condensation ont aussi été découverts dans d'autres réservoirs tertiaires et crétacés compris dans la même structure, mais les quantités n'ont pas été évaluées. L'article de M. Dumestre remarque qu'un potentiel en hydrocarbures existe aussi dans les régions côtières et les avant-plages immergées de la partie nord et dans les sédiments paléozoïques. Ceux-ci n'avaient jusqu'alors pas été considérés comme intéressants et

ont seulement été reconnus comme tels suite à l'interprétation des données gravimétriques, magnétiques et sismologiques. Sur la base des données gravimétriques et magnétiques, nous pensons que des accumulations d'hydrocarbures devraient être trouvées sur le flanc occidental du fossé tectonique datant du Paléozoïque qui s'étend depuis la pointe Sarène au sud jusqu'à Tidem et Ross-Bethio au nord. D'autres zones d'accumulation possible dans les sédiments paléozoïques de l'époque silurienne se situent le long des axes Loumbol-Diourbel et Barkedji-Boulel. Ces deux zones reposent sur des blocs faillés qui correspondent à des anomalies négatives de gravité.

L'exploitation des gisements de pétrole et de gaz du Sénégal dépend de trois facteurs: de la richesse des gisements découverts, des compagnies pétrolières ayant actuellement une licence qui décident si les conditions politiques et économiques à l'échelon mondial garantissent ou non la recherche et le développement des dépôts et gisements déjà connus, du Sénégal lui-même qui peut décider de mettre en oeuvre, avec une aide financière extérieure, son propre programme de développement de ses ressources nationales en gaz et en pétrole.

Les régions considérées comme ayant les plus forts potentiels en pétrole et en gaz de même qu'en soufre et en sel sont numérotées 17 sur la Carte de l'Eau et des Minéraux. Un petit bassin de 20 km de large sur 30 km de long situé au sud-ouest de Tambacounda aurait un certain potentiel pour la production de gaz. Une autre région qui paraît prometteuse pour le gaz et éventuellement pour le pétrole est le flanc ouest de la profonde dépression synclinale faillée qui s'étend de Rosso à Tivouane.

Sans l'aide apportée par les données sismologiques on ne peut faire aucun autre pronostique concernant les potentiels en gaz et en pétrole cités précédemment ou ceux des régions plus prometteuses situées au large du Sénégal.

2. LA LIGNITE ET LE CHARBON

Depuis 1984, le gouvernement du Sénégal a commencé l'évaluation des gisements de lignite du centre du Bassin Arachidier. Plus précisément une compagnie de forage a fait deux tests sous l'égide du Département des Mines et de la Géologie et les résultats devraient être annoncés prochainement. En 1981, Dr C. Bliss, de l'Office de l'Energie à l'USAID, a dressé le bilan des recherches effectuées pour la lignite au Sénégal. Dans son rapport, il montre que la plupart des forages de reconnaissance faits à la recherche de pétrole et de gaz au Sénégal traversent des couches de lignite d'âge et d'épaisseur variables. Lors du creusement de puits pour l'approvisionnement en eau, qu'ils aient été manuels ou mécaniques, à nouveau des lignites ont été rencontrées. Le Plan minéral (1985) a récapitulé toutes ces données et les a résumées sous forme d'une carte et de coupes transversales montrant que la lignite abonde au Sénégal. Elle se rencontre surtout dans les niveaux supérieurs du Maestrichtien ainsi que dans divers niveaux inférieurs dans les sédiments de l'Oligo-Miocène (à moindre profondeur) du Sine Saloum et de la Casamance.

L'épaisseur de ces dépôts et leur qualité (teneur en B.T.U.) varient; aucune évaluation d'échantillons n'a été faite. (quelques échantillons ont été vus par les membres du projet; ils provenaient des niveaux supérieurs d'un forage à Tiénéba qui présentait un matériau carboné associé à un fort pourcentage d'argile et de sable.

Le Plan minéral (1985) estime qu'un gisement de lignite exploitable ayant 5 km de long sur 5 km de large, une épaisseur de 4 m et une constante calorifique de 4000 Kcal/kg, pourrait produire 40 000 000 tonnes de fuel industriel. Annuellement, la consommation sénégalaise en fuel avoisine 300 000 tonnes.

En 1984, les efforts réalisés pour évaluer ce potentiel se sont concentrés à Tiénéba et à Kolobane, quoiqu'en ces deux localités la lignite soit à plus de 345 m et 250 m respectivement de profondeur. En raison de ces profondeurs, l'évaluation faite de ces deux potentiels paraît sujette à caution. L'exploration à la recherche de phosphates faite dans le lac de Guiers a rencontré une couche de lignite dans les niveaux supérieurs du Maestrichtien à une profondeur inférieure à 50 m. Le lac de Guiers apparaît donc être un meilleur site pour concentrer les efforts d'exploration.

L'analyse structurale du Sénégal réalisée par le projet suggère que le potentiel en lignite et en charbon le plus élevé se situerait dans l'anticlinal du lac de Guiers, plus précisément au sud-est de Dara et au sud de Barkedji sur les flancs de l'anomalie positive de gravité centrée sur la forêt classée de Oldou-Debokol, et dans une région juste à l'est de l'anomalie approximativement à Odiolé là où un postulat place un golf marin à la fin du Crétacé. Une autre région de potentiel équivalent est centrée sur une anomalie positive de gravité similaire qui se situe le long de la Gambie à Farafenni et sur les anomalies plus petites mais significatives qui prolongent cette anomalie à l'est.

Un certain nombre de golfs en forme de croissant constitués de sédiments marins et lagunaires du Crétacé auraient à notre avis fourni les conditions nécessaires à la formation des dépôts de lignite. Nous pensons même que des conversions de lignite en charbons bitumineux de faibles teneurs se seraient produites dans la région où les intrusions de la fin du Crétacé ont pénétré la colonne stratigraphique.

3. LES SOURCES D'ENERGIE GEOTHERMIQUE

Lors des expéditions sur le terrain, les mesures du potentiel en eau faites dans les puits ont indiqué des températures plus hautes que la normale dans certains puits du Ferlo (n°277 BÉLÉL Touflé, n°297 Lofé, n°326 Fété Bowé, n°329 Namâri). Les températures exactes n'ont pas été mesurées car nous n'avions pas de thermomètre. Toutefois des estimations ont été faites et situent les températures entre 45° et 50°C (trop chaudes pour que quelqu'un y laisse la main) et les eaux du puits n°326 pourraient même être plus chaudes. Ces températures élevées sont inexplicables et dépassent ce qui est normal pour des puits peu profonds. Elles pourraient être dues à l'activité intrusive ou aux

mouvements de l'eau le long de failles encore actives. Cela suggère que le Ferlo serait peut-être une source d'énergie géothermique. Selon nous il y aurait une corrélation entre ces sources d'eaux chaudes, les intrusions révélées par les anomalies de gravité et les failles orientées nord-est/sud-ouest. Nous avons donc défini deux zones qui à notre avis devraient être explorées pour des sources d'énergie géothermique.

4. LA TOURBE

Le projet n'a fait aucun effort pour évaluer les ressources en tourbe du Sénégal et cela pour deux raisons. Tout d'abord le gouvernement sénégalais aidé de plusieurs organisations internationales a passé de nombreuses années à évaluer le potentiel des tourbières de la fin du Tertiaire et du Quaternaire présentes dans les niayes (Fig. 3.17) le long de la Petite Côte et dans le Sine Saloum. Les résultats de ces travaux ne sont pas complets mais bien résumés dans le Plan minéral (1985) en particulier pour les niayes. En second lieu, les niayes sont maintenant la zone où la production vivrière est la plus abondante et la plus sûre du Sénégal. Par conséquent tout effort majeur d'exploitation de ces tourbes qui en de nombreux endroits forment le sous-sol des jardins maraîchers qui actuellement produisent de larges quantités de fruits et de légumes, serait détruire un secteur économique pour en développer un autre.

Le BRCM et la Compagnie des Tourbières du Sénégal (CTS) estiment (Plan minéral, 1985) que les niayes de Kayar à St. Louis ont le potentiel pour produire 52 millions de m³ de tourbe dont 23 millions de m³ pourraient être utilisés comme source d'énergie en raison de leur faible teneur en cendres (44%). Les 23 millions de m³ ont été estimés à partir de forages dans le secteur compris entre Mboro et Lompoul. Les estimations tiennent compte aussi des 23 millions de m³ qui pourraient être alloués à l'agriculture pour l'amélioration des sols et des 6 millions de m³ pour la consommation domestique.

Les avantages de la production et l'utilisation de la tourbe seraient considérables puisque la capacité estimée pour la production d'électricité diminuerait de façon substantielle les importations sénégalaises et assurerait tous les besoins de la production des phosphates à Taïba. De plus la consommation de la tourbe pour les usages domestiques diminuerait la pression de surexploitation exercée sur les forêts sénégalaises. L'utilisation de la tourbe pour l'amélioration du sol apparaît moins avantageuse à cause du coût du transport. Les besoins en gasoil seraient accrus d'autant et comme celui-ci est importé la balance des paiements sénégalaise en serait profondément affectée. De plus cet emploi concurrencerait fortement la vente des phosphates nationaux.

L'exploitation des tourbes devraient être limitée aux régions qui ne sont pas actuellement utilisées à des fins agricoles de sorte que la production alimentaire sénégalaise ne soit pas réduite. La décision d'exploiter à grande échelle les ressources en tourbe des niayes pourrait donc avoir des conséquences désastreuses pour la production

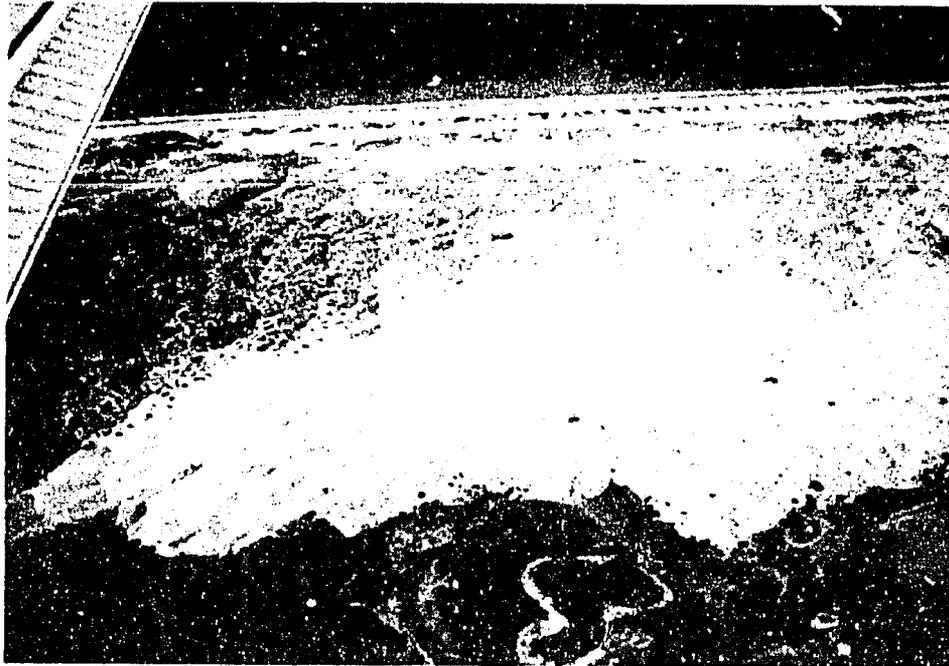


Fig. 3.17. en regard vers l'ouest du côté de l'Atlantique. Fàs Boye est caché par l'aile de l'avion dans le coin supérieur gauche. Au premier plan on voit les niayes, dépressions de terres arables qui empiètent sur les dunes. La ligne sombre dans le coin supérieur gauche est une faille orientée vers l'ouest qui est visible sur les images Landsat mais trop courte pour être représentée sur la carte au 1:500 000^e. Un prolongement de cette faille est représentée au sud de Ndande. Cette photographie fut prise en partie pour évaluer le reboisement des dunes (un autre projet fondé par l' USAID entre Dakar et St. Louis. Le RSI a assisté le gouvernement sénégalais en organisant ce petit programme. L'interprétation et les survols ont été faits par les experts sénégalais. Le coût total du projet fut de \$4000.00; Les dunes reboisées apparaissent dans le fond.

alimentaire, entraîner la relocalisation forcée des populations et avoir un effet négatif sur l'ensemble de l'économie sénégalaise.

Tout projet d'exploitation doit donc attendre les résultats des prospections faites dans le Sine Saloum et le long de la Petite Côte qui sont des régions où les effets économiques et écologiques pourraient être moins sévères.

B. Les Ressources en Minerais Non Métalliques

1. MATERIAUX DE CONSTRUCTION

La majeure partie des matériaux de construction utilisés dans les plus grands centres urbains sénégalais sont produits localement. Mais seul Kédougou a accès à toutes les catégories de matériaux de construction.

Toutefois, grâce à la présence de basaltes sur le Cap Vert, de calcaires dans la région de Rufisque et Bargny et de sables le long de la côte provenant des dunes quaternaires et récentes, Dakar a depuis longtemps réussi à satisfaire la plupart de ses besoins en construction et en agrégats. Néanmoins une demande pour les graviers et les sables grossiers a toujours existé et elle est si forte pour le sable que parfois ni sa qualité ni ses caractéristiques chimiques ne sont vérifiées. De nombreux bâtiments récents montrent des signes de décrépitation en surface et ont des défauts de structure, tous attribuables à la forte teneur en sel des sables utilisés pour la confection du béton.

Bien que le projet n'ait pas eu pour objet la recherche de matériaux de construction, un peu de temps a été consacré à la recherche de sables grossiers et de graviers. Les images Landsat, les photographies aériennes et le travail de terrain ont déterminé quelques sources majeures dont le potentiel est digne d'investigation en tenant compte des autres facteurs économiques tel que le coût du transport.

Lors du travail sur le terrain, des graviers de bonne qualité ont été trouvés le long de la Falémé dans la région de Kidira (n°14 sur la carte)(Fig. 3.18). Cette région est importante du fait de sa situation à proximité du chemin de fer allant de Dakar à Bamako. D'autres sources de graviers et de sables grossiers sont présentes dans les ceintures métamorphiques datant du Paléozoïque et du Précambrien situées juste à l'ouest et au sud de Bakel. Ces sources ne sont pas aussi importantes que celles de Kidira et le transport devrait se faire par route, ce qui requière un investissement en capital supplémentaire pour les camions et une activité considérable de maintenance des routes entre Bakel et St. Louis. Le cours moyen de la Gambie et du Koulountou, là où ces deux cours d'eau sont parallèles, constituent des sources secondaires économiquement moins importantes de graviers. Une évaluation soigneuse du potentiel économique des graviers de Kidira doit être faite. Toutefois il est certain que pour des usages spéciaux tels que le terrassement et le forage, les dépôts de Kidira semblent être idéaux.



Fig. 3.18. Le lit de la Falémé à Nidayé comme on peut le voir depuis le Maï en avril. Le Sénégal est à droite de la photographie. La femme à l'arrière plan est en train de laver des vêtements à partir de l'eau d'un céane.

Les réserves en roches basaltiques utilisées dans les agrégats et pour les autres constructions de la région de Dakar deviennent préoccupantes. La plus large ressource se situe à Diak mais les réserves sont limitées. L'analyse Landsat et le travail de terrain antérieur effectué par d'autres géologues suggèrent l'existence de vastes intrusions dans la région de Keur Samba Kane, soit de 10 à 12 km à l'ouest/sud-ouest de Baba Garage (à Bare Diarra et à Beaufi). Ces intrusions se situent sur le même alignement structural que celle de Diak et comme elles pourraient être encore plus grandes en profondeur elles doivent être étudiées.

Le Plan minéral (1985) et la Carte Géotechnique de la République du Sénégal au 1:500 000^e (Cornet, 1964) doivent être consultés pour des informations complémentaires concernant l'existence et le potentiel en matériaux de construction au Sénégal.

2. LES PHOSPHATES

L'exploitation des phosphates est un élément fondamental de la vie économique du Sénégal. Les exportations de phosphates constituent la principale source de revenus tandis que les usages locaux sont un important moyen d'amélioration des sols appauvris du Bassin des Arachides.

Les phosphates ont été découverts pour la première fois en 1897 dans la région de Nianing dans les sédiments de l'Eocène Inférieur. Il existe une documentation volumineuse concernant les quantités, la qualité, la présence et l'exploitation des phosphates du Sénégal. Au Sénégal, les phosphates sont présents dans les roches datant du Paléocène et de l'Eocène Inférieur mais surtout datant de l'Eocène Moyen (Lutétien supérieur). On les trouve particulièrement dans l'ouest du Sénégal depuis les estuaires du Sine Saloum jusqu'au fleuve Sénégal au nord et entre le 15°30' et le 17° de longitude ouest. L'affleurement le plus conséquent est compris dans une arche qui est liée au soulèvement du horst de Ndiass, de Thiès à Néouane au nord. Les deux mines actuellement fonctionnelles, de Lam Lam et Taïba, se situent dans cette zone.

Des centaines de gisements ont été observés par des auteurs précédents et d'autres ont été localisés par le projet lors des mesures hydrologiques des puits. Les phosphates se présentent en général sous forme de lentilles ou de couches d'épaisseur limitée (quelques centimètres à quelques mètres) et varient en composition de phosphates de calcium à phosphates d'aluminium. A Taïba le dépôt a 7 m d'épaisseur en moyenne, les teneurs varient entre très faible et 30% de P₂O₅.

En Basse Casamance, des gisements de phosphates ont été observés pendant les programmes d'exploration à la recherche de gaz et de pétrole. Toutefois ils sont tous localisés à des profondeurs supérieures à 40 m. Les teneurs en phosphates sont de l'ordre de 28% mais l'épaisseur des dépôts est faible et la profondeur trop élevée pour permettre une exploitation à l'heure actuelle. Dans le secteur de Kolda-Vélingara, des phosphates ayant des teneurs similaires sont

présents à approximativement 40 m de profondeur. Les hautes teneurs en calcium et les structures complexes imposeront des contraintes supplémentaires à l'exploitation de ces dépôts déjà handicapés par la faible épaisseur et la trop grande profondeur.

De l'amont au centre de la région du Fleuve, des phosphates sont présents dans les affleurements de l'Eocène Moyen du sud de Semmé au nord de Thilogne (n°13 sur la carte). Cette région a été fréquemment prospectée depuis la découverte de phosphates en 1916. Des couches et des lentilles phosphatées de plus de 5 m d'épaisseur ont été analysées et contiennent jusqu'à 30% de P_2O_5 . Les phosphates déjà connus se trouvent dans la zone située entre Kanel et Semmé, près de Matam et au nord de Thilogne. Dans cette région les affleurements phosphatés sont facilement localisés sur le terrain (stratigraphiquement). Des couches marqueuses qui ont été associées avec les phosphates peuvent être repérées sur les photographies aériennes de même que sur les images Landsat. Un travail récent de forage et d'évaluation (Plan minéral, 1985) indique à Ouali-Diela et Ndiendouri des réserves totales de l'ordre de 40 millions de tonnes-cube titrant 28,7% de P_2O_5 . D'autres découvertes dans la région du Fleuve à Ndouloum révèlent une accumulation phosphatée d'environ 3 m d'épaisseur sous environ 9 m d'autres sédiments, qui titre de 30 à 33% en P_2O_5 .

Il semblerait que cette région qui devrait subir prochainement une révolution agraire du fait du barrage de Manantali qui devrait assurer des approvisionnements en eau réguliers et contrôlés, aura prochainement des besoins urgents en phosphates bon marché. Elle mérite donc d'être placée en tête de la liste des régions à explorer et à exploiter pour la production de phosphates.

La fertilisation phosphatée est un besoin urgent au Sénégal qui demeure hors de portée des agriculteurs pour des raisons économiques malgré la présence des nombreux gisements riches dispersés à travers le Sénégal. La recherche continue dans le but de trouver des méthodes qui permettraient une utilisation directe des phosphates de calcium broyés et chimiquement traités. Une telle découverte annoncerait le jour où les fertilisants phosphatés bon marché seront utilisés à travers tout le Sénégal et les autres régions du globe où les sols sont appauvris et les rendements agricoles chutent chaque année.

Les analyses des images Landsat suggèrent que les formations de l'Eocène affleurent tout au long de la rivière Anambé et au delà jusqu'au Niéri Ko. Le projet a représenté sur la carte de vastes portions de cette région comme étant de l'Eocène indifférencié (C1). Nous avons aussi remarqué des "contacts" stratigraphiques aussi loin au sud-ouest que le dôme de l'Anambé et jusqu'à Noumayél au nord-est; ces "contacts" dateraient selon nous du début ou du milieu de l'Eocène et seraient présents sous le "Continental Terminal" et la cuirasse latéritique. Cette zone devrait donc aussi être incluse dans les régions à explorer pour les phosphates bien qu'elle ne soit pas prioritaire. Les zones prioritaires se situent immédiatement au nord de Taïba et dans la région de Matam-Thilogne.

Les tableaux suivants recopiés à partir du Plan minéral (1985) donnent la production de phosphates depuis 1950 pour les deux principales mines.

Tableau 3.1
Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba
Statistiques de production et d'exploration
de 1960 à 1982

ANNEES	PRODUCTION (t)	VENTE GLOBALES (t)
1960	103 000	80 244
1961	390 000	340 205
1962	418 000	342 383
1963	446 000	459 983
1964	650 000	714 269
1965	867 000	824 787
1966	990 000	1 077 826
1967	1 115 000	815 567
1968	1 110 000	952 955
1970	998 000	1 002 419
1971	1 396 000	1 230 419
1972	1 250 000	1 515 859
1973	1 533 000	1 610 999
1974	1 472 000	1 650 999
1974 <u>sic</u>	1 472 000	1 650 724
1975	1 550 000	1 332 844
1976	1 542 000	1 322 566
1977	1 528 000	1 583 276
1978	1 460 000	1 541 322
1979	1 523 000	1 551 425
1980	1 288 000	1 230 226
1981	1 792 000	1 128 828
1982	840 000	1 184 820
1983	1 213 000	1 306 678
Total	26 946 000	26 451 623

ANNEES	PRODUCTION (t)	VENTES GLOBALES (t)
1. Phosphate d'alumine naturel		
1950	11 910	9 383
1951	23 570	29 828
1952	43 388	38 862
1953	52 426	43 650
1954	73 237	47 213
1955	104 453	48 607
1956	68 222	29 295
1957	89 852	68 845
1958	104 581	70 220
1959	95 341	71 820
1960	105 292	98 999
1961	139 380	90 498
1962	141 426	77 030
1963	125 814	83 643
1964	120 939	97 065
1965	134 940	108 350
1966	144 781	81 100
1967	151 282	93 120
1968	150 398	99 470
1969	164 445	93 335
1970	130 388	94 150
1971	146 632	98 762
1972	165 646	106 765
1973	218 895	134 272
1974	405 362	223 768
1975	201 445	158 839
1976	207 682	147 069
1977	274 510	148 865
1978	203 921	115 930
1979	184 884	103 730
1980	224 141	77 430
1981	199 218	50 819
1982	279 181	76 538
1983	251 274	68 510
Total	5 148 856	2 990 788

Table 3.2 Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba
Statistiques de production et d'exportation; 1960 à 1982

ANNEES	PRODUCTION (t)	VENTES GLOBALES (t)
2. Phosphate d'alumine déshydraté		
1954	17 160	11 450
1955	27 740	26 722
1956	41 697	35 238
1957	12 788	18 771
1958	15 304	10 233
1959	16 154	18 428
1960	23 622	22 130
1961	31 107	20 730
1962	41 682	33 940
1963	15 837	21 960
1964	32 254	17 830
1965	28 639	26 470
1966	51 908	31 635
1967	51 762	36 385
1968	43 638	38 913
1969	36 666	36 470
1970	38 323	33 165
1971	45 737	46 075
1972	52 338	39 580
1973	63 816	66 130
1974	96 798	88 174
1975	51 762	40 132
1976	88 165	55 731
1977	37 091	52 135
1978	47 859	54 221
1979	78 361	66 734
1980	131 838	111 825
1981	105 534	112 747
1982	136 130	126 105
1983	143 558	134 662
Total	1 605 350	1 434 630

ANNEES	PRODUCTION (t)	VENTES GLOBALES (t)
3. Phospal		
1955	132	-
1956	1 256	1 375
1957	835	585
1958	2 815	3 062
1959	2 189	2 190
1960	947	790
1961	6 993	6 745
1962	5 669	3 978
1963	796	2 680
1964	9 805	9 805
1965	7 441	6 747
1966	18 904	16 278
1967	9 631	8 548
1968	6 335	9 349
1969	2 684	2 637
1970	5 985	5 887
1971	1 907	2 315
1972	6 238	6 123
1973	5 407	5 669
1974	4 914	4 501
1975	7 699	7 747
1976	6 084	5 846
1977	5 587	5 697
1978	6 419	7 144
1979	6 740	5 761
1980	6 567	5 256
1981	4 984	4 784
1982	2 339	1 498
1983	5	575
Total	147 307	133 572

ANNEES	PRODUCTION (t)	VENTES GLOBALES (t)
4. Phosphate de chaux naturel		
1951	4 000	808
1952	22 695	5 000
1953	45 820	17 439
1954	0	5 270
1955	0	4 328
1956-1960	0	0
1961	0	301
1962	0	226
1963	5 500	0
1964-1973	0	0
1974	12 490	8 985
1975	49 971	54 857
1976	49 123	47 655
1977	67 985	65 530
1978	95 800	98 386
1979	127 718	120 919
1980	137 447	143 737
1981	68 291	78 865
1982	111 794	73 760
1983	40 655	44 950
Total	839 289	771 103

C. Minéraux Métalliques, Métaux Précieux et Autres Substances ayant une Valeur Economique

1 INTRODUCTION

Une recherche intensive des ressources minérales ne faisait pas partie des objectifs du projet. La faible durée du temps imparti au travail de terrain empêchait tout effort d'échantillonnage sérieux. En effet, une de nos dernières expéditions sur le terrain dans une région du Sénégal Oriental riche en minéraux a été écourtée en raison de problèmes de transport et notre dernier survol de cette même région a dû être annulé en raison d'une faible visibilité. Le projet a néanmoins reconnu quelques-unes des plus importantes régions métallogéniques à savoir Mako, Kossanto, Saraya, Gabou et Bandafassi. Des prospections mineures ont été faites et de nouveaux potentiels ont été découverts qui ont été mentionnés au fur et à mesure dans les rapports périodiques faisant état de l'avancement du projet.

Comme le Plan minéral (1985) avait pour premier objectif la présentation du potentiel minéral du Sénégal, notre rapport se limitera à présenter nos résultats et à suggérer une orientation pour les prochaines explorations. Nos recommandations seront basées sur des travaux antérieurs, sur nos résultats et sur la carte tectonique que nous avons développée. La combinaison de tous ces éléments est montrée sur la carte intitulée "Carte du Potentiel en Eau, des Gîtes et du Potentiel Métallogénique".

2. RESUME DES RESULTATS DU PROJET

a: L'Or

Les géologues du projet ont fait un effort d'investigation des dépôts d'or du Sénégal Oriental parce qu'il a une histoire de producteur d'or.

Les récents travaux du BRGM à Sabodala ont mis en évidence près de 5 g/t ou environ 0,15 ounces par tonne d'or dans le réseau de fissures cristallisées (quartz) des roches du Birrimien. Le total des réserves s'élève à 11 millions de tonnes (BRGM, décembre 1984). De nombreux autres efforts d'exploration ont été menés à bien au Sénégal Oriental, en particulier un travail effectué par le Fond Spécial du PNUD et par des compagnies privées.

R. Curtin (1975) citant des sources d'origine coloniale situe la teneur en or des gîtes alluvionnaires (sédiments contenant de l'or) dans l'est du Sénégal entre 0,6 et 8,4 g/m³. Les géologues du projet ont visité de nombreux sites où l'or est lavé à la battée dans les cours d'eau ou dans des trous creusés jusqu'au substratum. Sur la base de ces visites, nous avons estimé la teneur moyenne en or de ces gisements entre 2,5 et 5 g/m³. Ces teneurs ne sont pas un fait généralisé mais se rencontrent souvent dans les graviers des cours d'eau, les sédiments et les terrasses des Séries Mako, Dialé et Daléma en particulier.

Le projet s'est rendu sur place dans un certain nombre de lieux producteurs dont Mako, Koulountou et Lamina-Sillacounda sur le fleuve Gambie, Daloto, Sambarabougou et Madina sur le Dialé et Kossanto. La totalité de cette région continue à exploiter l'or des gisements alluviaux pendant la période des basses eaux de la Gambie et à divers autres moments quand un tel travail n'interfère pas avec les activités agricoles. A Mako, Lamina, Kossanto et Koulountu les membres du projet ont vu des lavages à la battée individuels.

Au sud de Lamina sur le Daguiri, les scientifiques du projet ont pu observer un lavage à la battée et faire une estimation de la production en or. En cet endroit un lavage donne 20 à 30 paillettes d'or pour deux litres de graviers provenant d'un horizon gravillonnaire ayant environ 25 cm d'épaisseur, situé à 3 m en dessous de la surface et à 50 cm au dessus du substratum formé de schistes de la Série Dialé. Ces quantités équivalent à 8 à 15 g/m³ d'or soit à environ 100 dollars par m³.

Ce chiffre semble indiquer que cette région est prolifique pour l'or. Malheureusement, cette couche productrice d'or (Fig. 3.19) a été reconnue par les géologues du projet le long d'une route qui n'est pas en général accessible aux mineurs locaux. La plupart des laveurs à la battée travaillent à partir des graviers trouvés dans le fond des cours d'eau qui sont beaucoup moins riches, quoique à l'occasion quelques points plus riches soient rencontrés. Le rendement habituel en or du gravier des cours d'eau est de 2 paillettes pour un litre de sédiments soit environ 14 dollars par m³. On estime qu'un individu peut, en utilisant une battée de 5 litres, laver environ 4 battées ou 20 litres à l'heure soit un maximum de 200 litres par jour et gagner environ 0,2 g d'or par jour soit approximativement 2,50 dollars (équivalents à environ 1000 CFA/jour).

Ces chiffres sont approximatifs mais clairement indiquent que l'exploitation d'or des gîtes alluvionnaires n'est pas un moyen rentable de gagner sa vie, non seulement parce qu'il s'agit d'un dur labeur mais aussi parce que l'eau n'est disponible que par intermittence.

La population locale continue néanmoins à rechercher l'or comme elle l'a fait pendant des centaines d'années (Curtin, 1975). A Mako, le projet a rendu visite à l'acheteur local qui estime que environ 2 kg d'or sont achetés chaque semaine par les commerçants locaux qui les revendent à des étrangers essentiellement des maliens. A Kossanto, dans la vallée située juste en dessous du village, plus de 50 trous pour la recherche d'or ont été comptés. Ces trous ont de 60 à 80 cm de large et rencontrent le substratum à moins de 2 m de profondeur. C'est à cette profondeur que la majorité de l'or est trouvée. A Koulountu, la majorité du village était en train de laver à la battée au moment de notre visite. A Lamina sur la Gambie, nous avons regardé le chef du village peser un total de 72 g d'or produit du labeur de dix familles environ (Fig. 3.20). La plus grosse pépite mesurait 1,2 cm x 1 cm x 0,3 cm. Toutefois l'or est généralement fin à très fin. La pépite précédemment décrite a été observée à la loupe (grossissement x10); sa



Fig. 3.19. Cette photographie montre les affleurements de graviers et de sables le long de la nouvelle route coupant la rivière Daguéri entre Kédougou et Saraya. L'horizon gravillonnaire à gauche du travailleur est très étendu et contient de l'or.

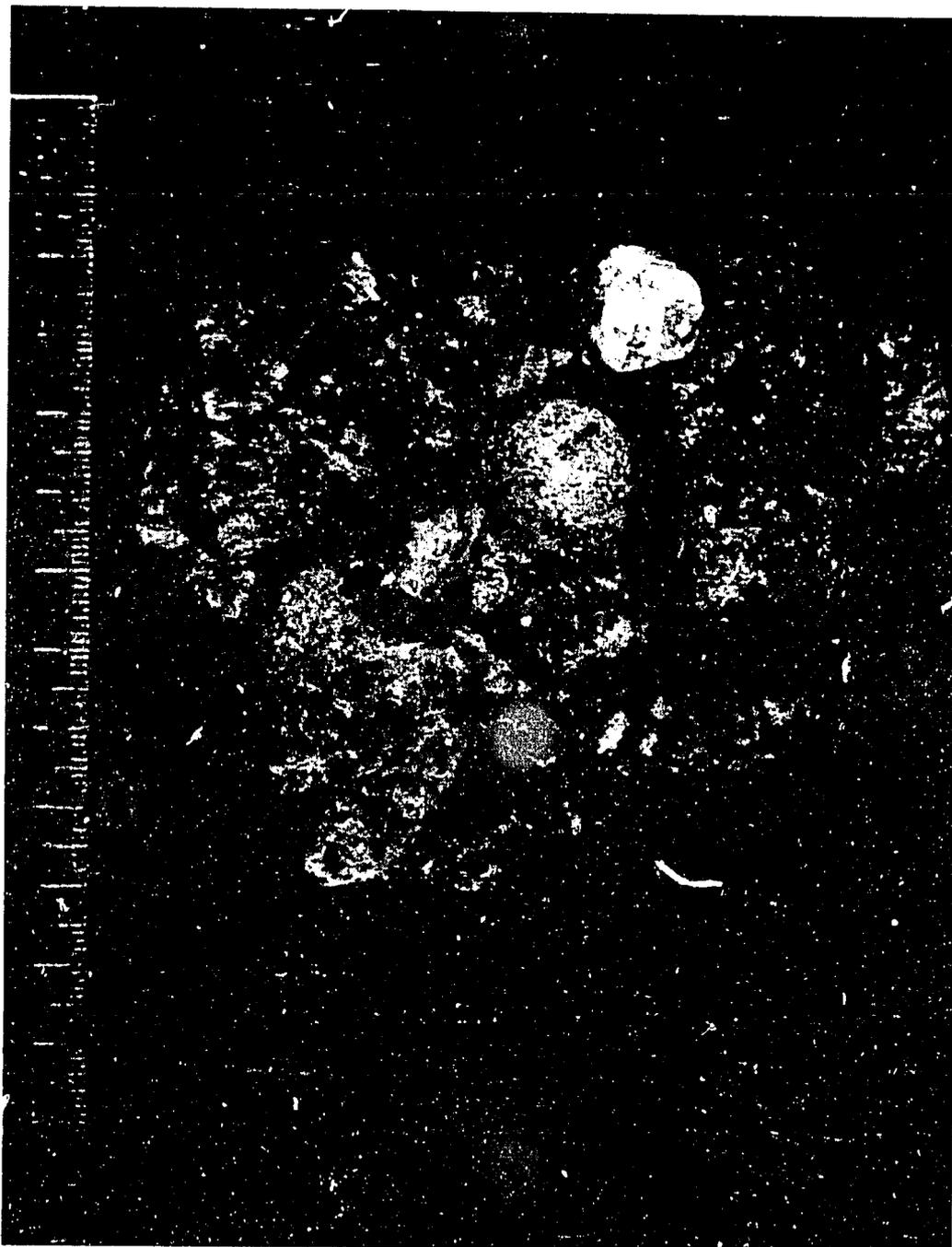


Fig. 3.20. Conglomérat contenant de l'or prélevé sur les berges de la rivière Diaguéri au Sénégal Oriental. La location exact est celle d'un pont en voie de construction sur la route de Saraya à Médougou. Les conglomérats forment une couche ayant de 15 à 50 cm d'épaisseur. Cet horizon qui contient de l'or repose sur une surface érodée et saprolitisée des schistes Dialé et est recouvert par 2.5 m de gravier, 1 m de latérite et quelques centimètres de sols sableux.

structure subcristalline à automorphe est signe d'une origine proche et d'un transport de courte durée.

Le PNUD (1963-1969) au cours de plusieurs missions a tenté d'évaluer l'emplacement des gisements alluviaux du Sénégal Oriental mais les résultats sont peu concluants. L'effort le plus soutenu faisait parti d'un programme de prospection à la recherche de diamants et par conséquent fut mené en parallèle. Le BRGU a néanmoins pris une vaste concession le long de la Falémé, depuis le sud de Limalo jusqu'à Satadougou Bafé. Cette bande du cours d'eau Falémé ainsi que d'autres au nord et au sud sont depuis longtemps connues pour leur production d'or et les horizons gravillonnaires plus profonds qui ne peuvent être atteints par des moyens manuels pourraient se révéler économiques si des dragues sont utilisées.

Le projet au cours de son interprétation Landsat a pu définir un certain nombre de vallées fossiles pour la Falémé parallèles à l'actuelle vallée. La plupart de ces vallées fossiles sont au Mali mais quelques-unes sont en territoire sénégalais. Elles auraient un bon potentiel pour des gisements alluviaux contenant de l'or.

Comme il a été mentionné plus haut, le projet a aussi proposé l'hypothèse selon laquelle la Gambie aurait été capturée au sud de Kédougou par le présent segment aval et qu'elle coulait auparavant au nord le long du Dialé. Si cette hypothèse est correcte, alors la totalité du bassin versant du Dialé qui repose sur les roches cristallines de la Série Dialé, devient une zone prioritaire pour la recherche de gisements alluviaux contenant de l'or. Par ailleurs les terrasses et les bas-fonds alluviaux suivant un axe Kédougou-Ségoto ont aussi un potentiel pour des gîtes alluvionnaires aurifères.

De l'étain, du tungstène et du platine pourraient aussi être trouvés dans ces dépôts et ont été cités en de nombreux endroits de ce secteur (Carte de l'Eau et des Minerais).

Un coup d'oeil rapide à la carte des gisements minéraux du Sénégal révèle la présence fréquente d'or (à la fois gisements alluviaux et roches dures) sous forme de couche ou sous forme disséminée. Cette omniprésence de l'or au Sénégal Oriental n'est pas surprenante. De la même manière en Guinée et au Mali certaines roches sont connues pour leur contenu d'or depuis de nombreuses années.

Les types de roches ayant un potentiel en or sont indiqués sur la carte par les numéros 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 ce qui n'inclut pas les gisements alluviaux. Les régions ayant les potentiels les plus élevés sont à notre avis 6, 9, 11 et 12. Nous nous sommes basés sur les premiers résultats d'exploration et sur les potentiels indiqués sur la carte.

Des estimations récentes des gisements d'or à Sabodala et la découverte d'or de grande valeur dans les roches siliceuses de la Série Bakel (communication personnelle, 1985, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar) semblent indiquer que le Sénégal Oriental n'a pas été

complètement exploré et devraient relancer l'effort d'exploration dans cette région.

Il est peu probable mais pas impossible que les gîtes alluvionnaires aient des teneurs et soient en quantités compatibles avec une exploitation minière rentable. Ces gisements apportent néanmoins un moyen supplémentaire de subsistance aux nombreux agriculteurs du Sénégal Oriental et devraient continuer à l'assurer quel que soit le prix de l'or. Cette production locale peut être un excellent moyen de localisation des dépôts de roches dures et pourrait aussi fournir au Sénégal une monnaie d'échange avec l'étranger. On estime toutefois que 80% de l'or amassé par les laveurs individuels est vendu au Mali et que seulement 20% de cet or est acheminé à Dakar.

Pour résoudre ce problème et pour aider à localiser de nouveaux gisements dans les roches dures, il a été proposé que le gouvernement sénégalais établisse des comptoirs pour acheter l'or provenant des gisements alluviaux à prix fixé. Chaque vendeur recevrait un reçu mentionnant le nom du vendeur, le village d'origine de l'or, le poids de l'or, etc... Un tel système permettrait au gouvernement non seulement d'augmenter ses réserves en or mais aussi fournirait aux géologues des données exactes concernant l'origine de l'or, leur permettant d'évaluer le potentiel de chacune des sources correspondantes. Les villages ayant les plus gros chiffres de production deviendraient l'objet de nouvelles explorations à la recherche des roches dures contenant de l'or.

b: Le Chrome

Les séquences ultrabasiques de la Série Mako et les équivalents serpentinisés plus jeunes de la Série Bakel près de Gabou offrent des potentiels en nickel, cuivre, chrome, platine et or dans des gisements en forme de cigare ou de veine.

L'obduction des ophiolites de la Série Mako et des séquences ultrabasiques associées date de l'Eburnéen tandis que les plus petites portions de roches ultrabasiques serpentinisées de la région de Gabou se sont probablement mises en place soit durant le Taconique-Calédonien soit pendant l'orogénèse hercynienne. Divers auteurs ont décrit ces roches mais il reste encore fort à faire pour évaluer le potentiel de ces gisements. Les dépôts de chromite à Gabou ont été explorés et décrits par plusieurs auteurs dont Petkovic (1967). Dans le cas de la Série Mako, un travail d'amplitude limitée a évalué le potentiel en chrome mais était essentiellement consacré à l'établissement des potentiels en cuivre et en nickel de ces roches.

La région de Gabou a été échantillonnée en deux endroits par le projet. Le premier site correspondait à une large colline à 7 km au nord de Gabou (Diabal) composée presque exclusivement de roches ultrabasiques. Celles-ci sont serpentinisées et contiennent de la chromite et des minerais alliés au chrome (Williamsite et des antigorites de chrome) qui sont facilement reconnaissables dans les échantillons prélevés à la main. La colline a environ 1 km de long et surplombe de

20 à 30 m les terres des alentours. Les contacts avec les autres roches forment des surfaces de friction et sont fortement faillés. La roche de base constituant la région est une phyllite ou un schiste finement stratifié et très altéré. Cette dernière ressemble à une nappe de charriage d'une roche formant le substratum telles celles trouvées dans le complexe igné de la Baie des Iles dans l'ouest de Terre Neuve au Canada (Smith, 1958).

L'autre site de prélèvement d'échantillons ultrabasiques se situe à 1 km au sud de Gabou. En cet endroit, les roches sont massives et très denses; elles seraient des équivalents métamorphisés de dunités. Ce site a été beaucoup plus étudié comme en attestent les nombreux trous et tranchées présents. Les échantillons V-33, V-33-B et V-34 (tableaux III-3 et III-4 de l'annexe A) proviennent de ce site et ont été analysés pour le chrome. Les dépôts de serpentine à Diabal contiennent 2250 ppm de chrome (échantillon V-34).

Les pyroxénites qui affleurent au niveau d'une large colline juste à l'ouest de Koulountou, sont très denses et massives et à l'occasion serpentinisées en couches très fines. La colline apparaît homogène dans son ensemble. Elle a été soigneusement étudiée par le BRGM (Plan minéral, 1985) pour la mise en évidence de nickel et de cuivre mais non de chrome.

Ces pyroxénites titrent jusqu'à 14 000 ppm de chrome. Ces fortes teneurs en chrome mises en évidence par le projet peuvent être considérées comme un résultat nouveau.

Bien que le BRGM ait identifié un filon couche ultrabasique qui ressemble à un complexe étagé, on ne considère pas (Plan minéral, 1985) que cette région ait un potentiel quelconque en nickel ou en cuivre. Le BRGM a néanmoins pris une large concession de la région de Koulountou et Kaneméré.

Quoique les résultats précédents ne puissent pas être considérés comme positifs, ils sont intéressants et doivent être replacés dans le contexte de l'histoire tectonique de la région. Les zones ophiolitiques et ultramafiques du Birrimien et de la Série Bakel doivent, selon nous, être à nouveau explorées dans le but de découvrir des sources de chrome et de localiser les séquences ophiolitiques typiques telles que les laves en oreiller et les sulfures fumeroliens et massifs associés.

Nous proposons donc que:

1. L'histoire tectonique et structurale des Séries Mako et Bakel soit ré-étudiée à partir de photographies aériennes et d'images Landsat, TM, SPOT, et si possible d'images radar.
2. Les données gravimétriques et magnétiques déjà existantes soient ré-analysées pour établir de façon définitive si la Série Mako est allogène ou autochtone.

3. Et en corrolaire du point précédent que ces données soient ré-analysées afin de localiser la zone de fondation des roches ultrabasiques des Séries Mako et Bakel.
4. La Série Mako soit analysée sur le plan de la pétrographie en vue de déterminer sa position relative dans la séquence typique de différenciation magmatique des péridotites (ce qui revient à poser les questions: ces roches appartiennent-elles aux sections gabbroïques supérieures du différentiel ou sont-elles apparentées à la zone de transition harzburgite/lherzolite (Leblanc et Violette, 1983).
5. La Série Mako soit revue avec pour objectif la recherche de gisements possibles d'or et de minéraux du groupe du platine.
6. Les roches marginales de cette série, c'est-à-dire la série des granites Kakadian soient revues en payant une attention particulière à la recherche de dépôts minéraux dans les séquences volcano-sédimentaires proches de l'axe d'expansion, tels ceux récemment trouvés à Oman (Alabaster et Pearce, 1985) en association avec des basaltes en oreiller et des laves d'obsidienne et de rhyolite.
7. Les données magnétiques et gravimétriques régionales soient ré-analysées dans la région de Gabou pour identifier les endroits où les roches ultrabasiques sont présentes.
8. La stratigraphie volcano-sédimentaire de la région de Gabou soit révisée en vue d'établir les relations entre les roches siliceuses et les centres volcaniques et d'évaluer leurs potentiels en or.

Les régions notées 6 et 11 sur la Carte de l'Eau et des Minéraux ont un potentiel en chrome et en minéraux apparentés (Pt, Ni, Cu, Au).

c: Plomb, Zinc, Minéralisation argentée

Cette famille de minéraux est souvent associée aux séquences de laves et aux dépôts volcano-sédimentaires qui sont liés aux systèmes de rift, tels que les ophiolites du Sénégal Oriental. Un certain nombre de modèles ont été proposés pour expliquer la présence de ces dépôts minéraux le long des centres d'expansion des océans (Hutchinson, 1983); toutefois aucun modèle ne semble répondre à toutes les conditions nécessaires d'une façon satisfaisante dans le cas du Sénégal Oriental parce que nous n'en savons toujours pas assez sur l'exacte chimie, la structure et la succession stratigraphique de cette région. Peut-être le meilleur modèle pour le Sénégal Oriental est une combinaison des ophiolites de Oman (Alabaster et Pearce, 1985) et du complexe ultrabasique de la Baie des Iles à Terre Neuve (Smith, 1958). L'implication essentielle à tirer de ce modèle combiné est que nous devrions trouver du plomb, zinc et de l'argent ainsi que du cuivre et de l'or dans les zones de convection hydrothermale à la base des oreillers de laves basaltiques le long de l'axe d'expansion d'un bassin marginal. Ces

roches devraient inclure en partie la série Dialé et les roches partiellement contemporaines de la chaîne Kakadian qui furent plus tard recristallisées (granitisation) pendant la compression et l'obduction de la Série Mako.

L'environnement créateur de minerais de la Série Kakadian est le plus proche du type d'environnement, primaire, hydrothermal, massif et sulfuré inhérent au modèle de l'axe d'expansion d'un bassin marginal. Toutefois les roches de la Série Dialé constituent aussi des environnements potentiels pour la production de minerais (Pb, Zn, Ag) surtout là où elles correspondent à des environnements métamorphisés équivalents à ceux du type sebkha que l'on pourrait trouver, selon nous, parmi les environnements marneux, calcaires et siliceux du secteur de Bandafassi-Ibel. Il est possible que la fluidification de ces roches, démontrée par des plis fins et serrés et des déplacements légers ait été le résultat d'une forte teneur en eau et en anhydrite qui auraient joué le rôle de lubrifiant pendant la compression et le charriage. Ces roches auraient au cours de la sédimentation accumulé de fortes teneurs en ions métalliques en raison de leur situation à proximité de l'axe d'expansion du bassin marginal. Ces métaux se seraient alors concentrés soit dans des saumures soit suite à une activité biologique soit du fait des deux. De plus les dépôts de type Kuroko ne devraient pas être exclus pour les unités cartographiques 2, 6, 8, 9, et 10.

Pendant le travail sur le terrain, le projet a trouvé une nouvelle zone de prospection pour le plomb, le zinc et l'argent dans une séquence de marbres au nord-ouest de Bandafassi. Dans le premier site d'échantillonnage correspondant à une petite carrière de marbre, la minéralisation du plomb et du zinc était apparente sous forme de petites veines. L'échantillon prélevé (n°35) titrait 11 ppm de Zn, 105 ppm de Pb et 1,2 ppm de Ag. Le second échantillon (n°37) fut prélevé en tant qu'éclat dans les couches calcaires à fort pendage bordant un marigot le long du flanc ouest d'une petite intrusion de monzonite à 3 km au nord-ouest de Bandafassi. Les échantillons V-37 à V-37-V ont de faibles teneurs en zinc (jusqu'à 62 ppm) et titrent jusqu'à 1,7 ppm d'argent.

Ces deux découvertes ne sont pas très encourageantes mais elles indiquent que ce secteur a un potentiel qui mérite d'être prospecté plus à fond. Une autre région qui semble prometteuse pour des accumulations de métaux précieux borde la Guinée (région n°4 sur la carte). La Série Ségou-Madina Kouta affleure dans cette région. A la base de cette série se trouve une couche jaune riche en métaux (formation jaune) dont les potentiels en dépôts métallifères accumulés de façon syngénétique ou biologique pareils à ceux de Daniels Harbor à Terre Neuve et de la ceinture de cuivre de la Zambie méritent d'être évalués. Il doit être noté que les séquences stromalitiques sont d'excellents points de repères des dépôts métallifères dans les exemples précédents et qu'elles doivent être utilisées lors de la recherche des métaux non précieux dans la Série Ségou-Madina Kouta.

d: Etain, Molybdène, Tungstène, Lithium, Niobium, Tantalum et autres minerais exotiques et rares (régions 1,2,3,5,7, et 12)

Ces éléments sont en général présents en association aux plutons acides ignés, leurs équivalents extrusifs et leurs séquences granitiques telles que rhyolites, tufs acides, pegmatites et autres séries anorogéniques. Un mouvement subcrustal serait responsable des phénomènes de migmatisation et de granitisation (Saraya, Boboti) du Sénégal Oriental de même que de l'emplacement post-orogénique des granites de type Boundoukou.

Dans le cas des granites de Saraya et de celui de la minéralisation de leur uranium, nous pouvons paraphraser Curney (1978) qui résume les dépôts similaires de Bois-Noir dans le Massif Central en France de la façon suivante: les granites de Bois-Noir proviennent de l'anatexie des sédiments riches en uranium dans des conditions proches d'un faciès à granulites. La température d'anatexie est estimée à 800°C. Le magma fut mis en place syntectoniquement suivant une structure orientée est-ouest dans un environnement crustal plus élevé non métamorphique. Tandis que la masse refroidissait, les fluides magmatiques de la dernière phase sont remontés altérant les minéraux contenant l'uranium; ils ont dissous l'uranium et l'ont remobilisé. Cet uranium s'est ensuite redéposé dans une matrice hydrothermale telle que l'uraninite et fut plus tard le site de formation de greisens. Un tel scénario est confirmé par les travaux faits dans le Nova Scotia (Canada) qui ont mis en évidence de hautes teneurs en uranium dans les granites d'anatexie du Devonien. Les inclusions d'uranium coïncident aux extensions des anomalies magnétiques linéaires présentes dans les terrains métamorphiques contigus du Groupe Paléozoïque de Meguma. Les anomalies magnétiques ont été interprétées (Stancioff, 1978) comme des accumulations de gisements de plages à minerais lourds dans la séquence métasédimentaire. Les accumulations ont tendance à être plus importantes à chaque fois que les alignements structuraux régionaux (NO/SE) croisent les anomalies magnétiques (c'est-à-dire là où les cours d'eau coulant suivant ces directions générales ont déposé leurs charges de minerais lourds dans les dépressions).

Malheureusement le COGEMA n'a communiqué aucune information au projet et par conséquent on n'a pas pu évaluer le potentiel en uranium; on ne peut que proposer que l'anomalie magnétique très forte (4000 gamma) présente dans le coeur du synclinal de Saraya contienne des petits dépôts titrant probablement 1 à 2% d'uranium qui devraient se situer à l'intersection des failles nord-ouest/sud-est apparentées aux failles pré-tectoniques et aux contrôles de drainage.

Les roches granitiques de Saraya et les roches similaires de la région, en particulier les roches de la Série Koulountou et les granites qui leur sont associés doivent être soigneusement explorées pour des minerais d'étain et de tungstène. Des dépôts majeurs d'étain ont été trouvés dans le Nova Scotia et le New Brunswick dans des terrains similaires par Billiton et Shell. Les environnements spécifiques de l'étain et du tungstène sont difficiles à localiser mais sont typiquement associés à la granitisation anatexique avec formation de

greisens et dans le cas du Mt. Pleasant dans le New Brunswick ils sont associés à un enrichissement hydrothermal postérieur à la granitisation qui résulte du volcanisme acide mississipien.

La recherche de tantalocolumbite et d'étain-tungstène devrait être continuée dans les granodiorites de type Boboti (région 5) de même que dans les roches birrimiennes de la rive est de la Falémé (région 10) où des phénomènes de pegmatisation devraient avoir prévalu. Les intrusions de monzonite et de diorites quartziques de la dernière phase devraient aussi continuer à être un point de focalisation de l'exploration pour les porphyres à molybdène et cuivre.

En fonction de l'important travail réalisé par divers et nombreux groupes au Sénégal Oriental, la recherche de gisements diamantifères au Sénégal ne paraît pas avoir beaucoup d'avenir. Toutefois la région ne devrait pas être considérée comme stérile pour une extraction rentable de diamants à partir des gisements associés aux roches du Birrimien en Côte d'Ivoire et au Ghana. Au Mali à Kéniéba les kimberlites du Crétacé (Bardet, 1974) contiennent quelques diamants. Il est intéressant de constater que M.G. Bardet a proposé une mise en place de ces kimberlites à Kéniéba le long d'un arc, ce qui correspond à l'explication proposée par le géologue du projet pour rendre compte de la position des réseaux hydrographiques du Sénégal et de la Falémé et de la pénurie en dolérites dans cette arche.

De façon évidente le potentiel en diamants du Sénégal Oriental doit être considéré comme mineur.

Le potentiel sénégalais des plages pour le minerai de fer et les autres minerais lourds a été discuté dans le Plan minéral (1985) d'une manière plus que satisfaisante; en fonction du faible rapport économique attendu pour le minerai de fer surabondant et des fortes teneurs en ilménite par comparaison à la part des minerais lourds de plus grande valeur (monazite, zircon), il semble injustifié de poursuivre l'exploration pour ces dépôts métallifères.

3. CONCLUSION

Tout investissement dans le développement des ressources minérales du Sénégal devrait se concentrer sur les minerais de hautes valeurs en particulier or, argent, tungstène et chrome. Les minerais qui sont surabondants comme le fer, le cuivre, le nickel ne devraient être recherchés que dans un second temps. Si le Sénégal veut gagner sur le plan des échanges avec l'étranger, il doit localiser les dépôts minéraux ayant une valeur marchande et il ne doit pas concourir sur le marché mondial où les prix dépréciés pourraient affecter négativement l'économie du pays qui aura à emprunter de grosses sommes pour développer ces ressources.

Pour que le secteur minier sénégalais se développe, il faudrait que de nouvelles et de meilleures cartes du Sénégal Oriental soient produites au 1:50 000^e et qu'elles soient distribuées par les organismes internationaux qui pourraient fournir une assistance lors de l'effort de cartographie.

3.10 HYDROLOGIE

3.10.1 Introduction

Des travaux de détail fort nombreux décrivent un grand nombre des aspects de l'hydrologie au Sénégal. Malheureusement, seulement quelques travaux font la synthèse de cette masse de données. Le Sénégal a encore besoin d'un document qui rassemble cette information et qui en déduise une évaluation des disponibilités en eau, des besoins réels des divers secteurs de l'économie et du vrai potentiel de la masse territoriale sénégalaise comme réservoir à eau.

Le travail réalisé par le projet ne peut apporter aucune solution finale à l'un ou l'autre des problèmes précédents. Nous avons essayé d'évaluer l'information déjà existante, d'amasser de nouvelles données, d'interpréter ces données anciennes ou nouvelles (Landsat) et de recommander ce que beaucoup avant nous avaient suggéré. La conclusion à laquelle nous sommes parvenus sur le terrain est que les couches aquifères du Sénégal doivent être soigneusement et scientifiquement testées si l'on veut établir leurs potentiels.

Un travail récent, Le Projet d'Etude Hydrogéologique de la bordure Méridionale du Ferlo entre Kaffrine et Tambacounda (1983) propose de faire l'analyse Landsat de cette région. Ce projet est actuellement supervisé par le Directeur des Etudes Hydrauliques. Une première analyse Landsat a été faite par J. Le Priol, consultant auprès du Ministère de l'Hydraulique. Ce travail entre autres est la preuve que des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer les ressources hydrologiques du Sénégal.

Mis à part le fait que les données hydrologiques ont peu ou n'ont pas été intégrées, deux autres domaines posent problème: quels ont été les effets du dernier cycle de sécheresse sur les réserves en eau au Sénégal? Quelle est la nature des contrôles structuraux des nappes aquifères au Sénégal? Pour tenter de répondre à ces deux questions, nous avons divisé notre travail concernant l'hydrologie du Sénégal en deux parties, à savoir l'interprétation Landsat et le travail de terrain suivi de l'analyse et de la comparaison des mesures faites sur le terrain.

L'interprétation Landsat et celle des données déjà existantes ont fourni les informations suivantes:

1. La structure des couches aquifères du Bassin Sédimentaire Sénégalais est complexe. Par déduction, elles ne peuvent être considérées comme continues ni comme ayant des épaisseurs croissantes d'est en ouest comme cela avait été proposé.
2. Un certain nombre de rivières fossiles sont présentes dont l'existence avait jusqu'alors été insoupçonnée.
3. Les structures (fractures, failles) contrôlent les réservoirs en eau du Bassin Sédimentaire.

Les données prélevées sur le terrain suggèrent que :

1. Des abaissements du niveau de certaines nappes phréatiques ont eu lieu dans des régions spécifiques.
2. En général le niveau de la nappe phréatique ne s'est pas abaissé mais les besoins en eau des populations ont exercé une forte pression sur les puits existants.
3. Les puits ne sont pas assez souvent nettoyés. La demande augmentant, les puits devraient être nettoyés au moins deux fois par an.
4. Les puits n'atteignent souvent que le sommet de la couche aquifère.
5. Des contaminations par des eaux salées ont eu lieu en particulier dans le Sine Saloum et le long de la Petite Côte.

3.10.2 Présentation Générale

Une estimation des données amassées par le projet et par les travaux antérieurs doit tenir compte du savoir accumulé par les paysans sénégalais. "L'inconscient collectif" des peuples vivant au Sénégal a défini des zones d'établissement bien avant les temps coloniaux. Les paysans sénégalais savaient où trouver l'eau non pas parce qu'ils étaient capables de déterminer scientifiquement sa présence, mais parce que des générations d'agriculteurs sénégalais de toutes ethnies ont pendant des milliers d'années survécu (comme ont survécu la plupart des peuples du Sahel et du Sahara) au déclin des précipitations observé en Afrique du nord et ont par expérience choisi les sites où ils étaient certains que les eaux superficielles ou souterraines assureraient leurs besoins.

Les dépôts lacustres du Sénégal ont été datés au moyen du carbone 14 entre 12 000 et 7300 A.P. (Michel, 1973). D'épais dépôts datant de la même période contenant du pollen de fougères ont aussi été mis en évidence dans la vallée du fleuve Sénégal, ce qui témoigne d'un climat beaucoup plus humide jusqu'aux environs de 7000 A.P. (Désertification: ses causes et conséquences, 1972). La majorité de l'eau fraîche contenue dans les couches aquifères superficielles du Sahara et du Sahel s'est probablement accumulée à cette période plus humide. Aux alentours de 7000 A.P., le renouveau d'un climat plus sec a commencé et s'est probablement prolongé jusqu'à 700 A.D. date à laquelle une courte période plus humide a permis à la végétation de stabiliser la plupart des dunes qui traversent le nord et le centre du Sénégal. Depuis 1000 A.D. environ, le climat est devenu progressivement plus sec et a forcé les peuples habitant la région à rechercher la sécurité des larges cours d'eau, des nayas ou des cours d'eau intermittents qui maintiennent un approvisionnement en eau continu près de la surface. Il est clair que les populations indigènes du Sénégal ont depuis au moins la fin du Paléolithique (± 8000 A.P.) été préoccupées par l'accès à des réserves en eau stables et connaissent les régions où elles existent.

Si les paysans sénégalais ont une bonne perception de leur environnement hydrologique alors quels sont les problèmes que nous avons à résoudre? "L'industrialisation" du secteur agricole de l'Afrique occidentale au cours des 19^e et 20^e siècles exerce une forte pression sur les réserves en eau de l'Afrique du nord et de l'ouest. Avant l'arrivée des Européens, les Africains du nord et de l'ouest avaient établi une relation de stabilité avec leur environnement hydrologique grâce à la connaissance historique qu'ils en avaient. L'industrialisation de l'agriculture et l'augmentation des populations due en partie à l'éradication de nombreuses maladies ont résulté en un accroissement important des populations peuplant les terres arables mais relativement sèches du centre-ouest du Sénégal. La pression accrue a asséché les nappes aquifères supérieures et a conduit à la recherche forcée d'eau dans des couches plus profondes.

Un autre domaine de préoccupation est le développement depuis les années 50 de puits profonds (forages) dans le Ferlo, qui ont approvisionné en eau de manière continue (tout au long de l'année) les troupeaux qui autrefois n'y séjournaient que très peu de temps. La période normale de pâturage dans le Ferlo dépendait de la durée des mares temporaires alimentées en eau de pluie. Les bonnes années (humides) elles pouvaient subsister jusqu'au début de janvier; en années sèches, elles ne duraient que jusqu'à la fin novembre. Du fait du forage de ces quelques puits dans le Ferlo, la taille des troupeaux s'est augmentée et de vastes portions de la partie nord du Ferlo, très fragile, sont broutées toute l'année. L'élimination de leur couvert herbeux crée de nouvelles zones sensibles à l'érosion éolienne. Les régions plus particulièrement affectées sont celles entourant les puits où des milliers d'animaux piétinent, détruisant le couvert végétal et créant des zones stériles sur 5 à 10 km. Ces facteurs s'ajoutent au déficit récent en précipitation et ont des effets désastreux sur l'environnement et les populations sénégalaises.

3.10.3 Revue Bibliographique

La littérature traitant de l'hydrologie du Sénégal est abondante. La fraction utilisée par le projet est citée en bibliographie accompagnée du symbole "H". Les ouvrages le plus souvent consultés par le projet sont des livres généraux et les résultats de quelques travaux que nous avons comparés aux résultats de notre travail sur le terrain. Les livres ayant le plus d'intérêt sont: P. Michel, 1973, Les Bassins des fleuves Sénégal et Gambie: Etudes géomorphologiques; R. Dégallier, 1962, Hydrogéologie du Ferlo septentrional; P. Elouard, 1962, Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla Mauritanien et de la vallée du Sénégal; H. Audibert, 1970, Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal; C. Rochette, 1974, Le Bassin du fleuve Sénégal; Schéma national d'aménagement du territoire, 1984; la Notice explicative de la carte hydrogéologique du Sénégal au 1:500 000^e par J. Depagne et H. Noussu.

3.10.4 Les Caractéristiques Hydrologiques Majeures du Sénégal

3.10.4.1 L'eau Superficielle

A. Précipitations

Les caractéristiques pluviométriques du Sénégal ont été discutées dans le chapitre II et sont récapitulées sur les cartes 2.3 à 2.5 et dans les tableaux 2.1 à 2.3. Un résumé et une analyse des données permettent de tirer les conclusions suivantes:

1. Les précipitations (carte 2.3) de la région au nord de l'isohyète 1000 mm sont probablement insuffisantes pour assurer le renouvellement des couches aquifères de surface et le sont totalement pour les couches profondes.
2. Les précipitations de la région au sud de cet isohyète assurent le renouvellement des couches aquifères superficielles et profondes.
3. Les précipitations dans les régions au sud de l'isohyète 1000 mm sont suffisantes pour donner des eaux de ruissellement qui vont augmenter les volumes d'eau transportés par la Gambie, la Casamance, la Falémé et le Sénégal.
4. Les précipitations dans les régions au sud de l'isohyète 1000 mm sont causes d'érosion au Sénégal Oriental.
5. Les régions comprises entre le nord de l'isohyète 1000 mm et le sud de l'isohyète 500 mm reçoivent suffisamment d'eau pour les activités agricoles sous pluies pendant les années ayant des précipitations normales ou supérieures à la normale.
6. Les précipitations dans les régions au nord de l'isohyète 500 mm sont en général insuffisantes pour des activités agricoles normales et dans ces régions les rendements agricoles sont faibles sauf là où les cultures sont irriguées ou inondées par le fleuve Sénégal.
7. Les précipitations dans les régions au sud de l'isohyète 500 mm alimentent en eau des mares temporaires qui se maintiennent jusqu'au début janvier (sauf les années exceptionnellement sèches) et fournissent l'eau nécessaire au cheptel bovin.
8. Les précipitations au nord de l'isohyète 500 mm alimentent en eau des mares temporaires qui persistent jusqu'au début décembre et n'assurent que temporairement les besoins en eau du cheptel bovin.

B. Evaporation

Le tableau 2.3 donne les taux d'évaporation au Sénégal. Ils sont particulièrement élevés pour les régions au nord de l'isohyète 500 mm.

D'après P. Michel (1973) les taux d'évaporation au Sénégal varient journalièrement entre 3 et 8 mm de décembre à janvier. Linguère détiendrait le taux record avec 10,2 mm/jour en avril. Pendant la saison des pluies, les taux d'évaporation tombent à 1,2 à 2,5 mm/jour à Linguère. Le long des côtes les taux d'évaporation ne dépassent pas 4 mm/jour et ne sont que de 1,4 mm/jour en mai.

Comme il apparaît dans la discussion précédente, les taux d'évaporation annuels au Sénégal varient énormément d'une place à l'autre. A St. Louis le taux annuel est de 900 mm. Il est de 1750 mm à Tambacounda, 1770 mm à Podor et 2400 mm à Linguère. Ces valeurs sont évidemment théoriques et correspondent aux taux potentiels d'évaporation, puisque à l'exception du lac de Guiers, de la plaine d'inondation du fleuve Sénégal et de quelques mares et niales il y a très peu d'eau libre qui puisse être évaporée. De tels taux d'évaporation signifient que toute surface d'eau libre restant à la fin de la saison des pluies est très rapidement perdue par évaporation.

Les quantités totales d'eau perdues par évaporation par la masse territoriale sénégalaise doivent aussi inclure l'eau perdue lors de la respiration de la couverture végétale. Ces pertes peuvent atteindre la valeur théorique maximale de 217 mm par an (Michel, 1973). Une seconde cause importante de pertes en eau est l'évaporation due aux feux de brousse. Environ 60% du Sénégal brûle chaque année. Les feux prévalent dans le Ferlo, le Saloum Oriental, le Sénégal Oriental et la Haute Casamance dont chaque année 50 à 60% brûle. Ces feux de brousse sont causes de la dessiccation des sols en surface et ils drainent les eaux de la nappe phréatique superficielle de même qu'ils augmentent l'évaporation dans les régions parce qu'ils élèvent les températures.

C. Ruissellement

Il n'est pas nécessaire de discuter ici les caractéristiques du débit des fleuves Gambie et Sénégal comme ce sujet a été largement traité et d'une manière exhaustive par divers auteurs (Rochette, 1974; Michel, 1973; etc...). Il suffit de mentionner que seulement quelques affluents du Sénégal au nord de Bakel ont un débit suffisant pour maintenir un certain écoulement aux points où ils confluent avec ce fleuve. En fait les crues du Sénégal remontent le cours inférieur de ses affluents. Ce fleuve au nord de Bakel reçoit peu d'eau de la part de ses affluents sauf dans le cas de pluies torrentielles pendant lesquelles ils ont une existence temporaire. Ces conditions sont en vigueur sur l'ensemble du Sénégal au nord de l'isohyète 750 mm. Dans les régions au sud de cette ligne et en particulier là où le Sénégal et ses affluents coulent sur des roches cristallines, le débit est beaucoup plus important. Néanmoins ces cours d'eau sont seulement intermittents et sont à sec pendant la saison sèche comme on peut le voir sur la photographie de la Falémé prise à Nayé (Fig. 3.18).

Un certain ruissellement sur l'ensemble du Sénégal fait suite à des pluies excessives mais a tendance à être rapidement absorbé par les sols sableux et demeure limité par l'aspect local des pluies. Dès que les gouttes de pluie touchent le sol, la majorité sont ou absorbées ou

évaporées; les quelques gouttes en excès ruissellent et sont recueillies par les lits asséchés des cours d'eau fossiles où elles pénètrent rapidement les sédiments et forment des nappes d'eau à divers niveaux dans le lit de ces cours d'eau. Au Sénégal Oriental, l'eau non seulement occupe le lit de ces rivières asséchées mais aussi s'infiltré dans le système de fractures et de fissures du socle paléozoïque et précambrien et constitue ainsi une nappe d'eau qui est exploitable mais difficile à atteindre par des moyens autres que mécaniques. De la même manière les cours d'eau intermittents du Bassin Sédimentaire Sénégalais accumulent les eaux de ruissellement dans les vallées souterraines qui ont été creusées dans les formations environnantes datant du Continental Terminal (Oligo-Miocène), de l'Eocène, du Paléocène et du Maestrichtien quand cette formation se trouve proche de la surface. Par conséquent les principales couches aquifères du Bassin Sédimentaire Sénégalais qui n'affleurent pas sur de larges portions du bassin, peuvent être réapprovisionnées en eau grâce aux eaux de ruissellement collectées par les vieilles vallées fossiles (quoique l'inverse puisse être également vrai). Un exemple de site où le ruissellement pourrait réapprovisionner la couche aquifère du Maestrichtien se situe au nord de Dagana là où le Maestrichtien se rencontre à 20 m en dessous du lit du fleuve Sénégal.

Les eaux de ruissellement causent une certaine érosion notamment lors de pluies torrentielles (Fig. 3.21). Une telle érosion se produit particulièrement dans le bassin de la Gambie; les petits cours d'eau coulant depuis le Ferlo vers le sud y sont en retrait comme l'affaissement de la dépression de la Gambie et de la Casamance provoque une accentuation des pentes. Une érosion importante à moyenne se produit également en amont des bassins de la Gambie et de la Casamance ainsi que dans celui de la Falémé et de ses affluents.

D. Conclusions Concernant l'Eau Superficielle

Il est difficile d'établir un bilan de l'eau au Sénégal en raison de la complexité des relations entre les précipitations, l'évaporation, la transpiration, l'humidité, la température, les feux de brousse et même les effets de la mise en culture et d'autres facteurs mineurs mais encore plus compliqués. On estime que l'évapo-transpiration au Sénégal restitue plus de 60% de l'eau de pluie à l'atmosphère les années à excès pluviométrique et jusqu'à 100% les années à déficit pluviométrique. L'excès d'eau des années à forte pluviométrie, soit reconstitue les réserves en eau du système souterrain, soit ruisselle et alimente les cours d'eau. Nous pouvons donc conclure que pour une région recevant en moyenne 750 mm de pluie, au plus 350 mm (soit 40%) s'ajoutent à la nappe phréatique de cette région. En années à déficit pluviométrique, aucun renouvellement ou réapprovisionnement des eaux de la nappe phréatique ne peut cependant être espéré. Nous pouvons donc supposer qu'au cours des 15 dernières années de sécheresse peu ou pas d'eau n'a été apportée aux nappes phréatiques sénégalaises de faible profondeur dans les régions recevant moins de 750 mm de pluies.



Fig. 3.21. Ravinement peu profond dans le Ferlo au sud de Mboune. Ce type d'érosion devient plus important à mesure que l'on va vers le réseau hydraulique de la Gambie. Avril 1984.

3.10.4.2 L'Eau Souterraine

Il existe au Sénégal un certain nombre de niveaux souterrains proches de la surface où l'on rencontre de l'eau. Dans chaque cas, les conditions sous lesquelles l'eau est recueillie, ses mouvements, sa qualité et les quantités d'eau sont différentes. On peut néanmoins classer ces divers types de sources d'eau en deux catégories (profondes et peu profondes) en se basant sur la profondeur à laquelle elles se situent. Dans de nombreux cas, ces nappes d'eau ont tendance à s'influencer mutuellement là où elles sont en contact. Ces relations sont toutefois très mal connues comme elles sont sous le contrôle du degré de perméabilité du contact entre les formations et des relations structurales entre unités.

A. Couches Aquifères Profondes

Les couches aquifères profondes au Sénégal sont toutes des formations sédimentaires datant du Crétacé au Tertiaire. La plus profonde est connue sous le nom de "nappe profonde du Maestrichtien". Deux autres moins profondes et moins continues prennent place dans le Paléocène et l'Eocène.

1. LA COUCHE AQUIFERE DU MAESTRICHTIEN

Le nom Maestrichtien réfère à l'âge relatif (Crétacé Supérieur) de cette formation qui couvre en profondeur presque tout le Bassin Sédimentaire Sénégalais. Les informations concernant cette couche aquifère et son potentiel en eau citées ci-après proviennent de diverses sources:

Age:	Crétacé Supérieur, Maestrichtien
Lithologie:	Essentiellement des sables continentaux et des sables grossiers avec à l'occasion des intercalations de matériaux argileux et calcaires; vers l'ouest la lithologie devient plus argileuse.
Epaisseur:	Le long du bord est du bassin, l'épaisseur de cette formation est approximativement de 80 m et varie à mesure que l'on va vers l'ouest. Cette épaisseur est fonction des caractéristiques du substratum du bassin. En général elle s'épaissit jusqu'à atteindre environ 300 m au centre du bassin (Diourbel) et jusqu'à atteindre 1000 m au large du Sénégal. L'épaisseur moyenne est de 200 m.
Superficie:	+ 130 000 km ²
Quantité d'eau:	2.6 10 ¹² m ³
Profondeur de la nappe d'eau:	Variable en surface dans le horst de Ndiass, 20 m à l'ouest de Dagana, 600 m à l'ouest de Oussouye dans la Casamance, + 500 m dans un petit bassin au nord de Tambacounda.

Qualité de l'eau:	500 mg/l de résidus
Consommation actuelle:	Entre 10 et 20 million m ³ /an
Renouvellement:	Possiblement assuré le long du fleuve Sénégal entre Matam et Diaba-Dekle. Probable à l'est de Dagana. Mineur mais certain dans le horst de Ndiass. Autres sources peu probables.
Contamination:	Quelques infiltrations d'eau salée possibles au contact occidental avec l'océan Atlantique. Des infiltrations d'eaux salées sont également possibles dans la région à l'ouest du 14°30' à partir des formations sous-jacentes plus vieilles contenant des eaux salées.
Pertes en eau:	Pertes en eau possibles au profit des séquences du Paléocène et de l'Eocène qui reposent sur cette formation.
Potentiel par puits et par jour:	3500 m ³
Origine de l'eau:	Fossile (Crétacé, Paléocène)
Porosité:	Bonne, 10% ou plus
Perméabilité:	En général bonne. Des tests effectués à Kaolack montrent qu'à cet endroit la perméabilité entre puits est élevée.
Divers:	L'eau à l'occasion artésienne dans la vallée du Saloum monte souvent à 40 m de la surface, ce qui permet un échange entre puits profonds et peu profonds (puits/forages).

2. LA COUCHE AQUIFÈRE DU PALEOCENE

La couche aquifère du Paléocène consiste essentiellement en calcaires, argiles et en sables calcaires. Cette nappe fournit de l'eau à une vaste portion du Sénégal occidental, en particulier au sud de Thiès et dans la péninsule du Cap Vert là où des canaux karstiques dans les calcaires du Paléocène sont réalimentés par la couche sous-jacente de sables du Maestrichtien. Deux sources majeures approvisionnant le Cap Vert (Dakar) puisent leurs eaux dans ce réservoir, à Sébikhotane et à Pout. Les caractéristiques de la nappe aquifère du Paléocène peuvent être résumées comme suit:



Fig. 3.22. Puits à la mission catholique de Ndiaganiao. Le puits est creusé dans des marnes et des calcaires fossilifères datant probablement du Paléocène. A 8 m de profondeur, le puits est toujours sans eau. Le puits visible en arrière plan a 13 m de profondeur et présente seulement quelques traces d'eau.



Fig. 3.23. Un groupe d'environ 20 stagiaires avec leurs instructeurs pendant une expédition sur le terrain à la fin de 1984. Font partie de ce groupe, les spécialistes de ressources de la DAT, de l'université de Dakar, de l'ENEA. Cette sortie correspond à l'un des 5 séminaires organisés par le projet. Location: carrières des calcaires du Paléocène à l'est de Pout.

Age:	Paléocène Inférieur
Lithologie:	Essentiellement des calcaires, des calcaires marneux, des marnes avec des horizons sableux et argilo-sableux (figs. 3.22 et 3.23).
Epaisseur:	L'épaisseur maximale a été trouvée lors de forages à Rufisque (300 m). Pour le reste du bassin l'épaisseur varie de 40 à 120 m (Carte Hydrologique).
Superficie:	± 120 000 km ²
Quantité d'eau:	Inconnue
Profondeur de la nappe d'eau:	Variable, à ou près de la surface dans la falaise de Thiès et de Thiès à Fadiout.
Qualité de l'eau:	Variable, 400 mg/l à Pout.
Consommation actuelle:	15 à 20 million de m ³ /an (essentiellement par Dakar à partir des 7 puits de Pout et Sébikhotane).
Renouvellement:	Le réapprovisionnement est probablement continu à partir de la couche aquifère du Maestrichtien sous-jacente. Dans la partie orientale du Bassin Sénégalais, les sédiments du Paléocène et du Maestrichtien consistent en des faciès sableux continus qui permettent des échanges d'eau entre le Maestrichtien et le Paléocène.
Contamination actuelle:	Les sédiments du Paléocène qui affleurent le long de la Petite Côte permettent un apport d'eau marine salée océanique dans les canaux karstiques du Paléocène (Fig. 3.24). Dans le Paléocène Supérieur, des faciès marins chimiquement déposés ont une haute teneur en sels dissous. Ils sont difficiles à localiser car ils peuvent avoir une distribution très locale.
Pertes en eau:	Le Paléocène probablement perd de l'eau au profit de l'Atlantique le long de la Petite Côte.
Potentiel par puits par jour:	Variable, de ± 7500 km ³ /jour à Sébikhotane
Origine de l'eau:	Variable, partiellement une eau de constitution et partiellement une eau d'infiltration provenant de l'aquifère sous-jacente du Maestrichtien.

Porosité: En général faible sauf dans les reliefs karstiques et les faciès sableux.

Perméabilité: En général faible sauf pour les faciès sableux.



Fig. 3.24. Relief karstique dans du calcaire du Paléocène à l'est de Tasset à Keur Ndiogou Ndiaye. Septembre 1984.

3. COUCHES AQUIFERES DE L'EOCENE

La composition lithologique des trois niveaux de sédiments de l'Eocène est extrêmement variable latéralement et verticalement. Seulement à certains niveaux de l'Eocène moyen (Lutétien Supérieur) les calcaires s'avèrent être de bonnes couches aquifères. Ils sont en général situés dans le nord-ouest du Sénégal. Beaucoup des puits de village de cette région puisent les eaux de ces couches. Le potentiel des couches aquifères de l'Eocène est difficile à déterminer et demande des travaux supplémentaires. Les caractéristiques des couches aquifères de l'Eocène Inférieur et de l'Eocène moyen sont résumées ci-dessous:

Age:	Yprésien et Lutétien
Lithologie:	Fortement variable sur les plans vertical et horizontal; composée essentiellement de marnes et de calcaires d'origine et de composition variables. Les modifications latérales affectant la lithologie gênent de façon considérable la recherche pour l'eau.
Epaisseur:	L'Yprésien varie entre 40 et 120 m; il atteint son épaisseur maximale, soit 200 m, au sud du delta du Sénégal. A sa base se trouve une couche imperméable d'attapulgites. La profondeur du Lutétien varie de 100 à 140 m tout au long du Bassin Sédimentaire Sénégalais. Près de St. Louis les formations de l'Eocène Moyen ont plus de 200 m d'épaisseur.
Superficie:	$\pm 120\ 000\ \text{km}^2$
Quantité de l'eau:	Inconnue
Profondeur de la nappe d'eau:	Variable; affleure par endroits dans le Sénégal occidental et le long du fleuve Sénégal; est couverte par 180 m de sédiments plus jeunes dans la Casamance. Dans l'ouest et le centre-ouest du Sénégal, cette séquence alimente de nombreux puits et se situe entre 20 à 60 m de la surface.
Qualité de l'eau:	Variable, souvent fortement alcaline et parfois salée.
Consommation actuelle:	Inconnue, 1500 puits y puisent probablement $\pm 5\ \text{m}^3$ par jour soit un total de $7500\ \text{m}^3/\text{jour}$.
Renouvellement:	Là où ces formations sont en contact avec les couches perméables sur jacentes, le réapprovisionnement peut s'effectuer par percolation des eaux de pluies.

Contami- nation:	Est probable depuis l'estuaire du Sine Saloum et au contact des formations avec les eaux océaniques dans le Cap Vert et le long de la côte de Cayor.
Pertes en eau:	La plupart des horizons qui contiennent de l'eau forment des lentilles plutôt que des couches et de ce fait perdent probablement moins d'eau au profit des couches environnantes.
Potentiel par puits par jour:	Inconnu bien que deux puits à l'est de Louga creusés par le projet SERPA s'alimentent probablement sur l'Eocène Inférieur. Ils ont respectivement 61 m et 63 m de profondeur et débitent 163 m ³ /h et 180 m ³ /h.
Origine de l'eau:	Probablement eau d'infiltration provenant des couches supérieures à une période de précipitations plus abondantes.
Porosité:	Bonne dans certaines régions (dans les lentilles).
Perméabilité:	Bonne localement mais généralement pauvre.

B. Les Couches Aquifères Peu Profondes

Les couches aquifères peu profondes du Sénégal constituent la source d'eau majeure de la plupart des villages. Ces couches aquifères correspondent à des formations superficielles tertiaires, quaternaires et de la Période Récente. Elles sont formées de sédiments de l'Eocène Supérieur et du Mio-Pliocène dans la dépression de la Casamance, des dépôts de l'omniprésent "Continental Terminal" à l'est du bassin, de zones et de sédiments interdunaires dans la région des niayes, de sables subvolcaniques (infrabasaltiques) dans la péninsule du Cap Vert, de sédiments alluviaux des fleuves Gambie et Sénégal et des autres cours d'eau et de dépôts alluviaux fossiles dans le Ferlo, le Saloum et le Sénégal occidental.

1. L'EOCENE SUPERIEUR

Les formations comprises dans cette série se situent seulement dans la dépression de la Casamance et en raison de leur nature argileuse constituent des couches aquifères de mauvaise qualité.

2. LES SLDIMENTS DU MIO-PLIOCENE DE LA CASAMANCE

Ces sédiments sont en général argileux, mais près de la côte le long du Cap Skirring (Fig. 3.14) et en bordure de la côte de la Gambie, ils se présentent sous la forme de sables grossiers ferrugineux qui en Basse Casamance servent de couche aquifère principale pour de petits villages, tels Essaout, Kabrousse, et pour la région touristique du Cap Skirring. L'eau se trouve de 3 à 8 m en dessous de la surface, emprisonnée dans des couches de sable entrecroisées. La qualité de l'eau est bonne. Le potentiel de cette couche aquifère ne peut être mesuré. Il est aussi probable que du fait de son interface avec les

eaux salées, elle deviendrait facilement perméable aux eaux de mer si la demande en eau s'avérait trop forte. La sécheresse récente a causé un abaissement de la nappe phréatique dans la Basse Casamance mais il est difficile à mesurer à cause de la nature fortement faillée de la région et des différences de compacité entre les sédiments résultant de l'abaissement de la nappe.

3. LE CONTINENTAL TERMINAL (MIO-PLIOCENE A L'INTERIEUR DU BASSIN SEDIMENTAIRE)

De vastes portions du sud et de l'est du Bassin Sédimentaire Sénégalais sont couvertes par des dépôts continentaux désignés sous le nom de "Continental Terminal". Des travaux récents ont indiqué que ces sédiments datent du Mio-Pliocène et qu'ils ont au moins en partie une origine marine. Ces sédiments sont en général des sables ou des sables argileux qui atteignent l'épaisseur maximale de 150 m au nord de Tambacounda. A cause de leur porosité et de leur perméabilité, ces sédiments absorbent la plus grande part des eaux de pluies tombant sur la partie orientale du Bassin Sédimentaire Sénégalais. Ils forment donc l'une des principales couches aquifères peu profondes alimentant le Ferlo, le Ferlo Boundou, le Ferlo Djolof, l'Ouli et des portions du Niani, du Pako et du Rip (carte 2.3 et Carte Hydrogéologique)(Fig. 3.25). Le Continental Terminal est souvent recouvert par des latérites qui forment une croûte relativement imperméable à l'eau; celle-ci tend à encourager le ruissellement jusqu'en des zones où ces latérites ont été érodées et disséquées. Les eaux de ruissellement sont recueillies par ces vallées et pénètrent le Continental Terminal suivant des directions préférentielles qui le plus souvent correspondent à des fractures ou à des failles.

Le Continental Terminal couvre probablement 80 000 km² et a en moyenne 40 m d'épaisseur. La qualité de l'eau est bonne et les quantités de solides dissous ne sont pas excessives. Le potentiel en eau de cette couche aquifère est difficile à estimer mais elle constitue actuellement une source en eau de première importance au Sénégal, compte tenu de son rôle de collecteur initial des eaux de pluies.

4. LA COUCHE AQUIFERE DE LA REGION DES NIAYES

Les dunes côtières qui s'étendent de Dakar jusqu'à St. Louis au nord constituent un important réservoir en eau (Fig. 3.17). La plus grande part de l'eau accumulée dans ces dunes provient des eaux de pluies. La forte porosité (30 à 35%) de ces sables et leur perméabilité extrêmement élevée assurent une concentration et une accumulation rapides de l'eau atmosphérique. Malheureusement pendant les périodes de sécheresse ces réservoirs sont rapidement asséchés. Ces réserves en eau ne doivent pas être considérées comme ayant un potentiel autre que celui de l'approvisionnement des niayes elles-mêmes parce que tout prélèvement par pompage effectué sur cette nappe entraînera le remplacement de l'eau fraîche par de l'eau salée (Arnaud, 1952) (Fig. 3.26). Néanmoins cette couche aquifère a été intensément exploitée à Thiaroye là où les dunes de sable ont plus de 50 m. En général ces sables n'ont que 15 à 25 m d'épaisseur. J. Dépagne et M. Mousseau (1967) con-



Fig. 3.25. Puits creusé dans le "Continental Terminal" près de Koutia Bâ dans le Ferlo. Ce puits a 40 m de profondeur et n'a atteint aucune nappe phréatique.

sidèrent que cette couche aquifère de Dakar à Kayar a le potentiel pour produire 100 000 m³/jour. Ils ajoutent que ces réserves en eau sont sous-exploitées dans les nuyes où elles pourraient subvenir aux besoins en eau de la production horticole. En 1967, cette couche aquifère a produit 12 000 m³/jour.

5. LA COUCHE AQUIFERE SUBVOLCANIQUE (nappe infrabasaltique) DU CAP VERT

Cette couche aquifère est composée par des sables similaires à ceux de la couche précédente. Les dunes de sable sont profondément enfouies sous la couche des roches volcaniques d'épanchement datant du Quaternaire. Jusqu'en 1952 ces sables ont assuré la totalité des besoins de Dakar grâce à 14 puits alimentés par les 50 m de couche aquifère. En 1967 ces puits ont fourni de 16 000 m³ à 18 000 m³ par jour d'eau d'excellente qualité. Leur potentiel est inconnu.

6. LES DEPOTS ALLUVIAUX DU SENEGAL ET DES AUTRES COURS D'EAU

Pendant la saison des pluies, les sédiments dans les vallées de tous les cours d'eau du Sénégal absorbent de larges quantités d'eau qui dans la plupart des cas s'infiltrent jusqu'aux nappes phréatiques sous-jacentes. Dans le cas du fleuve Sénégal, la période annuelle des hautes eaux submerge presque totalement la vallée et réalimente en eau les couches aquifères sous-jacentes ainsi que les couches aquifères latérales de l'Eocène, du Paléocène et probablement même du Maestrictien. Les autres cours d'eau qui dotés de vallées larges accumulent de vastes quantités dans les nappes aquifères superficielles à partir desquelles l'eau est probablement redistribuée latéralement sont la Gambie, la Casamance, la Falémé, le Niokolo Koba, le Niéri Ko, le Koulountou, la Kambaya, la Somone, le Sandougou, la Gandamaka et quoique à un échelon plus faible le Saloum, le Sine et le Tarare. La totalité du système de drainage du Ferlo joue un rôle de collecteur des eaux de pluies qu'il accumule dans des couches aquifères profondes ou perchées.

Le volume total en eau accumulé dans ces nappes est immesurable et ne paraît intéressant à développer que là où d'autres sources font défaut. Le bassin du fleuve Sénégal devrait une fois que les barrages de Diama et Manantali seront construits, avoir une nappe phréatique de niveau stable qui ne dépendra plus que des variations dans les précipitations reçues par la plaine d'inondation elle-même. Là où ces alluvions aquifères sont proches de l'océan toute décision concernant une forte utilisation de l'eau contenue dans ces couches doit tenir compte des infiltrations éventuelles d'eau salée.

7. LES VALLEES FOSSILES DU SENEGAL

Les vallées fossiles du Sénégal sont soulignées sur les cartes disponibles sur lesquelles elles apparaissent comme des traits topographiques. Ainsi le Sine, le Saloum, le Ferlo et le Tarare sont-ils clairement délimités. Ces cours d'eau étaient actifs au cours du Quaternaire et auparavant au cours du Tertiaire. L'importance de ces

alluvions fossiles en tant que couches aquifères apparaît quand on réalise que ces lits fossiles contiennent jusqu'à 50 m de sédiments d'origine alluviale, fortement poreux et perméables qui ont comblé ces vallées depuis les époques glaciaires quaternaires qui elles-même correspondent à un abaissement général du niveau des mers. Pendant ces périodes de plus fortes précipitations et de niveau marin moins élevé les cours d'eau ont creusé leur lits jusqu'à des profondeurs largement en dessous de leur lits actuels. Comme le niveau des mers est revenu à son niveau actuel ces vallées profondes ont commencé à se remplir de sédiments (et d'eau) qui maintenant constituent une source importante d'eau fraîche. En fait nous avons constaté que de nombreux villages dans le Ferlo sont situés sur ces rivières fossiles et puisent leur eau à partir de ces couches aquifères relativement peu profondes. La pression de l'eau dans certains de ces puits est très forte et ils fournissent de larges volumes d'eau capables de satisfaire aux besoins humains et à ceux du bétail.

L'interprétation de l'imagerie Landsat a mis en évidence (Fig. 3.16) un grand nombre de ces cours d'eau fossiles et nous pensons que ces vallées devraient servir à augmenter les approvisionnements en eau des nombreuses communautés vivant dans le Ferlo et le bassin des Arachides. Nous avons précédemment dans ce rapport fait l'hypothèse que la totalité du Bassin Sédimentaire était autrefois drainée par ces cours d'eau. Ils formaient un réseau hydrographique orienté est-ouest. Pour la plupart ils se jetaient dans un cours d'eau majeur qui lui-même se déversait dans l'océan grâce au canyon de Kayar. Il est probable que la Gambie et que ses affluents se soient autrefois écoulés vers le nord-ouest et aient également afflué dans ce cours d'eau majeur tandis que le Ferlo et le Gorgol se jetaient dans l'Atlantique au sud de St. Louis. Si cette hypothèse est correcte, alors il existe de nombreuses couches aquifères, lits d'anciens cours d'eau fossiles dans le Bassin des Arachides et l'est du Ferlo.

8. AUTRES COUCHES AQUIFÈRES DANS LES ROCHES CRISTALLINES

Au Sénégal Oriental, la nappe phréatique est en relation avec les roches cristallines, métamorphiques et métasédimentaires de la région. Aucune des séries du Birrimien ou du Paléozoïque ne fournit de vastes couches aquifères homogènes accessibles à la population locale. Si l'on ne tient pas compte des problèmes d'accessibilité, le Sénégal Oriental offre de nombreuses sources d'eau souterraine; celles-ci ne sont malheureusement pas exploitables par des moyens considérés comme conventionnels par les populations locales. Les puits doivent être creusés grâce à des marteaux fond de trou puis équipés de petites pompes manuelles. La plus grande part de l'eau maintenant utilisée par la population locale est puisée à partir de puits peu profonds ou d'excavations temporaires appelées céanes (Fig. 3.27).

Des facteurs stratigraphiques et structuraux affectent de manière indiscutable l'emplacement de l'eau dans la région. Dans la Série Bakel en particulier, l'eau devrait être recherchée dans les larges couches de schistes plissées en synclinal présentes entre les crêtes quartzitiques. Les puits devraient autant que possible être creusés

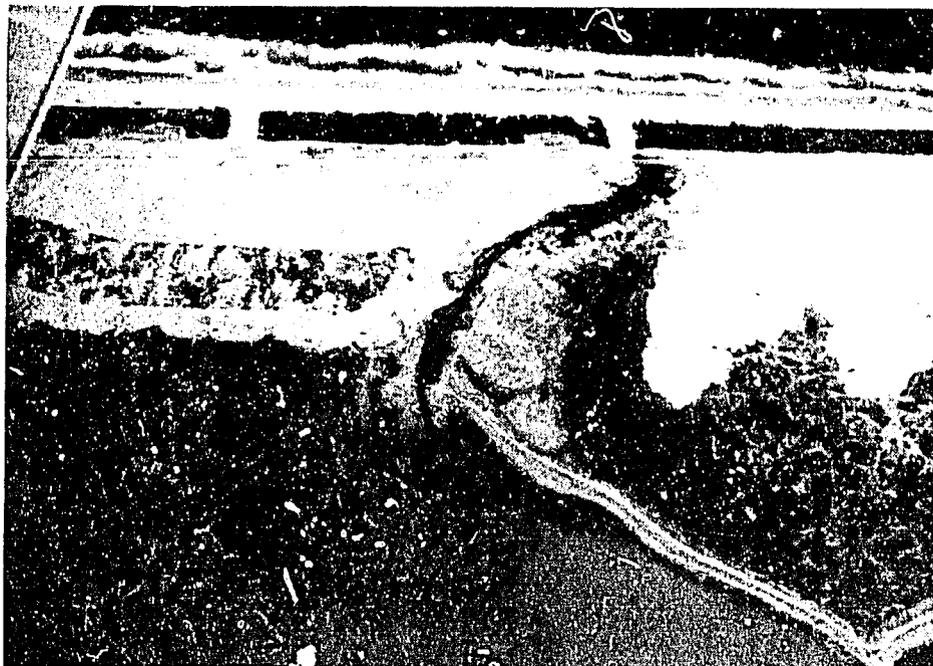


Fig. 3.26. La figure ci dessus montre un delta salé dans le lac de Retba. Pendant les fortes marées causées par les tempêtes, l'eau salée pénètre dans le lac de Retba et forme ce delta, augmentant le niveau des eaux salées et s'infiltrant dans les dunes alentours. Les taches noires rectangulaires correspondent aux plages sableuses reboisées.



Fig. 3.27. Un céane typique au Sénégal Oriental. L'eau puisée par seau.

dans les régions fortement fissurées et au point d'intersection de deux failles majeures. Cette méthode est valable pour toutes les zones paléozoïques et précambriennes du Sénégal Oriental.

3.10.4.3 Contrôle Structural des Couches Aquifères

Des structures majeures affectent l'emplacement, le niveau hydrostatique, la quantité et la qualité de presque toutes les couches aquifères du Sénégal. Ceci peut être vu en particulier dans les couches aquifères plus continues telles celles du Maestrichtien, du Paléocène, de l'Eocène et du Continental Terminal. Un coup d'oeil à l'hydrologie et à la tectonique des plaques au Sénégal montre que la couche aquifère du Maestrichtien s'élève jusqu'à 20 m de la surface à Dagana dans ce qui est connu comme l'anticlinal de Dahra. Ceci amène la nappe phréatique du Maestrichtien à quelques mètres de la surface sur une vaste portion du nord du Sénégal. Réciproquement dans la région de Tambacounda, le Maestrichtien se rencontre au fond d'une large cuvette. Cette dépression quoique plus difficile à exploiter que les zones moins profondes contient probablement une séquence encore plus épaisse de roches du Maestrichtien et constitue par conséquent une réserve d'eau fraîche encore plus abondante.

Il est évident que toute surexploitation de la couche aquifère du Maestrichtien affectera d'abord la séquence supérieure des sédiments du Maestrichtien qui sera la première à voir ses réserves en eau s'épuiser. Une analyse soigneuse de la carte gravimétrique du Sénégal et des carottes de forages disponibles devraient fournir plus d'information concernant les structures synclinales et anticlinales (dôme) du Maestrichtien, leurs épaisseurs et leurs potentiels en eau.

Les failles liées à des mouvements tectoniques majeurs et leurs systèmes de fractures associés jouent un rôle de conduit pour l'eau dont elles contrôlent les routes d'infiltration et d'écoulement (Fig. 3.10). Ce type de faille prévaut sur l'ensemble du Ferlo et du Sénégal occidental. Les intersections entre de tels systèmes de failles comme à Fété Bowal, Diobène dans le Sénégal Oriental et en de nombreux autres endroits sont fort probablement des sites où se produisent de fortes accumulations d'eau en profondeur ou à la surface. Les failles jouent un rôle de conduit aussi bien pour l'eau superficielle migrant en profondeur que pour l'eau profonde remontant vers la surface.

3.10.4.4 Interprétation Landsat des Caractéristiques Hydrologiques et Vérification

Deux caractéristiques géologiques liées au potentiel hydrologique ont été interprétées d'après les images Landsat. La première correspond aux alignements structuraux ou linéaments qui sont visibles sur l'imagerie et qui sont directement en relation avec les systèmes de failles, de fractures ou de diaclases contrôlant les écoulements de l'eau souterraine et la position relative des couches aquifères. La seconde caractéristique visible sur l'imagerie Landsat correspond aux canaux fossiles qui sillonnent le Bassin Sédimentaire Sénégalais. Ces deux caractéristiques sont représentées sur les cartes hydrogéologiques et hydrologiques.

Le projet a essayé de vérifier un certain nombre de ces caractéristiques sur le terrain mais a constaté que leur expression de surface était souvent ou invisible ou trop modifiée pour être considérée comme une vérification ayant une quelconque valeur. Au cours de certains survols, la direction générale suivie par les alignements structuraux établis d'après les images Landsat fut plus souvent vérifiable. La meilleure méthode de vérification des failles a consisté à comparer nos interprétations aux résultats de forage et aux cartes isopaques dérivées des journaux de carottage (Monciardini, 1966; Le Priol et Dieng, 1984). Nous avons indiqué les mouvements relatifs le long de ces failles après avoir déduit de tels déplacements de la comparaison des cartes isopaques et de gravité.

Nous avons tracé les lignes isopaques sur notre carte hydrologique et ceci met en évidence les positions relatives du toit du Maestrichtien et des couches aquifères du Paléocène et du Lutétien en plus des failles, des linéaments et des mouvements relatifs. La carte présente aussi les canaux alluviaux et les cours d'eau fossiles tels qu'ils ont été interprétés sur les images Landsat. Enfin cette carte montre les emplacements des puits mesurés par le projet. Ces mesures et leur signification seront discutées dans la section suivante.

3.10.4.5 Mesures des Puits par le Projet

Le projet a mesuré plus de 530 puits creusés suivant des méthodes conventionnelles* ou forés pour établir si la sécheresse avait eu ou non des effets significatifs sur les réserves en eau du Sénégal. Le tableau III-2 de l'Annexe A donne l'emplacement de ces puits et décrit leurs principales caractéristiques à savoir la profondeur du puits, la profondeur de l'eau, la qualité de l'eau, les relations stratigraphiques etc... Notre but était d'établir si les réserves en eau du Sine Saloum et du Bassin des Arachides étaient en voie de diminution ou non.

Nos mesures ont été faites à l'aide d'un fil à plomb et d'un mètre à ruban qui étaient descendus dans le puits jusqu'à ce que le plomb, de 5 cm de long et en forme de L, touche l'eau. La distance était alors mesurée; on laissait ensuite tomber le plomb jusqu'au fond du puits et on faisait une seconde mesure. La mesure des puits profonds (forages) était basée sur les informations fournies à la station de pompage. Cette information était soit inscrite sur des plaques, soit obtenue au cours de conversations avec le personnel opérant la station.

Les données pour chacun de ces puits ont été reportées sur la carte hydrologique au 1:500 000^e. Elles ont été relevées tous les 10 km environ de façon à ne pas embrouiller les cartes.

De l'analyse de ces mesures résulte une quantité considérable d'informations. Nous avons constaté que parmi les 532 puits mesurés, 99 étaient à sec (18.6%), 51 étaient salés ou alcalins (9.6%) et 170 (31.9%) avaient 50 cm d'eau ou plus au moment de la mesure.

* Un puits traditionnel est par définition un puits qui a été creusé à la main, qu'il soit tubé ou non, qu'il y ait des perforations dans le tubage ou non, qu'il ait une margelle ou non.

De plus nous avons remarqué qu'il n'y avait pas eu de déplacement significatif (ou abaissement) de la nappe phréatique vers l'est depuis la côte du Cayor, ni vers le nord à partir du Saloum. Toutefois nous avons observé que les puits à sec ou presque à sec se concentraient dans la région entre Mekhe, Ndande et Lompoul. Nous avons trouvé un grand nombre de puits à sec ou presque à sec le long de l'autoroute allant de Mbour à Kaolack et dans une petite région juste au sud-est de Thiès, à Tiénaba. En général l'eau est de bonne qualité et en grandes quantités dans les puits au sud du Saloum et au nord de la Gambie; ils ont un niveau hydrostatique variant entre 0.50 cm et 5m au dessus du fond. Comme on pouvait s'y attendre, les eaux les plus polluées, salées ou alcalines sont rencontrées dans les puits situés sur le bord nord de l'estuaire du Sine Saloum en le remontant jusqu'à Kaolack.

Nous avons aussi tenté de comparer les données amassées par le projet aux données déjà publiées et connues; ceci fut parfois difficile, comme les villages et les noms changent certains n'ont en effet pas pu être retrouvés. Les tableaux 3.3, 3.4 et 3.5 présentent ces comparaisons et montrent qu'un certain nombre de puits se sont remplis de sable, ce qui a réduit d'autant leur profondeur, que d'autres sont devenus plus profonds et que seulement une faible diminution des réserves en eau, quoique mesurable, s'est opérée.

Tableau 3.3

Name of Town	Project No.	1984 Well Depth	1984 Water Depth	DEGALLIER		Difference	
				1962 Well Depth	1962 Water Depth	Well	Water
Namiri	328	59.0	0.80	58.27	0.75	+ 0.73	+ 0.05
Boula Taly	109	55.0	0.50	40.0	-	+15.0	-
Thilogne	118	12.5	0.05	10.0	1.0	+ 2.5	- 0.95
Lour Ouolof	124	66.0	3.0	57.43	0.85	+ 8.57	+ 2.15
Yonoféré	103	52.0	0	55.20	0.60	- 2.80	- 0.60
Kamal	336	16.0	0.50	12.0	1.0	+ 4.0	- 0.50
Ogo	333	21.0	4.50	-	0.80	-	+ 3.70
BAIAI	331	51.0	0.06	53.28	0.60	- 2.20	- 0.55
Faté Fawrou	327	54.0	0.25	50.77	-	+ 4.0	-
Mbouie	104	59.0	0.35	57.78	0.70	+ 1.22	- 0.35
Dentladi	112	23.0	0.10	8.78	0.60	+14.22	- 0.50

Comparaison du profondeur de l'eau dans des puits sénégalais--1962. D'après "Hydrogéologie du Ferlo septentrional (Senegal)". Mém. du bureau de recherch. géo. no. 19, par R. Degallier, 1962.

Tableau 3.4

Name of Town	Project No.	1984 Well Depth	1984 Water Depth	1966 Well Depth	1966 Water Depth	Difference Well	Difference Water
Koutia B8	283	56.0	0.40	58.80	0.28	- 2.8	+ 0.12
Koussanar	302	24.0	0.40	22.95	0.52	+ 2.0	- 0.12
Mateme Niani	299	55.0	0.10	45.50	0.33	+10.0	- 0.23
Maye Dibi	311	28.0	0.10	26.89	2.14	+ 1.11	- 2.04
Koutia Gaidi	293	53.5	0.30	49.85	0.24	+ 3.65	- 0.06
Palagué	288	66.0	0.30	68.70	0.30	- 2.70	
Boki Sada	279	90.0	0.80	75.56	3.06	+14.44	- 2.26
Touba Fall	305	23.0	0.10	17.40	2.30	+ 5.60	- 2.20
Diareh Assane	318	55.0	0.15	52.47	0.35	+ 2.53	- 0.20
Mhar	323	63.0	0.40	60.30	0.40	+ 2.70	
Sintiou Amar All	315	40.0	0.20	34.57	1.72	+ 5.43	- 1.52
Malame B8	290	76.0	0.30	66.25	0.62	+ 9.75	- 0.32
Lycounda	307	25.0	0.10	20.64	0.84	+ 4.36	+ 0.74
Saré Sikouma	295	60.0	0.25	60.55	0.11	- 0.55	+ 0.14
Fete Fovrou	327	54.0	0.25	54.20	0.45	- 0.20	- 0.20
Sintiou Bocar All	317	46.0	0.05	46.07	0.17	- 0.07	- 0.12
Sintiou S. Toubou	312	28.0	0.15	29.20	0.29	- 1.20	- 0.14
Koussanar	304	23.0	sec	22.30	0.50	+ 0.70	- 0.50
Lycounda	308	24.0	0.10	17.88	1.26	+ 6.12	- 1.16
Diouyoul	281	52.0	3.50	49.97	0.17	+ 2.03	+ 2.08

Comparaison du profondeur de l'eau dans des puits sénégalais. D'après Etude hydrogéologique pastorale de la zone sud-ouest du Ferlo, 67, A-13, par E. Dagassan, Dakar.

Tableau 3.5

Name of Town	Project No.	1984 Well Depth	1984 Water Depth	1981 Well Depth	1981 Water Depth	Difference Well	Difference Water
Koutia Gaidi	293	53.5	0.30	51.35	0.35	+ 2.15	- 0.05
Saré Sikouma	295	60.0	0.25	60.40	0.25	- 0.40	
• Lofa	297	40.0	0.30	64.80	0.20	-24.80	+ 0.10
• Kaïem Bâ	290	65.0	0.40	66.15	0.95	- 1.15	- 0.50
Palagué	288	66.0	0.30	68.30	0.15	- 2.30	+ 0.15
• Fils Gounas	286	45.0	0.60	46.25	0.56	- 1.25	+ 0.04
• Koutia Bâ	283	56.0	0.40	65.60	0.30	- 8.60	+ 0.10
Boki Sada	279	90.0	0.80	74.40	0.35	+15.60	+ 0.45
Guente Diouyoul	281	52.0	3.50	57.35	5.50	- 4.65	- 2.0
• Panal	282	54.0	0.70	65.50	1.15	-11.50	- 0.45
Krutié Ba Ouolof	284	77.0	0	58.90	1.60	+18.10	- 1.60
Sintiou Bocar All	317	46.0	0.05	46.25	1.35	- 0.25	- 1.30
Diareh Assane	318	55.0	0.10	55.10	0.15	- 0.10	
Sintiou Barinabé	316	39.0	0.25	36.65	0.05	+ 2.35	+ 0.20
Sintiou Amar All	315	40.0	0.20	39.25	0.30	+ 0.75	- 0.10
Toubéré Bafal	321	61.0	0.20	60.87	0.17	+ 0.13	+ 0.03
Mhar	323	63.0	0.40	61.0	0.75	+ 2.0	- 0.35
Mbeïladji	367	20.0	sec	21.90	0.35	- 1.90	- 0.35
• Sintiou M. Boubou	369	17.0	0.12	25.45	0.25	- 7.55	- 0.13
Ouro Kaba	365	30.0	0.15	28.30	0.05	+ 1.70	+ 0.10
Sintiou Tapstrou	364	34.0	0.35	27.0	0.25	+ 7.0	+ 0.10
Banfou	358	13.5	0.15	42.80	0.40	+ 1.70	- 0.25
Sohol	361	36.5	0.35	35.95	0.25	+ 1.60	+ 0.10
Mdia	356	34.0	0.35	34.90	0.60	- 0.90	- 0.25
Sarré	371	19.5	0.50	19.85	0.55	- 0.35	- 0.05
Gabou	377	5.0	sec	9.00	0.10	- 4.0	- 0.10
Tou-few	348	14.5	0.05	17.00	1.20	- 2.50	- 1.15
Katcb	485	28.0	2.0	26.90	1.67	+ 1.10	+ 0.33
Maka	476	24.0	0.30	24.57	1.37	- 0.57	- 1.07
Handallat	388	12.5	0.20	12.20	0.15	+ 0.30	+ 0.05
Koumaré	486	60.0	2.50	58.50	0.20	+ 1.50	+ 2.30
Borsafa	473	43.0	2.0	34.55	1.35	+ 8.45	+ 0.65
Koromadji	385	13.5	0.75	12.55	2.60	+ 0.95	- 1.85
Kriari	382	30.0	0.50	27.50	0.30	+ 2.50	+ 0.20
Diankore Handingue	387	28.0	0.25	23.90	0.02	+ 4.10	+ 0.23
Ardoulaye	390	37.5	0.15	37.0	0.50	+ 0.50	- 0.35
• Wassadou Dépôt	392	9.0	0.40	13.90	0.35	- 4.90	+ 0.05
Ségou	303	8.0	0.30	5.95	1.12	+ 2.05	- 0.82

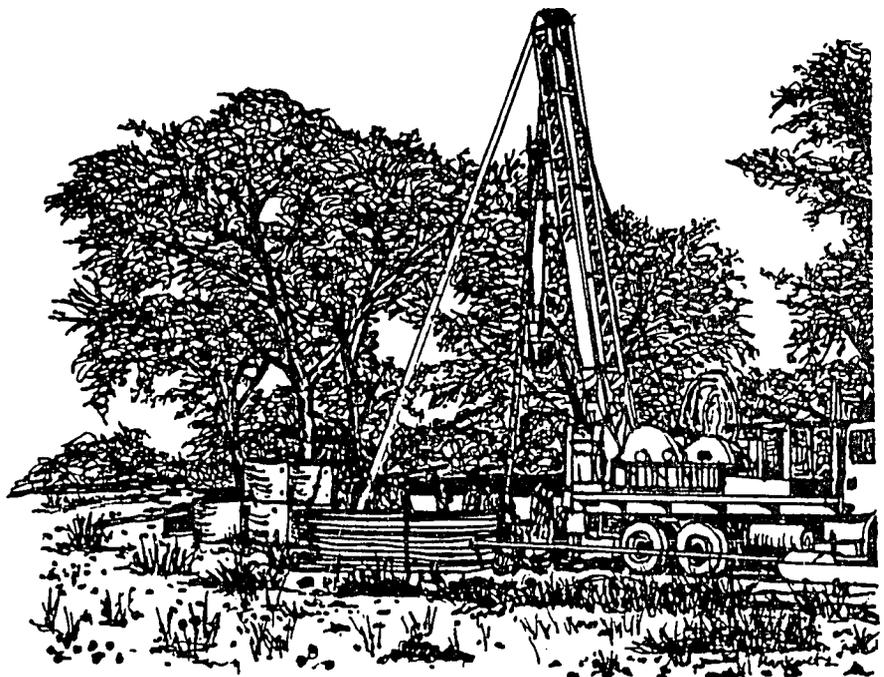
Comparaison du profondeur de l'eau dans des puits du Sénégal Oriental--1981. D'après l'étude Catalogue des points d'eau du Sénégal Oriental, SOCEFITEX, ISDI.

*Mesures provenant probablement pas des mêmes puits.

Lors de la comparaison de nos données avec l'enquête la plus récente conduite par le SODEFITEX, nous avons constaté que 89 puits dans le Sénégal Oriental ont été mesurés par les deux projets. Quatre à neuf ans se sont écoulés entre les mesures faites par les deux projets. Dans ces régions du Sénégal Oriental, le SODEFITEX a conduit son enquête en partie à la fin de la saison des pluies, ce qui fait douter de l'utilité des résultats. Quand ces mesures ont été faites après la saison des pluies, SODEFITEX a trouvé des niveaux élevés d'eau dans les puits peu profonds tandis que le projet qui les a mesurés pendant la saison sèche les a trouvés à sec ou presque.

Dans la plupart des cas, les puits mesurés par les deux projets ont la même profondeur. En quelques endroits, les puits sont devenus plus profonds mais en général la profondeur a diminué de 30 à 100 cm et ces puits se sont remplis de sables et de blocailles. Les niveaux d'eau sont légèrement différents mais on pense que ceci serait dû aux variations saisonnières ou journalières. Une enquête efficace nécessiterait que les puits soient mesurés cinq fois par an, à la fin et au début de la saison des pluies et trois fois pendant la saison sèche. Les mesures devraient aussi être faites à l'aube et au coucher du soleil pour pouvoir établir les niveaux maxima et minima des puits.

Des forages, ou puits profonds ont été visités en un certain nombre d'endroits en particulier dans le Ferlo. La plupart de ces puits sont forés dans le Maestrichtien. Aucune indication d'une diminution du débit de la couche aquifère n'est apparente. Le seul problème clairement présent affectant la majorité de ces puits était le manque de pompe, de fuel, de batteries neuves et de pièces de rechange. Dans presque tous les cas, la maintenance était plus que suffisante en dépit des bas salaires payés à l'opérateur qui de manière typique n'était pas la personne à qui le travail avait été assigné, mais un parent ou un ami.



3.10.5 Conclusions sur l'Hydrologie du Sénégal

Le travail réalisé au Sénégal permet de tirer les conclusions suivantes:

1. L'analyse Landsat a mis en évidence un grand nombre d'alignements structuraux et de fractures qui sont le signe de l'existence de failles. Ces failles sont recommandées comme sites où rechercher l'eau car elles jouent un rôle de conduit pour les eaux superficielles et souterraines. Les sites particulièrement propices à la rétention d'eau se situent à l'intersection de ces failles.
2. L'analyse Landsat a aussi mis en évidence la présence de nombreux canaux fossiles qui peuvent constituer des sources supplémentaires d'eau potable.
3. Les mesures des puits indiquent qu'au cours de la dernière décennie un grand nombre de puits se sont approfondis tandis que d'autres se sont asséchés, donnant une preuve d'une diminution observable sinon générale de la nappe phréatique superficielle. Cette diminution est vraie pour une région en forme de croissant située entre Loumpol sur la côte sud et Kaolack et qui englobe Thiès et Tiadiaye.
4. Les comparaisons entre les mesures des puits et les données antérieures montrent que de nombreux puits sont mal entretenus et devraient être nettoyés.
5. La mesure des puits montre aussi que dans certaines régions le niveau de l'eau est élevé et les réserves sont suffisantes.
6. La mesure des forages montre que le puisement de l'eau à partir de ces forages ne les affecte pas.
7. Les puits profonds (forages) pourraient produire des volumes d'eau plus importants si les pièces de rechange, l'équipement et le fuel nécessaires étaient disponibles.
8. L'analyse Landsat révèle que les zones ayant un puits profond (forage) ont tendance à attirer les troupeaux de grande taille ce qui a des effets désastreux sur la biomasse produite dans ces régions. Cette dégradation peut s'avérer irréversible si aucune solution n'est apportée.
9. L'analyse des données concernant les puits profonds suggère que la nappe aquifère du Maestrichtien serait capable d'alimenter de nombreux autres puits dans le Ferlo. Ces puits pourraient subvenir aux besoins en eau d'un cheptel accru, mais surtout ils permettraient de disperser ces troupeaux sur de plus vastes étendues ce qui assurerait un meilleur équilibre environnemental.

10. L'analyse des données disponibles suggère qu'au cours des dix dernières années, la majorité de l'eau de pluie fut perdue par évapo-transpiration et que presque pas d'eau atmosphérique a atteint la nappe phréatique superficielle du Sénégal.
11. L'analyse hydrogéologique montre que le Bassin Sédimentaire Sénégalais a une structure plus complexe que celle que lui avait attribuée les auteurs traitant du potentiel hydrologique de la région. Cette complexité signifierait que le potentiel des plus importantes couches aquifères (Maestrichtien, etc...) devrait être ré-étudié et que celles-ci devraient être regardées non pas comme continues mais comme composées de segments séparés de blocs faillés et plissés.

3.10.6 Potentiel en Eau du Sénégal

La carte donnant le potentiel des ressources en eau et en minéraux de Sénégal est au 1:1 000 000^e. De ce fait elle ne peut que donner une vue générale des réserves en eau. Une location plus précise de ces réserves en eau nécessite des analyses moins sommaires et l'établissement d'une carte au 1:200 000^e au minimum.

La carte donne les superficies couvertes par les deux principales couches aquifères profondes, celle du Maestrichtien et celle du début du Tertiaire (Paléocène/Eocène). La carte présente aussi les autres sources principales d'eau dans les dépôts alluviaux des cours d'eau actuels et fossiles. Il est clair à la lecture de cette carte que les importantes couches aquifères sédimentaires des séries du Continental Terminal ne sont pas représentées. Il va sans dire que ces sédiments constituent une source d'eau importante. L'existence des nappes aquifères du Continental Terminal est bien connue et à l'heure actuelle elles subviennent à la plus grande part des besoins en eau de l'est, du centre-est et du nord du Sénégal. Bien que ces réserves en eau soient bien connues, elles ne seront pas à l'avenir des sources d'eau principales, ni ne pourront probablement répondre à une demande beaucoup plus forte des villages qu'elles alimentent actuellement. Elles représentent des sources marginales n'ayant pas un potentiel aussi important que la couche aquifère du Maestrichtien.

Les réserves en eau du substratum et de la région paléozoïque du Sénégal Oriental n'ont pas été reportées sur notre carte pour des raisons essentiellement similaires. Bien que ces roches soient sans aucun doute d'abondants réservoirs, leur développement dépend de modifications profondes du mode de vie et de l'économie du Sénégal Oriental. Un tel développement est peu probable dans un futur proche et par conséquent ces roches ne sont pas considérées comme de bons producteurs dotés d'un fort potentiel. Leur développement ne devrait pas toutefois être éliminé et devrait suivre de près et automatiquement le développement minéral de cette région si celui-ci a lieu.

Le développement des réserves en eau du Sénégal maintenant se concentre sur les deux classes principales de besoins: les besoins des centres urbains, Dakar notamment, et les besoins des régions rurales

ce qui inclut les besoins pour l'agriculture et l'élevage. Il est essentiel de rappeler que la région au sud de la Gambie à savoir la presque totalité de la Casamance, n'est pas directement affectée par de telles considérations puisque en raison de sa localisation climatique les pluies y sont relativement abondantes.

Quelles sont les possibilités de développement et quelles doivent être les priorités?

Si nous faisons l'hypothèse que les barrages de Manantali et Diama vont résoudre les problèmes d'approvisionnement en eau potable de Dakar et des autres grandes villes, St. Louis, Louga, Kébémér, Thiès et Rufisque, qu'ils vont subvenir aux besoins industriels à Taïba et Lan-Lan et de plus qu'ils vont aussi répondre aux besoins du développement agricole de la vallée du fleuve Sénégal, il nous reste à considérer une vaste portion du territoire sénégalais comprenant le Ferlo et la plus grande partie du Bassin des Arachides qui va continuer à souffrir d'un manque d'eau. Puisque la plupart des populations rurales du Sénégal se trouvent dans cette dernière région, ce problème doit être pris en considération et résolu. Si aucune solution n'est apportée (c'est-à-dire si l'on ne subvient pas aux besoins en eau de la population rurale en cours de croissance dans cette région ni à ceux des troupeaux qui vont forcément augmenter pour pouvoir alimenter les populations citadines elles aussi croissantes) alors on peut s'attendre à un exode rural massif au profit des grandes villes et de Dakar en particulier qui vont devenir surpeuplées et avoir à faire face à un manque d'eau.

La solution que nous envisageons est de subvenir aux besoins en eau de cette région en puisant dans la couche aquifère profonde du Maestrichtien de même que dans les couches superficielles. Vu que la consommation en eau minimale rurale est de 20 l/jour/personne contre 175 l/jour/personne pour les habitants de Dakar, il est impératif que l'utilisation de cette eau non renouvelable soit limitée aux zones rurales et que les réserves renouvelables du fleuve Sénégal assurent les besoins citadins et des cultures irriguées. Bien que le coût de l'approvisionnement de Dakar en eau à partir du fleuve Sénégal soit élevé et certainement supérieur à celui qui résulterait de l'utilisation des couches aquifères des dunes littorales ou de celles du Maestrichtien, le coût à long terme et les conséquences écologiques désastreuses d'une telle utilisation seraient beaucoup plus élevés.

Une autre question importante qui concerne le développement des ressources hydrologiques de Sénégal est de savoir si l'on peut utiliser l'eau de la couche aquifère du Maestrichtien pour irriguer. Cette couche d'après les données dont on dispose, a un énorme potentiel. Si les études complémentaires nécessaires confirment ce potentiel, il semble qu'une consommation régulée des réserves en eau de cette couche pour une irrigation spécialisée limitée à la région décrite précédemment pourrait avoir des effets bénéfiques considérables sur le développement économique de la population rurale. Ainsi il semblerait bon de considérer l'irrigation de petites parcelles de terre dans des villages comptant plus de 3000 personnes. L'eau serait uti-

lisée pour irriguer les vergers et les jardins mais non les grandes cultures céréalières. Ainsi chacun des villages de 3000 habitants pourraient irriguer 3 à 5 ha de terre afin de compléter leur régime alimentaire par des produits qui aujourd'hui font défaut. Par conséquent chacun de ces villages de 3000 habitants devrait posséder un puits profond. Le prix d'un tel puits pourrait être pris en charge par le village une fois que la production de fruits et légumes se sera généralisée.

C'est un fait établi que après la construction des barrages de Diama et Manantali et la régularisation du cours du fleuve Sénégal, environ 30% des eaux du fleuve atteindront encore l'océan Atlantique. L'utilisation d'au moins une partie de cette eau à des fins d'irrigation et d'amélioration de l'environnement semble appropriée. A cet égard nous avons déjà proposé dans un rapport précédent (1984) et nous suggérons de nouveau de détourner une partie de cette eau vers l'amont du système de drainage du Ferlo. Une telle diversion n'utiliserait qu'environ 3% du débit total du Sénégal et créerait une ceinture verte à travers le Ferlo, qui pourrait fournir toute l'année l'eau nécessaire aux troupeaux et au développement horticole de toute la longueur du système de drainage du Ferlo. L'endroit le plus approprié pour cette diversion se situe à 8 km à l'est de Kanel sur le bras principal du fleuve Sénégal. Les eaux devraient être pompées sur une distance totale de \pm 20 km depuis la source jusqu'à Tiangol Vendou Gaoudi. La différence de hauteur entre les deux points est 79 m. Bien que cette proposition puisse paraître un peu osée une idée similaire fut sérieusement considérée il y a quelques années. Mais dans ce cas il fallait construire un barrage de grande taille à Bakel et le débit n'aurait plus été continu. Nous pensons que de l'eau dans la vallée du Ferlo et la ceinture verte qui en résulterait pourrait grandement améliorer l'environnement et pourrait diminuer les besoins en puits profonds additionnels aujourd'hui requis par le bétail pâturant dans le Ferlo. Les dépenses en fuel et équipement diminueraient puisqu'il y aurait moins de puits profonds, le coût du pompage et du fuel nécessaire pour amener l'eau dans le Ferlo serait en effet plus bas car au lieu d'être transporté sur de mauvaises routes à travers tout le Ferlo, cet équipement serait définitivement installé le long d'un axe de 20 km de long, facilement accessible depuis l'autoroute Bakel-St. Louis.

En résumé notre proposition aurait les avantages suivants:

1. Créer une ceinture verte de 220 km de long entre Kanel et le lac de Guiers.
2. Assurer une source d'eau tout au long de l'année pour les hommes et les animaux.
3. Subvenir aux besoins limités en eau d'une production horticole.
4. Limiter les dégâts écologiques que cause actuellement le bétail autour des points d'eau (forages).

5. Diminuer les quantités d'eau prélevées sur la couche aquifère du Maestrichtien en provoquant une diminution du nombre de puits et de leur utilisation.
6. Diminuer les quantités de fuel et l'équipement nécessaires pour puiser l'eau de la couche aquifère du Maestrichtien.
7. Mieux utiliser le fleuve Sénégal.

ANNEXE A

Tableau III-1

Caractéristiques de l'imagerie Landsat

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subs-scène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Dakar	05/05/73	221	50	Accent.	<u>MSS</u> Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétation détaillée
Dakar	17/12/78	221	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour l'analyse en saison sèche, de la lithologie et des failles, voilée
Dakar	06/12/80	221	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour l'analyse en saison sèche, de la lithologie et des failles, voilées
Dakar	05/05/73	221	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour l'interprétation en fin de saison sèche
Dakar	04/04/79	S.S. B,C,D		Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour des détails supplémentaires dans certaines régions
St. Louis	06/11/77	220	49	Accent.	<u>MSS</u> Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétation détaillée
St. Louis	16/04/73	220	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la litho., les failles, les eaux souterraines
St. Louis	06/11/77	220	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la lithologie
St. Louis	30/09/79	220	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Pas particulièrement bonne pour la géohydrologie à cause de la végétation qui masque la lithologie, bonne pour les régions à dure V/S interdune
St. Louis	18/10/79	220	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour le drainage, voilée
St. Louis	14/08/81	220	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	De même que ci dessus, mais bonne pour la compar. avec les images de 1978 1/2 image

Tableau III-1 Caractéristiques de l'imagerie Landsat

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subsène	Row scène ou subsène	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
St. Louis	30/09/79	S.S.	B,D	Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour l'analyse détaillée des régions dunaires
St. Louis	05/11/79	S.S.	C	Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour l'analyse détaillée des régions dunaires
St. Louis	23/11/79	S.S.	A,B,C,D	Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Nuageuse, mais bonne pour l'analyse détaillée des régions dunaires
St. Louis	06/11/77	220	49	Lot	<u>MSS</u> Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Caractéristiques de l'eau Caractéristiques du terrain Végétation Végétation
St. Louis	30/09/72	220	49	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Caractéristiques de l'eau Caractéristiques du terrain Végétation Végétation
St. Louis	30/09/79	220	49	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Caractéristiques de l'eau Caractéristiques du terrain Végétation Végétation

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subs scène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Diourbel	23/11/79	220	50	Accent.	<u>MSS</u> Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Image de base accentuée pour l'interprét. de détail, bonne pour l'interprét. géo.
Diourbel	21/02/73	220	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Pauvre résolution, bonne pour les failles et l'hydrologie
Diourbel	16/04/73	220	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Résolution moyenne, très bonne pour les failles et bonne pour la lithologie
Diourbel	23/11/79	220	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Résolution moyenne, bonne pour les failles et la lithologie
Diourbel	24/09/80	220	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Mauvais fonctionnement du satellite, n'a donné qu'une moitié d'image
Diourbel	07/10/81	220	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	N'a donné qu'une moitié d'image, un peu voilée, trop de végétation
Diourbel	23/11/79	S.S.	A,B,D	Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne, plus forte résolution pour l'utilisation des terres
Diourbel	23/11/79	220	50	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Caractéristiques de l'eau, salinité Caractéristiques du terrain Végétation Végétation

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Diourbel	21/02/73	220	50	Lot	MSS Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Caractéristiques du terrain Caractéristiques de la végétation
Ziguinchor	21/02/73	220	51	Accent.	MSS Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Image de base accentuée pour l'interprét. de détail, bonne pour les caractér. géo.
Ziguinchor	05/11/72	220	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la comparaison entre l'imagerie de la saison sèche et en saison humide, bonne pour les latérites et les zones de capture des cours d'eau
Ziguinchor	21/02/73	220	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la saison sèche, de même que l'imagerie accent. précédente, bonne pour la salinité, la lithologie, etc.
Ziguinchor	26/02/79	220	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour interpréter les changements depuis 1972/1973
Ziguinchor	05/11/72	220	51	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Bonne pour les caractéristiques de l'eau Bonne pour les caractéristiques du terrain Bonne pour la végétation Bonne pour la végétation
Ziguinchor	26/02/79	220	51	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Bonne pour les caractéristiques de l'eau Bonne pour les caractéristiques du terrain Bonne pour la végétation Bonne pour la végétation

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subsène	Row scène ou subsène	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Podor	29/12/77	219	49	Accent.	MSS Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétations de détail, bonne pour les latérites
Podor	10/03/73	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour les dunes (récentes)
Podor	18/06/78	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour les dunes de sable, trop bleu
Podor	29/12/77	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour tout
Podor	02/01/79	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Trop jaune, pauvre résolution, bonne pour les lacs et les rivières
Podor	02/04/79	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Excellente pour l'interprét. géo. et hydro.
Podor	11/11/80	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne (imagerie partielle)
Podor	13/08/81	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne (en partie couverte, imagerie part.)
Podor	06/08/81	219	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne (imagerie partielle)
Podor	10/03/73	219	49	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Bonne pour les rivières fossiles Bonne pour la végétation
Podor	02/01/79	S.S. A		Lot	RBV Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour les détails en raison d'une meilleure résolution
Podor	08/05/79	S.S. A,B,C,D		Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour les détails en raison d'une meilleure résolution
Podor	22/11/79	S.S. A,B,C,D		Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour les détails en raison d'une meilleure résolution

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Tiel	02/01/79	219	50	Accent.	MSS Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétation de détail, bonne pour l'interprét. lithologique et structurale
Tiel	10/03/73	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la structure et la géologie
Tiel	04/11/72	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Un peu voilée, pas très bonne pour la géo.
Tiel	02/01/79	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la géologie
Tiel	22/11/79	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Voilée, trop de végétation, image part.
Tiel	23/09/80	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Nuageuse, énormément de végétation, image partielle
Tiel	13/08/81	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Un peu nuageuse, beaucoup de végétation, image partielle
Tiel	15/09/81	219	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Nuageuse, couverte par la végétation, image partielle
Tiel	10/03/79	219	50	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Bonne pour la lithologie Bonne pour la végétation
Tiel	22/11/79	S.S.	A,B,C,D	Lot	RBV Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne en raison d'une meilleure résolution
Tiel	08/05/79	S.S.	A,B,C,D	Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne en raison d'une meilleure résolution

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row subscène	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Kolda	03/02/78	219	51	Accent.	MSS Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprét. de détail, bonne pour l'interprét. lithographique et structurale
Kolda	03/02/78	219	51	Accent.	Numérisée en noir et blanc rapport. 7/5 rapport. 5/7 rapport. 6/5	1:250 000	EROS/RSI	Excellente Excellente Excellente	
Kolda	10/03/73	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour l'interprétation lithographique et des failles, mais sombre
Kolda	04/11/72	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Trop de végétation
Kolda	03/02/78	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Utilisées pour localiser les cours d'eau et les points où un affluent devient dominant sur un autre, sont bonnes pour établir la structure et la lithologie
Kolda	22/11/79	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Utilisée comme base pour les cours d'eau, les terres basses, les régions salines, quelques latérites, et les failles
Kolda	27/04/81	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Image partielle seulement, bonne
Kolda	02/06/81	219	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Image partielle seulement, nuageuse
Kolda	10/03/73	219	51	Lot	Noir et blanc canaux	1:250 000	EROS		
					4			Bonne	Bonne pour les caractéristiques de l'eau
					5			Bonne	Bonne pour la localisation des failles
					6			Bonne	Bonne pour la végétation et comme base pour la topographie
					7			Bonne	Bonne pour la végétation

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Kolda	22/11/79	219	51	Lot	MSS Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Bonne pour les caractéristiques de l'eau Bonne pour l'anal. de terrain et litho. Bonne pour l'anal. de la végétation Bonne pour l'anal. de la végétation
Kolda	22/11/79	S.S. A,B,C,D		Lot	RBV Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Meilleure résolution, bonne pour les sols, la vég. et en particulier l'util. des ter.
Kolda	02/04/79	S.S. A,B,C,D		Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Meilleure résolution, bonne pour les sols, la vég. et en particulier l'util. des ter.
Matam	21/11/79	218	49	Accent.	MSS Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interpré- tation de détail, bonne pour l'intepreta- tion structural et lithologique
Matam	02/05/73	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Voilée, pas très bonne, verdâtre
Matam	09/03/73	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne qualité pour la géologie
Matam	10/12/77	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la comparaison avec des saisons similaires en 1979, voilée, bonne pour les failles
Matam	17/06/78	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la structure et la lithologie, quelque peu verdâtre, voilée
Matam	08/09/78	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Moyenne
Matam	10/01/79	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Mauvaise échelle, bonne pour les failles, nuageuse

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row subscène	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Matam	21/11/79	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Morceau d'image
Matam	10/10/80	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Morceau d'image manquant, nuageuse
Matam	06/10/81	218	49	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Morceau d'image
Matam	09/03/73	218	49	Lot	MSS Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Bonne pour la litho., terrain, et structure Bonne pour la végétation
Matam	21/11/79	S.S. A,C,D		Lot	RBV Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour le travail de détail de la litho. en raison d'une meilleure résolution
Mboune	10/12/77	218	50	Accent.	MSS Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Qualité voilée, pas très bonne pour la géo., l'hydro., trop de végétation
Mboune	09/03/73	218	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Généralement bonne pour la géologie et la structure, bonne pour le drainage
Mboune	10/12/77	218	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Qualité voilée (voir ci dessus) régions brûlées, pas bonne pour la géologie
Mboune	02/02/78	218	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Bonne pour la structure et la lithologie, quelques nuages
Mboune	21/11/79	218	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne, mais trop de végétation, bonne pour le drainage, trop de régions brûlées

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Mboune	09/03/73	218	50	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Bonne pour la lithologie et les cours d'eau Bonne pour la végétation et l'eau
Mboune	01/04/79	S.S. A,B,C,D		Lot	^{RBV} Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne en raison d'une meilleure résolution
Mboune	21/11/79	S.S. A,B,C,D		Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne en raison d'une meilleure résolution Bonne pour la lithologie du Paléozoïque du Précambrien
Vélingara	10/12/77	218	51	Accent.	^{MSS} Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Utilisée comme image de base, mais quelque peu trop couverte par la végétation en raison des pluies saisonnières, voilée, quelques nuages
Vélingara	10/12/77	218	51	Accent.	Noir et blanc rapport. 7/5	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Pauvre pour la lithologie, bonne pour la structure, la végétation et l'utilisation des terres, quelques nuages
Vélingara	18/02/75	218	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la lithologie et la structure en raison des effets de la saison sèche
Vélingara	26/03/75	218	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Excellente pour tout
Vélingara	02/02/78	218	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Quelques nuages, bonne pour les régions sédimentaires
Vélingara	18/02/75	218	51	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Bonne pour la lithologie et la structure Bonne pour les struct. et car. de terrain

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Vélingara	01/04/79	S.S. A,B,C,D		Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne en raison des détails, mais pauvrement contrastée pour certaines régions
Bakel	21/02/73	217	50	Accent.	<u>MSS</u> Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétation de détails, excellente pour la lithologie, les structures et l'interprétation tectonique
Bakel	08/01/74	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour les structures et la lithologie
Bakel	21/11/77	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour les structures et la lithologie
Bakel	27/12/77	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour les structures et la lithologie
Bakel	04/03/79	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Excellente pour les structures et la litho.
Bakel	27/10/80	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre/ Moyenne	Trop de végétation, une moitié d'image montre seulement une petite partie du Sénégal
Bakel	02/12/80	217	50	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Ne montre qu'une petite partie du Sénégal
Bakel	08/01/74	217	50	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne	Très bonne pour la litho. et la structure Bonne pour la végétation
Bakel	20/11/79	S.S. A,C		Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour le détail des structures et de géologie, en particulier les plissements

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row scène	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Kédougou	27/12/77	217	51	Accent.	MSS Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Trop de végétation pour une interprét. géo. efficace, mais utilisée comme base de cartographie
Kédougou	27/12/77	217	51	Accent.	Noir et blanc rapport. 7/5	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Bonne pour la végétation
Kédougou	08/08/73	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Moyenne	Voilée, mais bonne pour quelques structures
Kédougou	26/01/74	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Très bonne pour la litho. et les structures
Kédougou	07/03/75	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la lithologie et les structures
Kédougou	25/03/75	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Très bonne pour la structure
Kédougou	27/12/77	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour la géologie et les structures
Kédougou	08/03/80	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Image partielle, seulement
Kédougou	21/09/80	217	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS	Pauvre	Image partielle, nuageuse
Kédougou	26/01/74	217	51	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Bonne pour les caract. de l'eau/l'humidité Bonne pour la lithologie et la structure Bonne pour la structure Bonne pour la structure
Kédougou	21/09/80	217	51	Lot	Noir et blanc canaux 4 5 6 7	1:250 000	EROS	Bonne Bonne Bonne Bonne	Bonne pour les caract. de l'eau/l'humidité Bonne pour la lithologie et la structure Bonne pour la structure Bonne pour la structure

Région de la scène Landsat	Date	Path scène ou subscène	Row	Type	Produit	Echelle	Source	Qualité	Utilité
Kédougou	20/11/79	S.S. A,B,C,D		Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS	Bonne	Bonne pour l'interprétation de détail, mais la végétation est trop dense
Kéniéba	20/11/77	216	51	Accent.	<u>MSS</u> Numérisée en coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Imagerie de base accentuée pour l'interprétation de détail, mais trop de végétation
Kéniéba	20/11/77	216	51	Accent.	Noir et blanc rapport. 7/5	1:250 000	EROS/RSI	Excellente	Bonne pour la végétation et l'utilisation des terres
Kéniéba	30/04/73	216	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Très bonne pour la lithologie
Kéniéba	20/11/77	216	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Trop de végétation, régions brûlées
Kéniéba	03/03/79	216	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Bonne pour la litho., moyenne pour la struc
Kéniéba	02/11/77	216	51	Lot	Coul. comp.	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Voilée, trop de végétation
Kéniéba	07/03/73	216	51	Lot	Noir et blanc canaux 5 7	1:250 000	EROS/RSI	Bonne Bonne	Bonne pour la lithologie et la structure Bonne pour la lithologie et la structure
Kéniéba	17/04/79	S.S. A,C		Lot	<u>RBV</u> Noir et blanc	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Bonne en raison d'une meilleure résolution, bonne en raison de la saison sèche
Kéniéba	26/10/80	S.S. A,C		Lot	Noir et blanc	1:250 000	EROS/RSI	Bonne	Quelque peu trop couverte par la végétation et par conséquent d'usage limité

ANNEXE A

Tableau III-2

Catalogue des points d'eau
et mesures des puits (532) du Sénégal
1983-1985

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS		Qualite eau	FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond(m)		Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
1	5/3/84	Cap Vert	Bargny	Yène Mer		*voir no. 146				cf		
2	"	Cap Vert	Bargny	Yène Mer		*voir no. 147	Pollution					
3	"	Cap Vert	Bargny	Yène Mer		*voir no. 148						
4	"	Cap Vert	Bargny	Yène Mer		*voir no. 149						
5	"	Cap Vert	Bargny	Yène Mer								
6	"	Sine Saloum	Fimela	Mar Lobj								Traces d'huile dans l'eau
7	"	Sine Saloum	Fimela	Mar Lobj		Sec						
8	6/3/84	Sine Saloum	Fimela	Mar Lobj								
9	"	Thiès	Thiadiaye	Ndiaganio (CER)								
10	"	Thiès	Thiadiaye	Ndiaganio				100	100			
11	"	Thiès	Thiadiaye	Ndiaganio M. catholique		*voir no. 166	--				Calcaire + fossiles, arg.	
12	"	Thiès	Fissel	Soussoum Sanda	0.05	39.0	ED				3 m de calcaire	
13	"	Thiès	Fissel	Keur Ouall (Soussoum)	0	40.0	--				Calcaire	
14	"	Thiès	Fissel	Diélong Keur Assane Welle		*voir no. 158						

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	Profondeur eau (m)	PUITS Profondeur fond(m)	Qualite eau	FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
								Fond (m)	m3/h	Stratigra- phiques	Structu- relles	
15	"	Thiès	Notto	Tassèt		*voir no. 169		80	750	cf		
16	"	Thiès	Tiénaba	Dfack		*voir no. 177	E.D.					entre 2 in- trusion dolé
17	"	Thiès	Tiénaba	N'Goudiane		*voir no. 176	E.D.					
18	"	Thiès	Tiénaba	Mbambara		15-18	E.D.					
19	"	Thiès	Tiénaba	Khombole		*voir no. 178						Vérification de failles
20	7/3/84	Thiès	Pambal	Baligue		*voir no. 252	E.D.					Puits approfondi il y a 70 ans; il y a pas eu baisse d'eau
21	"	Thiès	Pambal	Ndiassane		*voir no. 253	-					
22	"	Thiès	Pambal	Keur Mambaye Khari	Sec	20	-					
23	"	Thiès	Pambal	Keur Ndiobo		*voir no. 254	E.D.					
24	"	Thiès	Méouane	Mdomor		*voir no. 255	E.D.					Equipé d'une pompe à main
25	"	Thiès	Méouane	Mboro		*voir no. 256	E.D.					
26	"	Thiès	Médina Dakhar	Médina Dakhar	0.50	35	E.D.					
27	"	Thiès	Médina Dakhar	Mbodiène Nguéséré	T.E.	36	E.D.					
28	"	Thiès	Niakhène	Ndiné Amar		*voir no. 189	E.D.					
29	7/3/84	Thiès	Niakhène	Wadia Dieng	T.E.	36	E.D.					Niveau phosphaté

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS		Qualité eau	FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)		Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
44	8/3/84	Sine Saloum	Kolobane	Ngaraf		*voir no. 211						
45	"	Sine Saloum	Kolobane	Gayna Tamsire		*voir no. 212	sale					E.D.
46	"	Sine Saloum	Birkelane	Diam Well		*voir no. 215						
47	"	Sine Saloum	Malème Hodar	Tnioné	0	79.0		6	79			
48	"	Sine Saloum	Birkelane	Navel		*voir no. 217						
49	"	Sine Saloum	Birkelane	Birkelane	T.E.	+ 25						
50	9/3/84	Sine Saloum	Birkelane	Nguer	0	10	salée					
51	"	Sine Saloum	Kahone	H'Gatye	T.E.	+ 10	salée					
52	"	Sine Saloum	Kahone	Farabougou	T.E.	6	salée					
53	"	Sine Saloum	Kahone	Kahone	0	5-6	-					
54	"	Sine Saloum	Kahone	Touba Ndini	T.E.	+ 10	E.D.					
55	"	Sine Saloum	Kahone	Thiolongane	T.E.	28	un peu salée					
56	"	Sine Saloum	Kahone	Nguékokh			E.D.					
57	"	Sine Saloum	Kahone	Likémé	T.E.	37						
58	"	Sine Saloum	Kahone	Har Diakhal	T.E.	26	E.D.					
59	"	Sine Saloum	Kahone	Dagga Sambaré	T.E.	30	E.D.					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
60	9/3/84	Sine Saloum	Kolobane	Kolobane	1,00	37	END					
61	"	Sine Saloum	Gandfaye	Sagne Bambara	T.E.	6	Un peu salée					
62	"	Sine Saloum	Gandfaye	Keur Alfa	T.E.	8						
63	"	Thiès	Fissel	Ildioudiouf	0,50	8	E.D					
64	"	Thiès	Nguékokh	Keur Balla	T.E.	6						
65	"	Thiès	Nguékokh	Oiamaguène		9,5	Un peu salée					
66	"	Thiès	Nguékokh	Sindia		*voir no. 153					Puits éoliens	
67	13/3/84	Louga		Thille Peul	Sec	32,5	-					
68	"	Louga		Santhie Thilla		34,0	E.D					
69	"	Thiès		Santhie Bouna		34,0	E.D					
70	"	Thiès		Khadiawane		32,0	E.D					
71	"	Louga		Médina Beye	Sec	20,0				Sable jaune + sable blanc		
72	"	Louga		Médina Beye	0,30	25,0	E.D					
73	"	Louga		Tawa Fall	T.E.	17,5	E.D					
74	"	Thiès		Lompoul (verger)		*voir no. 194						
75	"	Thiès		Lompoul	T.E.	4,0	E.D					
76	"	Louga		Diokoul	0,90	37,5	E.D					
77	"	Louga		Baghadje Samba	0,60	29,0	E.D			Sable blanc		

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
78	13/3/84	Louga		Médina Thialao	0,80	29,0	E.D			Sable blanc-jaune sable rouge		
79	"	Louga	Sakal	Léonia Ndiaye	0,20	25,0	E.D					
80	"	Louga	Sakal	Potou	0,10	7,0	E.D					
81	"	Louga		Kanadji	2,5	23,5	E.D					
82	"	Louga	Sakal	Hassar Diop I	0,60	19,5	E.D					
83	"	Sakal	Sakal	Sakal (prefecture)	0,05	22,5	E.D					
84	"	Fleuve	Rao	Mpal	0,15	13,5	E.D					
85	"	Fleuve	Rao	Rao	0,20	8,5	E.D					
86	14/3/84	Fleuve	Rao	Rao	0,15	5,20	E.S					
87	"	Fleuve	Rao	Croisement Rao (Maratché)		6,0	E.D					
88	"	Louga	Mbédienne	Keur Siny Dieng	0,10	30,5	E.D			Sable blanc + niveau phosphaté		
89	"	Louga	Kokl	Ouarock	0,08	21,5	E.D					
90	"	Louga	Kokl	Kokl	0,05	20,5	E.S					
91	"	Louga	Kokl	Kokl	0,08	22,0	E.S					
92	"	Louga	Kokl	Djiadiordé	Sec	20,0						
93	"	Louga	Kokl	Gueli	a) Sec b) 0,50	23,0 82,0						

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
94	14/3/84	Louga	Koki	Moukh Moukh	a) T.E.	43,0	E.D	b) 100	50			
95	"	Louga	Dahr	Niandoul	6,0	21,5	E.D					
96	"	Louga	Darou Moust	Bélé1 Gueloki	6,0	72,0	E.D					
97	"	Louga	Yang Yang	Yang Yang	2,0	33,0	E.D					
98	"	Louga	Yang Yang	N'Gouye Dieri	1,0	47,0	E.H.D					
99	"	Louga		Il'Diakhate	4,0	47,5	E.D					
100	"	Louga	Do11i	Doundodji	4,5	12,0	E.D					
101	"	Louga		Mboundiel	11,0	44,0	E.D					
102	15/3/84	Louga		Loumbé1 Lana	0,50	55,0	E.D					
103	"	Fleuve	Ouro Sogui	Ynnoféré	Sec	52,0						
104	"	Fleuve		Mboule	0,35	59,0	E.D					
105	"	Fleuve		Guentou Bhoxi	0,30	71,0	E.D				Craie?	
106	"	Fleuve	Ouro Sogui	Darou Ilena	0,25	62,0	E.D				Craie?	
107	"	Fleuve	Ouro Sogui	Darou Ilena	0,50	62,0	E.D					
108	"	Fleuve	Ouro Sogui	Fourdou				209	50			
109	"	Fleuve	Ouro Sogui	Boula Taly	0,50	55,0	E.D					
110	"	Fleuve	Ouro Sogui	Ranârou				280	50			
111	"	Fleuve	Ouro Sogui	Dendoud1				256	75			

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES Fond (m)	m ³ /h	OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau			Stratigra- phiques	Structu- relles	
112	15/3/84	Fleuve	Ouro Sogui	Dentiadi	0,10	23,0	E.D					
113	"	Fleuve	Ouro Sogui	Medv Hacka	5,0	24,0	E.D					
114	"	Fleuve	Ouro Sogui	Thiambe	0,25	15,0	E.D			Sable jaune		
115	"	Fleuve	Ouro Sogui	Sintiou Mago	2,50	15,50	E.D					
116	"	Fleuve	Ouro Sogui	Doumga Ouro Alnha	0,30	14,80	E.D					
117	16/3/84	Fleuve	Thilogne	Diaba	0,50	14,0	E.D					
118	"	Fleuve	Thilogne	Badène	0,05	12,5	E.D					
119	"	Fleuve	Thilogne	Aqnam Civol	0,30	13,5	E.D					
120	"	Fleuve		Diaba Deklé	0,05	10,0	E.D					
121	"	Fleuve	Saldé	Galoya	4,0	25,0	E.D					
122	"	Fleuve	Saldé	Boqué Diégué	0,30	46,0	E.D					
123	"	Fleuve	Saldé	Boqué Dialoube	2,0	20,0	E.D					
124	"	Fleuve	Saldé	Lour Ouoloff	3,0	66,0	E.D					
125	16/3/84	Louga	Koki	7 km à l'est Iloukh 'loukh	1,0	65,0	E.D.					
125	"	Fleuve	Saldé	Lour Ouoloff	Sec	49,0	E.D.			Calcaire gleucone		
127	"	Fleuve	Saldé	Boqué Diégué	3,0	14,5	E.D.					
128	"	Fleuve	Kaskas	Mbouda	0,10	17	E.D.					
129	"	Fleuve		Ouro Hawa Bandou Da	7,0	23,0	E.S.			Calcaire		

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES	OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau		Fond (m)	m ³ /h	
130	16/3/84	Fleuve		Diaga Lao	0,05	19,0	E.D			Sable blanc	
131	"	Fleuve		Gourel Diéri	0,05	21,0	E.D			Sable blanc	
132	"	Fleuve	Ndioum	Diomandou	0,10	21,0	E.D				
133	"	Fleuve		Ouro Mangaye	0,04	34,0	E.D				
134	"	Fleuve	Ndioum	Ndioum	0,10	17,5	E.D				
135	"	Fleuve		Medina Freslé	0,20	22,5	E.D				
136	17/3/84	Fleuve	Ndioum	Taredji	0,10	17,0	E.D				
137	"	Fleuve	Thille Boubacar	Fanaye Diéri	0,40	16,0	E.D				
138	"	Fleuve		Gouafela	0,10	18,0	E.D				
139	"	Fleuve	Dagana	Talle Bakhlé	0,30	9,0	E.D				
140	"	Louqa	Keur Momar Sar	Keur Momar Sar	Sec	7,0					
141	"	Louqa	Mbédiène	Niomré Lo	1,80	29,0	E.D				
142	"	Louqa	Ndandé	Tiey Tiey	0,70	36,0	E.D				
143	"	Louqa	Ndandé	Ndandé	Sec	35,0					
144	"	Fleuve	Thille Boubacar	Tivaouane II	5,5	19,0	E.D				
145	"	Fleuve		Kadhlogne	0,10	16,0	E.D				

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond. (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
146	3/4/84	Cap Vert	Bargny	Yène-sur-Mer	4,5	9,0	E.ALC	250				
147	"	Cap Vert	Bargny	Yène-sur-Mer	2,5	10,0	E.ALC					
148	"	Cap Vert	Bargny	Yène-sur-Mer (entrée)	2,0	12,5	E.D					
149	"	Cap Vert	Bargny	Yène-sur-Mer (entrée)	3,0	13,0	E.D				Creusé il y a 60 ans	
150	"	Cap Vert	Bargny	Doukoura Ouolof	1,5	21,5	E.D				Tous les arbres arrosés par l'eau de ces puits ont dépéri	
151	"	Thiès	Nguékokh	Díass	Sec	Sec					Pierres, saleté	
152	"	Thiès	Nguékokh	Loumbou	1,5	24	E.D					
153	"	Thiès	Nguékokh	Sindia	1,0	22,0	E.D					
154	"	Thiès	Nguékokh	Sindia	1,0	21,0		310	10			
155	"	Thiès	Nguékokh	Nguékokh	1,0	9,0	E.D				Cuirasse sable jaune	
156	"	Thiès	Nguékokh	Nguékokh	0,30	9,0	E.D	197	20			
157	"	Thiès	Nguékokh	Nguékokh	0,20	7,0	E.D				Cuirasse	
158	"	Thiès	Nguékokh	Keur Balla	0,15	9,0	E.ALC				Calcaires + fossiles	
159	"	Thiès	Thiadiaye	Keur Balla	0,75	8,5	E.D	140	70			
160	"	Thiès	Thiadiaye	Garage Diakhère	1,5	16,5	E.D				Calcaire	

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fonc (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
161	3/4/84	Thiès	Thiadiaye	Thiadiaye (prefecture)	0,05	10,0	E.D	500	26,7	Sable quaternaire		
162	"	Thiès	Thiadiaye	Ndiadiène	Sec	9,0	-					
163	"	Thiès	Fissel	Fissel	Sec	5,0	-	253	46			
164	"	Thiès	Fissel	Ndiadiène Keur Couly	0,30	11,0	E.D					
165	"	Thiès	Thiadiaye	Sandara Ouolof	Sec	10,0	-	58	12,3			
166	"	Thiès	Thiadiaye	Ndiagianao Mission C.	Sec	8,0		100	100			
167	"	Thiès	Fissel	Soussoum Mbefetjié	3,0	30,0	E.D					
168	"	Thiès	Fissel	Dieleng Keur Assane Hellé	1,5	50,0	E.D					
169	"	Thiès	Noto	Tassèt	2,0	40,0	E.D	750	80			
170	"	Thiès	Noto	Pout Diack	2,0	28,0	E.ALC					
171	"	Thiès	Noto	Noto(préfecture)	0,02	12,0	E.D	100	10			
172	"	Thiès	Noto	Silmang	0,01	17,0	E.D					
173	4/4/84	Thiès	Tiénaba	Keur Madaro	0,05	10,5	E.D					
174	"	Thiès	Tiénaba	Tiénaba	Sec	10,0						
175	"	Thiès	Tiénaba	Croisement Ngoudiane	0,80	14,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
176	4/4/84	Thiès	Tiénaba	Ngoudiane	0,40	19,0	E.D	350	40			
177	"	Thiès	Tiénaba	Diack (carrrière)	1,0	30,0	E.D				Le puits est situé entre 2 intrusions doléritiques	
178	"	Thiès	Tiénaba	Sortie de Khombole	Presque à sec	13,0	-					
179	"	Thiès	Tiénaba	Ndiongué	0,40	18,0	E.D					
180	"	Diourbel	Ngoye	Hdangalma	1,60	20	-				Puits éolien	
181	"	Diourbel	Ngoye	Hdangalma	0,15	18,0	E.ALC					
182	"	Diourbel	Lambaye	Toubédièye	2,0	19	-				Puits éolien	
183	"	Diourbel	Lambaye	Silane	3,0	25,0	E.D			Calcaire		
184	"	Diourbel	Lambaye	Darou Hbow	1,0	39,0	E.D				Creusé en 1927	
185	"	Diourbel	Lambaye	Ndiagne Sitor	0,80	34,0	E.D					
186	"	Diourbel	Baba Garage	Mbadiagol	0,50	27,0	E.D					
187	"	Diourbel	Ndini	Keur Ngane			*voir no. 167					
188	"	Thiès	Niankhène	Ndialba ²	0,10	32,0	E.D					
189	"	Thiès	Niankhène	Ndiné Amar	0,50	30,0	E.D					
190	"	Thiès	Médina Dakhar	Ngueye Ngueye	1,0	29,0	E.D			Calcaire avec fossiles		
191	"	Thiès	Ndandé	Teug Diass (Dawakh)	0,60	32,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
192	4/4/84	Louga	Méaoune	Thille Peul	Sec	32,0	-					
193	"	Thiès	Méouane	Lompoul	0,10	5,50	E.D					
194	"	Thiès	Méouane	A 3km de Lompoul dans un verger		*voir no. 74	E.D					
195	5/4/84	Louga	Sagata	Gade Afè	0,15	37,0	E.D					
196	"	Louga	Sagata	Ndiatar Fall	0,40	34,0	E.D					
197	"	Louga	Sagata	Namène	0,20	36,0	E.D					
198	"	Louga	Sagata	Kalsane	0,50	35,0	E.D					
199	"	Louga	Sagata	Bargué	Sec	15,0	-					
200	"	Louga	Sagata	Bargué	2,0	53,0	E.D					
201	"	Louga	Darcu Mousti	Sarr Sara							L'eau est recherchée au forage de Darou Mousty et de Taysire	
202	"	Louga	Darou Mousti	Darou Mousti				285	50		Un réservoir de 1.000m ³ assure le revêtement du bétail	
203	"	Diourbel	Ndamé	Mbayène Missira	0,20	70,0						
204	"	Diourbel	Ndamé	Ndindi Abdou	Sec	40,0	-				L'eau est recherchée au forage de Touba Mbacké	
205	"	Diourbel	Ndamé	Keur Mbaye	Sec	35,0	-					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
206	5/4/84	Diourbel	Ndamé	Keur Ndao	3,5	46,0	E.D	290	140			
207	"	Diourbel		Ouro Diofo	Sec	84,0	-			Calcaire gréseux	L'eau est recherchée au château de Bafla	
208	"	Sine Saloum	Kolobane	Tjissi	0,60	81,0	E.D				Il existe aussi une adduction d'eau venant de Bafla	
209	"	Sine Saloum	Kolobane	Taïf	7,50	60,0	E.D					
210	"	Sine Saloum	Kolobane	Sadatou	4,0	58,0	E.D					
211	"	Sine Saloum	Kolobane	Ngaraf	0,15	35,0	E.D					
212	"	Sine Saloum	Kolobane	Gayna Tamsire	T.E	39,0	E.D					
213	"	Sine Saloum	Kolobane	Bané	0,01	32,0	E.D					
214	"	Sine Saloum	Kolobane	Bountou Hbar	Sec	45,0	-				Les villages s'approvisionnent au forage de H'bar	
215	"	Sine Saloum	Birkelane	Diamwéli	14,0	80,0	E.D					
216	"	Sine Saloum	Birkelane	Dagavn'der	0,30	25,0	E.D					
217	"	Sine Saloum	Birkelane	Navel	0,10	20,0	E.D			Sable blanc & jaune. Niveau phosphaté		
218	"	Sine Saloum	Birkelane	Ngaye Keur Magaye	0,50	22,0	E.S					
219	"	Sine Saloum	Birkelane	Bossalèle Peul	0,10	24,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
220	6/4/84	Sine Saloum	Birkelane	Mbos	3,0	44,0	E.D	289	60			Abduction venant du forage
221	"	Sine Saloum	Kahone	Darou Djadji	0,02	63,0	E.S			Calcaires + fossiles		
222	"	Sine Saloum	Kahone	Guinguinéo				237	151			Robinets
223	"	Sine Saloum	Kahone	Ségnagne Oualo	0,5	34,0	E.D					
224	"	Sine Saloum	Darou Bak									Puits éolien
225	"	Sine Saloum	Ouadiour	Mbos	2,5	32	E.D					Puits éolien
226	"	Sine Saloum	Ouadiour	Ndiébel	0,10	24,0	E.D					
227	"	Diourbel	Ndoulo	Nébé Teugue	0,60	33,0	E.D					Adduction venant de Ndiarème (Diourbel)
228	"	Diourbel	Ndoulo	Touré Mboude	0,20	24,0	E.D					Puits éolien
229	"	Diourbel	Ndindi	Loumène	0,20	33,0	E.D					Recreusé en mars 84
230	"	Diourbel	Ngoye	Ndiatta	0,50	29	E.D					Puits éolien
231	"	Diourbel	Ngoye	Ngoye	0,5	30,0	E.D					
232	"	Sine Saloum	Niakhar	Diadiakh	0,10	13,0	E.S					Château d'eau dans le village
233	"	Sine Saloum	Niakhar	Mbafaye	0,002	13,0	E.D					
234	7/4/84	Sine Saloum	Kahone	Parassel	0,01	10,0	E.S					
235	"	Sine Saloum	Kahone	Ngtaye Naoudé	0,10	13,0	E.S					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
236	7/4/84	Sine Saloum	Gandiaye	Keur Massaer	0,30	9,50	E.S					
237	"	Sine Saloum	Gandiaye	Gamboul	Sec	15,0	-					
238	"	Sine Saloum	Gandiaye	Gamboul		13,0	-					
239	"	Sine Saloum	Gandiaye	Ndolongui	Sec	13,0	-					
240	"	Sine Saloum	Gandiaye	Ndolongui	Sec	10,0	-					
241	"	Sine Saloum	Tataguine	Ndionar	0,10	8,0	E.S					
242	"	Sine Saloum	Tataguine	Diouroup	Sec	12,0	-	40,5	-			
243	"	Sine Saloum	Tataguine	Garage Mbambara	Traces	8,0	E.S					
244	"	Sine Saloum	Tataguine	Mbouguel	0,10	7,0	E.D					
245	"	Sine Saloum	Fimela	Loul Séssène	Traces	5,0	E.S	290,6	45			
246	"	Sine Saloum	Fimela	Djilas	Traces	5,0	E.S					
247	"	Sine Saloum	Fimela	Diofior	Traces	7,0	E.S					
248	"	Sine Saloum	Tiadiaye	Samba Dia (verger)	0,40	7,0	E.D	150 (privé)	34			
249	"	Sine Saloum	Tiadiaye	Ndiarogne	1,10	9,0	E.D					
250	"	Thiès	Tiadiaye	Mbod'ène	21,0	38,0	E.D					
251	"	Thiès	Tiadiaye	Nianing	0,1	7,0	E.D					
252	"	Thiès	Tiadiaye	Baling	15,0	65,0	E.D				Puits approfondi il a 70 ans. Depuis, il n'y a pas eu de baisse d'eau.	

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
253	7/4/84	Thiès	Pambal	Entrée Ndiassane	12,5	23,5	E.D					
254	"	Thiès	Pambal	Keur Ndiobo	0,40	22,0	E.D					
255	"	Thiès	Méouane	Ndomor	1,80	25,0	E.D					
256	"	Thiès	Méouane	Mboro (village)	0,20	19,0	E.D	26,7	15			
257	"	Thiès	Méouane	Mboro (verger)	0,50	4,0	E.D					
258	12/4/84	Sine Saloum	Malème-Hodar	Pété (village)	0,05	65,0	E.D					
259	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Baba Touré	0,05	70,0	E.D					
260	"	Sine Saloum	"	Mbelbouk	0,40	61,0	E.S				Creusé en 1931	
261	"	Sine Saloum	"	Mbeulli	0,40	45,0	E.D					
262	"	Sine Saloum	"	Mandakhe	0,35	35,0	E.ALC					
263	"	Sine Saloum	"	Mborokounda	0,50	22,5	E.ALC					
264	"	Sine Saloum	"	Maleme-Hodar	0,90	61,0	E.ALC					
265	"	Sine Saloum	"	Diam Diam	1,10	58,5	E.D			Niveau phosphaté		
266	"	Sine Saloum	"	Delbi	0,20	40,0	E.D					
267	"	Sine Saloum	"	Ndiote Seyane	0,60	46,0	E.D					
268	"	Sine Saloum	"	Khour Loumbé	0,90	54,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
269	12/4/84	Sine Saloum	Malème-Hodar	Nierguel	0,40	85,0	E.D					
270	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Darou Miname				317,5	41,9			
271	"	Sine Saloum	Barkédji	Diaga Keur Bamba Mbaye	0,20	90,0	E.D					
272	"	Louga	Barkédji	Sibaul	0,20	76,0	E.D					
273	"	Louga	Barkédji	Tiel				273	50			
274	13/4/84	Louga	Barkédji	Vendouillo	0,30	76,0	E.D					
275	"	Louga	Barkédji	Vélingara				304	50			
276	"	Louga	Barkédji	Sessoum	0,15	50,0	E.D					
277	"	Louga	Barkédji	Bélél Touflé	0,40	25,0	E.D	330	32			
278	"	Louga	Barkédji	Mboundou Mbaba	0,30	51,0	E.D				Eau très chaude	
279	"	Sénégal Oriental	Koumpentoum	Bokhl Sada	0,80	90,0	E.D				Bcp d'eau grâce à un robinet situé dans le puits	
280	"	"	Koumpentoum	Payar	4,30	23,0	E.D					
281	"	"	Koumpentoum	Dfouguel	3,5	52,0	E.D					
282	"	"	Koumpentoum	Panal	0,70	54,0	E.D					
283	"	"	Koumpentoum	Koutia Bâ Peul	0,40	56,0	E.D					
284	"	"	Koumpentoum	Koutia Bâ Ouolof	T.E	77,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
285	13/4/84	Sénégal Oriental	Koumpentoum	Sintiou Dhoki	T.E	58,0	E.D					
286	"	"	Koumpentoum	Fass Gounasse	0,60	45,0	E.D					
287	14/4/84	"	Koumpentoum	Palagué Hamari	-	44,0					Puits en cours de creusement initié par le Projet Bamba	
288	"	"	Koumpentoum	Palagué Hamari	0,30	66,0	E.D				Dont un puit qui n'est pas encore achevé	
289	"	"	Koumpentoum	Palagué Handing	0,50	66,0	E.D					
290	"	"	Koumpentoum	Halèm Bâ	0,40	65,0	E.D					
291	"	"	Koumpentoum	Halèm Bâ	0,30	76,0	E.D					
292	"	"	Koumpentoum	Vélingara Sintiou	0,35	59,0	E.D					
293	"	"	Koumpentoum	Koutia Gaïda	0,30	53,5	E.D					
294	"	"	Koumpentoum	Saré Bamaul Diallo	0,50	54,5	E.D					
295	"	"	Koumpentoum	Saré Sikouna	0,25	60,0	E.D					
296	"	"	Koumpentoum	Saré Sikouna	1,0	60,0	E.D					
297	"	"	Koumpentoum	Lofé	0,30	40,0	E.ALC				Eau très chaude	

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
298	14/4/84	Sénégal Oriental	Koumpentoum	Touba Thiamène	0,35	37,0	E.D	117	50			
299	"	"	Koumpentoum	Malème Niani	0,10	55,0	E.D	131,06	50			
300	"	"	Koumpentoum	Malème Niani (Sodefitex)								
301	"	"	Koumpentoum	Haltou Fass	0,40	55,0	E.D					
302	"	"	Koussanar	Koussanar	0,40	24,0	E.D	127,01	50			
303	"	"	Koussanar	Koussanar Escale	T.E.	15,0	E.D	128,35	70			
304	"	"	Koussanar	"	Sec	23,0	-					
305	"	"	Koussanar	Vélingara Samba	0,15	30,0	E.D					
306	"	"	Koussanar	Sintiou Malème	0,10	23,0	E.D					
307	"	"	Koussanar	Lycounda	0,10	25,0	E.D					
308	"	"	Koussanar	Lycounda	0,10	24,0	E.D					
309	"	"	Koussanar	Touba Fall	0,10	23,0	E.D					
310	"	"	Koussanar	Dialacoro-bougou	0,50	23,5	E.D					
311	16/4/84	"	Koussanar	Mayel Djiby	0,10	28,0	E.D			Grès rouge		
312	"	"	Goudiri	Sintiou Samba Boubou	0,15	28,0	E.D			Niveau phosphate		

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES Fond m3/h (m)	OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau		Stratigra- phiques	Structu- relles	
313	16/4/84	Sénégal Oriental	Goudiri	Madina Toua	0,15	34,0	E.D				
314	"	"	Goudiri	Bala Bané	0,80	30,0	E.D			Flux d'eau. Autre puits au fond du puits datant X temps. A sec depuis 20 ans au moins.	
315	"	"	Goudiri	Sintiou Amar Ali	0,20	40,0	E.D				
316	"	"	Goudiri	Sintiou Barinabé	0,25	39,0	E.D				
317	"	"	Goudiri	Sintiou Bocar Ali	0,05	46,0	E.D				
318	"	"	Goudiri	Diarel Assane	0,15	55,0	E.D			Flux d'eau au fond du puits couleur de l'eau - rouge	
319	"	"	Goudiri	Touldé Thiekoyi	Sec	60,0	-				
320	"	"	Goudiri	Touldé Thiekoyi	2,00	65,0	E.D			Flux d'eau au fond du puits	
321	"	"	Koussanar	Toubéré Bafal	0,20	61,0	E.D				
322	"	"	Koussanar	Toubéré Diaobhé	0,70	63,0	E.D			Flux d'eau dans le puits	
323	"	Fleuve	Koussanar	Nghar	0,40	63,0	E.D				
324	"	Fleuve	Kanel	Mboune	0,15	54,0	E.D				
325	"	Fleuve	Kanel	Fété Bowé	1,80	59,0	E.D				
326	"	Fleuve	Kanel	Fété Bowé	0,50	39,0	E.D			Eau cnaude	
327	"	Fleuve	Kanel	Fété Fowrou	0,25	54,0	E.D				

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS		Qualité eau	FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)		Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
328	16/4/84	Fleuve	Kanel	Namâri	0,80	59,0	E.D	320	40,2			
329	"	Fleuve	Kanel	Namâri	5,0	21,0	E.D					Eau chaude
330	"	Fleuve	Ouro Sogui	Houndalef	0,65	52,0	E.D					
331	"	Fleuve	Ouro Sogui	Béilé	0,06	51,0	E.D	a) 278 b) 34,4	41 4			
332	"	Fleuve	Ouro Sogui	Loumbol				304	50			
333	17/4/84	Fleuve	Ouro Sogui	Ogo	4,50	21,0	E.D	78	12			
334	"	Fleuve	Ouro Sogui	Sintiou Garba	1,0	27,0	E.D	80	44			Puits éolien
335	"	Fleuve	Ouro Sogui	Sintiane	0,10	18,0	E.ALC					
336	"	Fleuve	Kanel	Kanel	0,50	16,0	E.ALC	a) 37 b) 25	31 30			
337	"	Fleuve	Kanel	Ouro-Sidy	0,65	27,0	E.ALC					
338	"	Fleuve	Kanel	Sintiou Bamambé	0,15	28,0	E.D	141	40			
339	"	Fleuve	Kanel	Hamadi Hounaré	0,50	14,0	E.ALC					
340	"	Fleuve	Semné	Orkadiéré	0,50	16,0	E.D					
341	"	Fleuve	Semné	Semné	Sec	7,0	-	137	46,5			
342	"	Fleuve	Semné	Semné (préfecture)	0,50	26,0	E.D					
343	"	Fleuve	Semné	Diamoungué	traces	12,0	E.D					
344	"	Fleuve	Semné	Diamoungué	traces	12,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
345	17/4/84	Fleuve	Semé	Fadiar	0,10	17,50	E.D					
346	"	Fleuve	Semé	Bokeladji	11,0	30,0	E.D					
347	"	Sénégal Oriental	Diawara	Bondji	Traces	12,0	E.D				Petits puits creusés par les villageois	
348	"	"	Diawara	Tourime	0,05	14,5	E.D					
349	18/4/84	"	Diawara	Ololdou	3,0	13,5	E.D					
350	"	"	Diawara	Ololdou	0,05	6,0	E.D					
351	"	"	Diawara	Ololdou		4,0					Séanes	
352	"	"	Diawara	Madina Abdou	0,80	13,5	E.S					
353	"	"	Diawara	Madina Abdou	0,03	4,0	E.D				Séanes	
354	"	"	Goudiri	Toulékédi	0,20	48,0	E.D					
355	"	"	Goudiri	Boulé1	0,50	41,0	E.D					
356	"	"	Goudiri	Ndia	0,35	34,0	E.D					
357	"	"	Goudiri	Nida-maisons familiales rurales	0,30	40,0	E.D					
358	"	"	Goudiri	Baniou	0,15	43,5	E.D					
359	"	"	Goudiri	Baniou	0,15	48,0	E.ALC					
360	"	"	Goudiri	Baniou-puits projet élevage	1,30	55,50	E.D					
361	"	"	Goudiri	Sohol	0,35	36,5	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
362	18/4/84	Sénégal Oriental	Goudiri	Siwabé	0,10	33,5	E.D					
363	"	"	Goudiri	Guina	2,0	34,5	E.D					
364	"	"	Goudiri	Sintiou Tapsirou	0,35	34,0	E.D					
365	"	"	Goudiri	Ouro Kaba	0,15	30,0	E.D					
366	"	"	Goudiri	Sintiou M. Boubou	0,20	26,0	E.D					
367	"	"	Goudiri	M'Balladji	Sec	20,0	-					
368	"	"	Goudiri	M'Balladji	0,40	23,5	E.D				Grès noyés au fond du puits	
369	"	"	Goudiri	Sintiou M. Boubou	0,12	17,0	E.ALC					
370	"	"	Diawara	Béllé	0,10	28,5	E.D					
371	"	"	Diawara	Saré Fadoumé	0,50	19,5	E.D					
372	19/4/84	"	Diawara	Bema	0,20	3,5	E.D	78	2,3			
373	"	"	Diawara	Bema	0,10	8,0	E.D					
374	"	"	Diawara	Bema	Sec	9,0	-					
375	"	"	Diawara	Marsa	0,10	14,0	E.D	70	17,6			
376	"	"	Diawara	Gourel Handji	0,15	15,0	E.D				2 sources opposées	

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
377	19/4/84	Sénégal Oriental	Diawara	Gabou	Traces	5,0	E.D					
378	"	"	Goudiri	Sintiou Doubhé	0,05	19,0	E.D					
379	20/4/84	"	Goudiri	Bofnguel Mbamba	Sec	28,0	-					
380	"	"	Bala	Bala	Sec	25,0	-				Tous les puits sont à sec, puits hydraulique	
381	"	"	Bala	Bala Foulbe	Sec	47,0	-	187	?			
382	"	"	Bala	Kotiari	0,50	30,0	E.D					
383	"	"	Bala	ina Diné	0,10	24,0	E.D			Sables jaunes au fond du puits		
384	"	"	Koussanar	Kerwané	0,20	16,0	E.D					
385	"	"	Koussanar	Koromadji	0,75	13,50	E.D					
386	"	"	Koussanar	Botou	0,80	31,0	E.D					
387	17/5/84	"	Missira	Dienkor Nanfin	0,25	28,0	E.D			Niveau phosphaté		
388	"	"	Missira	Hamdalaye Pont	0,20	12,5	E.D				Puits traditionnel	
389	"	"	Missira	Sodefitec Missira	0,30	15,0	E.D					
390	"	"	Missira	Ardoulaye	0,15	37,5	E.D			Grès rouge		

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
391	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Gourel Yobha	0,40	25,0	E.D			Harnes	Puits traditionnel	
392	"	"	Missira	Wassadou Dépôt	0,48	9,0	E.D			Grès alluvionaires		
393	"	"	Missira	Dar Salam	0,05	16,0	E.D					
394	"	"	Missira	Diénoum Diala	1,50	11,5	E.D			Sable hétérogène		
395	"	"	Missira	Niokolo Koba	0,10	13,0	E.D					
396	"	"	Bandafassi	Niémenéki	Traces	14,0	E.D					
397	18/5/84	"	Bandafassi	Fadiga	0,05	11,0	E.D					
398	"	"	Bandafassi	Bandafassi	0,40	14,60	E.D					
399	"	"	Bandafassi	Ibel	0,10	9,50	E.D					
400	"	"	Bandafassi	Ndébou	0	8,0	-				Puits traditionnel	
401	"	"	Bandafassi	Landiène	Traces	17,0	E.D			Argiles		
402	"	"	Bandafassi	Thiakoum Malal	0,05	8,0	E.D			Gravier fluviatile très grossier		
403	"	"	Bandafassi	Ségou	0,3	8,0	E.D					
404	19/5/84	"	Saraya	Diakhaba	0,05	15,0	E.D			Granite		
405	"	"	Saraya	Diakhaba	0,05	17,0	E.D			Schiste, granite, talc		
405	"	"	Saraya	Sabou ssiré (Fondala)	0,03	6,5	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES Fond m3/h (m)	OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau		Stratigra- phiques	Structu- relles	
406	19/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	Saboussiré (Fondala)	0,03	6,5	E.D				
407	"	"	Saraya	Bembou	0,03	7,5	E.D		Granite		
408	"	"	Saraya	Diakha Medina	0,03	14,5	E.D				
409	"	"	Saraya	Saraya	traces	16,5	E.D				
410	20/5/84	"	Saraya	Diohi	traces	10,5	E.D				
411	"	"	Saraya	Kondokhou	0,05	16	E.D				
412	"	"	Saraya	Balakonko	0,03	19,5	E.D		Schistes phyllitiques		
413	"	"	Saraya	Daloto	0,10	25,4	E.D				
414	"	"	Saraya	Daloto	0,03	25,5	E.D				
415	"	"	Saraya	Medina						Pas de puits au village, eau prov. de la ri- vière ± à 12 km	
416	"	"	Saraya	Sambara Bougou	-	14,0	-				
417	"	"	Saraya	Kossanto	-	6,0	-				
418	"	"	Saraya	Kossanto	3,0	10,5	sale				
419	21/5/84	"	Bandafassi	Kaneméré	-	7,0	-			Marigot	
420	"	"	Bandafassi	Kaneméré	-	13,5					
421	"	"	Goudiri	Feteniébé	0,45	26,0	E.D				

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS		Qualité eau	FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)		Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
422	15/6/84	Sine Saloum	Ndiedieug	Touba Sanokho	3,0	13,0	E.D					
423	"	Sine Saloum	Ndiedieug	Keur Waly Ndiaye	0,30	10,30	E.D					
424	"	Sine Saloum	Djilor	Keur Bakary	0,60	9,0	E.D					
425	"	Sine Saloum	Toubakouta	Sokone	0,20	9,0	E.D					
426	"	Sine Saloum	Toubakouta	Sandikoli	0,20	9,30	E.D					
427	"	Sine Saloum	Toubakouta	Dagga Babou	0,20	7,50	E.D					
428	"	Sine Saloum	Toubakouta	Saroudia	-	15,0	sec					
429	"	Sine Saloum	Toubakouta	Saroudia	-	12,0	sec					
430	"	Sine Saloum	Toubakouta	Saroudia	0,25	17,50	E.D					
431	"	Sine Saloum	Toubakouta	Karang	0,10	15,50	E.D					
432	"	Sine Saloum	Toubakouta	Keur Samba Guèye	-	22,0	Sec					
433	"	Sine Saloum	Toubakouta	Keur Samba Guèye	0,30	19,5	E.D					4 puits sont à sec
434	"	Sine Saloum	Toubakouta	Bombadala Thiakho	1,0	16,0	E.D					
435	"	Sine Saloum	Toubakouta	Keur Aly Kane	0,30	10,50	E.D					
436	"	Sine Saloum	Toubakouta	Ndiaye-Ndiaye	1,20	13,0	E.D					
437	"	Sine Saloum	Toubakouta	Ndramé Escala	1,0	15,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
438	15/5/84	Sine Saloum	Toubakouta	Kou'ar	1,20	12,5	E.D					
439	"	Sine Saloum	Wak Ngouna	Koutango	0,10	14,0	E.D					
440	"	Sine Saloum	Wak Ngouna	Wak Ngouna	0,10	27,0	E.D					
441	"	Sine Saloum	Wak Ngouna	Keur Madiabel	0,15	20,0	E.D	92	72			
								92	5,6			
442	"	Sine Saloum	Ndiedieng	Tiarène	1,10	27,0	E.D					
443	"	Sine Saloum	Ndiedieng	Ndiobène Rokhi	0,60	21,0	E.D					
444	"	Sine Saloum	Ndoffane	Kavil	traces	18,0	E.D					
445	16/6/84	Sine Saloum	Ndoffane	Keur Ya Habi	0,05	13,5	E.D					
446	"	Sine Saloum	Ndoffane	Sintiou Keur Hboutou	-	13,5	sec					
447	"	Sine Saloum	Paoskoto	Keur Samba Malick	5,0	34,0	E.D					
448	"	Sine Saloum	Paoskoto	Keur Kaba	2,5	29,0	E.D					
449	"	Sine Saloum	Paoskoto	Nioro du Rip	1,20	24,0	E.D	42	18			
								56,35	100			
450	"	Sine Saloum	Paoskoto	Firgui	0,60	14,0	E.D					
451	"	Sine Saloum	Paoskoto	Dabali	0,25	18,5	E.D					
452	"	Sine Saloum	Medina Sabakh	Kaymor	3,0	21,5	E.D					
453	"	Sine Saloum	Medina Sabakh	Sonkoron	0,80	21,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
454	16/6/84	Sine Saloum	Medina Sabakh	Diama Passy	2,0	40,50	E.D					
455	"	Sine Saloum	Nganda	Nganda(élevage)	-	35,0	Sec					
456	17/6/84	Sine Saloum	Birkelane	Ségré Sékko	0,80	34,0	E.D					
457	"	Sine Saloum	Birkelane	Ildillé	2,50	37,0	E.D					
458	"	Sine Saloum	Ndoffane	Darou Keur Balla	1,70	30,0	E.D					
459	"	Sine Saloum	Paoskoto	Touba Saloum	0,30	40,0	E.D					
460	"	Sine Saloum	Birkelane	Sine-Madjamel	3,0	39,0	E.D					
461	"	Sine Saloum	Birkelane	Daga Balla	2,30	53,0	E.D					
462	"	Sine Saloum	Birkelane	Mbene Hamour	0,80	49,0	E.D					
463	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Medina Hbadiane	1,0	61,0	E.D					
464	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Touba Saloum Baye Niass	1,50	59,0	E.D					
465	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Darou Salam II	2,0	54,0	E.D					
466	"	Sine Saloum	Malème-Hodar	Missira	0,80	52,0	E.D					
467	"	Sine Saloum	Kougheul	Yamong	0,40	42,5	E.D					
468	"	Sine Saloum	Kougheul	Kougheul	0,20	17,0	E.D	103,4	50			
469	18/6/84	Sine Saloum	Kougheul	Keur Omar Boune	0,15	54,0	E.D					
470	"	Sénégal Oriental	Maka	Kanta	0,20	54,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES Fond (m)	OBSERVATIONS Stratigraphiques	Structurales	AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau				
471	18/6/84	Sénégal Oriental	Koumpentoum	Village Onze (Terres Neuves)	2,0	54,0	E.D				
472	"	"	Koumpentoum	Medina Bissi	0,60	54,0	E.D				
473	"	"	Koumpentoum	Borsafa	2,0	43,0	E.D				
474	"	"	Maka	Touba Bélél (Village 9)	4,0	54,0	E.D				
475	"	"	Maka	Hapagne	2,0	53,0	E.D				
476	"	"	Maka	Maka	0,30	24,0	E.D				
477	"	"	Maka	Fadiya Counda	0,40	14,5	E.D				
478	"	"	Maka	Madina Kayadia	0,20	17,0	E.D				
479	"	"	Koussanar	Ndoga Babacar	0,10	22	E.D				
480	"	"	Maka	Sintiou Bouna	0,30	45,0	E.D			Puits traditionnel	
481	19/6/84	"	Missira	Dioukore Peul	2,0	18,5	E.D			Puits traditionnel à sec	
482	"	"	Missira	Gouloubou (chez A.Diop)	0,40	21,5	E.D			Puits traditionnel	
483	"	"	Missira	Coumba Koutou	0,90	11,5	E.D				
484	"	"	Missira	Nétéboulou	T.E	13,50	E.D				
485	"	"	Maka	Katob	2,0	28,0	E.D				
486	"	"	Koumpentoum	Koumaré	2,50	60,0	E.D				

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
487	20/6/84	Sénégal Oriental	Koungheul	Ndiaya	1,0	11,0	E.D					
488	"	"	Koungheul	Pakala	0,60	22,0	E.D					
489	"	"	Nganda	Ngotou Malik	2,50	60,0	E.D					
490	"	"	Nganda	Lagué	0,20	23,0	E.D					
491	28/6/84	Casamance	Vélingara	Picadouze	0,60	42,0	E.D					
492	"	Casamance	Vélingara	Medina Touat	1,20	25,0	E.D				Puits traditionnel	
493	"	Casamance	Medina Fouta	Medina Gounas	0,15	23,5	E.D	170	2,5			
494	"	Casamance	"	Rabat	0,15	11,5	E.D					
495	"	Casamance	"	Teyel	0,20	10,0	E.D					
496	29/6/84	Casamance	Kolda	Kolda, Mission catholique	2,00	4,0	E.D	46,60	5			
497	"	Casamance	Dioula Colon	Hamdallat Kamako	0,60	5,60	E.D	300	200			
498	30/6/84	Casamance	Diattacounda	Goudomp	0,50	19,0	E.D				Puits éolien	
499	"	Casamance	Niaguis	Koundioundou	TE	10,0	E.D					
500	"	Casamance	Niaguis	Niaguis	TE	17,0	E.D				Puits éolien	
501	1/7/84	Casamance	Nyassia	a) Brin	0,15	17,5	E.D	b) 154,34	42,8			
502	"	Casamance	Nyassia	Nyassia (sous-préfec.)	0,20	8,0	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m ³ /h	Stratigraphiques	Structurales	
503	1/7/84	Casamance	Loudia Ouoloff	Mlomp	0,90	15,60	E.D					
504	"	Casamance	Loudia Ouoloff	Cagnout	0,25	8,40	E.D					
505	"	Casamance	Loudia Ouoloff	Loudia Ouoloff	0,35	6,20	E.D					
506	"	Casamance	Oussouye	Oussouye				35,4 52	13,8 33,9			
507	"	Casamance	Loudia Ouoloff	Boukitingo	0,25	7,0	E.D	119	43	Sable		
508	"	Casamance	Kabrousse	Kabrousse	0,50	8,50	E.D	32,8	20			
509	2/7/84	Casamance	Tanghory	Tobor	1,20	2,70	E.D					
510	"	Casamance	Tanghory	Tabi	a) Sec b) 0,05	14,50 12,50	- E.D					
511	"	Casamance	Tanghory	Koutenghor	1,22	6,20	E.D			Sable, latérite	Puits traditionnel	
512	"	Casamance	Sindian	Kaparan	0,20	18,5	E.D					
513	"	Casamance	Diouloulou	Bélaye	2,0	10	E.D					
514	"	Casamance	Diouloulou	Djinaki	0,20	10,20	E.D					
515	"	Casamance	Diouloulou	Diouloulou	0,03	4,50	E.D	157				
516	"	Casamance	Sindian	KassaTte	2,0	8,5	E.D					
517	"	Casamance	Diouloulou	Kaware	0,50	8,50	E.S					
518	19/9/84	Cap Vert		Croisement Keur Hassar	0,30	10,20	E.D					

N° D'OBS	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	PUITS			FORAGES		OBSERVATIONS		AUTRES OBSERVATIONS
					Profondeur eau (m)	Profondeur fond (m)	Qualité eau	Fond (m)	m3/h	Stratigraphiques	Structurales	
519	19/9/84	C. Vert		Niakoul Rap	Sec	10,50	-					
520	"	C. Vert		Niakoul Rap	0,50	7	E.D					
521	"	C. Vert		Ndiakhirate	0,80	6	E.D					
522	"	C. Vert		Bambilor	Sec	8	-					
523	"	C. Vert		Bambilor	0,15	6	E.D.					
524	"	C. Vert		Bérré	0,05	12	E.D					
525	"	C. Vert		Keur Abdou Ndoye	0,15	6	E.D					
526	"	Thiès		Kayar	0,30	2	E.D					
527	"	Thiès	Pambal	Ndiare	0,30	9,50	E.D					
528	"	Thiès	Pambal	Keur Nbiere	0,40	6	E.D					
529	"	Thiès	Pambal	Keur Modou Haï (Sao)	0,05	5	E.D					
530	"	Thiès	Pambal	Mont Rolland	0,05	9,75	E.D					
531	2/8/84	Cas.	Kabrousse	Essaout	2,0	8,50	E.D.					
532	5/4/84	Sine Saloum		Kolobane	0,37	100,0	END					

Erreurs présentes dans le tableau III-2

- N° 63 - Les données concernant le puits et la ville ne sont pas sur la carte (voir tableau)
- N° 64 - Les données concernant le puits et la ville ne sont pas sur la carte (voir tableau)
- N° 78 - Les données concernant le puits et la ville ne sont pas sur la carte (voir tableau)
- N° 102 - Les données concernant le puits sont omises (voir tableau)
- N° 192 - Les données concernant le puits sont omises (voir tableau)
- N° 286 - Les données concernant le puits et la ville ne sont pas sur la carte (voir tableau)
- N° 151 - Erreurs (voir tableau)
- N° 181 - Lire E.ALC, non E.D.
- N° 232 - Lire E.D., non E.S.
- N° 271 - Les données concernant le puits ont été attribuées à la mauvaise ville (voir tableau)
- N° 289 - Les données concernant le puits ont été attribuées à la mauvaise ville (voir tableau)

ANNEXE A

Tableau III-3

Catalogue des échantillons géologiques

TABLEAU III-3

PROJET TELEDETECTION ET CARTOGRAPHIE DES RESSOURCES NATURELLES
 PLAN NATIONAL D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Catalogue des
 échantillons géologiques

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
Néant	6/3/84	Thiès	Nguékokh	Popenquine (Cap de Naze)	I-1	Marnes, calcaires	
10	6/3/84	Thiès	Thiadiaye	Ndiaganiao	I-2-I	Calcaire avec fossi- les	Eocène inférieur
12	6/3/84	Thiès	Fissel	Soussoumesanda	I-3	Calcaire	
14	6/3/84	Thiès	Fissel	Keur Ouali (Soussoume)	I-4	Calcaire	
21	7/3/84	Thiès	Pambal	Ndiassane	I-5	Calcaire	
26	7/3/84	Thiès	Médina Dakhar	Médina Dakhar	I-6	Calcaire à nummulites	Eocène supérieur
27	7/3/84	Thiès	Médina Dakhar	Mbodiene Nguessere	I-7	Calcaire à nummulites	Eocène supérieur
29	7/3/84	Thiès	Niakhène	Wadia Dieng	I-8	Niveau phosphate	
30	7/3/84	Diourbel	Ndindi	Kalom n° 2	I-9	Niveau phosphate	
31	7/3/84	Diourbel	Lambaye	Marène Couré	I-10	Calcaire et quartz	
34	7/3/84	Diourbel	Ngoye	Dara Mango	I-11	calcaire silicifié avec fossiles	
35	7/3/84	Diourbel	Ndoulo	Sambé	I-12	Calcaire à "Ostrea"	
36	8/3/84	Diourbel	Ndoulo	Ndoulo	I-13	Calcaire avec fossi- les	

N° D' OBS. *	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
39	8/3/84	Diourbel	Ndame	Keur Mbaye	I-14	Calcaire avec fossi- les	?
48	8/3/84	Sine Saloum	Birkelane	Navel	I-15	Sables hétérogènes	?
54	9/3/84	Sine Saloum	Kahone	Touba Ndindi	I-16	Sables hétérogènes	?
61	9/3/84	Sine Saloum	Gandiaye	Sagne Bambara	I-17	Sables hétérogènes	?
63	9/3/84	Thiès	Fissel	N'Dioudiouf	I-18	Niveau phosphaté	?
88	14/3/84	Louga	Niomré	Keur Sini Dieng	II-1	Calcaire à Nummulites	Eocène Moyen
99	14/3/84	Louga	Koki	Gueli	II-2	Calcaire	?
113	15/3/84	Fleuve	Ouro Sogui	Modi Macka	II-3	Sables hétérogènes	Continental Terminal
103	15/3/84	Fleuve	Ouro Sogui	Guento Bhoki	II-4	Niveau ferrugineux	?
	15/3/84	Fleuve	Semmé	Tienkolel	II-5	Calcaire avec fossi- les	?
122	16/3/84	Fleuve	Saldé	Bogué Diégué	II-6	Grès argileux	Continental Terminal
	16/3/84	Fleuve	Semmé	Doumengale	II-7	Calcaire silicifié	Eocène
	20/3/84	Sénégal Oriental	Goudiri	Boinguel Mbaba	II-8	Sables hétérogènes	?
		Thiès	Djilor	Loumène	II-9	Sable jaune?	?
150	3/4/84	Cap Vert		Ndoukoura	III-1	argiles, marnes	?
158	3/4/84	Thiès	Nguékokh	Keur Balla	III-2	Calcaires avec fossiles	Paléocène
161	3/4/84	Thiès	Thiadiaye	Thiadiaye	III-3	Sable rouge	Quaternaire
183	4/4/84	Diourbel	Lambaye	Silane	III-5	Calcaire	Eocène Moyen

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
100	4/4/84	Thiès	Médina Dakhar	Ngueye Ngueye.	III-6	Calcaire	Eocène Moyen
201	5/4/84	Diourbel	Ndame	Ouro Dioffo n°1	III-7	Calcaire	Eocène Moyen
217	6/5/84	Sine Saloum	Birkelane	Navel	III-8	Calcaire	?
221	6/4/84	Sine Saloum	Kahone	Darou Diadj	III-9	Calcaire avec fossiles	Paléocène
265	12/4/84	Sine Saloum	Malème-Hodar	Diame Diame	IV-1	Niveau phosphate	Puits
Néant	12/4/84	Louga	Barkedji	Fas Touré	IV-2	Calcaire a nummulites	Eocène supérieur
272	12/4/84	Louga	Barkedji	Sibaul	IV-3	Calcaire a nummulites	Eocène supérieur
276	13/4/84	Louga	Sessoum	Sessoum	IV-4	Grès argileux	Continental Terminal
287	13/4/84	Sénégal Oriental	Koumpentoum	Palagué Hamari	IV-5	Sable rouge	Puits en cours de creusement (projet Bamba)
307	14/4/84	Sénégal Oriental	Koussanar	Lycounda	IV-6	Argile, laterite, alumine	Quaternaire
311	16/4/84	Sénégal Oriental	Koussanar	Mayel Djiby	IV-7	Grès rouge (niveau ferrugineux)	Quaternaire
312	16/4/84	Sénégal Oriental	Goudiri	Sinthiou Samba Boubou	IV-8	Niveau ferrugineux	Quaternaire
328	16/4/84	Fleuve	Kanel	Namari	IV-9	Niveau ferrugineux	Quaternaire
333	17/4/84	Fleuve	Ouro Sogui	Ogo	IV-10	Calcaire	Eocène Moyen
342	17/4/84	Fleuve	Semmé	Semmé	IV-11	Laterite, argile	Eocène Moyen

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
334	17/4/84	Fleuve	Semmé	Diamoungél	IV-12	Caïcaïre	?
357	18/4/84	Sénégal Oriental	Goudiri	Ndia	IV-13	Grès grossiers, argiles	Continental Terminal
371	18/4/84	Sénégal Oriental	Diawara	Saré Fadoumé	IV-14	Schistes chloriti- ques et quartzites	Infra Cambrien - Cambrien
375	19/4/84	Sénégal Oriental	Diawara	Marsa	IV-15	Gneiss, tillites	Infra Cambrien - Cambrien
376	19/4/84	Sénégal Oriental	Diawara	Gourel Mandji	IV-16	Meta-andesites et metabasites	?
384	20/4/84	Sénégal Oriental	Koussanar	Kerwané	IV-17	Grès rouge	Quaternaire
387	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Dienkore Manfin	V-1	Niveau phosphate	Puits
390	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Ardoulaye	V-2	Grès rouge	Puits
391	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Gourel Yobha	V-3	Harnes	Puits tradi- tionnel
393	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Dar Salam	V-4	Schistes phyllitiques	Puits, trace huile
394	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Dié noum Diala	V-5	Sable hétérogène	Puit-probable- alluvion fluviale
395	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Parc Niokolo Koba	V-6	Gabbro	28 km nord ouest de Niololo Koba
Néant	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Parc Niokolo Koba	V-7	Gabbro	+24 km nord ouest de Niokolo Koba
Néant	17/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Parc Niokolo Koba	V-8	Dolerite/Gabbro	Niemeneki

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
396	17/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Niéménéki	V-9	Dolérite	Matériel provenant du fonds du puits
Néant	17/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Mako	V-10	Cipolin	Gravier du fleuve Gambie
Néant	17/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Tomboronkoto	V-11	Amphibolite	Roche verte volcanique
398	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi (village)	V-12	Diorite	Molybdène/graphite
Néant	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi	V-13	Granite "atectonique"	
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Koulountou	V-14	Pyroxénite	
Néant	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi	V-15	Dolérite	
Néant	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	A l'ouest d'Ibel	V-16	Cipolin	Birrimien
Néant	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	A l'ouest d'Ibel	V-17	Marbre Cipolin	Birrimien
Néant	18/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi	V-18	Cipolin	Birrimien
404	19/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	Diakhaba	V-19	Granite, schiste, talc	Puit du marabout qui a donné son nom à ce village
Néant	19/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	Rive Ouest du fleuve Diaguiri, Rte de Kédougo- Saraya	V-20 V-20-1	Sable aurifère Saprolite de schists chloritique	Couche: 4m de la surface Bedrock

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
Néant	19/5/84	Sénégal	Bélè	Laminia	V-22	Couche aurifère dans le fleuve Gambie	Conglomerat, ferrugineux
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	Sambarabougou	V-23	Gabbro	
117	20/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	Kossanto	V-24	Schistes sericiteux	Bed-Rock sur lequel se trouve l'or
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental Sénégal Oriental	Bandafassi	8 km à l'est de Mako	V-25-I V-25-II	Agglomerat	Birrimien
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	2 km au nord de Tomboronkoto	V-26-I	Amphibolite	Roches volcaniques vertes
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	A 1 km de Mako sur la Rte de Sabodala	V-27	Gabbro? Diabase?	Roches volcaniques ⁴ vertes
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	A 1 km au nord de Saraya Rte Missira	V-28	Sable/marigot sur granite	Près du sondage Cogema n°386
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	7 km avant Kossanto	V-29	Phyllite	Birrimien
Néant	20/5/84	Sénégal Oriental	Saraya	A 7 km à l'est de Kossanto	V-29-I	Roche intrusive Basique	Analyse = Au
Néant	21/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Koulountou	V-30	Pyroxénite-Peridotite	Analyse Cr, Au, Pt

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
Néant	22/5/84	Sénégal Oriental	Missira	Niokolo Koba	V-31	Grès blanc	Ordovicien
Néant	27/5/84	Sénégal Oriental	Diawara	Sours le petit pont juste avant Gabou en allant vers le nord Gabou	V-33 V-33B	Serpentine Jaspe rouge Pyroxénite	Analyse = Cr
Néant	27/5/84	Sénégal Oriental Sénégal Oriental	Diawara	7 km au nord de Gabou	V-34 V-34-I	Williamsite Serpentine	Analyse = Cr
Néant	21/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi	V-35-I	Cipolin	Birrimien
245 Néant	21/5/84	Sénégal Oriental		Koulountou	V-36	Pyroxénite	Birrimien
Néant	21/5/84	Sénégal Oriental	Bandafassi	Bandafassi	V-37 I-V	Cipolin avec chalco- pyrite, pyrite	Analyse Pb, Zn, Ag
Période du 13 juin au 20 juin 1984							
423	15/6/84	Sine Saloum	Ndiedieng	Keur Ouali Ndiaye	VI-1	Sable jaune	Quaternaire
424	15/6/84	Sine Saloum	Djilor	Keur Bakari	VI-2	Sables hétérogènes	Quaternaire
427	15/6/84	Sine Saloum	Toubakouta	Dagga Babou	VI-3	Sable, cuirasse ferrugineuse	Continental Terminal + Quaternaire
444	15/6/84	Sine Saloum	Ndoffane	Kavil	VI-4	Cuirasse ferrugineuse	Continental Terminal

N° D'OBS.*	DATE	REGION	ARRONDISSEMENT	LOCALITE	N° ECHANTILLON	IDENTIFICATION	PROVENANCE, REMARQUES
446	16/6/84	Sine Saloum	Ndoffane	Keur Mboutou	VI-5	Cuirasse ferrugineuse	Continental Terminal
450	16/6/84	Sine Saloum	Paoskoto	Firgui	VI-6	Niveau phosphate Cuirasse ferrugineuse	Continental Terminal
475	18/6/84	Sénégal Oriental	Mak	Mapagne	VI-7	Sable jaune	Quaternaire
478	18/6/84	Sénégal Oriental	Mak	Madina Kayadia	VI-8	Sables hétérogènes (rouge et jaune)	Quaternaire
Période du 27/6 au 27/7/84							
246 Néant	28/6/84	Casamance		Cap Skirring	VII-1	Grès ferrugineux	Oligo-Miocène
Néant		Sénégal Oriental		Koulountou	V-21-I V-21-II	Gabbro	Birrimien
Néant		Sénégal Oriental		Koulountou, 2 km à l'est de	V-21-III	Spillite	Birrimien

ANNEXE A

Tableau III-4

Analyses des échantillons

Les tableaux suivants présentent les analyses en spectrométrie de masse d'un certain nombre d'échantillons prélevés par le projet. Ces échantillons ont été analysés par les laboratoires de la Direction des Mines et Géologie de Dakar, Sénégal. La provenance de ces échantillons est donnée dans l'Annexe A, Tableau III-3 (qui présente les sites d'origine des échantillons).

TABLEAU III-4
ANALYSES DES ECHANTILLONS

GRUPE LABORATOIRES
DE LA
DIRECTION DES MINES
ET DE LA GEOLOGIE
B.P. 250 - Tél. 22.52.78
DAKAR

Demande d'Analyse n°.....

de M. ANDREW STANCIOFF

Territoire Sénégal Mission.....

Echantillons envoyés le 7 Juin 1984

Bulletin d'Analyse n° 4.102 à 4.107

- Projet USAID RSI/DAT -

N° de travail.....

Echantillons reçus au laboratoire

Le 7 Juin 1984 N° 164

Offset I.S.P.

N°	Situation		Nature de l'échantillon	Titres demandés									
				pt ppm	Ti ppm	Cr ppm	W ppm	Sn ppm	Zn ppm	Pb ppm	Au ppm	Ag ppm	
V	24'	.		.			< 2	< 5					
	26	Toaborokoto								3	130	< 0,1	< 0,1
	30	Koulountou		< 0,1		2 600						< 0,1	0,3
	33	Serpentine			< 250	180						< 0,1	< 0,1
	34	Diagal Serpentine		< 0,1		2 250						< 0,1	< 0,1
	35	Banda								11	105	< 0,1	1,2

248

Méthode d'analyse - 1) Attaque 2) Dosage

A DAKAR, le 7 Juin 1984

Le Demandeur,

Le Chimiste,

A DAKAR, le 25 Juin 1984

Le Chef de laboratoire,

M. Andrew Stancioff.-

G. Sall...

GROUPE LABORATOIRES
DE LA
DIRECTION DES MINES
ET DE LA GEOLOGIE
B.P. 268 - Tél. 22.52.78
DAKAR

Demande d'Analyse n°.....

de M. Andrew STANCIOFF

Territoire..... Sénégal Mission..... US - AID

Echantillons envoyés le 5.07.84

Bulletin d'Analyse n° 888 à 892

N° de travail.....

Echantillons reçus au laboratoire

Le 5.07.84 N° 3

Offset I.S.P.

N°	Situation		Nature de l'échantillon	Titrages demandés									
				Mo ppm	Cr ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pt ppm	Au ppm	Ag ppm	
V- 37 II		Banda					< 10	28					1,5
37 III		Banda					< 10	47					1,2
37 IV		Banda					< 10	62					1,7
37 V		Banda					< 10	54					1,5
37		Banda-fassi					< 10	46					1,5

249

Méthode d'analyse - 1°) Attaque..... 2°) Dosage.....

A DAKAR, le 5.07.84

Le Demandeur,

Le Chimiste,

A DAKAR, le 4 Août 1984

Le Chef de laboratoire, d'A.A.

A. Stancioff.-

M. Ndiaye.-

GROUPE LABORATOIRES
 DE LA
 DIRECTION DES MINES
 ET DE LA GEOLOGIE
 B.P. 268 - Tél. 22.52.78
 DAKAR

Demande d'Analyse n°.....

de M. Andrew STANCIOFF

Projet

Territoire Sénégal Mission US-AID

Echantillons envoyés le 5 Juillet 1984

Bulletin d'Analyse n° 878 à 887

N° de travail.....

Echantillons reçus au laboratoire

Le 5 Juillet 84 N° 3

Offset I.S.P.

250

N°	Situation		Nature de l'échantillon	Titrages demandés									
				Mo ppm	Cr ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pt ppm	Au ppm	Ag ppm	
V-14		Koulou- ntou		< 2	182					74		< 0,1	0,7
21 I	8km est de Mako	Koulou- ntou			74	61						< 0,1	< 0,1
22 a	2 km ouest	Koulou- ntou		< 2								< 0,1	0,5
32												< 0,1	< 0,1
13		Banda- fassi		< 2									< 0,1
33-B		Gabou			195	252					< 0,1	< 0,1	0,2
21 II	8km est de Mako	Koulou- ntou										< 0,1	< 0,1
38												< 0,1	
36		Koulou- ntou			14 000	156				6	< 0,1	< 0,1	< 0,1
37 I		Banda- fassi					< 10						1,2

Méthode d'analyse - 1°) Attaque 2°) Dosage

A DAKAR, le 5 Juillet 1984

Le Demandeur,

Le Chimiste,

A DAKAR, le 4 Août 1984

Le Chef de laboratoire, d'A.A.

A. Stancioff.-

M. Ndiaye.-

ANNEXE A

Tableaux III-5a et III-5b

Travail sur le terrain

ANNEXE A - TABLEAU 5a

RAPPORT DE MISSION

Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles pour le PNAT

Projet US AID/RSI n° 685-0233

RAPPORT DE MISSION DE TERRAIN OU SURVOL : n° 1

OBJET : Vérification de l'interprétation des scènes Landsat de Dakar et Diourbel

PERIODE : du 5 mars au 9 mars; kilomètres parcourus 1 224

REGION : Cap Vert, Thiès, Diourbel et Sine Saloum

PARTICIPANTS/ORGANISMES : A. Stancioff, Géologue Hydrologue RSI
A. Sow, Géologue, Direction des Mines et de la Géologie
S. Niang, Aménagiste, DAT

MATERIEL : Véhicule du projet, marteau géologique, corde de mesure, loupe, boussole, carte au 1:250 000^e, image Landsat MSS et RBV au 1:250 000^e, cartes géologiques et hydrogéologiques au 1:500 000^e, pelle, sac pour échantillons.

REMARQUES : Pour le Cap Vert et la Petite Côte, nous avons procédé:

1. à une familiarisation avec la géologie de la région
2. à une vérification de certaines structures géologiques vues sur la scène Landsat (failles) et d'autres qui apparaissent sur la carte géologique (intrusions volcaniques de Ndiass, du Cap de Naze, etc...)

Pour Thiès, Diourbel et le Sine Saloum,

1. Vérification des interprétations hydrogéologiques effectuées à partir des images Landsat (détermination de l'existence de rivières fossiles).
2. Mesures de la profondeur des puits suivant des paramètres bien définis afin de bien appréhender la nature et les caractéristiques des nappes existantes; mesures accompagnées pour la plupart de prélèvements d'échantillons du matériel rocheux évacué des puits en vue de déterminer les relations existant entre l'hydrologie et la stratigraphie de chaque région.

ANNEXE A - TABLEAU 5b

RAPPORT DE MISSION

Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles pour le PNAT

Projet US AID/RSI n° 685-0233

RAPPORT DE MISSION DE TERRAIN : n°4

OBJET : Vérification de l'interprétation des scènes Landsat de Tiel, Mboune et Bakel

PERIODE : 10 avril au 20 avril; kilomètres parcourus \pm 2 259

REGION : Sine Saloum, Ferlo, Fleuve, Sénégal Oriental

PARTICIPANTS/ORGANISMES : A. Stancioff, Géologue RSI
A. Sow, Géologue, Dir. Mines et Géol.
S. Niang, Aménagiste, DAT

MATERIEL : Cartes géologiques, carte routière, marteaux, sacs pour échantillons, tentes, lits, draps, corde en nylon, etc...

REMARQUES : 1. L'équipe a continué à vérifier l'interprétation géohydrologique et géologique faite pour ces régions d'après l'image Landsat.

2. L'équipe a continué de mesurer les puits dans les villages et les villes le long de la route.

CONCLUSIONS : 1. L'existence d'un certain nombre de canaux fossiles a été vérifiée dans le Ferlo.

2. Une érosion significative a été observée dans la partie du Ferlo où les affluents du fleuve Gambie ont leur origine.

3. De l'eau très chaude a été remarquée dans un certain nombre de puits peu profonds (60m) dans le Ferlo.

4. Il ne semble pas y avoir de vrai manque d'eau dans cette région, exception faite des régions entre Bakel et Sintiou Fissa, le long du fleuve Sénégal et de la Falémé.

5. Les noyaux des plissements synclinaux pourraient constituer des sources d'eau possibles dans les schistes précambriens à l'est du Sénégal.

6. Plus de 110 puits ont été sondés et 15 échantillons géologiques ont été prélevés.

ANNEXE A

Tableaux III-6a et III-6b

Survolis aériens

ANNEXE A - TABLEAU 6a

RAPPORT DE MISSION

Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles pour le PNAT

Projet US AID/RSI n° 685-0233

RAPPORT DE MISSION DE SURVOL : n°35

OBJET : Vol de reconnaissance afin de prendre des photographies aériennes de la végétation, des sols, de l'utilisation des terres, et des unités géologiques déjà interprétées sur les images Landsat.

PERIODE : 8 septembre 1984, durée 4 heures

REGION : Vol le long de la ligne Dakar-Bambey-Touba-Linguère-Yonoféré-Ndioum-Podor-Gnit-Louga-Kayar-Dakar

PARTICIPANTS/ORGANISMES : M. Staljanssens, Pédologue, US AID/RSI
G. Tappan, Ecologiste, US AID/RSI
A. Bodian, Botaniste, Eaux et Forêts
M. Sall, Géographe, Dépt de Géographie
B. Diouf, Géographe, US AID/RSI

MATERIEL : Un bimoteur Africair Piper, une carte IGN du Sénégal au 1:1 000 000^e et une au 1:500 000^e, les images des scènes Landsat au 1:500 000^e et au 1:1 000 000^e de Diourbel, Tiel, Podor et St. Louis, trois appareils de photo 35 mm, 64 films Ektachrome.

REMARQUES : Le survol aérien a été dans l'ensemble un succès étant donné que la visibilité était bonne pour la plupart des régions. Un total de 4 rouleaux de diapositives ont été prises. Elles ont été développées et annotées en fonction de leur location. Elles constituent une excellente représentation photographique des principales unités cartographiques observées à une altitude de 2 500 pieds. Le seul problème était la tempête de poussière rencontrée dans la région de Ndioum qui a réduit la visibilité à un mile environ. Naviguer est devenu un problème qui a nécessité un changement de direction. Nous n'avons donc pu survoler la série de dunes linéaires dans la région de Tatkí suite à ce changement de direction. La nouvelle route nous a conduit vers l'ouest, au dessus du lac de Guiers, puis vers le sud jusqu'à Louga.

ANNEXE A - TABLEAU 6b

RAPPORT DE MISSION

Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles pour le PNAT

Projet US AID/RSI n° 685-0233

RAPPORT DE MISSION DE SURVOL : n°36

OBJET : Vol de reconnaissance afin de prendre des photographies de la végétation, des sols, de l'utilisation des terres et de la géologie.

PERIODE : 17 septembre 1984, durée 4 heures et demi

REGION : Vol le long de la ligne Dakar-Foundiougne-Nioro-Farafenni-Kolda-Sédhiou-Zinguinchor-Elinkine-Banjul-Toubakouta-Mbour-Dakar

PARTICIPANTS/ORGANISMES: M. Staljanssens, Pédologue, US AID/RSI
G. Tappan, Ecologiste, US AID/RSI
B. Diouf, Géographe, US AID/RSI
S. Diop, Géographe, Dept de Géographie

MATERIEL : Un bimoteur Africair Piper, une carte IGN du Sénégal au 1:1 000 000^e, les scènes landsat de Dakar, Diourbel, Kolda et Ziguinchor au 1:500 000^e et au 1:1 000 000^e, trois appareils photo 35 mm, 64 films Ektachrome.

REMARQUES : Ce survol aérien a été le plus réussi jusqu'à présent en raison de l'excellente visibilité. Un total de 8 rouleaux de diapositives ont été prises. La location géographique de chaque diapositive était enregistrée au moment de la prise de vue. Cette information sera utilisée pour annoter chaque photographie. Le vol a été effectué à une altitude comprise entre 1 500 et 1 800 pieds. Il a comporté un court arrêt à Ziguinchor.

ANNEXE A

Tableau III-7

Photographie aérienne

Le projet a utilisé des photographies aériennes au 1:40 000^e pour vérifier les interprétations faites d'après Landsat. Les interprétations des photographies aériennes présentées ci après ont été réalisées afin de vérifier nos interprétations Landsat.

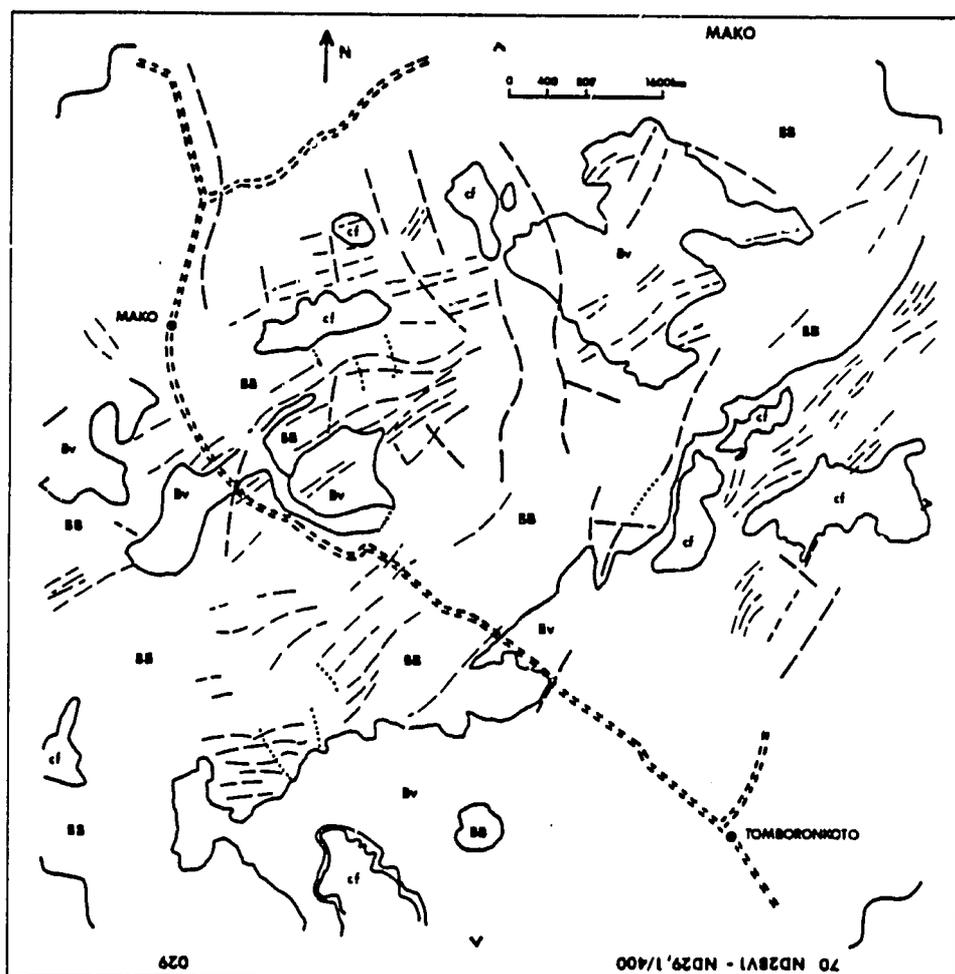
Une interprétation s'effectue en regardant deux images consécutives prise lors du même survol grâce à un stéréoscope. Les dessins qui sont présentés ci après ont en général été réalisés suite à l'interprétation de 2 et parfois même 4 photographies.

Puisque ces interprétations correspondent seulement à des documents de travail, nous nous sommes limités à quelques commentaires et annotations. Si notre objectif avait été une interprétation approfondie des photographies aériennes, le travail présenté aurait été beaucoup plus détaillé et aurait été accompagné d'un supplément d'information concernant l'altitude de l'avion, de l'appareil photographique, etc... Notre but est seulement de donner quelques uns des résultats venant à l'appui des interprétations Landsat.

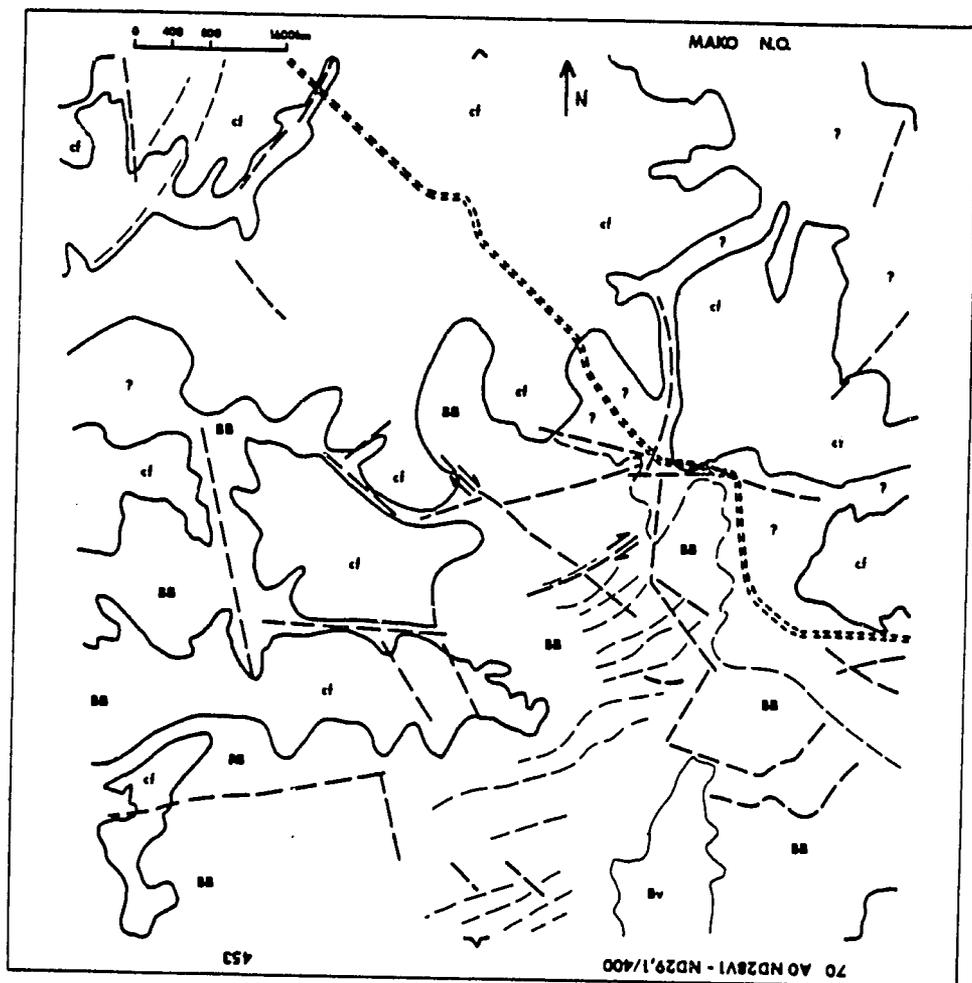
1. Photoanalyse aérienne: Mako--70 ND28V1-ND29, 1/400, N° 029
Mako N.O.--70 ND28V1-ND29, 1/400, N°453

Un jeu de six photographies a été regardé stéréoscopiquement et analysé dans le but de discerner la lithologie, les failles, les plis et les autres caractéristiques géologiques. Les unités larges et massives, de teinte sombre qui présentent une structure interne mineure ont été interprétées comme étant des roches ultrabasiques du Birrimien (BE). Les unités moins denses, moins massives et plus claires ont été interprétées comme des roches volcano-sédimentaires du Birrimien (BV). Les mesas de teintes claires qui ont des sommets plats et des bords anguleux ou aigus ont été cartographiées comme constituant la cuirasse ferrugineuse. Les lignes parallèles fines et curvilinéaires correspondent aux directions générales orientées NE/SO de la masse rocheuse. Les lignes plus larges et en pointillés représentent les failles et les fractures. Les flèches indiquent un mouvement relatif le long des failles probables.

Mako



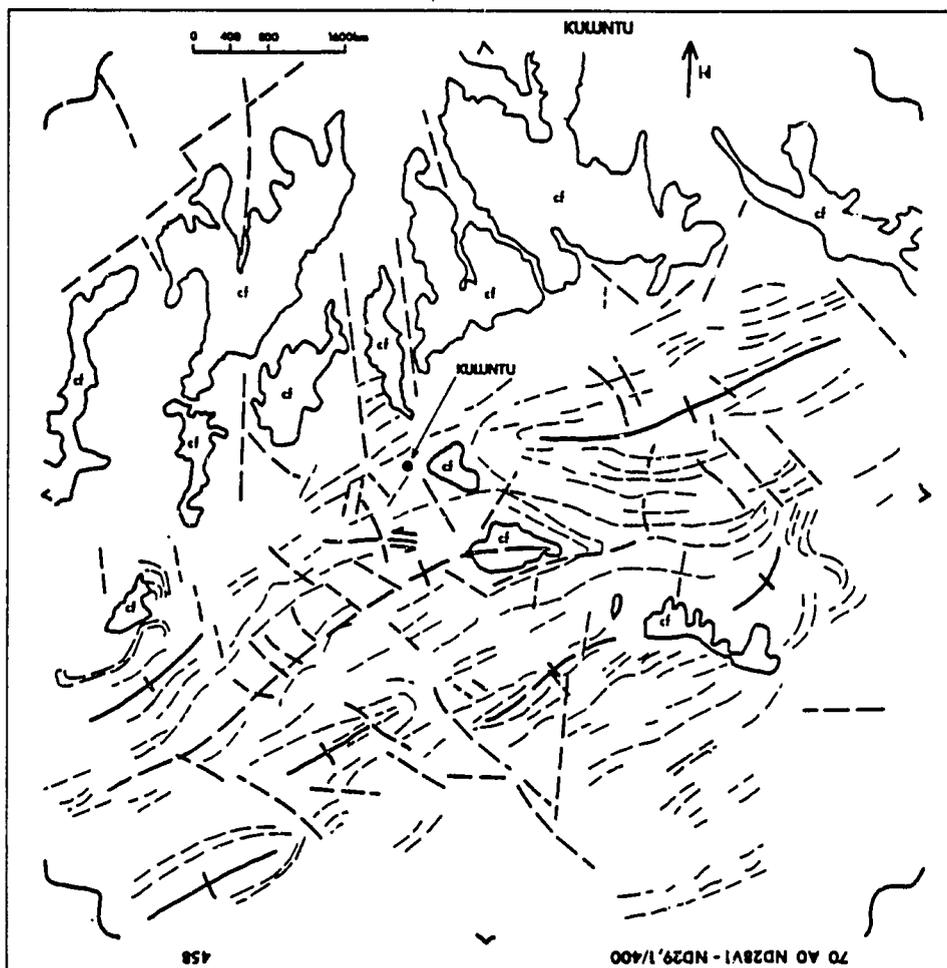
Mako N.O.



2. Photoanalyse aérienne: Kuluntu--70 AO ND28V1-ND29, 1/400, N° 459
 Kuluntu Ouest--70 AO ND28V1-ND29, 1/400 N°456

Sur ces photographies on observe deux caractéristiques majeures: une cuirasse ferrugineuse (cf) descendant vers le nord, sillonnée par de nombreux cours d'eau et une séquence orientée NE/SO de roches faillées et plissées suivant un modèle complexe, appartenant à la Série Mako. Les lignes fines représentent les contacts et les directions générales suivies par les formations. Elles donnent aussi une mesure de l'écart entre plis. Les plis sont indiqués par les lignes épaies, continues, orientées nord-est, tandis que la courte ligne perpendiculaire donne les pendages des strates. Les lignes pointillées, courtes en caractères gras correspondent aux failles et aux fractures et sont typiquement orientées NO/SE ou N/S. Les flèches indiquent des mouvements relatifs possibles le long d'une faille E/O. La majorité des unités de roches sont ici des roches ultrabasiques du Birrimien ou des roches volcano-sédimentaires des Séries Mako et Dialé.

Kuluntu



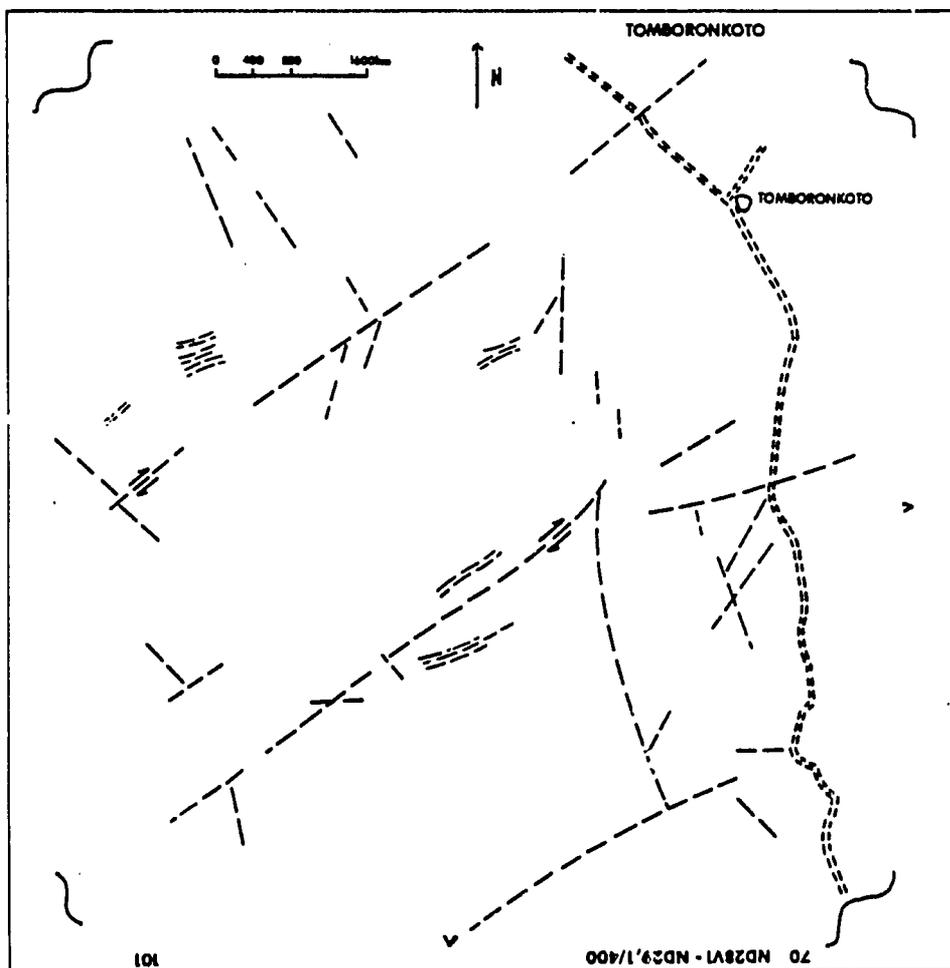
Kuluntu Ouest



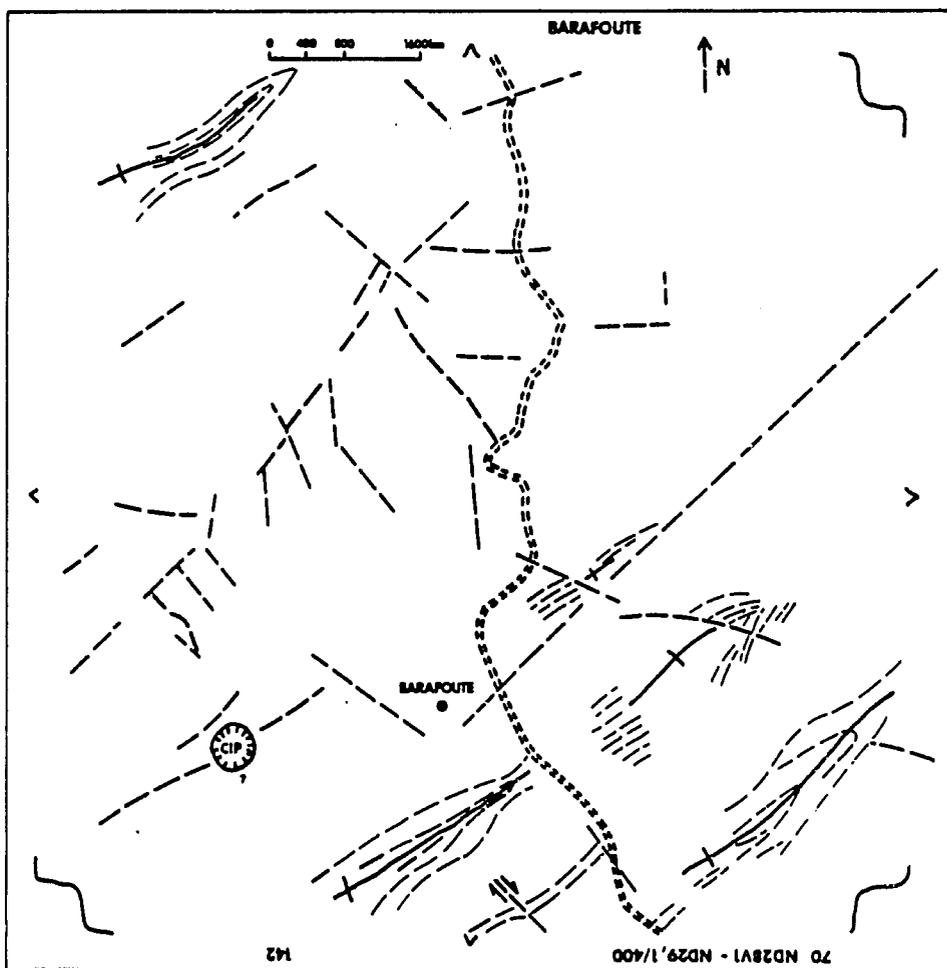
3. Photoanalyse aérienne: Tomboronkoto--70 ND28V1-ND29, 1/400, N° 101
Barafoute--70 ND28V1-ND29, 1/400, N° 142

L'interprétation de ces photographies des deux régions longeant la route entre Mako et Kédougou ne révèle presque rien mis à part un terrain très accidenté avec de nombreux fragments de cuirasse latéritique et les directions générales typiques NE/SO de la Série birrimienne Dialé. Quelques plis serrés sont aussi mis en évidence lors de l'interprétation de ces photographies. Une caractéristique intéressante se situe à 2 km à l'ouest de Barafoute. Dans cette région, il semble qu'une dépression de 400 m de large soit présente. Elle pourrait correspondre à un affleurement de roches calcaires du Birrimien (cipolins) qui formeraient un relief karstique.

Tomboronkoto



Barafoute



4. Photoanalyse aérienne: Nafadji--70 ND28V1-ND29, 1/400, N°173-175

Cette région serait celle où les granites et les granodiorites du type Boboti affleurent. Notre interprétation ne nous a pas permis de les localiser. Des contacts orientés N/S suggèrent la présence de roches volcano-sédimentaires finement stratifiées de la Série Daléma. La cuirasse latéritique est omniprésente et a tendance à masquer la majorité des couches rocheuses. Au centre et en bas de la photographie des fractures et des failles à directions multiples suggèrent la présence d'une masse rocheuse qui pourrait être granitique. Les points où se produit un déplacement (dont nous faisons l'hypothèse) sont indiqués par les flèches.

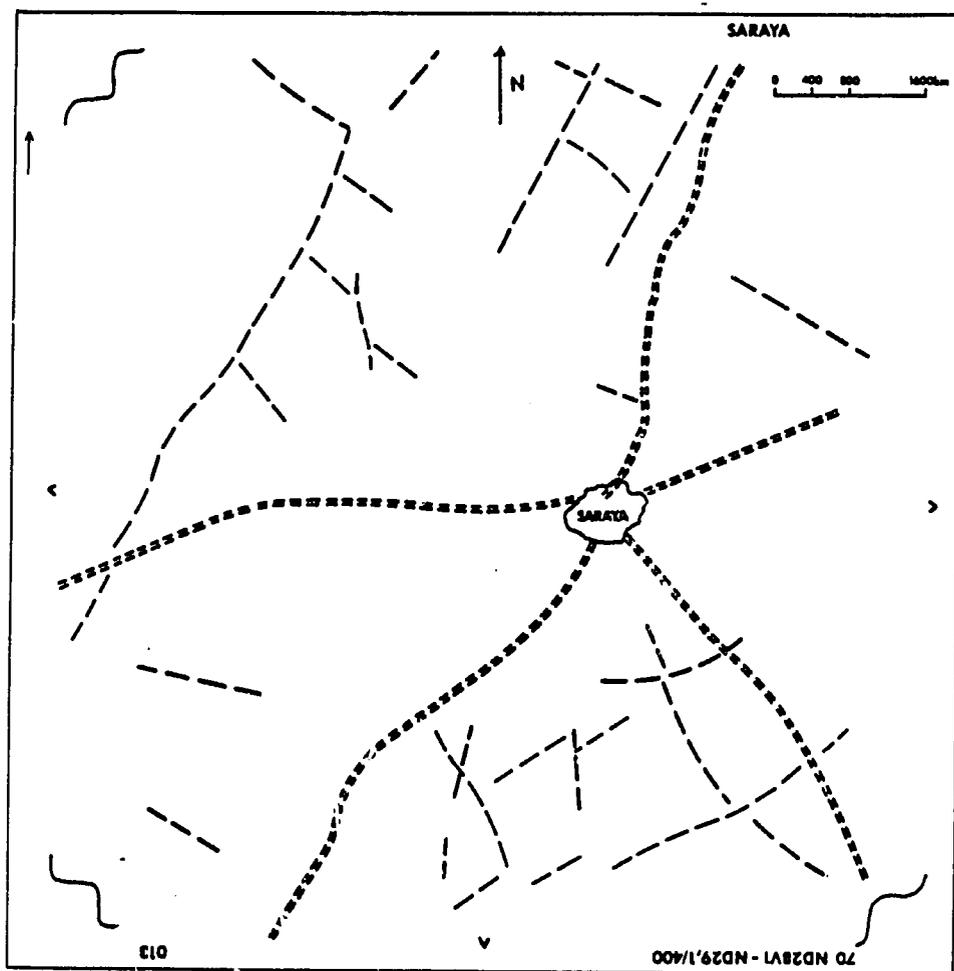
Nafadji



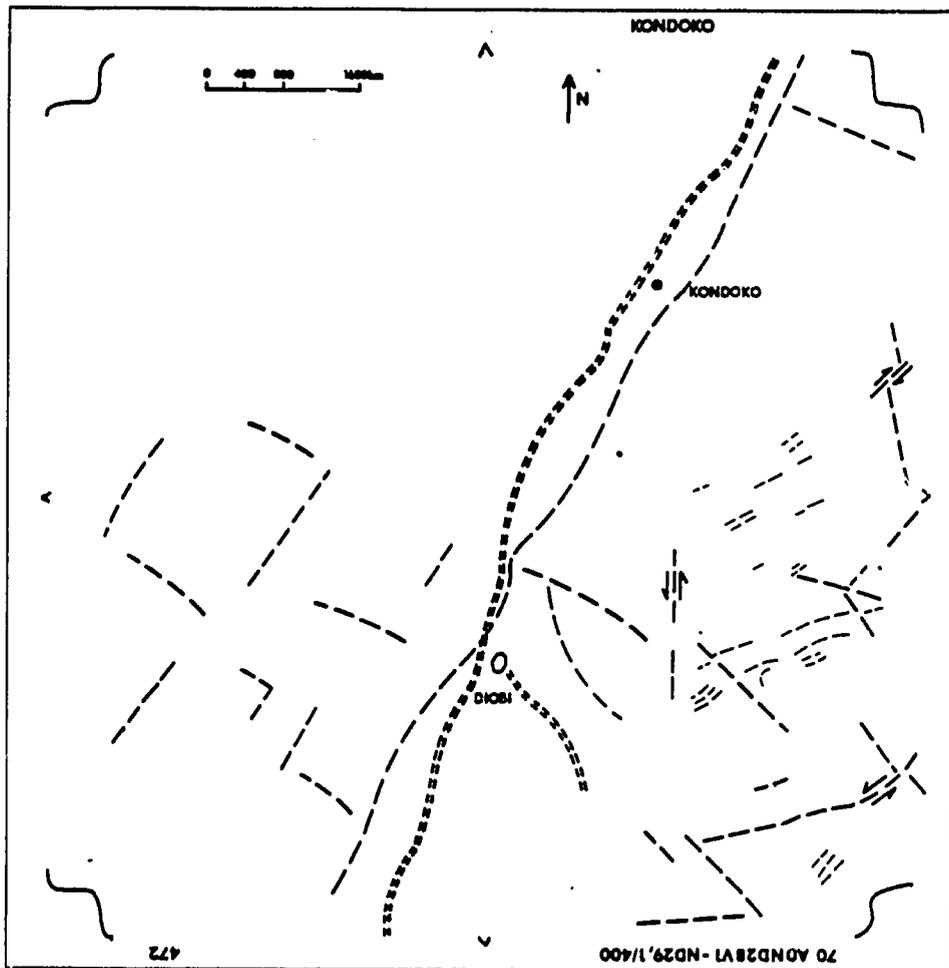
5. Photoanalyse aérienne: Saraya--70 ND28V1-ND29, 1/400, N°013
Kondoko--70 ND28V1-ND29, 1/400, N°472

Ces deux interprétations photographiques couvrent une large portion du "granite" de Saraya. Dans les deux interprétations, on peut remarquer des séries orthogonales de joints ou failles typiques des terrains granitiques. Dans la section orientale de l'interprétation Kondoko, de fines lignes orientées NE font penser à des contacts lithologiques ce qui indiquerait la possibilité d'une origine migmatique pour ce granite et non une origine plutonique comme l'avait suggérée des auteurs antérieurs.

Saraya



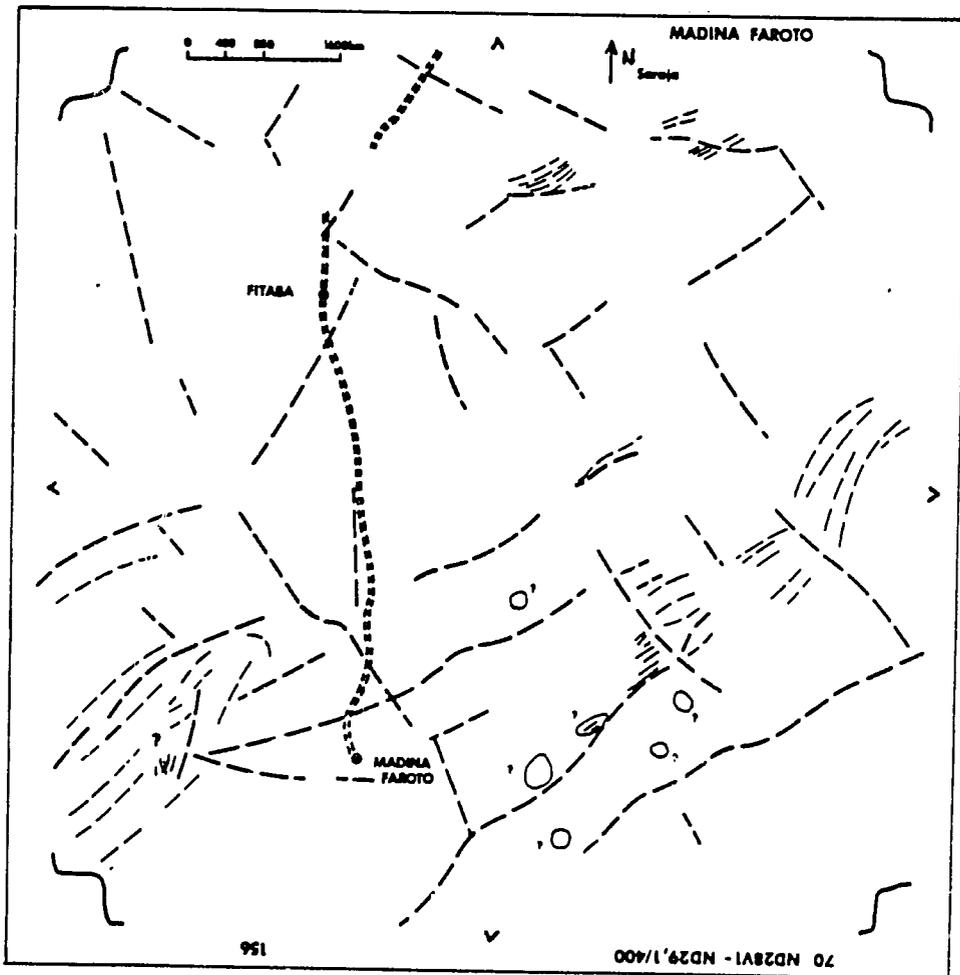
Kondoko



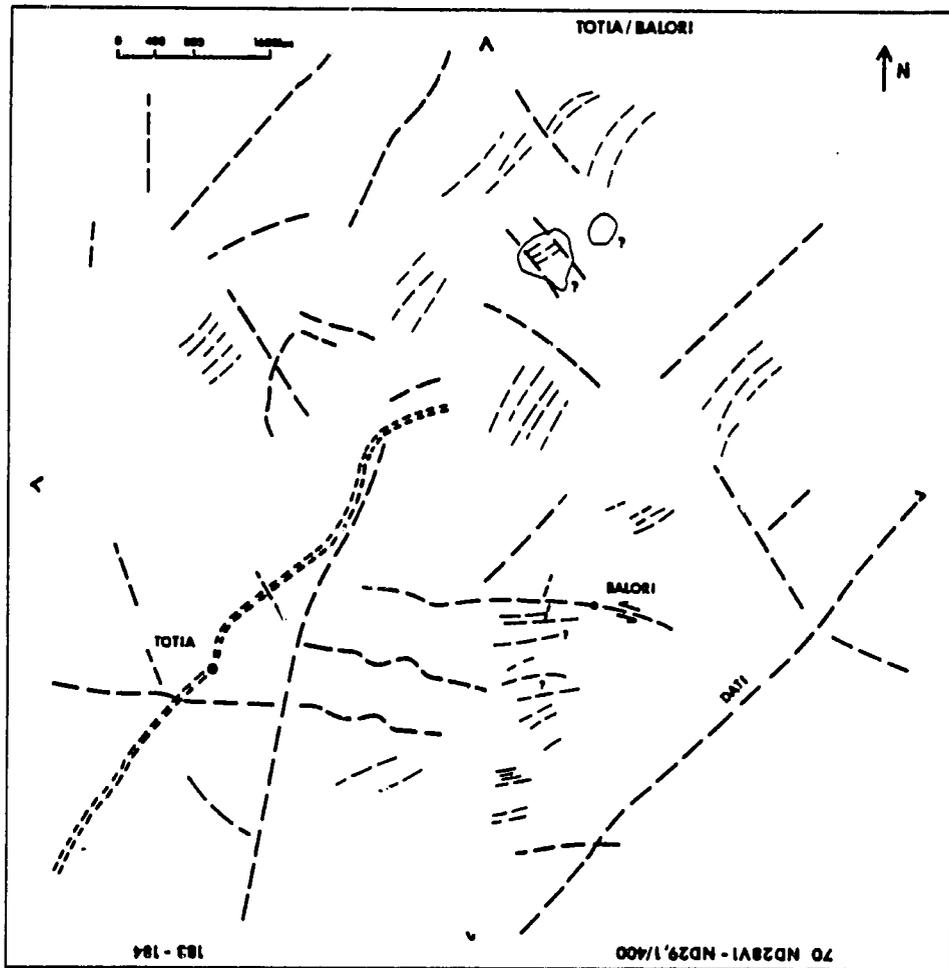
6. Photoanalyse aérienne: Madina Foroto--70 ND28V1-ND29, 1/400, N° 156
Totia/Balori--70 ND28V1-ND29, 1/400, N° 183-184

Ces deux interprétations couvrent les régions situées au sud de Saraya comprises dans la zone du granite de Saraya. Nous voyons de nombreuses directions générales NE et EO plutôt nettes qui suggère une nature métasédimentaire (gneissique). De nombreuses petites collines (cercles) parsèment la région et aussi donne une preuve de l'existence d'un terrain gneissique. Quelques unes ont des caractéristiques tonales semblables à celles des zones gossan et devraient être explorées pour leur potentiel en uranium et en étain-tungstène.

Madina Foroto



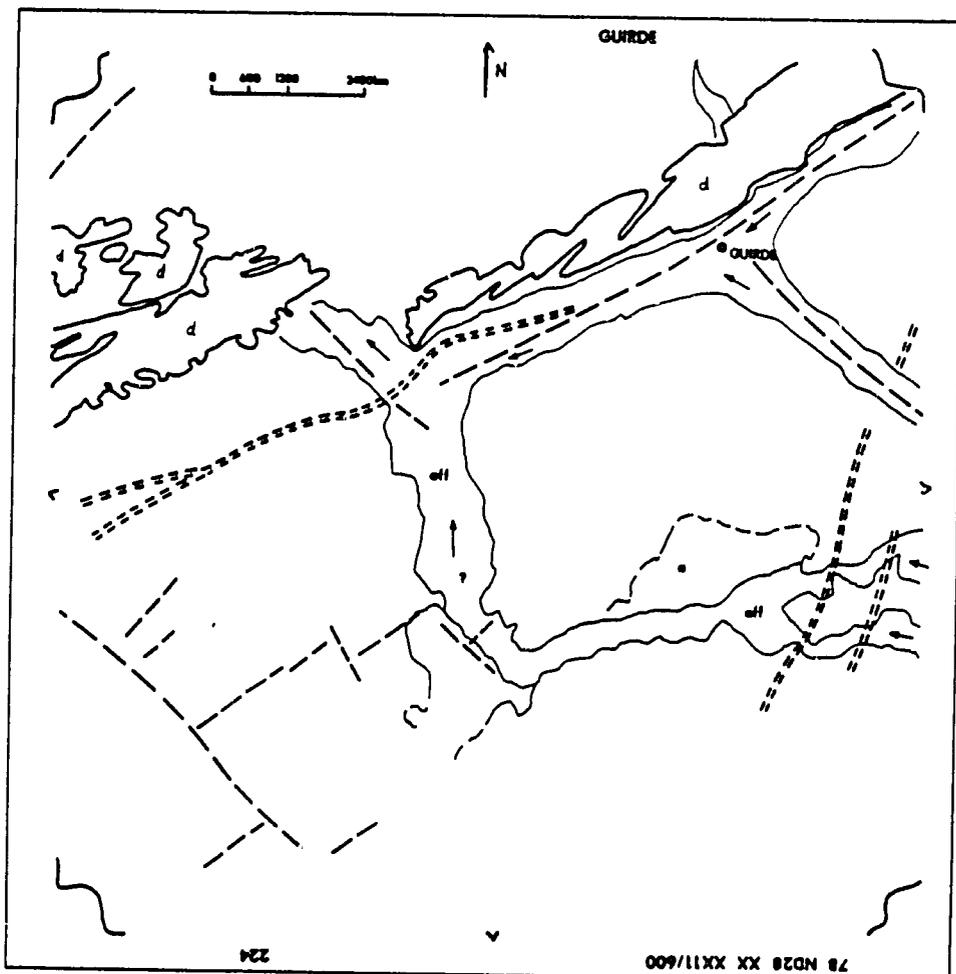
Totia/Balori



7. Photoanalyse aérienne: Guirde--78 ND28 XX XX11/ 6 00, N° 224

Cette région est située au sud de Revane; elle présente des dunes récentes qui comblent la vallée fossile (aff). Les flèches indiquent la direction d'écoulement des rivières fossiles avant que les dunes ne comblent les canaux. Les lignes en pointillés sont interprétées comme étant des failles et les deux directions générales présentées ici corroborrent complètement l'interprétation faite d'après les images Landsat. On doit remarquer que les cours d'eau et les dunes suivent les mêmes directions générales lesquelles ont été interprétées comme étant des failles. La région au nord des dunes est plus élevée et recouvre une grande anomalie de gravité positive orientée NE. On suppose que la faille orientée NE qui passe par Guirde marque la limite sud de cette anomalie et que la région au sud de la faille est abaissée.

Guirde



3.12 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahmed, Z. (1984) Stratigraphic and textural variations in the chromite composition of the ophiolitic Sakhakot-Quila complex, Pakistan. Bull. Soc. of Econ. Geo. 79(6):1334-359.
- Alabaster, T. and Pearce, J. (1985) The interrelationships between magmatic and ore-forming hydrothermal processes in the Oman ophiolite. Bull. Soc. of Econ. Geo. 80(1):1-16.
- Arnaud, G. (1952) Note sur l'hydrologie de la région de Dakar. Bull. de la Dir. des Min. 10:61-74. (H)
- Aubouin, J. trans. (1978) Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences. T. 286, Sér. D, No. 25.
- Audibert, M. (1966) Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal: Nappe maestrichtienne. Mém. du BRGM. No. 41. 102 p. (H)
- _____. (1970) Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal. Rapport de Mission. Tomes I et II. PNUD. (H)
- Bardet, M. (1974) Géologie du diamant: Deuxième partie; gisements de diamant d'Afrique. No. 83. Mém. du BRGM. 223 p.
- Bassot, J.P. (1966) Etude géologique du Sénégal Oriental et des ses confins guinéo-maliens. No. 1. Dir. des Min. et de la Géo. BRGM. 321 p.
- Bellion, Y et Guiraud, R. (1984)
- Bessoles, B. (1977) Géologie de l'Afrique: Le craton ouest africain. Mém. du BRGM. No. 88. 403 p.
- Bliss, C. (1981) Republic of Senegal prospective technical assistance in conventional energy, lignite and imported coal. Office of Energy, USAID.
- Blot, C., et al. (1962) Mesures gravimétriques et magnétiques en Afrique occidentale de 1956 à 1958. ORSTOM.
- BRGM (1962) Carte géologique du Sénégal: 1/500 000^e. 36 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Bakel"; une carte à 1/200 000^e. 3 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Dalafi"; une carte à 1/200 000^e. 8 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Kédougou"; une carte à 1/200 000^e. 8 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Kéniéba"; une carte à 1/200 000^e. 8 p.

- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Kossanto"; une carte à 1/200 000^e. 8 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la carte géologique "Tambacounda"; une carte à 1/200 000^e. 17 p.
- _____. (1963) Notice explicative de la feuille "Youkounkoun"; une carte à 1/200 000^e. 3 p.
- _____. (1967) Notice explicative de la carte géologique "Kaedi"; une carte à 1/200 000^e. 44 p.
- _____. (1967) Notice explicative de la carte géologique "Louga"; une carte à 1/200 000^e. 30 p.
- _____. (1967) Notice explicative de la carte géologique "Matam"; une carte à 1/200 000^e. 41 p.
- _____. (1967) Notice explicative de la carte géologique "Podor"; une carte à 1/200 000^e. 34 p.
- _____. (1967) Notice explicative de la carte géologique "Selibabi"; une carte à 1/200 000^e. 44 p.
- _____. (1984) Rapport sur le gisement d'ordre Sabodala.
- Campredon, R, et al. (1982) Essai de cartographie géologique automatisée dans un secteur sahélien; influence des facteurs pédologiques et phytosociologiques. Bull. Soc. Géo. 24(1):9-12.
- Chanare, P. et Barbey, C. (1970) Contribution à l'étude de la côte occidentale de la presqu'île de Cap Vert: Indices morphométriques et morphoscopiques des galets de plage. Bull. de l'IFAN: Sér. A. 32(4): 850-68.
- Cisse, A. (1984) "The use of remote sensing and a geographic information system for natural resources management in Senegal." Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Paris, Oct. 1-5. pp. 1197-1206.
- Clifford, T. and Gass I., eds. (1970) African magmatism and tectonics. Hafner Pub. Co. 461 p.
- Colwell, R., ed. (1983) Manual of remote sensing, 2nd ed. Vols. I and II. Amer. Soc. Photo. Sheridan Press.
- Comte, J., ed. (1982) Etude d'hydraulique villageoise: Nord Sénégal. BRGM. 166 p. (H)
- Cornet, A. (1964) Notice explicative de la carte géotechnique au 1/500 000^e. BRGM. 37 p.

- Cuney, M. (1978) "Geologic environment, mineralogy, and fluid inclusions of the Bois Noir-Limouzin uranium vien, Forez, France." *Econ. Geo.* 73:1567-610.
- Curetti, P. (1984) Evaluation des possibilités hydrauliques. Projet d'élevage de Bakel. USAID/DSPA. SEN/81/-003. 5 p. (H)
- Curtin, P. (1975) Economic change in precolonial Africa: Senegambia in the era of the slave trade. Madison: Univ. of Wisconsin Press. 363 p.
- Dagassan, E. (1967) Etude hydrogéologique pastorale de la zone sud-ouest du Ferlo. Rép. du Sénégal Min. de l'Econ. Rurale. 80. p. (H)
- Dalstead, K., ed. (1982) Resource inventory of southwestern Mauritania USAID/RSI project. SDSU-RSI-82-03. Contract No. AID/afr-C-1619. 334 p. (H)
- Dana, J. (1959) Dana's manual of mineralogy, 17th ed. Revised by C.S. Hurlbut, Jr. New York: John Wiley and Sons. 609 p.
- Dégallier, R. (1962) Hydrogéologie du Ferlo septentrional (Sénégal). Mém. de BRGM. No. 19. (H)
- Depagne, J. et Moussu, H. (1969) Notice explicative de la carte hydrogéologique du Sénégal au 1/500 000^e et la carte hydrochimique au 1/1 000 000^e. BRGM. 35 p. (H)
- Domain, F. (1977) Carte sédimentologique du plateau continental sénégalais: Extension a une partie du plateau continental de la Mauritanie et de la Guinée-Bisseau. ORSTOM. 17 p. (H)
- Dorbath, C., et al. (1984) Seismotectonics of the Guinean earthquake of December 22, 1983. *Geophysical Research Letters* 2(10):971-74.
- Dunlap, L. and Spinazola, A. (1983) Interpolating water table altitudes in west-central Kansas using kriging techniques. USGS Water Supply Paper 2238. 19 p. (H)
- Elouard, P. (1962) Etude épologique et hydrologique des formations sédimentaires du Guebla Mauritanien et de la Vallée du Sénégal. Mém. de BRGM. No. 7. 274 p. (H)
- Filho, R. (1984) Multiseasonal and geobotanical approach in remote detection of albitized-greisenized areas in the Serra da Pedra Branca granitic massif, Goiás State, Brazil. *Bull. Soc. of Econ. Geo.* 79(8):1914-920.
- Gorodski, A., et al. (1952) Etudes géologiques et hydrologiques de la presqu'île de Cap Vert. BRGM. No. 10. 133 p. (H)

- Gutentag, E., et al. (1984) Geohydrology of the high plains aquifer in parts of Colorado, Kansas, Nebraska, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas and Wyoming. USGS Prof. Paper 1400-8. 63 p. (H)
- Maggerty, S. (1984) Final technical report. The mineralogy of global magnetic anomalies. Project MAGSAT, Goddard Spce Flight Center. Contract No. NAS5-16414. 156 p.
- Hjelmfelt, A. Jr., et al. (1975) Hydrology for engineers and planners. Ames: Iowa State Univ. Press. 210 p. (H)
- Hutchinson, C. (1983) Economic deposits and their tectonic setting. New York: John Wiley and Sons. 365 p.
- Johannsen, C. and Sanders, J., eds. (1982) Remote sensing for resource management. SCSA. 665 p.
- King, L. (1967) The morphology of the earth: A study and synthesis of world scenery. London: Oliver and Boyd. 726 p.
- Labovitz, M., et al. (1985) A "blind" test of a methodology for the detection of mineralization through the remote sensing of vegetation. Bull. Soc. of Econ. Geo. 80(3):560-74.
- L'Appartient, J.R. (1983) Le Continental Terminal du Sénégal: Une formation marine néogène continental. Proc. Second Workshop. Cont. Project No. 127, IVGS-IGCP. Revision of the Concept of the Continental Terminal in Africa Vol. I. Ahmadu Bello Univ. Dept. Geo. Oceans Pub. No. 7.
- Laurent, J., et al. (1979) Etudes parues dans la chronique de la recherche minière en 1978. Chron. de la Recherch. Min., 1979. No. 447. 67 p.
- Le Blanc, M. and Violette, J. (1983) Distribution of aluminum-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites. Bull. Soc. of Econ. Geo. 78(2):293-301.
- Le Page, A. et Campredon, R. (1981) Contribution des données des images Landsat à l'étude structurale d'un secteur des Mauritanides en Mauritanie du sud et Sénégal Oriental. Rev. de l'Inst. Fr. du Pét. 36(1):17-34.
- _____. (1982) Le traitement d'une image Landsat par la technique des gradients horizontaux: Application à l'analyse structurale d'un secteur du Sénégal Oriental. Bull. Soc. Géo. Fr. 1:131-37.
- Linsley, R. Jr, et al. (1982) Hydrology for engineers, 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Co. 506. (H)
- Malanjin, H. (1968) Rapport sur la méthode du traitement des échantillons de gravier au cours de la prospection pour l'or et diamant effectuée par le Fonds Spécial des Nations Unies au Sénégal Oriental. Recherch. Min. Sénégal Oriental. 16 p.

- Mangis, P. (1955) Comptes-rendus des études de préreconnaissance pétrolière en Afrique occidentale française. BRGM. 134 p.
- Meyer, C. (1985) Ore metals through geologic history. Science. 227(4693):1421-434.
- Michel, P. et Pascal, M. (1967) Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000^e: St. Louis. BRGM. 33 p.
- Michel, P. (1973) Les Bassins des fleuves Sénégal et Gambie: Etude géomorphologique. Tomes I à III. ORSTOM. 365 p. (H)
- Ministère de l'Hydraulique (1983) Projet d'étude hydrogéologique de la bordure meridionale du Ferlo entre Kaffrine et Tambacounda. Dir. des Etudes Hyd. 24 p. (H)
- Monciardini, C. (1966) La sédimentation éocène au Sénégal. Mém. de BRGM. No. 43. (H)
- Morod, T. et Pourquoi, A. (n.d.) Le Cratère d'Aouvelloul (Adrar, Sahara occidental). Bull. de l'IFAN. 13:294-304.
- Morin, S. (1973) Le plateau de Bargny (Sénégal Oriental). Bull. de l'IFAN. Sér. A. 35(4):764-811.
- _____. (1974) Glacis et cuirasses de la falaise de Thiès (Sénégal Occidental). Bull. de l'IFAN. Sér. A. 36(4):75-88.
- Nahon, D. (1971) "Genèse et évolution des cuirasses ferrugineuses quaternaires sur grès: Exemple du massif de Ndiass (Sénégal occidental)." Bull. du Ser. de la Carte Géo. d'Alsace et Lorraine. 24(4):219-42.
- Page, N., et al. (1984) Distribution of platinum-group elements in the Bati Kef chromite deposit, Guleman-Elazig area, Eastern Turkey. Bull. Soc. of Econ. Geo. 79(1):172-76
- Paris-Teynac, E. (1962) Contribution à la connaissance du fleuve Sénégal. Bull. de l'IFAN. Sér. A. 24(1):54-68. (H)
- Paul, C. and Mascarenhas, A. (1981) Remote sensing in development. Science 214(4517):139-45.
- Pélissier, P. (n.d.) Notes et documents: La géologie de l'ouest sénégalais d'après F. Tessier. pp. 894-97.
- Peters, W. (1978) Exploration and mining geology. New York: John Wiley and Sons. 695 p.
- Petkovic, M. (1971) Rapport sur la recherche du cuivre à Gabon, Département de Baké. 42 p.
- Pough, F. (1953) A field guide to rocks and minerals, 4th ed. Boston: Houghton-Mifflin Co. 317 p.

- Ray, R. (1960) Aerial photographs in geologic interpretation and mapping. USGS Prof. Paper 373. 230 p.
- Renaud, L. (1961) Le Précambrien du sud-ouest de la Mauritanie et du Sénégal Oriental. Mem. de BRGM. No. 5. 134 p.
- Richardson, B. Jr., ed. (1982) Proc. Pecora VII Symposium: Remote sensing--an input to geographic information systems in the 1980's. Sioux Falls, South Dakota, Oct. 18-21. 619 p.
- Robertson, A.H.F. (1984) Mesozoic deep water and Tertiary volcanoclastic deposition of Maïa, Cape Verde Islands: Implication for Atlantic paleoenvironments and ocean island volcanism. Geo. Soc. Am. Bull. 95:433-53.
- Robineau, B. (1984) Esquisse tectonique de l'Afrique occidentale. Unpublished report.
- Rochette, C. (1974) Le Bassin du fleuve Sénégal. Mono. Hydro. ORSTOM. 325 p. (H)
- Rodier, J. (1972) Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Afrique occidentale. ORSTOM. 30 p. (H)
- _____. (1975) Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain. Trav. et Doc. de l'ORSTOM. No. 46. 121 p. (H)
- Rosso, J. (1975) Contribution à l'étude paléontologique du Quaternaire sénégal-mauritanien: Mollusques du Nouakchottien de St. Louis (Sénégal). Bull. de l'IFAN. Sér. A. 36(4):789-841.
- Secretariat of the United Nations Conference on Desertification, Nairobi. (1977) Desertification: Its causes and consequences. Oxford: Pergamon Press. 447 p. (H)
- Selly, R. (1978) Ancient sedimentary environments, 2nd ed. New York: Cornell Univ. Press. 287 p.
- Siegal, M. and Gillespie, A. eds. (1980) Remote sensing in geology. New York: John Wiley and Sons. 702 p.
- Simon, B. (1981) Confrontation de la télédétection (analyse numérique et analogique téléinterprétation à petite échelle) avec la cartographie géologique classique et les données gravimétriques du Mali sud occidental. Bull. de la Soc. Géo. de Fr. pp. 13-24.
- Sims, P. and James, H. (1984) Banded iron formations of late Proterozoic age in the Central Eastern Desert, Egypt: Geology and tectonic setting. Bull. Soc. of Econ. Geo. 79(8):1777-784.
- Skinner, B., ed. (1981) Economic geology: Seventy-fifth anniversary volume, 1905-1980. Econ. Geo. Pub. Co. 963 p.

- Slansky, M., et Lallemand, A. et Millot, G. (1964) La Sédimentation et l'alternation latérale des formations phosphatées du gisement de Taïba du Sénégal). T. 17. Fas. 4. pp. 311-24.
- Smith, C.H. (1958) Bay of Islands igneous complex, western Newfoundland. Mem. Geo. Sur. Can. 290:132-46. (H)
- A special issue devoted to the Bushveld complex. (1985) Bull Soc. of Econ. Geo. 80(4):803-1225.
- Spengler, A. de, et al. (1984)
- Stancioff, A. (1972) Report on the geology and economic potential of the diamond and gold deposits of Guinea, Africa. CIFAC. Internal report. 55 p.
- _____. (1978) Remote sensing analysis for uranium in southwestern Nova Scotia. Lacana Mining Co.
- _____, et al. (1981) Report on the accomplishments of ERTS in Zaire in North Shaba, 1980-1981. Vol. I. ERTS-Zaire. 77 p.
- Sustrac, G., et al. (1985) Plan minéral de la République du Sénégal. T. I et II. BRGM.
- Trenous, J.Y. et Michel, P. (1971) Etudes de la structure du dôme de Guilers (Sénégal nord-occidental). Bull. Soc. Geo. Fr. Sér. 7. 13(1-2)
- Tricart, J. (1961) Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. Mém de BRGM. 137 p.
- Van Sleen, L., ed. (1980) Comptes-rendus du séminaire de télédétection. Vols. I and II. SDUS-RSI-VISP-80-04.
- Viessman, W., et al. (1972) Introduction to hydrology, 2nd ed. T. Crowell ed. New York: Harper and Row. 704 p. (H)
- Vielleneuve, M. (1984) Etude géologique sur la bordure sud-ouest du craton ouest-africain. Th., Fac. des Sci. et Tech. de St. Jérôme. 476 p.
- Witschard, F. (1965) Contribution à l'étude géologique pétrographique et métallogénique des massifs granitiques de Sénégal Oriental. Mém. de BRGM. No. 44. 169 p.
- _____. (1984) Large-magnitude ring structures on the Baltic shield: Metallogenic significance. Bull. Soc. of Econ. Geo. 79(6):1400-405.

CHAPITRE IV

SOLS ET APTITUDE DES TERRES



CHAPITRE IV: SOLS ET APTITUDE DES TERRES

	PAGE	
4.1	Introduction.....	281
4.2	Méthode de Levé.....	282
4.2.1	Introduction.....	282
4.2.2	Acquisition des Données de Télédétection.....	282
4.2.3	Etude Bibliographique.....	282
4.2.4	Interprétation.....	283
4.2.5	Vérifications de Terrain.....	283
4.2.6	Finalisation.....	286
4.2.7	Vérifications Complémentaires.....	286
4.3	Production de la Carte Morphopédologique.....	286
4.3.1	Introduction.....	286
4.3.2	Légende.....	286
4.3.3	Description des Unités Cartographiques.....	292
	4.3.3.1 Formations sur Terrains Quaternaires ou à Volcanisme Récent.....	292
	A. Formations Littorales et Deltaïques, L..	292
	Dunes littorales, La.....	293
	Cordons littoraux, Lb.....	295
	Vasières, Lc.....	296
	Terrasses sableuses, Ld.....	302
	Complexe cotier, Le.....	302
	Levées, Lf.....	303
	Cuvettes de décantation, Lg.....	305
	Dépôts lagunaires, Lh.....	307
	B. Formations sur Dépôts Alluviaux et	308
	Colluvions, A.....	308
	Terrasses colluvio-alluviales, vallons fonctionnels, Aa.....	308
	Vallées mortes, Ab.....	312
	Vallées sèches, (anastomosées), Ac.....	313
	Vallées (semi-) permanentes, Ad.....	316
	C. Formations Eoliennes, E.....	318
	Ergs anciens, E1.....	319
	Ergs récents, E2.....	325
	D. Formations Volcaniques Récentes, V.....	331
	4.3.3.2 Formations sur terrains secondaires et tertiaires.....	332
	A. Formations sur Grès plus ou moins Argileux du "Continental Terminal"	
	Oligo-Mio-Pliocène, O.....	332
	Plateaux et buttes résiduels, Oa.....	333
	Dépressions de plateaux, Ob.....	341
	Zones d'envahissement dunaire, Oc.....	343
	Versants, pentes et glacis d'épandage, Od.....	344
	Basses plaines et cuvettes, Oe.....	350
	Bordure de plateau, Of.....	351
	B. Formations sur Roches Marno-Calcaires (Paléocène-Eocène), P.....	352
	Bas plateau d'elevation supérieure à 50 m, Pl.....	352

	Bas plateaux d'élévation inférieure à 50 m, P2.....	355
	Basse Plaine alluviale, P3.....	357
	Bas glacis collinaire, P4.....	358
	C. Formations sur Grès Maestrichtien (Crétacique), C.....	360
	Plateaux, Ca	361
	Vallons, Cb	362
4.3.3.3	Formations sur Roche Primaire ou Roches Volcano-Sédimentaires Anciennes.....	362
	A. Formations sur Roche d'Origine Essentiellement Sédimentaire, S.....	362
	Collines et glacis cuirassés sur schistes durs, faciès paléovolcanique, S1.....	364
	Collines et glacis sur grès tendre argileux et quartzite, S2.....	368
	Glacis étagés et plaines sur grès argileux et pélites, S3.....	369
	Basses plaines et vallées sur pélites, faciès paléovolcanique, S4.....	374
	Basses plaines et vallées sur schistes métamorphisés, S5.....	377
	Côte schisteuse, S6.....	378
	Côte gréseuse, S7.....	379
	B. Formations sur Roches Essentiellement Metamorphiques (Birrimien), M.....	381
	Sols sur roches basique diverses et matériau argileux gonflant d'altération, M1.....	382
	Sols sur roches acides, migmatiques, M2.	385
	Sols sur matériau résiduel gravillon- naire cuirassé, M3.....	386
	C. Formations sur Roches de Type Granitique (granite d'anatexie), G.....	388
	Buttes et interfluves, Ga.....	390
	Plaines collinaires, Gb.....	391
	Vallons et bas de pentes, Gc.....	391
	Basses plaines, Gd.....	393
	D. Formations sur Roches Ignées Micro- grenues, I.....	393
	Granites post tectoniques, II.....	393
	Diorites et metabasites, I2.....	394
4.3.3.4	Divers, Cr.....	394
4.3.3.5	Classification des Sols.....	394
	I. Classes des Sols Minéraux Bruts.....	395
	II. Classe des Sols peu Evolués.....	396
	III. Classe des Vertisols.....	396
	IV. Classe des Andosols.....	397
	V. Classe des Sols Calcimagnésiques.....	397
	VI. Classe des Sols Isohumiques.....	397
	VII. Classe des Sols Brumifiés.....	398
	VIII. Classe des Sols Podzolisés.....	398
	IX. Classe des Sols à Sesquioxydes.....	398

	X.	Classe des Sols Ferralitiques.....	398
	XI.	Classe des Sols Hydromorphes.....	399
	XII.	Classe des Sols Sodiques.....	399
4.4		Production des cartes Dérivées.....	400
4.4.1		Introduction.....	400
4.4.2		Carte d'Aptitude des Terres.....	400
	4.4.2.1	Critères.....	400
		A. Introduction.....	400
		B. Paramètres de Premier Ordre.....	401
		1. Définition.....	401
		2. La Pente.....	401
		3. La Profondeur Utile.....	402
		4. La Texture.....	403
		5. La Pierrosité.....	405
		6. La Rochosité.....	406
		7. Les Eléments Grossiers.....	406
		8. Le Drainage.....	407
		9. Le pH.....	408
		10. La Salinité.....	408
		11. La Sodicité.....	409
		12. L'Erosion.....	409
		C. Paramètres de Second Ordre.....	410
		1. Définition.....	410
		2. La Capacité de Retention en Eau.....	410
		3. La Perméabilité.....	411
		4. L'Irrigabilité Potentielle.....	411
		5. L'Aptitude au Travail du Sol.....	412
		6. La Qualité du Lit de Germination.....	412
		7. L'Aptitude à la Mécanisation.....	413
		8. La Susceptibilité à l'Erosion Eolienne.....	413
		9. La Susceptibilité à l'Erosion Hydrique.....	414
		10. Le Risque Global d'Erosion.....	415
		11. La Fertilité Chimique.....	415
		D. Les Régions Pédoclimatiques.....	416
	4.4.2.2	Cotation.....	418
		A. Introduction.....	418
		B. Les Classes d'Aptitude Agricole.....	418
		C. Les Classes d'Aptitude Pastorale.....	421
		D. Les Classes d'Aptitude Forestière.....	421
4.4.3		Carte de la Dégradation des Sols.....	422
	4.4.3.1	Introduction.....	422
	4.4.3.2	Types de Dégradation.....	422
4.5		Annexe B: Sols et Aptitude des Terres.....	424
4.6		Références Bibliographiques.....	470

CHAPITRE IV

4.1 INTRODUCTION

Etant donné l'importance primordiale de la connaissance de la qualité des sols pour une bonne planification agricole, la recherche pédologique est un des aspects les plus importants des études visant à faire l'inventaire des ressources naturelles d'un pays ou d'une région.

Le présent chapitre rend compte de l'effort accompli en ce domaine par le projet "Cartographie et Télédétection". Il est à noter cependant que ce texte constitue la synthèse des travaux des nombreux experts, consultants et stagiaires qui se sont succédés au projet et que bien que ceux-ci n'aient eu, en raison notamment des nombreux problèmes qui ont agité le projet, aucune ou très peu d'occasions de contact, il a été tenté de tirer le meilleur parti des données disponibles.

La production des cartes est essentiellement basée sur l'interprétation de l'imagerie Landsat. Le contenu des unités cartographiques ainsi délimitées a été défini par corrélation avec les documents, cartes et rapports disponibles et avec les observations rassemblées au cours de levés de terrain et de survols à basse altitude. La classification utilisée est celle de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, centre de Dakar-Hann, référence étant faite à la classification américaine, Soil Taxonomy System, ou internationale, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO. Les critères de classification appliqués pour la production des cartes dérivées (carte d'aptitude des sols, carte de la dégradation des sols) sont ceux développés par RSI tout au long de son expérience internationale et sont largement inspirés des recommandations du United States Department of Agriculture, Soil Survey Manual, et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO.

Les documents produits sont une carte originale et deux cartes dérivées:

- une carte morphopédologique du Sénégal au 500 000e, en 4 feuilles plus une feuille de légende, en couleurs.
- une carte d'aptitude des terres du Sénégal au 500 000e, en 4 feuilles en noir et blanc.
- une carte de la dégradation des sols du Sénégal au 1 000 000e, une feuille en noir et blanc.

Les aspects techniques de la préparation de la carte morphopédologique sont repris dans la section 4.2. La section 4.3.3 décrit brièvement les unités cartographiques de la carte morphopédologique. Les méthodes et critères suivis pour la production des cartes dérivées sont détaillés dans la section 4.4 et les unités cartographiques des cartes dérivées sont décrites respectivement dans les sections 4.4.2.2 et 4.4.3.2.

4.2 METHODE DE LEVE

4.2.1 Introduction

Les mouvements de personnel et les impératifs contractuels ont fortement perturbé la procédure décrite ci-dessous. Celle-ci reprend les étapes successives d'une cartographie pédologique classique au 500 000^e. Les procédés purement cartographiques d'impression et de reproduction ne seront pas abordés ici.

4.2.2 Acquisition des Données de Télédétection

L'imagerie disponible, ses qualités et ses limitations ont été discutées dans la partie géologique de ce rapport (section 2.5 les caractéristiques de l'imagerie Landsat disponible). Seules quelques remarques propres à l'usage de cette imagerie au point de vue pédologique sont données ici.

L'imagerie généralement la plus propice à l'interprétation pédologique était celle enregistrée au mois de mars. C'est à ce moment que la physiographie se marque le mieux sur les compositions en fausses couleurs. La cuirasse est alors souvent remarquablement visible sur les plateaux mais aussi aux ruptures de pente en bordure des plateaux. Des images de début de saison sèche sont utiles pour préciser la position des axes de drainage, la végétation y flétrit plus tardivement et les talwegs sont nettement marqués dans l'infra rouge. Les zones les plus arrosées du pays constituent cependant un problème. Le nombre d'enregistrements disponibles était réduit et souvent la qualité était médiocre, la végétation masquant la physiographie et donnant aux compositions en fausses couleurs une teinte rouge généralisée. L'interprétation de la Casamance est pour cette raison moins détaillée bien que des cartes pédologiques au 200 000^e et au 100 000^e soient disponibles.

Les variations d'échelle dans les produits fournis par le centre EROS sont un problème ressenti communément par toutes les disciplines.

4.2.3 Etude Bibliographique

La collecte des données, cartes, rapports et autres documents disponibles est un préalable à l'interprétation. Leur étude permet de sérier les problèmes, de délimiter les régions les mieux connues et de définir celles qui n'ont pas encore été étudiées en détail. Elle offre aussi une vision globale du pays, de ses régions naturelles et provinciales géologiques ainsi que des formes de la physiographie, aidant à la

compréhension des types de sols présents et de leur répartition. Cette lecture s'accompagne généralement d'une pré-interprétation à petite échelle (1 000 000^e) permettant de définir la légende dans ses grandes lignes, ainsi que de missions exploratoires sur le terrain.

L'essentiel de ce travail a de fait dû être réalisé en fin de projet, le bénéfice des missions exploratoires de début de projet ayant été perdu dans les mouvements de personnel.

4.2.4 Interprétation

L'interprétation à l'échelle de travail (250 000^e) est ensuite réalisée pour la totalité du territoire et une première légende est établie. Ceci permet de planifier efficacement les missions d'observation et d'échantillonnage sur le terrain. Dans la pratique, les missions de terrain ont dû avoir lieu après la réalisation d'interprétations partielles. La nécessité d'envoyer les échantillons aux laboratoires d'analyse dans les délais prescrits imposa ce choix.

4.2.5 Vérifications de Terrain

Des missions de contrôle de l'interprétation par des travaux de terrain sont alors organisées. La technique retenue en fin de projet devait permettre de gagner du temps et de limiter les travaux de terrain. La méthode est celle du parcours de transects nombreux, recoupant systématiquement les unités cartographiques (v. Annexe IV-1, Itinéraires des levés morphopédologiques).

Les observations pédologiques sont soit des sondages, des mini-puits ou des profils. Tout au long du circuit et en chaque point d'observation des notes sont prises décrivant la physiographie, l'état de la végétation, les affleurements, les formes d'érosion...

Le sondage est réalisé à la tarière pédologique. Elle permet de prélever un échantillon de sol d'environ 7 cm de diamètre jusqu'à une profondeur de 125 cm. C'est une observation de contrôle relativement facilement réalisable et rapide. Sont notés pour chaque sondage: la texture, la couleur, le pH, la charge en éléments grossiers, le drainage et le cas échéant la profondeur de la nappe, de la cuirasse, de l'horizon gravillonnaire...(Fig. 4.1).

Le mini-puits est creusé à la pelle et à la pioche. Ses dimensions sont réduites, le plus souvent rectangulaires (75x50x50cm). Il est complété par un sondage réalisé à partir du fond du mini-puits. Ces observations sont plus détaillées, les 50 premiers centimètres pouvant être examinés in situ, des observations supplémentaires peuvent être notées, telles la structure, la porosité, la consistance...(Figs. 4.2 et 4.3).

Le profil est creusé plus profondément et ses dimensions sont relativement grandes (125x75x150cm). La description est alors complète pour tous les horizons et des échantillons de sol y sont prélevés pour analyse. Le profilage étant un procédé lent et coûteux, il n'est en



Fig. 4.1. Le sondage.



Fig. 4.2. Le mini-puits.



Fig. 4.3. Le mini-puits.

général réalisé que plus rarement, il sert à la caractérisation des sols identifiés au sein des unités cartographiques (Fig. 4.4).

Dans les conditions particulières du projet toutes ces opérations ont cependant dû être conduites plus ou moins en même temps tout en étant fort limitées.

4.2.6 Finalisation

Sur base des résultats des travaux de terrain et des données fournies par la littérature, l'interprétation peut alors être reprise et finalisée et la légende peut recevoir sa structure définitive. Les erreurs doivent être corrigées et les points douteux éclaircis.

Dans cette étude, en raison de l'insuffisance des travaux de terrain, l'accent a été mis surtout sur la corrélation des unités cartographiques de l'interprétation avec les informations contenues dans les divers documents disponibles pour caractériser valablement la nature des unités morphopédologiques.

4.2.7 Vérifications Complémentaires

Suivant les disponibilités, d'autres moyens de vérification de l'interprétation de l'imagerie satellite sont généralement mis en oeuvre pendant la finalisation. Des missions de contrôle sur le terrain peuvent encore avoir lieu mais elles peuvent avantageusement être complétées par des missions de survol à basse altitude pendant lesquelles des clichés sont pris systématiquement. Malgré les aléas climatiques de tels survols ont été organisés par le projet avec un certain succès. En pédologie leur intérêt réside surtout dans la possibilité d'observer le terrain à une échelle intermédiaire entre le levé au sol et l'imagerie satellite. L'étude des diapositives réalisées lors de ces survols ou de photos aériennes classiques peut toujours apporter des compléments d'information utiles.

4.3 PRODUCTION DE LA CARTE MORPHOPEDOLOGIQUE

4.3.1 Introduction

Les contraintes de temps et d'échelle, l'utilisation projetée du document pour l'élaboration du Plan National d'Aménagement du Territoire justifient la publication d'une carte morphopédologique avec une légende physiographique plutôt que celle d'une carte pédologique classique dont la légende serait purement taxonomique. Cette section décrit la formation de la légende puis les unités cartographiques et enfin se termine par un bref commentaire à propos de la classification des sols.

4.3.2 Légende

La légende est structurée sur base d'un découpage géologique, la physiographie détermine les subdivisions.

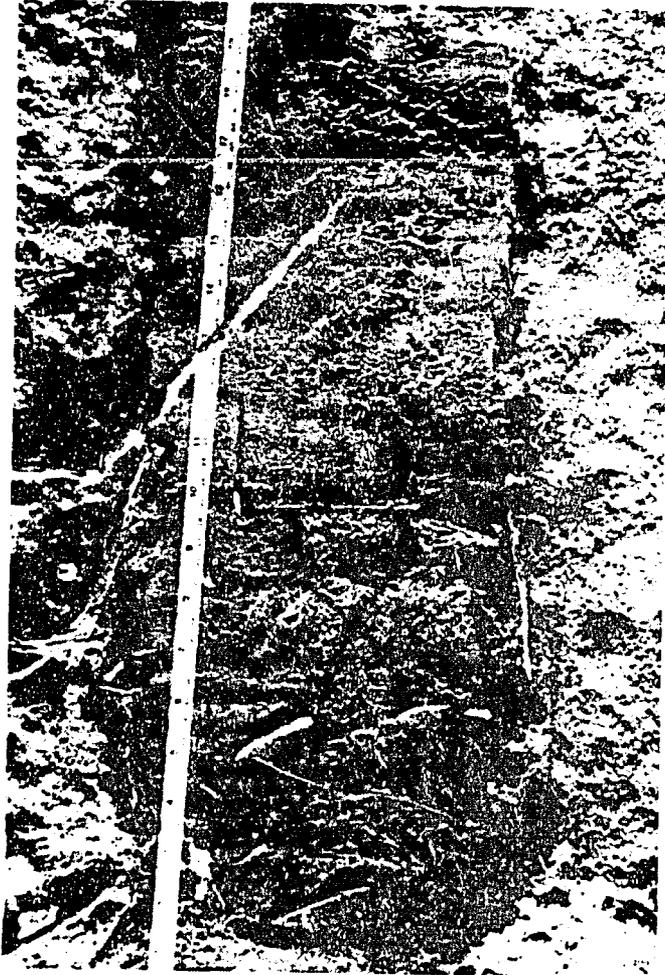


Fig. 4.4. Le profilage.

Trois blocs correspondant à des ères géologiques différentes (carte 4.1) regroupent onze types de formations (carte 4.2). Chaque type de formation est symbolisé par une lettre majuscule constituant le premier élément du symbole de chaque unité cartographique.

Pour le Quaternaire, quatre types de formations sont distinguées suivant le mode de mise en place des terrains ou encore suivant le processus sédimentaire dominant leur apparition.

Les formations littorales et deltaïques (L) regroupent les formations qui procèdent de sédimentation fluvio-marine ou littorale.

Les formations sur dépôts alluviaux et colluvions (A) regroupent la vallée du fleuve Sénégal et l'essentiel des voies de drainage du pays. Seule la vallée du fleuve Sénégal a été représentée sur la carte 4.2 mais la carte 4.3 reprend la totalité des unités. On peut y voir que la forme du réseau hydrographique est fortement corrélée à la nature du substrat géologique et aux conditions climatiques. Les deltas y ont été représentés aussi pour plus de clarté.

Les formations éoliennes (E) regroupent les dépôts sableux des grands ergs quaternaires au nord et à l'ouest du pays.

Les formations volcaniques récentes (V) sont celles de la Presqu'île du Cap Vert.

Trois types de formations sont distinguées sur base de leur âge et de leur pétrographie dans la période couvrant le Secondaire et le Tertiaire.

Les formations sur grès plus ou moins argileux du "Continental Terminal" (O) sont imprécisément reliées à l'Oligo-Mio-Pliocène.

Les formations sur roches marno-calcaires (P) datées du Paléo-Eocène constituent la bande de Matam et les bas plateaux de Thiès et de Bargny.

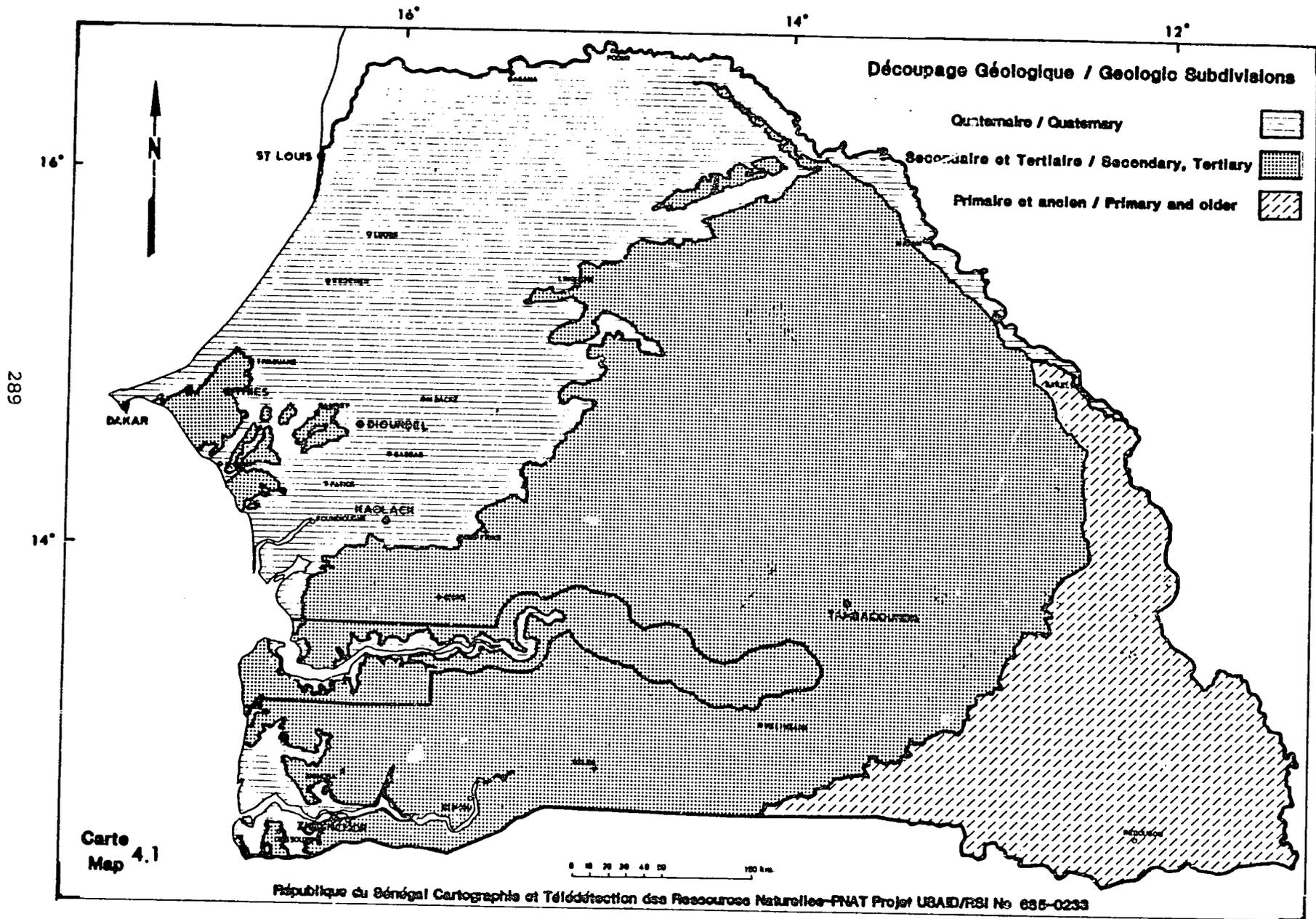
Les formations sur grès maestrichtiens (C) du Crétacique correspondent au massif de Ndiass.

Quatre types de formations sont distinguées dans le Sénégal Oriental sur socle primaire et ancien, sur la base de critères pétrographiques.

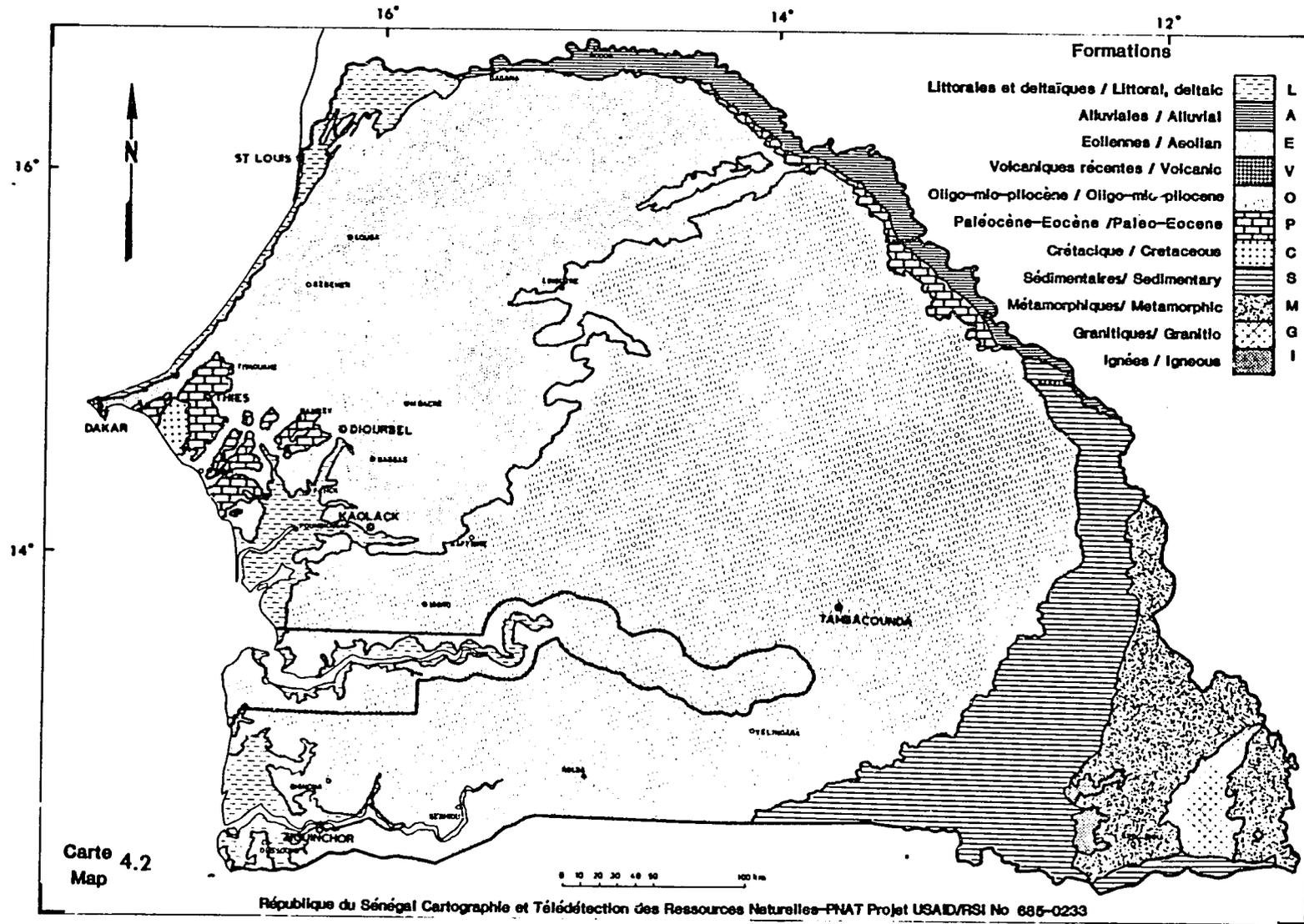
Les formations sur roches d'origine essentiellement sédimentaires (S) occupent l'ouest.

Les formations sur roches essentiellement métamorphiques (M) datées du Birrimien occupent l'est.

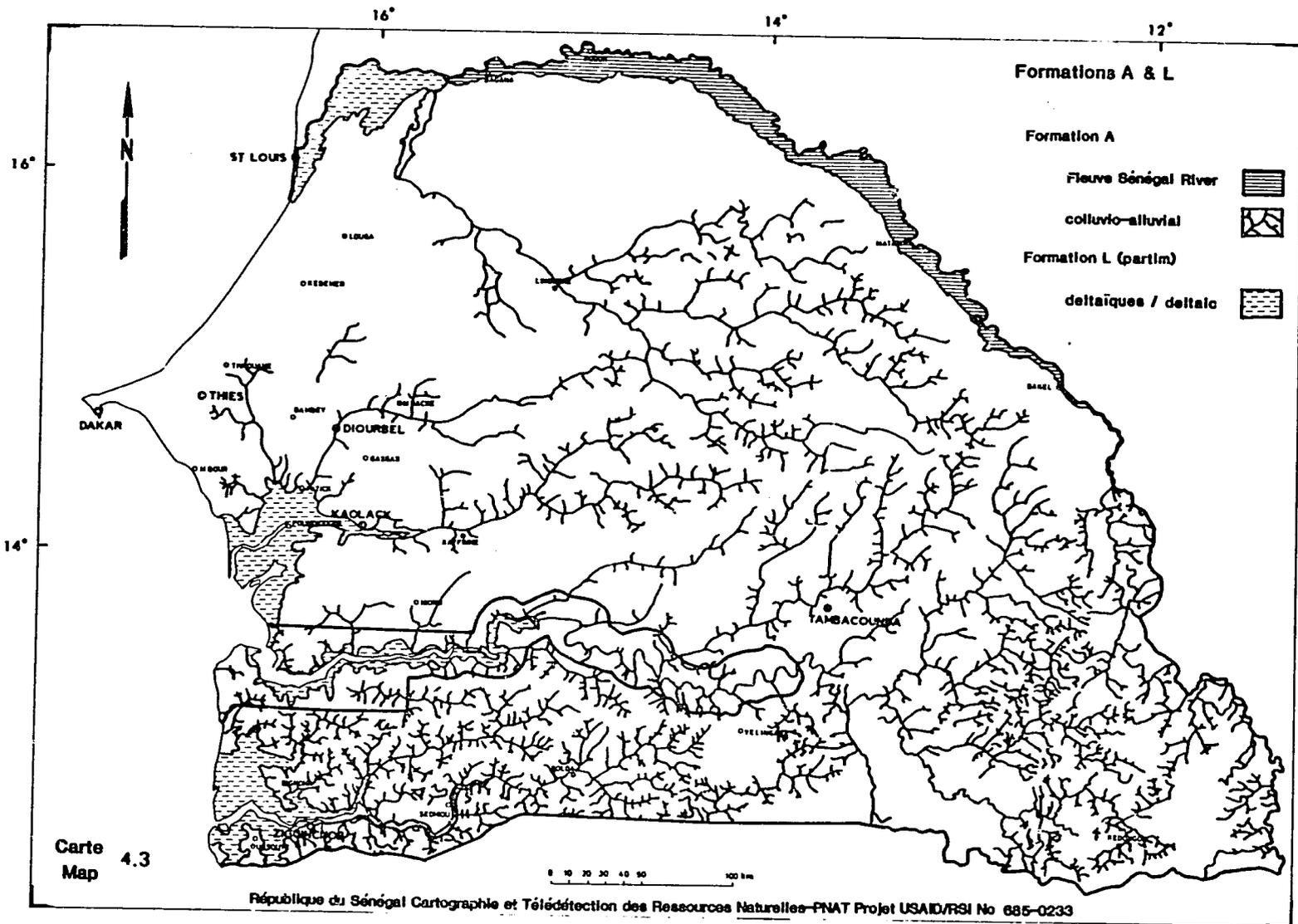
Les formations sur roches de type granitique (granite d'anatexie) (G) correspondent au massif de Saraya.



Carte 4.1 Découpage Géologique



Formations



Carte Map 4.3

République du Sénégal Cartographie et Télédétection des Ressources Naturelles-PNAT Projet USAID/RSI No 685-0233

Formations A & L (partim)

Les formations sur roches ignées microgrenues (I) d'origines diverses enserrant la boucle du fleuve Gambie au niveau de Mako et comprennent le massif de Bandafassi.

Le premier élément du symbole cartographique est ainsi constitué de l'une des lettres majuscules suivantes: L, A, E, V, O, P, C, S, M, G, I.

Le deuxième élément est un chiffre de 1 à 7 sans signification déterminée mais indiquant le passage au sein d'un type de formation à un nouvel âge géologique ou matériau parental. Ce chiffre est omis quand pareille distinction n'est pas d'application. Les seuls cas ainsi distingués sont E 1 et 2; P1, 2, 3, ou 4; S 1 à 7; M1, 2 et 3; I 1 et 2.

Le troisième élément est une lettre minuscule (a, b, c, ..., h) indiquant le passage à une nouvelle unité physiographique (plateau, glaciaire, vasière...).

Le quatrième élément représente par une autre lettre minuscule (x, y ou z) une subdivision physiographique éventuelle de l'entité précédente. Ce cas se présente peu fréquemment.

Le cinquième élément est un nombre qui peut compter deux chiffres (1, 2, ..., 15) correspondant au numéro d'ordre des diverses associations de sols présentes au sein d'une même entité physiographique. Ce nombre est omis si une seule association a été représentée.

Ainsi toute unité cartographique sera affectée d'un symbole comportant au maximum cinq éléments, par exemple E2ay3.

4.3.3 Description des Unités Cartographiques

La description des unités morphopédologiques reste générale. S'adressant à des aménagistes souvent peu familiers du jargon pédologique, elle se limite volontairement aux caractéristiques de sol les plus apparentes ou dont la signification sur le plan agronomique est la plus immédiate (texture, profondeur utile, ...). Certaines limitations proviennent en outre des conditions particulières du projet. Ainsi, en raison de l'insuffisance des travaux de terrain, des inclusions relativement mineures peuvent ne pas avoir été identifiées et les pourcentages donnés pour les divers composants des unités cartographiques ne sont souvent que des estimations grossières. Enfin, étant donné la diversité des sources d'information, il était impossible d'identifier les couleurs précisément par leur code Munsell mais les adjectifs utilisés dans le texte l'ont été dans la mesure du possible en corrélation avec les termes en usage dans cette publication.

4.3.3.1 Formations sur Terrains Quaternaires ou à Volcanisme Récent

A. Formations Littorales et Deltaïques, L

Sont regroupées sous cette dénomination toutes les formations qui procèdent de sédimentation littorale ou fluvio-marine. Soit les

dunes littorales, les cordons littoraux, les différents types de vasières et mangroves, les terrasses marines ainsi que les levées et deltas de rupture ou les cuvettes de décantation dans la zone deltaïque du fleuve Sénégal et d'autres petites unités côtières complexes.

DUNES LITTORALES, La

Les dunes littorales ont été représentées par quatre unités cartographiques, la première représente les dunes blanches et comprend aussi les plages, les trois suivantes représentent les dunes jaunes en fonction de leur degré de fixation par la végétation et partant de leur susceptibilité à l'érosion éolienne (Fig. 4.5). Toutes ces dunes sont peu élevées.

Symboles: La1, La2, La3, La4

Description:

La1: Dunes littorales vives et plages marines, sols minéraux bruts d'apport

Le long de la Grande Côte les plages sont dans l'ensemble sableuses, le matériau provient d'un mélange de grains de quartz et de tests calcaires. Les plages de la Petite Côte souvent plus argileuses sont plus étroites et les sols y sont plus évolués, halomorphes ou hydro-morphes, proches des sols des formations voisines dans lesquelles ces plages ont par conséquent été reprises. Les plages du Sine Saloum et de la Casamance sont elles aussi comprises dans les formations adjacentes tels les cordons littoraux. Les plages de la Grande Côte sont représentées en une unité commune avec les dunes vives ou dunes blanches. Entre Yoff et le lac Retba, les dunes jaunes et blanches ont été rassemblées en une seule unité légèrement élargie, les dimensions sur le terrain étant incompatibles avec l'échelle de représentation. Les dunes blanches sont constamment reprises par les vents et la végétation y est pratiquement inexistante en dehors des périmètres de reboisement où l'on peut observer quelques beaux résultats. La politique d'afforestation menée par le service des Eaux et Forêts doit être certainement poursuivie.

La2: Dunes littorales semi-fixées, sols minéraux bruts d'apport

Ces dunes jaunes sont quelque peu fixées par la végétation mais de larges espaces restent néanmoins ouverts à l'action des vents. Elles s'étendent de St. Louis jusqu'à mi-distance environ entre Sag et Toundé Maléye en une bande continue de moins de 3 km de large en général. Leur fixation reste une priorité.

La3: Dunes littorales fixées, sols peu évolués et sols minéraux bruts d'apport

Ces dunes jaunes relativement fixées s'étendent en une bande irrégulière et discontinue pouvant atteindre jusqu'à 3 km de largeur



Fig. 4.5. Vue aérienne oblique basse sur les unités cartographiques La1, La3 et La4, ainsi que sur une partie de l'unité F2cx2, au niveau de Fàs Boye.

depuis la bordure nord du lac Retba et rencontrent l'unité précédente à mi-chemin environ entre Toundé Maléye et Sag. Les sols peuvent y avoir subi localement un début d'évolution mais leur fixation reste précaire et le risque d'une reprise de l'érosion reste élevé. Leur pH est acide.

La4: Dunes littorales ravivées, sables vifs, sols minéraux bruts d'apport et d'érosion

Cette unité reprend des portions de l'unité précédente qui sont affectées par une nette remobilisation des sables liée à la disparition de la végétation. Ces zones doivent faire l'objet de mesures urgentes de protection et de lutte anti-érosive, c'est pourquoi il a été jugé bon de les cartographier individuellement.

CORDONS LITTORAUX, Lb

Les cordons littoraux ont été représentés par deux unités cartographiques correspondant à l'âge relatif des dépôts. Les premiers sont plus récents et les sols n'ont guère eu le temps d'évoluer; les seconds sont suffisamment anciens pour que les sols aient pu atteindre un certain degré d'évolution.

Symboles: Lb1, Lb2

Description:

Lb1: Cordons littoraux récents et subrécents, sols minéraux bruts ou sols peu évolués d'apport

Les cordons littoraux récents et subrécents sont présents le long des côtes en face de tous les deltas ou inclus en rangs plus ou moins parallèles dans les îles du Saloum et en alignements plus irréguliers en Basse Casamance. Les plages adjacentes sont incluses dans cette unité.

Les sols y sont des sols minéraux bruts d'apport ou des sols peu évolués d'apport parfois hydromorphes. Ils sont tous extrêmement sableux avec plus de 90% de sables, non structurés, bouillants et très peu colorés. La matière organique est le plus souvent absente sauf sur les cordons subrécents où elle peut parfois légèrement colorer l'horizon de surface. Un niveau aliotique ou parfois même cuirassé peut être présent supportant une nappe d'eau douce. Le pH est fort variable et ces sols sont généralement chimiquement pauvres. Des éléments de terrasses sableuses peuvent figurer en tant qu'inclusions. De petites vasières actuelles sont souvent présentes à l'arrière des cordons récents comme la Langue de Barbarie et constituent des inclusions mineures de sols le plus souvent halomorphes.

Dans l'ensemble, ces sols ne présentent aucun intérêt agricole si ce n'est pour les palmeraies sur les cordons subrécents. Ils sont extrêmement sensibles à l'érosion éolienne.

Lb2: Cordons littoraux anciens, sols brun rouge subarides

Seul le delta du Sénégal présente des cordons littoraux suffisamment anciens pour que les sols y aient subi une certaine évolution. Cette unité s'étend à l'ouest de Rao rejoignant le fleuve au niveau de Maka. La partie au nord du Djeuss est la plus érodée, au sud l'unité comporte des inclusions mineures de vasières anciennes dénudées à sols halomorphes, salins acidifiés peu acides ou de petites cuvettes de décantation à sols salins acidifiés très acides. Divers sols salins constituent la transition avec les unités adjacentes. Les principaux sols (jusqu'à 80%) sont des sols isohumiques du type brun rouge subaride. Ils sont nettement sableux, sable limoneux sur sable, avec un horizon humifère épais mais à faible teneur en matière organique. La structure est particulière, la cohésion nulle. La couleur est plutôt pâle, brune en surface, rouge jaunâtre en profondeur avec parfois quelques taches d'hydromorphie. Le pH est relativement neutre, la salinité négligeable.

Ces sols portent une savane arborée claire à Acacia raddiana, le pâturage naturel y est de bonne qualité en saison des pluies et en début de saison sèche. Bien que localement cultivés, ces sols n'offrent pas un grand intérêt agricole. Ils sont aussi extrêmement sensibles à l'érosion éolienne.

VASIERES, Lc

Les vasières ont été subdivisées en huit unités. La première est un complexe combinant vasières et cordons littoraux récents, les deux suivantes couvrent les vasières récentes fonctionnelles ou partiellement dénudées, les cinq dernières correspondent à quatre stades de la séquence évolutive d'une vasière ancienne: fonctionnelle, partiellement dénudée, dénudée et enherbée, ainsi qu'à une forme remaniée dans le delta du fleuve Sénégal.

Symboles: Lcx, Lcyl, Lcy2, Lcz1, Lcz2, Lcz3, Lcz4, Lcz5

Description:

Lcx: Complexe de vasières et de cordons littoraux récents, sols minéraux bruts ou sols peu évolués d'apport hydromorphes

Il s'agit en fait d'un complexe comprenant des sols de l'unité Lbl et des sols de l'unité Lcyl. L'unité n'offre donc pas de grandes possibilités agricoles mais l'aménagement des palmeraies sur les éléments de cordons littoraux peut être envisagé.

Lcyl: Vasières récentes fonctionnelles, sols peu évolués d'apport hydromorphes avec sols halomorphes

Ces vasières sont localisées immédiatement derrière les cordons littoraux. En Basse Casamance elles sont réparties le long d'un arc de cercle allant de Kafountine à Elinkine et Essaoul, et couvrent la moitié ouest de l'île de la Coélette. Dans le Sine Saloum, elles

s'étendent aussi en arc de cercle depuis Barra jusqu'à Niodior et Mar Lodj.

Les sols sont surtout (à près de 80%) des sols peu évolués d'apport hydromorphes, sur vases argileuses peu organiques, peu pyriteuses en Basse Casamance ou sur vases plus ou moins sableuses à sulfures au Sine Saloum. Divers types de sols halomorphes généralement salins acidifiés caractéristiques des tannes vifs ou hydromorphes à gley salé caractéristiques des tannes sableux forment la composante mineure. A l'arrière du cordon de Joal, les sols sont plus organiques, semi-tourbeux. Quelques petits éléments de cordons littoraux ou de terrasses sableuses peuvent figurer comme inclusions mineures de même que des sols de type ferrallitique sur des îlots du bas plateau casamançais isolés par la mangrove. Ce sont donc typiquement des sols à mangroves récentes à Avicennia nitida. Le profil à des caractéristiques variables, il est généralement gris, spongieux et fibreux à forte teneur en matière organique sans toutefois dépasser 10% sauf peut-être dans le Sine Saloum. Des niveaux de coquillages sont parfois présents et le pH devient alors franchement alcalin. Le pH est normalement relativement neutre mais, à l'oxydation, la présence de sulfures fait tomber le pH jusqu'à des valeurs franchement acides quoique généralement supérieures à 4.

Il est possible de concevoir des aménagements pour corriger la salinité, le drainage et l'acidité potentielle de ces sols. Il semble cependant plus sage, pour des raisons écoclimatologiques évidentes, de protéger les mangroves en général, leur régression apparaît d'ailleurs clairement sur l'imagerie.

Lcy2: Vasières récentes partiellement dénudées, sols halomorphes avec sols peu évolués d'apport hydromorphes

Sur l'imagerie, ces vasières s'individualisent très nettement à l'est de Boukot Ouolof. Bien que localisées au milieu de vasières récentes et la mangrove y ayant une signature spectrale du même type, des tannes y sont aussi décelables suggérant une évolution rapide ou le rajeunissement d'un ancien système. La part des sols halomorphes, salins acidifiés sur argiles ou sur sables caractéristiques des tannes (sols sulfatés acides) devient prépondérante (au moins 50%) et les sols peu évolués d'apport hydromorphes caractéristiques des mangroves récentes sont limités aux bords des chenaux (moins de 40%).

Ces sols ont une texture variable. L'horizon superficiel peu épais est brun plutôt clair à beige et la teneur en matière organique y est faible. Ce départ de matière organique entraîne un certain tassement de l'horizon et partant une augmentation relative de la densité apparente. Les horizons suivants ont un aspect et une teneur en matière organique semblable à ceux des sols de mangroves mais avec des taches de jarosite jaune vif le long des conduits racinaires. Le pH est très acide, la salinité très élevée, des petits cristaux de sel sont visibles dans l'horizon superficiel. Ces tannes sont nus avec parfois au centre une végétation à cypéracées halophiles.

La mise en valeur agricole de ces sols passe par un dessalement obligatoire et par la correction du pH. Un important investissement est donc nécessaire mais il est peu probable que le résultat soit nécessairement positif et un reboisement bien adapté pourrait être la meilleure solution.

Lcz1: Vasières anciennes fonctionnelles, sols hydromorphes organiques plus ou moins tourbeux avec sols halomorphes

Ces vasières s'étendent entre les vasières récentes et la zone continentale ou le long des fleuves. Dans le Sine Saloum, elles ne remontent guère plus haut vers le nord que Soum mais elles sont présentes par plages le long de la Gambie jusqu'au niveau de Bambali. En Basse Casamance, elle occupent l'essentiel du delta jusqu'en Guinée Bissau vers le sud et jusqu'à dépasser Ziguinchor vers l'est et Tiobon vers le nord.

Les sols sont des sols hydromorphes (ou peu évolués d'apport hydromorphes), plus ou moins organiques, plus ou moins tourbeux sur vases plutôt argileuses généralement très pyriteuses. Des petites terrasses sableuses à sols peu évolués frangés de divers sols halomorphes peuvent figurer en inclusions surtout dans le Sine Saloum. Ce sont donc ici les sols de mangroves évoluées à Rhizophora mangle et Avicennia nitida. Tout comme dans le cas des vasières récentes le profil a des caractéristiques variables. Il reste gris, spongieux et fibreux, avec aussi parfois des niveaux de coquillages mais la teneur en matière organique est plus élevée et peut largement dépasser 10%. La teneur en sulfures est aussi plus élevée et le pH, relativement neutre in situ, peut donc chuter jusqu'à des valeurs nettement inférieures à 4 après oxydation par séchage à l'air par exemple. Ces sols sont aussi franchement salins à très salins et, encore une fois, il semble que la meilleure mise en valeur des mangroves réside dans leur protection. Il est bon de se rappeler par ailleurs que le Rhizophora peut être utilisé comme bois de chauffe et que la mangrove ou ses abords abritent un certain nombre d'espèces animales comestibles (mollusques, crabes).

Lcz2: Vasières anciennes partiellement dénudées, sols halomorphes salins acidifiés et sols hydromorphes organiques

Ces vasières s'étendent en dehors de la zone des vasières fonctionnelles, à proximité des chenaux principaux qu'elles séparent ainsi des tannes. Dans le Sine Saloum elles sont représentées au nord de Djirnda et de Fetane, en Basse Casamance elles occupent les parties basses du marigot de Bignona et de la Soungrougrou, elles remontent la Gambie jusqu'au confluent avec le Nianija Bôlon. Une phase alluviale, notée "a" sur la carte, désigne la transition entre le fluvio-marin et l'alluvial proprement dit. Ces sols sont légèrement salins en surface, peu acides, sodiques. Ils correspondent principalement à la série de Salikene de la classification gambienne.

Ces vasières sont à un stade intermédiaire d'évolution entre la vasière fonctionnelle à mangroves et les tannes. Ces vasières sont généralement nues, partiellement soumises aux marées mais fréquemment inondées. Elles ne portent de mangrove que le long des chenaux.

Les sols de deux unités voisines Lcz1 et Lcz3 s'y retrouvent en proportions variables, la part des sols semi-tourbeux est plus importante vers les embouchures, la part des sols salins acidifiés est plus importante vers l'amont. Leurs caractéristiques peuvent aussi être moins tranchées avec des taux plus faibles en matière organique ou un pH moins acide. La texture est généralement fine, la structure massive, plastique, la couleur grise.

Des cultures de décrue sont possibles, la lame d'eau douce lessivant l'horizon superficiel en saison des pluies, mais les mangroves devraient être protégées afin d'assurer leur évolution naturelle plutôt qu'une dégradation accélérée.

Lcz3: Vasières anciennes dénudées, sols hydromorphes à gley salé et sols halomorphes salins hydromorphes

Du point de vue morphologique, cette unité constitue en fait un ensemble de tannes vifs sableux ou argileux et de basses terrasses plus souvent argileuses que sableuses. Ces formations ont en commun le fait qu'elles ne sont plus régulièrement envahies par la marée. Elles sont mieux représentées dans le Sine Saloum où elles occupent largement le nord du delta, elles sont plus limitées en Basse Casamance où elles occupent des plages peu étendues, la plus grande se trouvant devant Tionk Essil.

Les sols varient entre les sols halomorphes et les sols hydromorphes salés. Ils sont plutôt hydromorphes minéraux à gley salé sur sables ou sur terrasses argileuses en Basse Casamance et halomorphes salins hydromorphes généralement fortement salés avec efflorescences salines en surface, sur sables ou argiles dans le Sine Saloum. Des inclusions de sols hydromorphes plus ou moins tourbeux peuvent se présenter dans les deux cas. Les sols de cette unité ont donc des caractéristiques assez variables. La texture varie d'un profil à l'autre et souvent aussi au sein d'un même profil. Les sols sableux sont en général moins différenciés.

La couleur est dans l'ensemble un gris clair plus ou moins bariolé de taches de rouille souvent depuis la surface et de taches jaunes (jarosite) qui apparaissent généralement à moyenne profondeur. L'horizon superficiel est souvent beige surtout chez les sols salins, partiellement réoxydé et quelque peu structuré, structure polyédrique fine, s'il est argileux. Les horizons profonds ont une structure massive plastique ou fluante selon que le matériau est argileux ou sableux.

Les terrasses argileuses de Basse Casamance sont cultivées en rizières. Des aménagements assurant le contrôle de l'apport d'eau douce dû aux précipitations peuvent résulter en un dessalement satisfaisant en surface propre à la mise en culture. Le climat du Sine Saloum est nettement moins humide et donc moins favorable à une mise en valeur agricole.

Lcz4: Vasières anciennes enherbées, sols halomorphes salins hydromorphes moyennement salés

Cette unité est représentée dans le nord du Sine Saloum en petits îlots au sein de l'unité précédente. Elle combine en fait tannes herbus, éléments de terrasses et de formations continentales indifférenciables à l'échelle de publication. Ces inclusions comportent des sols à gley profond ou des sols ferrugineux tropicaux lessivés à caractéristiques moins limitantes que celles du composant majeur halomorphe. Les plus petites surfaces ont été incluses dans l'unité Lcz3.

Les sols des tannes herbus sont halomorphes salins hydromorphes moyennement salés. L'horizon supérieur est donc suffisamment dessalé pour qu'une végétation halophile à base de cypéracées s'y établisse. Ces sols ont en fait au cours de leur évolution perdu leur eau d'imbibition et leur matière organique et ceci a provoqué leur tassement. La surface s'est alors creusée en cuvette par déflation, le vent mobilisant aisément les argiles en conditions de salinité élevée. Les accumulations d'eaux pluviales ont ensuite assuré le dessalement de surface. Ces sols sont donc semblables à ceux de l'unité précédente mais moins fortement salés en surface et plus acides en profondeur, ce sont des sols sulfatés acides typiques.

Leur texture est relativement fine, ils sont brun clair à beige sur quelques centimètres en surface, ils deviennent rapidement gris avec des traces de couleur rouille (hydromorphie) puis jaune (jarosite) en profondeur.

Ces sols peuvent être traités pour leur salinité et leur acidité excessives mais l'investissement peut ne pas être payant. Un reboisement adapté peut lui être préféré. Les autres sols mentionnés en inclusions sont plus favorables à la culture.

Lcz5: Vasières anciennes remaniées, sols halomorphes salins acidifiés

Ces vasières sont celles du bas delta du fleuve Sénégal dans la zone de confluence du fleuve et de ses affluents majeurs tel le Lampsar et le Djeuss. La morphologie de la zone qui s'étend de Rao à Maka entre les dunes et les cordons littoraux est sous l'influence des cours d'eau qui y méandrent et remanient les dépôts fluvio-marins. Les formations sont mêlées, vasières, cuvettes de décantation, petites levées subactuelles, éléments de terrasses ou de dunes. La majorité des sols est cependant du type halomorphe salin acidifié plus ou moins acide. Des sols peu évolués hydromorphes, hydromorphes ou isohumiques figurent en inclusions.

Les sols acidifiés ont un pH acide à très acide, une texture plutôt fine en surface, moyenne en profondeur, ils sont peu structurés en surface, structure prismatique grossière, massifs en profondeur. La couleur est grise avec des taches vivement colorées typiques.

Lcz4: Vasières anciennes enherbées, sols halomorphes salins hydromorphes moyennement salés

Cette unité est représentée dans le nord du Sine Saloum en petits îlots au sein de l'unité précédente. Elle combine en fait tannes herbus, éléments de terrasses et de formations continentales indifférenciables à l'échelle de publication. Ces inclusions comportent des sols à gley profond ou des sols ferrugineux tropicaux lessivés à caractéristiques moins limitantes que celles du composant majeur halomorphe. Les plus petites surfaces ont été incluses dans l'unité Lcz3.

Les sols des tannes herbus sont halomorphes salins hydromorphes moyennement salés. L'horizon supérieur est donc suffisamment dessalé pour qu'une végétation halophile à base de cypéracées s'y établisse. Ces sols ont en fait au cours de leur évolution perdu leur eau d'imbibition et leur matière organique et ceci a provoqué leur tassement. La surface s'est alors creusée en cuvette par déflation, le vent mobilisant aisément les argiles en conditions de salinité élevée. Les accumulations d'eaux pluviales ont ensuite assuré le dessalement de surface. Ces sols sont donc semblables à ceux de l'unité précédente mais moins fortement salés en surface et plus acides en profondeur, ce sont des sols sulfatés acides typiques.

Leur texture est relativement fine, ils sont brun clair à beige sur quelques centimètres en surface, ils deviennent rapidement gris avec des traces de couleur rouille (hydromorphie) puis jaune (jarosite) en profondeur.

Ces sols peuvent être traités pour leur salinité et leur acidité excessives mais l'investissement peut ne pas être payant. Un reboisement adapté peut lui être préféré. Les autres sols mentionnés en inclusions sont plus favorables à la culture.

Lcz5: Vasières anciennes remaniées, sols halomorphes salins acidifiés

Ces vasières sont celles du bas delta du fleuve Sénégal dans la zone de confluence du fleuve et de ses affluents majeurs tel le Lampsar et le Djeuss. La morphologie de la zone qui s'étend de Rao à Maka entre les dunes et les cordons littoraux est sous l'influence des cours d'eau qui y méandrent et remanient les dépôts fluvio-marins. Les formations sont mêlées, vasières, cuvettes de décantation, petites levées subactuelles, éléments de terrasses ou de dunes. La majorité des sols est cependant du type halomorphe salin acidifié plus ou moins acide. Des sols peu évolués hydromorphes, hydromorphes ou isohumiques figurent en inclusions.

Les sols acidifiés ont un pH acide à très acide, une texture plutôt fine en surface, moyenne en profondeur, ils sont peu structurés en surface, structure prismatique grossière, massifs en profondeur. La couleur est grise avec des taches vivement colorées typiques.

La culture du riz peut être tentée avec succès si la submersion et la salinité sont contrôlées. Les sols figurant en inclusions sont aussi quelque peu plus favorables. Le pâturage naturel est de bonne qualité en saison sèche.

TERRASSES SABLEUSES, Ld

Des terrasses marines sableuses de dimensions diverses et d'élévation variant entre 1 et 8 m sont présentes dans tous les deltas. Elles ont été rassemblées en une seule unité mais elles figurent aussi, surtout dans le Saloum, dans les inclusions mineures des unités Lczl et Lcyl.

Symbole: Ld

Description:

Ld: Terrasses sableuses, sols peu évolués d'apport

Toutes ces terrasses sont caractérisées par la présence de sols peu évolués d'apport. Les variations de faciès sont fréquentes, elles sont liées à l'âge respectif et à la position relative des terrasses. Les moyennes terrasses de Basse Casamance ont un faciès lessivé (Elinkine), les hautes terrasses, un faciès ferrugineux (Diakène Ouolof, Mlomp, Hillol). Les petites terrasses éparpillées dans le Saloum ont un faciès hydromorphe dans le nord des îles du Gandoul où elles sont plus basses et présentent des sols plus acides, plus hydromorphes avec des teneurs plus élevées en matière organique et en nutriments mais aussi un peu salins. Ceux-ci donnent de bons résultats en saison des pluies pour la riziculture. La terrasse représentée dans le delta du Sénégal a un faciès hydromorphe pour une texture relativement plus fine.

La surface du sol est micro-ondulée et des remaniements éoliens sont relativement fréquents. L'élévation peut alors dépasser 12 m. La texture est le plus souvent sableuse, la structure est particulière. L'horizon superficiel est gris ou brun, légèrement organique, les horizons profonds sont de couleur claire, souvent beige. Le pH est le plus souvent acide, parfois très acide, plus rarement neutre. Les traces d'hydromorphie apparaissent à des profondeurs variables selon le faciès.

Ces sols sont en général chimiquement pauvres et non irrigables à cause de leur texture trop grossière. Les palmiers y sont naturellement de bonne venue. Il faut noter que les hautes terrasses de Basse Casamance peuvent localement accueillir des cultures avec un certain succès dans les endroits où la nappe n'est pas trop profonde.

COMPLEXE COTIER, Le

Une unité complexe a été identifiée le long de la Petite Côte entre Rufisque et Popenguine. Elle regroupe des éléments de plages et de bancs de sables exondés, des anciennes mangroves partiellement ensablées et des alluvions fluviales. Ces formations sont d'extension

trop réduite pour être représentées individuellement, leur signature spectrale ne permettant d'ailleurs qu'une identification fort imparfaite.

Symbole: Le

Description:

Le: Complexe côtier, sols halomorphes sur matériau plutôt argileux, sols hydromorphes sur matériau argileux, sols peu évolués d'apport sur sables exondés

Les sols halomorphes sont surtout argileux, salins à structure poudreuse en saison sèche. En profondeur ils deviennent organiques et sulfurés, le profil présente alors une couleur noire avec des taches jaunes. Ces sols sont le mieux représentés au niveau de Yenne (plus de 50%) mais ils sont partout présents (à concurrence de 40% environ). Ils n'ont aucune valeur agronomique.

Les sols hydromorphes (environ 30%) sont surtout représentés au niveau de Bargny et de Popenguine. Ce sont des sols à hydromorphie de surface, de couleur brun foncé, argileux massifs dans l'horizon supérieur, très humifères et souvent caractérisés par des accumulations calcaires en profondeur. Ils supportent une végétation arbustive épineuse, ils peuvent être pâturés ou cultivés sous sorgho et donnent de très bons résultats forestiers.

Les sols peu évolués (environ 25%) sont sableux, à tendance hydromorphe ou halomorphe et sans vocation agricole.

Considérée dans son ensemble cette unité conviendrait mieux à des spéculations de type forestier.

LEVEES, Lf

En ce qui concerne le système de levées présent dans le delta du fleuve Sénégal la distinction a été faite entre les faisceaux de levées subactuelles et deux types de levées et deltas de rupture différenciés sur base de leur salinité et de leur hydromorphie.

Symboles: Lfx, Lfy1, Lfy2

Description:

Lfx: Faisceaux de levées subactuelles, sols hydromorphes, sols halomorphes et sols peu évolués

Des faisceaux de levées subactuelles longent les boucles du fleuve Sénégal et du Gorom. Quoique aisément identifiables sur l'imagerie, ils n'ont pas été toujours représentés du fait de leurs dimensions réduites. Ils constituent de par le type de sédimentation un complexe de sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble, à gley salé et à pseudogley à taches et à concrétions, généralement à texture fine sur

une texture moyenne, et de sols halomorphes salins acidifiés divers et le long du Gorom, salés à alcalis, sur matériau à texture moyenne. Des sols peu évolués d'apport hydromorphes sur des éléments de hautes levées sont présents en inclusions. Beaucoup de ces sols présentent des limitations trop sévères pour envisager une mise en culture immédiate. La microtopographie caractéristique de ce type de sédimentation peut aussi constituer un handicap. Ces formations portent généralement un bon pâturage de saison sèche à Sporobolus spp.

Lfyl: Levées et deltas de rupture, sols halomorphes salins acidifiés, avec sols hydromorphes à gley

Ce système de levées et deltas de rupture s'étend vers l'amont du delta le long du fleuve Sénégal de Richard Toll à Debi ainsi qu'à l'est et au sud du Lampsar jusque Ndiol. Les sols sont en majeure partie (environ 70%) des sols halomorphes salins acidifiés indifférenciés avec quelques sols peu évolués d'apport hydromorphes dans les parties hautes. Des petites cuvettes de décantation constituent l'élément mineur de cette association (moins de 20%) avec des sols hydromorphes à gley ou à pseudogley.

Les sols halomorphes salins acidifiés indifférenciés sont plus rarement inondés et la salinité est souvent concentrée en surface. Ils sont gris avec des taches caractéristiques rouges puis jaunes en profondeur et aussi avec des traces d'hydromorphie. La texture est très généralement moyenne, limon sur limon fin, elle peut être plus grossière dans les parties hautes, l'accroissement de la fraction finement sableuse remplaçant essentiellement la fraction argileuse, et plus fine dans les parties basses, argile en surface, argile limoneuse ou limon argileux puis limon fin en profondeur. La structure est en général massive avec une tendance polyédrique angulaire grossière. La teneur en matière organique est faible, le pH est légèrement acide, la salinité variable mais les sols sont souvent plus salins en surface.

La fertilité chimique est satisfaisante mais le dessalement reste un problème délicat pour ces sols à structure fragile. La végétation varie avec la salinité, en général c'est une savane à Acacia nilotica qui constitue un pâturage moyen en saison des pluies et en début de saison sèche; il est quelque peu meilleur dans les cuvettes.

Lfy2: Levées et deltas de rupture, sols halomorphes salins acidifiés, avec sols salins très acides

Ce système de levées et deltas de rupture s'étend vers l'aval du delta, à l'ouest du Lampsar et au nord du Djeuss. Comme pour l'unité précédente, les sols sont des sols halomorphes salins acidifiés indifférenciés (70%). La différence avec l'unité précédente réside dans le fait que les sols des petites cuvettes de décantation constituant l'élément mineur de l'association (environ 20%), sont aussi des sols halomorphes salins acidifiés très acides du côté du Lampsar, peu acides ailleurs.

Les caractéristiques générales de cette unité sont comparables à celles de l'unité précédente. La texture peut être en moyenne plus fine, la salinité plus élevée, le pH plus acide. La mise en valeur de ces sols comporte les mêmes difficultés. La qualité du pâturage est équivalente sur les levées mais dans les cuvettes le pâturage est plus inégalement réparti et il n'est utilisable qu'en saison sèche.

CUVETTES DE DECANTATION, Lg

Les cuvettes de décantation situées dans la zone du delta du fleuve Sénégal ont été groupées en cinq associations de sols. Différents éléments que l'échelle de la carte ne permet pas de représenter tels des levées, des terrasses ou des vasières peuvent figurer en tant qu'inclusions mineures au sein de ces unités.

Symboles: Lg1, Lg2, Lg3, Lg4, Lg5.

Description:

Lg1: Cuvettes de décantation, sols hydromorphes

Cette unité recouvre le système de cuvettes et de levées compris entre le lac de Guiers et le fleuve, directement en aval de Richard Toll et sur lequel sont installés les casiers de culture de Richard Toll. La morphologie du terrain a été profondément modifiée et ces sols connaissent une évolution particulière due au mode industriel de culture adopté. La végétation naturelle a pour ainsi dire disparu.

Ce sont principalement des sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble, avec de rares inclusions de sols à pseudogley sur les levées et deltas de rupture à texture grossière de la Tawé à l'est de l'unité. Sur quelques levées et terrasses subsistent des sols salins acidifiés non différenciés. Dans les cuvettes les sols ont normalement une texture argileuse, ils sont très foncés en surface, bariolés ou uniformément gleyifiés en profondeur. Le pH est variable mais en moyenne neutre à très légèrement acide. Ces sols ont une assez bonne fertilité mais leur mise en valeur nécessite de gros investissements.

Lg2: Cuvettes de décantation, sols hydromorphes, sols à gley salé

Ces cuvettes s'étendent depuis le fleuve entre Richard Toll et Ross Bethio. Elles comportent des sols à hydromorphie d'ensemble et des sols à gley salé, ainsi que des inclusions mineures de sols à pseudogley ou de sols salins acidifiés non différenciés sur des dépôts fluvio-marins.

La texture est normalement fine, les sols à gley salé étant généralement plus lourds. L'horizon de surface est très foncé, les horizons suivants sont bariolés et décolorés. La structure est le plus souvent lamellaire ou massive avec des fentes de retrait peu développées. Le pH reste légèrement acide à relativement neutre. La salinité est encore très faible dans le cas des sols à gley salé ce qui permet de les classer en sols non salins.

Quoique relativement fertiles, la mise en valeur de ces sols est difficile à réaliser et nécessite des investissements assez importants. Le riz est une spéculation à tenter.

La végétation naturelle, une pelouse à Oryza barthii, constitue un bon pâturage de saison sèche.

Lg3: Cuvettes de décantation, sols hydromorphes, sols halomorphes salins acidifiés peu acides

Ces cuvettes s'étendent au sud de Diaouar. Les sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble sont toujours dominants (environ 45%) mais des sols halomorphes salins acidifiés peu acides interviennent pour une fraction importante (jusqu'à 35%). Des sols salins acidifiés non différenciés sur dépôts fluvio-deltaïques constituent des inclusions mineures.

Les sols hydromorphes sont du même type que ceux de l'unité précédente quoique plus légers. Les sols salins acidifiés peu acides ont un pH supérieur ou égal à 5, ils sont peu salins, ont une texture fine (argile) en surface devenant moyenne (limon argileux) en profondeur, et sont le plus souvent peu structurés, à structure prismatique grossière en surface et massifs, fermes et collants en profondeur. Ils sont de couleur grise avec des taches vives jaunes ou rouges devenant généralement jaunes en profondeur. Les teneurs en matière organique et la fertilité chimique sont moyennes.

Ces sols peuvent être cultivés (sorgho, niébé, riz) à condition de contrôler la submersion et la salinité, ils peuvent porter de bons pâturages à Oryza barthii en saison sèche.

Lg4: Cuvettes de décantation, sols halomorphes salins acidifiés peu acides à très acides

Ces cuvettes occupent la partie nord-ouest du delta, à l'ouest de Diaouar le long et au nord du Gorom. Les sols sont très largement des sols halomorphes salins acidifiés peu acides (près de 60%) avec dans une moindre mesure (environ 30%) des sols halomorphes salins acidifiés très acides. Comme dans l'unité précédente les sols peu acides ont un pH supérieur ou égal à 5; ils sont argileux sur du limon argileux, à structure prismatique et extrêmement durs à l'état sec en surface, ils sont massifs et fermes en profondeur. Les sols très acides ont un pH inférieur à 5. Ils sont typiques de l'unité suivante, plus colorés, à texture plus variable, plus riches en matière organique avec parfois des horizons tourbeux.

Ces sols peuvent supporter un bon pâturage à Oryza barthii ou à Sporobolus spp. en saison sèche.

Lg5: Cuvettes de décantation, sols halomorphes salins acidifiés très acides

Cette unité correspond au Ndiaël. Elle est principalement composée de sols halomorphes salins acidifiés très acides sur cuvettes de décantation.

Ces sols ont un pH inférieur à 5 dans au moins une partie du profil qui est par ailleurs fort semblable à celui des sols peu acides. Des horizons de tourbe peuvent cependant être présents et des dégagements de sulfures sont possibles. Ces sols sont aussi franchement salins. Leur couleur est grise et reste sombre en profondeur, tachetée de rouge et de jaune de manière caractéristique. La texture est assez variable, de limon sableux à limon fin mais elle est aussi souvent argileuse. Des apports sableux fins d'origine éolienne sont décelables à la surface du sol. La structure est grossièrement polyédrique ou prismatique selon que la texture de l'horizon de surface est moyenne ou fine, elle est massive, plus ou moins plastique en profondeur. Les teneurs en matière organique sont plus élevées que pour les sols peu acides.

Ces sols posent des problèmes aigus de drainage et de dessalement, en saison sèche ils supportent une végétation en plages clairsemées à Sporobolus spp. qui constitue un bon pâturage.

DEPOT LAGUNAIRES, Lh

Ont été rassemblés sous cette dénomination les sols des formations alluviales des lacs de dépressions salées situées en arrière du cordon dunaire du littoral. Le choix de deux unités cartographiques a donc été fait dans le but de séparer les sols hydromorphes des sols halomorphes.

Symboles: Lh1, Lh2

Description:

Lh1: Dépôts lagunaires, sols hydromorphes

Cette unité forme une bande étroite en bordure de la zone saline du lac Tanma. La topographie est très plate, les sols y sont parfois fort semblables à ceux des niayes (E2d).

Ce sont des sols hydromorphes moyennement organiques à gley de profondeur. Ils sont donc mal drainés, l'horizon supérieur pouvant être relativement riche en matières organiques non décomposées. Le taux de matière organique y approche généralement 2% et peut largement dépasser les 3%. De couleur foncée en surface ils deviennent rapidement gris clair dans la zone de battement de la nappe. Les traces d'hydromorphie sont généralement visibles dès la surface et la nappe peut être présente à moins d'un mètre de profondeur. La texture varie du limon argilo-sableux au sable avec en surface une structure mal développée à tendance grumeleuse. La structure est le plus souvent de type particulière en profondeur sauf lorsqu'il reste suffisamment d'éléments fins dans le profil. Une tendance verticale se marque alors et ceci est particulièrement le cas des alluvions plus argileuses au niveau de la pointe sud du lac Tanma. Une large gamme de pH est possible, acide à très acide dans les sables, légèrement alcalin dans les amas coquillers.

La végétation est normalement un tapis herbacé dense qui peut servir de pâturage. Ces sols sont cependant relativement fertiles et peuvent supporter des cultures maraîchères de décrue ou sous irrigation. Une correction du pH est parfois souhaitable.

Lh2: Dépôts lagunaires, sols halomorphes

Cette unité borde les lacs de la Grande Côte. Le développement des sols halomorphes y est lié à la présence d'une nappe salée (Retba), à des apports d'eau de mer ou à des dépôts salins ou d'origine marine récente (Tanma).

Les sols représentés sont en majorité des sols à efflorescences salines blanchâtres (solontchaks). La surface du sol est composée d'un feutrage organique décoloré, mal décomposé et finement incrusté de sel. Le profil n'est que peu différencié, sableux, de couleur beige clair, panaché de gris et de rouille. Le pH est alcalin mais ne dépasse pas 8. La nappe salée est généralement très proche.

Ces sols supportent une végétation herbacée halophile typique et sont inutilisables à moins d'un investissement très considérable en matière d'irrigation et de drainage. Le résultat d'un tel investissement reste aléatoire et il est certain que ces sols sont extrêmement susceptibles à l'érosion éolienne lorsqu'ils sont mis en culture.

B. Formations sur Dépôts Alluviaux et Colluvions, A

Ces formations regroupent les fonds de vallées en général: vallons fonctionnels en saison des pluies et terrasses sur matériau colluvio-alluvial du Sénégal Oriental et de la Casamance; vallées mortes du Ferlo; grandes vallées sèches au cours anastomosé; vallées et systèmes alluviaux actuels (semi-)permanents .

Ces systèmes de vallées comprennent des associations et des complexes de sols qu'il est impossible de représenter à l'échelle de publication. Les formations ont donc été caractérisées sur base de critères physiographiques et pédologiques très larges, la description des unités restant elle aussi très générale.

TERRASSES COLLUVIO-ALLUVIALES, VALLONS FONCTIONNELS, Aa

Sont regroupés sous cette dénomination la plupart des vallons de la Casamance, du Ferlo sud et du Sénégal Oriental qui sont en général fonctionnels en saison des pluies mais ne connaissent pas de cours d'eau permanent. Quatre unités ont été reconnues sur base de différences pédologiques majeures fort générales, les sols hydromorphes étant regroupés selon le matériau parental plutôt colluvial ou gravillonnaire ou encore plutôt alluvial, et les sols ferrugineux tropicaux formant une unité séparée.

Symboles: Aa1, Aa2, Aa3, Aa4.

Description:

Aa1: Terrasses colluvio-alluviales, vallons fonctionnels, sols peu évolués d'apport et sols hydromorphes sur matériau colluvial

Cette unité comprend la majeure partie des vallées sur matériau essentiellement colluvial de la Casamance. L'unité inclut des éléments de terrasses en Basse Casamance.

Les têtes de vallons et les zones en bordure du lit mineur sont généralement occupées par les sols peu évolués d'apport avec parfois une tendance à la ferruginisation. Ces sols sont de couleur relativement uniforme grisâtre et ont un profil assez homogène, assez friable. Le pseudogley est diffus et peut apparaître à moyenne ou à très faible profondeur. La texture passe du sable au limon sableux avec du limon argilo-sableux en profondeur. Le pH est relativement neutre à légèrement acide, la teneur en matière organique est moyenne, la fertilité chimique moyenne à faible. Ces sols sont plutôt secs lorsque la nappe se retire et les cultures sont donc fortement dépendantes des périodes d'engorgement.

Le fond des vallons est occupé par des sols hydromorphes peu humifères à gley de profondeur ou de surface (Fig. 4.6) et les termitières y présentent souvent des formes typiques (Fig. 4.7). Ceux-ci ont des caractéristiques assez variables quant au type d'hydromorphie. La texture varie généralement entre le limon argilo-sableux, parfois le limon sableux, et le limon argileux en surface mais peut être très argileuse en profondeur, limon argileux ou argile. Ces sols restent friables sur une grande profondeur et bien que leur fertilité chimique soit moyenne à faible, leurs qualités physiques sont souvent très satisfaisantes et les rendent aptes à la culture pour peu que des amendements organiques et minéraux soient apportés pour confirmer la structure et pallier les déséquilibres minéraux.

Aa2: Terrasses colluvio-aluviales, vallons fonctionnels, sols peu évolués d'apport hydromorphes ou sols hydromorphes, sur matériau gravillonnaire

Cette unité reprend les axes de drainage des glacis d'amont du fleuve Gambie.

Le composant majeur est un sol peu évolué d'apport hydromorphe sur matériau gravillonnaire avec carapace à faible profondeur. Des sols franchement hydromorphes occupent les parties les plus basses. La texture varie du limon argilo-sableux gris beige clair assez gravillonnaire en surface au limon argileux franchement gravillonnaire jaune pâle légèrement bigarré en profondeur. La structure est massive, la terre fine est assez fortement à fortement cohésive. Les caractéristiques physiques sont en général peu favorables. La teneur en matière organique est moyenne, plutôt faible, la fertilité chimique moyenne à faible, le pH est légèrement acide à franchement acide.

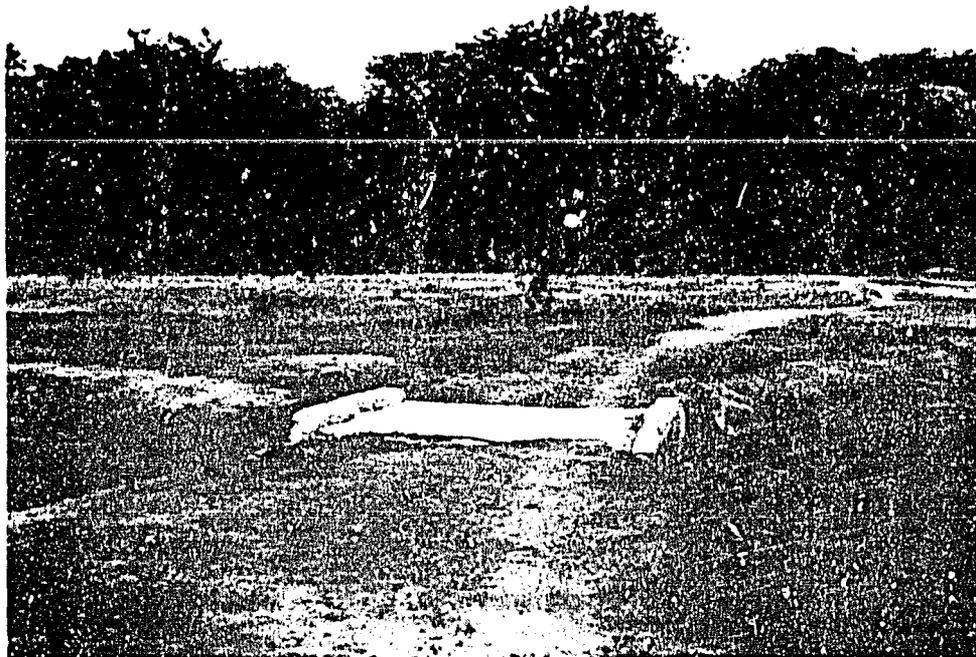


Fig. 4.6. Fond de vallon fonctionnel en Haute Casamance, unité Aa1.



Fig. 4.7. Termitière en forme de champignon sur sol hydromorphe, unité Aa1.

Les sols hydromorphes ont des aptitudes variées un peu plus favorables que celles de leurs homologues gravillonnaires des plateaux. L'arachide ou le sorgho peuvent être cultivés dans les zones les mieux drainées, le riz dans les dépressions. Des apports de matières organiques et de fertilisants minéraux sont cependant indispensables. La valeur des pâturages naturels est moyenne à bonne.

Aa3: Terrasses colluvio-alluviales, vallons fonctionnels, sols hydromorphes sur matériau alluvial

Cette unité comprend surtout les vallées sur matériau largement alluvial de la Casamance ou les petites vallées du Sénégal Oriental.

Les sols sont généralement des sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble sur matériau alluvial varié mais souvent argileux, limon argileux ou argile. Ces sols sont de couleur assez foncée en surface avec parfois une structure polyédrique fine assez bien développée dans les quelques premiers centimètres. Ils sont gris ou brun clair en profondeur avec des traînées et des taches diverses selon le degré d'hydromorphie. Les teneurs en matière organique sont moyennes mais la fertilité chimique est fort variable, les valeurs pour le potassium et le phosphore restant faibles, le pH relativement neutre à légèrement acide.

Ces sols sont principalement cultivables en rizières. Des apports organiques et minéraux restent nécessaires mais surtout la périodicité des crues et la durée de la submersion doivent être contrôlées pour assurer une meilleure alimentation en eau.

Aa4: Terrasses colluvio-alluviales, vallons fonctionnels, sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions et à taches

Cette unité recouvre les fonds de nombreuses vallées du Sénégal Oriental et du Ferlo. Le lit de ces vallées est occupé par des sols hydromorphes mais l'échelle ne permet pas de les représenter. Ils constituent de ce fait une inclusion mineure.

Le composant majeur est un sol ferrugineux tropical lessivé, à concrétions et à taches, développé sur matériau colluvio-alluvial. Ces sols sont le plus souvent profonds. La texture varie du sable limoneux ou limon sableux en surface au limon argilo-sableux ou à l'argile sableuse en profondeur. L'horizon superficiel est gris ou brun, humifère, peu structuré, le plus souvent massif et fortement cohésif avec des fentes de dessiccation verticales. La couleur devient ensuite plus pâle dans l'horizon suivant et passe à l'ocre et l'ocre clair dans les horizons inférieurs. La structure reste le plus souvent massive sauf parfois dans l'horizon inférieur où elle peut être polyédrique mais plutôt peu développée. Cet horizon peut aussi être gravillonnaire. Le drainage est normal ou modéré avec des traces de pseudogley généralement en profondeur. Vers le bas il y a aussi souvent un passage brutal à une carapace ou cuirasse. Ces sols ont en fait une mauvaise structure, une teneur en matière organique plutôt faible mais parfois moyenne, une fertilité chimique faible (teneur très peu élevée

en potasse, nettement carencée en phosphore), un pH relativement neutre à légèrement acide ou même franchement acide en profondeur.

Ces sols sont néanmoins cultivables à condition de leur apporter des amendements minéraux, pour pallier la carence en phosphore et la faible fertilité, et organiques, pour améliorer la structure et parce que la matière organique seule constitue la base de la capacité d'échange du sol pour les nutriments. Un bon ameublissement accompagnant l'apport de matières organiques peut favoriser la pénétration des eaux de pluie et diminuer ainsi le risque d'érosion tout en améliorant le pouvoir de rétention en eau du sol. La valeur des pâturages naturels est moyenne à bonne en saison sèche.

VALLEES MORTES, Ab

Sont regroupées sous cette dénomination les vallées du Ferlo oriental et du Sine Saloum qui ne fonctionnent que très rarement en tant que telles ou même plus du tout. Quatre unités sont définies sur base de leur qualité pédologique majeure: sols hydromorphes sur matériau gravillonnaire, sur matériau argileux, sur matériau sableux ou sur matériau très humifère.

Symboles: Ab1, Ab2, Ab3, Ab4.

Description:

Ab1: Vallées mortes, sols hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité comprend l'essentiel des vallées du nord Ferlo. Les sols sont le plus souvent hydromorphes sur matériau gravillonnaire à faible profondeur. La texture varie le plus souvent du limon argilo-sableux au limon argileux sur argile, les traces d'hydromorphie apparaissent à faible profondeur. Le gravillon a tendance à affleurer relativement souvent, ce qui semble indiquer un processus de dégradation toujours actif défavorable à la mise en culture, des processus d'ensablement actifs semblent se marquer dans d'autres sections de ces vallées et il a été jugé bon d'en assurer la représentation cartographique sous forme d'une phase symbolisée "s".

La végétation naturelle à Acacia seyal et Schoenefeldia gracilis offre des pâturages de bonne qualité en saison des pluies, moyenne en saison sèche.

Ab2: Vallées mortes, sols hydromorphes sur matériau argileux

Cette unité comprend surtout les zones dépressionnaires argileuses isolées par des seuils sableux dans les vallées du Ferlo. Des mares temporaires en occupent souvent le centre et les sols sont souvent très marqués par l'hydromorphie. Ils sont gris en surface, brun à beige clair en profondeur avec des taches d'hydromorphie apparaissant nettement à moyenne profondeur ainsi qu'un début de concrétionnement et quelques gravillons ferrugineux. La cohésion est rapidement très forte

mais la structure reste souvent assez bien développée, polyédrique. Ces dépressions étant caractérisées par un drainage endoréique et connaissant de grandes variations d'approvisionnement en eau dépendant pratiquement uniquement de la pluviosité, il semble difficile de pouvoir contrôler la fréquence de submersion à moindres frais en vue de spéculations agricoles. L'érosion en nappe y est très souvent active (Fig. 4.8). Un assèchement partiel dû à l'évolution du climat et à des processus d'ensablement actifs est observable et une phase d'ensablement "s" a été représentée sur la carte.

La végétation est très souvent remarquablement dense et le parcours à Acacia seyal et Andropogon pinguipes médiocre en saison sèche est bon en saison des pluies.

Ab3: Vallées mortes, sols hydromorphes sur matériau sableux

Cette unité rassemble les vallées ensablées du Sine Saloum. Les fonds sont occupés par les sols hydromorphes très humifères caractéristiques de l'unité Ab4 mais la majorité des sols sont des sols hydromorphes à pseudogley de surface. Ces sols sont de couleur assez foncée en surface. La texture est souvent assez riche en sables fins avec une teneur faible à moyenne en argile (sable ou sable limoneux). Les taches rouille d'hydromorphie apparaissent dès la surface, la teneur en matière organique et la fertilité chimique sont moyennes, le pH est relativement neutre.

Ces sols conviennent aux cultures maraîchères si des mesures conservatoires sont appliquées et si des amendements organiques et minéraux sont apportés.

Ab4: Vallées mortes, sols hydromorphes sur matériau très humifère

Cette unité comprend les vallées à l'est du plateau de Thiès. Ces sols sont des sols hydromorphes plutôt organiques parfois assez proches des sols de niayes. La majorité de ces sols présentent des caractéristiques d'hydromorphie d'ensemble. Ils sont le plus souvent sableux, de couleur très foncée sur quelques dizaines de centimètres puis blancs, bariolés de traces de rouille, en profondeur. Ils ne sont pratiquement pas structurés mais très friables. La teneur en matière organique est élevée et la fertilité chimique est moyenne.

Ces sols ont de bonnes aptitudes maraîchères, des mesures conservatoires et des amendements sont cependant indispensables.

VALLEES SECHES (anastomosées), Ac

Deux systèmes de vallées au cours anastomosé sont repris sous cette dénomination. Le premier reprend le cours inférieur du Ferlo et de quelques affluents, le second reprend le cours inférieur des vallées participant au delta du Saloum.

Symboles: Ac1, Ac2.

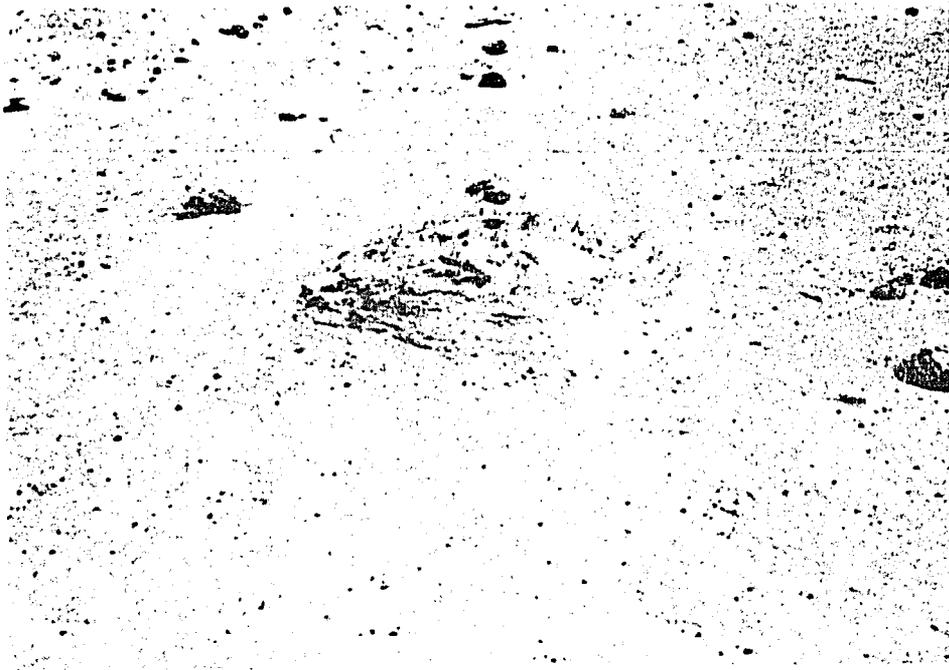


Fig. 4.8. Surface de glaçage et microrelief résiduel d'érosion en nappe, unité Ab2.

Description:

Ac1: Terrasses et bourrelets alluviaux (Ferlo), sols hydromorphes et sols ferrugineux tropicaux peu évolués

Cette unité comprend l'essentiel de la vallée du Ferlo ainsi que quelques uns de ses affluents majeurs présentant la même morphologie de vallée au cours anastomosé. L'association de sols peut être définie en trois composants.

Les parties basses correspondant au lit mineur sont encore plus ou moins régulièrement inondées et de plus en plus fréquemment vers l'aval et à proximité du lac de Guiers. Les sols sont du type hydromorphe à gley, de couleur gris verdâtre avec des taches de rouille à faible profondeur et avec d'éventuels phénomènes de salure en profondeur sous forme de pseudomycélium. La texture est assez homogène, à la limite entre le limon et le limon argileux avec des tendances au limon sableux en profondeur. La structure lamellaire dans les quelques premiers centimètres devient rapidement massive voire prismatique. Ces sols ont une teneur en matière organique moyenne plutôt élevée.

Les parties élevées correspondant à l'ancien lit majeur ou à des bras secondaires sont occupées par des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble, à texture variable, souvent un limon sableux à argilo-sableux très foncé en surface sur du sable gris pâle en profondeur. Les signes d'hydromorphie apparaissent dès la surface, la structure est lamellaire dans les quelques premiers centimètres, massive ensuite et extrêmement compacte. La teneur en matière organique est moyenne.

Les remblaiements éoliens en forme de dunes aplaties disposés comme des îles dans le sens du courant sont occupés par des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés. Ces sols peu différenciés se sont développés sur un matériau alluvial remanié éolien très hétérogène, jaunâtre, de texture souvent extrêmement sableuse (sable fin) et bien drainés.

Le pâturage est de qualité moyenne à bonne en général, il n'est utilisable qu'en saison sèche à l'approche du lac de Guiers.

Ac2: Terrasses et bourrelets alluviaux (Sine Saloum), sols peu évolués d'apport

Cette unité comprend les vallées partiellement comblées par des alluvions sableuses subissant un certain remaniement éolien dans le Sine Saloum.

Les sols sont du type peu évolué d'apport, très sableux, peu différenciés et peuvent présenter certains signes d'halomorphie généralement à proximité du lit mineur ou un début de ferruginisation dans les parties hautes.

L'intérêt de ces sols est relativement minime, ils sont extrêmement sensibles à l'érosion et fortement dégradés.

VALLEES (SEMI-) PERMANENTES, Ad

Ces vallées constituent l'essentiel du système alluvial présentement actif. Ce sont les grandes rivières (semi-) permanentes, les formations de la vallée du fleuve SÉNÉGAL pour laquelle trois unités ont été distinguées, regroupant les faisceaux de levées subactuelles, les levées et deltas de rupture et les cuvettes de décantation, et enfin le cours inférieur de certaines vallées dans la zone de contact avec le domaine fluvio-marin.

Symboles: Adx, Ady1, Ady2, Ady3, Adz

Description:

Adx: Complexe alluvial indifférencié, sols peu évolués d'apport, sols hydromorphes

La plupart des cours d'eau majeurs sont repris dans cette unité. Ce sont des vallées à méandres montrant des formations alluviales typiques mais complexes: terrasses, méandres recoupés, cuvettes de décantation, faisceaux de levées, etc... Ces formations se retrouvent en proportions variables dans chaque vallée et le long de chacune d'entre elles. Les sols sont typiques de chaque formation mais une large marge de variation peut être observée, la plupart sont cependant des sols peu évolués d'apport ou des sols hydromorphes.

La haute et moyenne Gambie, la Koulountou et la Kayanga montrent de nombreuses cuvettes de décantation et des anciens méandres en voie de colmatage. Des sols peu évolués à tendance brun eutrophe assez intéressants au point de vue agronomique longent la vallée de la Falémé vers l'aval. Les sols de la Sandougou sont en majorité des sols hydromorphes à pseudogley de surface et d'ensemble.

La texture est extrêmement variable mais beaucoup de ces sols peuvent offrir des caractéristiques chimiques plutôt favorables quoique très généralement déficients en phosphore et souvent en potassium. Le problème majeur posé par leur mise en valeur est le contrôle de la fréquence de submersion.

Ady1: Faisceaux de levées subactuelles, sols peu évolués d'apport hydromorphes, sols hydromorphes et vertiques

Les faisceaux de levées subactuelles forment un complexe de sols dont la nature est fortement corrélée à la microtopographie. Les sols peu évolués d'apport hydromorphes à texture moyenne occupent les hautes levées, les sols hydromorphes à pseudogley à texture moyenne à fine occupent surtout les parties basses des levées, et les sols vertiques à texture fine occupent les cuvettes de décantation. Au point de vue pédologique cette unité est aussi un complexe formé des sols des deux unités suivantes.

Ces sols sont d'assez bonne qualité et seule la microtopographie constitue un handicap. Le pâturage peut y être bon en saison sèche.

Ady2: Levées et deltas de rupture, sols peu évolués d'apport hydromorphes et sols hydromorphes

Le système de levées et deltas de rupture du fleuve Sénégal comporte principalement des sols à caractère hydromorphe. Ce sont des sols peu évolués d'apport hydromorphes sur les hautes levées, des sols hydromorphes à pseudogley sur les petites levées, et des sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble dans les parties basses où des sols peu évolués d'apport vertiques à texture fine peuvent aussi être rencontrés. De petites cuvettes de décantation à sols vertiques à texture fine figurent en tant qu'inclusions mineures, l'échelle ne permettant pas de les distinguer individuellement.

Les sols peu évolués d'apport hydromorphes et les sols hydromorphes à pseudogley ont en commun une texture moyenne, limon argilo-sableux, devenant moyenne à fine dans les parties basses mais les sols à pseudogley tendent à avoir une structure plus fine. Sur les points hauts, l'horizon superficiel peut être constitué de limon très sableux. Ces sols ont une structure souvent peu développée à tendance polyédrique subangulaire en surface, massive à tendance plutôt prismatique en profondeur, plus fréquemment massive pour les sols à pseudogley. Ils se différencient quelque peu par la couleur, le plus souvent brune, assez claire, plus claire en moyenne dans le cas des sols peu évolués, et par les taches d'hydromorphie qui apparaissent dès la surface dans le cas des sols à pseudogley. Les sols à pseudogley ont aussi un pH plutôt légèrement acide alors que les sols peu évolués hydromorphes ont un pH relativement plus proche de la neutralité en surface mais qui peut être très acide ou alcalin en profondeur sans que ceci constitue toutefois un problème pour la culture. Ces sols diffèrent aussi légèrement par leur salinité mais celle-ci reste sans danger, ces sols sont non salins à l'exception de quelques sols salins à horizon superficiel friable à proximité de Dagana ou salins acidifiés non différenciés à hauteur de Goléré qui n'ont pas été cartographiés.

Ces sols ont une assez bonne fertilité chimique et se prêtent à l'irrigation pour des spéculations variées. La végétation naturelle, une savane à Acacia seyal ou à Acacia nilotica, offre un pâturage de bonne qualité en saison sèche.

Ady3: Cuvettes de décantation, sols vertiques avec sols hydromorphes

Les cuvettes de décantation du fleuve Sénégal sont largement caractérisées par la présence de sols vertiques topomorphes non grumosoliques. Des petites levées à sols hydromorphes à pseudogley à taches et à concrétions ou à sols peu évolués d'apport vertiques peuvent figurer en inclusions. Les cuvettes sont relativement aisément identifiables sur l'imagerie mais l'échelle limite les possibilités de représentation et seules les plus grandes ont été délimitées ainsi que les zones à forte concentration de petites cuvettes.

Les sols vertiques sont généralement de couleur foncée et de texture fine. Ils ne présentent cependant pas toujours le microrelief

(gilgai) ou les crevasses et faces de pression caractéristiques des vertisols mais étant formés dans des cuvettes ils sont pour ainsi dire toujours hydromorphes. Le profil a un aspect uniforme, le plus souvent brun à petites taches peu abondantes, la texture est argileuse avec très souvent plus de 50% d'argile. La structure grossièrement polyédrique angulaire sur les quelques premiers centimètres est ensuite prismatique jusqu'à environ 20 à 50 cm, puis généralement massive en profondeur. Le pH est légèrement acide à relativement neutre, les teneurs en matière organique sont faibles, la fertilité chimique plutôt élevée. Il n'y a aucun problème de salinité si ce n'est que de rares cas de sols salins acidifiés non différenciés sont cependant à signaler en inclusions sur de petites levées aux environs de Dagana.

La culture de décrue est possible (sorgho, niébé) mais à cause de la très faible perméabilité de ces sols, le riz semble être la spéculation la mieux adaptée. Le pâturage naturel est exploitable en saison sèche.

Adz: Contact alluvial-fluvio-marin, sols hydromorphes à gley salé

Cette unité couvre le cours inférieur des vallées où l'intrusion des eaux marines avec la marée ou la présence de sédiments salés provenant d'anciennes transgressions, confèrent aux sols un caractère halomorphe.

Ces sols présentent parfois des efflorescences salines localisées, ils sont peu humifères, très humides pendant la majeure partie de l'année. Décolorés et à structure polyédrique plus ou moins grumeleuse peu développée en surface, ils ont souvent un horizon foncé à très faible profondeur et la structure devient grossièrement prismatique, la cohésion assez forte. Ils présentent alors des taches rouge ou jaune vif en général. La texture est souvent argileuse mais des niveaux sableux peuvent être rencontrés en profondeur avec des fragments de cuirasse en décomposition.

Ces sols peuvent être cultivés en riz inondable si le problème de la salure est résolu et la fréquence de la submersion maîtrisée.

C. Formations Eoliennes, E

Ce sont des formations sableuses correspondant à certaines périodes du Quaternaire caractérisées par un climat aride favorisant le développement d'ergs.

Les formations situées généralement à l'est de la vallée du Ferlo sont d'âge ancien remontant à au moins 35 000 ans. Les formations s'étendant principalement entre la Grande Côte, le Sine Saloum et la vallée du Ferlo appartiennent à une époque plus récente, elles auraient entre 15 000 et 20 000 ans d'âge. Ces deux entités ont été identifiées et désignées respectivement par les termes ergs anciens et ergs récents mais cette séparation n'est pas absolue.

ERGS ANCIENS, E1

Les dunes des ergs anciens sont longitudinales et leurs formes sont très émoussées. Les cordons dunaires sont souvent longs de plus de 10 km, larges d'environ 800 m. Ils constituent un relief très largement ondulé qui se traduit dans la forme et la direction d'allongement de certaines unités cartographiques selon un azimut variant approximativement de 65° à 70° de l'ouest au centre du Ferlo. Cette topographie à deux niveaux de pénéplanation offre de faibles variations d'élévation. Les formations dunaires ont été rassemblées sous la dénomination surfaces pénéplanées et sables de couverture. Une zone de comblement correspondant à un ancien cours supposé du Gorgol, des vallées fossiles et des vallées d'érosion ainsi qu'un bas glacis sableux constituent les autres formations cartographiées au sein des ergs anciens.

SURFACES PENEPLANEES ET SABLES DE COUVERTURE, Ela

Deux pénéplaines s'interpénètrent au centre du Ferlo nord. La pénéplaine basse s'étend au nord et à l'est vers le fleuve Sénégal et la pénéplaine haute s'étend au sud et à l'ouest vers la vallée du Ferlo. D'autres unités se greffent autour de ces deux unités de base mais leur physiographie ne se marque pas aussi clairement sur l'imagerie. La troisième unité s'étend en plages oblongues immédiatement au nord de la vallée du Ferlo, elle comprend deux niveaux pénéplanés mais ceux-ci sont indifférenciables sur l'imagerie. Les trois unités suivantes bordent le lac de Guiers à l'est, du nord au sud. Le modelé de l'erg y devient indistinct, les sables de couverture ayant été plus ou moins remaniés et le relief arasé. Les différences physiologiques correspondent cependant à des variations dans la végétation et les types d'associations de sols.

Symboles: Elal, Ela2, Ela3, Ela4, Ela5, Ela6

Description:

Elal: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, sur matériau sableux

Cette unité correspond dans une large mesure à la pénéplaine haute. Elle offre un relief largement ondulé.

Les sols sont du type ferrugineux tropical peu lessivé. Ils ne présentent donc pas d'horizon d'accumulation mais tout au plus un horizon un peu plus cohésif. Ils sont de couleur grise en surface, plutôt jaune en profondeur, de texture sableuse, le sable devenant limoneux en bas de pente. La structure est généralement massive, assez ferme, la teneur en matière organique est faible et le pH est légèrement acide dans les parties hautes mais relativement neutre ailleurs.

La végétation est une steppe arbustive claire rarement arborée à Sclerocarya birrea et Balanites aegyptiaca, elle offre un pâturage généralement moyen en saison sèche et souvent très bon en saison des pluies. Ces sols sont extrêmement sensibles à l'érosion éolienne, des

rides de vent sont très fréquemment observables en surface. La conservation de ces sols par ailleurs assez peu fertiles est prioritaire.

Ela2: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols brun rouge subarides dégradés et sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, sur sables limoneux

Cette unité correspond plutôt à la pénéplaine basse, sa morphologie est pratiquement plane et caractérisée par la présence de nombreuses petites mares irrégulières qui s'assèchent rapidement après l'hivernage. Cette unité a une composition pédologique moins uniforme. Dans le Ferlo central elle s'imbrique dans l'unité précédente sous forme de très grandes dépressions interdunaires allongées de dimensions analogues à celles des dunes. Les sols y sont quelque peu enrichis en éléments fins et le substrat, sous la forme de son horizon gravillonnaire, peut y apparaître localement en surface ou à plus ou moins grande profondeur. Les sols passent ainsi du type ferrugineux tropical peu lessivé au type brun rouge subaride. Dans la partie plus au nord-ouest, l'horizon gravillonnaire est souvent plus proche, les sables de couverture devenant plus épais à mesure qu'on se rapproche du fleuve vers l'est (Fig. 4.9). Les sols y sont du type brun rouge subaride, plus ou moins dégradés et tronqués. Vers l'ouest le modelé est fortement aplani, les sols sont plutôt du type ferrugineux tropical peu lessivé.

Tous ces sols sont communément gris ou gris brun en surface et plutôt rouges en profondeur. Leur texture reste celle d'un sable limoneux, la structure est le plus souvent massive, parfois lamellaire en surface. La teneur en matière organique est faible, le pH est légèrement acide à neutre.

La végétation est de type steppique arbustive à Balanites aegyptiaca et Schoenefeldia gracilis, plus ou moins arborée dans le sud, avec de larges plages dénudées de sol battant. Cette région a de fait été extrêmement dégradée par la culture et le pâturage, les sols y sont extrêmement sensibles à l'érosion éolienne. Les parcours y sont à peu près satisfaisants en saison sèche et généralement moyens à relativement bons dans l'ouest en saison des pluies.

Ela3: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et sols brun rouge subarides

Cette unité combine des éléments des pénéplaines haute et basse, des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols brun rouge subarides compactés. Leurs caractéristiques ont déjà été décrites pour les deux unités précédentes, ce sont des sables ou des sables limoneux, massifs, chimiquement peu fertiles, pauvres en matière organique, à pH relativement neutre mais acide en profondeur.

La végétation est une steppe arbustive sur les parties hautes et une steppe arborée dans les parties basses. Le pâturage est de qualité moyenne en saison sèche, assez souvent très bonne en saison des pluies.



Fig. 4.9. Un pare-feux dans le Ferlo sableux, unité E1a2.

Les mêmes limitations citées précédemment sont d'application pour l'agriculture.

Ela4: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et sols bruns intergrades

Cette unité couvre des zones remaniées ou arasées à l'est du lac de Guiers et forme vers le nord un plateau très légèrement ondulé. Les sols sont du type ferrugineux tropical peu lessivé dans la majeure partie de l'unité (jusqu'à 60%), avec des sols bruns intergrades divers dans le nord de l'unité (environ 20% ou plus).

Ces sols sont généralement un peu mieux structurés en surface, massifs en profondeur; ils ont une plus forte teneur en argile, le sable limoneux devenant un limon sableux voire même un limon argilo-sableux en profondeur. Le matériau est plus finement sableux dans le nord de l'unité. La couleur varie de même du gris brun au jaune rouge.

Ces sols sont cultivables avec une jachère suffisamment longue; la végétation est une steppe arbustive parfois arborée à Balanites aegyptiaca et à Schoenefeldia gracilis, la valeur de ce pâturage est très moyenne en saison sèche, plutôt bonne en saison des pluies.

Ela5: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols brun rouge subarides peu évolués dégradés

Cette unité s'étend au nord de l'unité précédente et le recouvrement sableux y est plus important.

Les sols sont des sols brun rouge subarides peu évolués dégradés. Ils ont donc des caractéristiques assez peu favorables et leur fertilité est relativement faible. La structure lamellaire en surface devient assez rapidement massive, la texture passant du sable limoneux au limon sableux.

La végétation est ici une steppe arbustive dégradée par la culture et le surpâturage, les parcours sont de qualité peu satisfaisante en saison sèche, moyenne en saison des pluies.

Ela6: Surfaces pénéplanées et sables de couverture, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et sols intergrades sur matériau gravillonnaire

Située à l'est du lac de Guiers, dans la boucle de la vallée du Ferlo, cette unité a aussi une topographie relativement plane. Les abords immédiats du Ferlo sont caractérisés par l'apparition de la cuirasse sous forme de blocs à la surface du sol et d'un horizon gravillonnaire dans les sols intergrades (environ 20%).

Ailleurs, les sols sont des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés (jusqu'à 70%), sableux à croûte et à structure moyennement développée dans l'horizon supérieur, massive en profondeur. Ils sont de couleur jaune rouge.

Ces sols supportent un pâturage moyen en saison sèche et très bon en saison des pluies.

COMBLEMENT SABLEUX, Elb

Une zone de comblement correspondant à un ancien cours supposé du Gorgol s'étend des environs de Dek Do à Boké Namadi et Lour Ouolof. Sa morphologie est analogue à celle des pénéplaines.

Symbole: Elb

Description:

Elb: Comblement sableux, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et à tendance hydromorphe

Des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés constituent la majeure partie de l'unité. Ils montrent une tendance à l'hydromorphie dans les parties basses du nord de l'unité, à partir de Gonkol.

Ces sols sont sableux passant au sable limoneux en profondeur, à structure massive, fermes, plutôt jaunes, très pauvres en matière organique, extrêmement sensibles à l'érosion éolienne. Le pH est relativement neutre à légèrement acide.

La végétation est une steppe arbustive claire qui peut constituer un pâturage moyen en saison sèche et bon à très bon en saison des pluies.

VALLEES, Elc

Deux types de vallées ont été cartographiés, vallées fossiles se traduisant sur le terrain par une topographie légèrement déprimée, et vallées d'érosion de bord de plateau.

Symboles: Elc1, Elc2

Description:

Elc1: Vallée fossile, sols brun rouge subarides intergrades ferrugineux

Un seul système fossile a été représenté dans le triangle formé par Dagana, Fanaye Diéri et Tatkí. Un deuxième système a été décelé aux alentours de Sangamé mais se trouvant dans la zone de recouvrement entre deux scènes Landsat, ses limites ne pouvaient être que partiellement précisées à cause de l'incompatibilité des dates d'enregistrement disponibles; il n'a donc pas été cartographié.

Les sols sont des sables sur sables limoneux, brun rouge subarides intergrades analogues à ceux décrits précédemment pour l'unité Ela5 ou le nord de l'unité Ela2.

Elc2: Vallées d'érosion, régosols sur matériau gravillonnaire

Ces vallées sont des zones à érosion intense sur pentes de plateaux le long d'un axe de drainage. L'une est représentée au niveau de Boké Namadi, l'autre au niveau de Ouarkokh.

Les sols sont des sols peu évolués d'érosion et d'apport sur matériau gravillonnaire apparaissant fréquemment en surface, des pierres et des blocs de démantèlement de cuirasse jonchent le sol. Ce sont des sables sur sables limoneux, la structure est lamellaire en surface avec formation de croûtes sur de larges plages.

Les qualités physiques de ces sols et leur grande sensibilité à l'érosion sont des limitations majeures. La valeur des parcours peut être bonne localement en saison des pluies, ils sont cependant médiocres à nuls en saison sèche et les effets du piétinement y sont néfastes.

BASSES TERRES, Eld

Ont été réunies sous cette dénomination, les parties basses du glacis sableux gravillonnaire défini par P. Michel, 1973, soit les portions de ce glacis soumises à l'influence directe du delta du fleuve et du lac de Guiers. Trois unités cartographiques ont ainsi été représentées. La première correspond au glacis d'érosion proprement dit avec des chenaux d'écoulement vers le lac et le delta. La seconde correspond à la partie la plus proche du delta combinant glacis et dépôts fluvio-deltaïques ou cuvettes. La troisième couvre les parties inondables du pourtour du lac de Guiers.

Symboles: Eldx1, Eldx2, Eldy

Description:

Eldx1: Basses terres, sols peu évolués d'apport hydromorphes

Cette unité couvre le bas du glacis sableux gravillonnaire et s'étend entre le lac et le delta au nord de Yamane. Elle est relativement plane, la couverture sableuse est nettement plus importante dans le sud alors que les surfaces à affleurements gravillonnaires sont nettement plus nombreuses dans le nord où elles alternent avec des plages de sol battant. Elle comporte des inclusions mineures de sols hydromorphes ou halomorphes. Elle montre un microrelief de petites buttes sableuses.

Les sols sont de texture variable mais généralement grossière, de structure massive, friables, de couleur variable mais généralement claire, assez pauvres en matière organique. Le pH reste voisin de la neutralité. Le niveau gravillonnaire n'est jamais très profond, le drainage est pauvre.

Ces sols supportent un pâturage moyen en saison des pluies devenant médiocre à nul en saison sèche. Ils sont très sensibles à l'érosion.

Eldx2: Basses terres, sols peu évolués d'apport hydromorphes, sols hydromorphes et halomorphes

L'unité combine le bas glacis sableux incuvable à sols peu évolués hydromorphes avec des sols halomorphes salins acidifiés non différenciés sur dépôts fluvio-deltaïques et des sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble de cuvettes de décantation.

Les sols peu évolués hydromorphes correspondent à ceux de l'unité précédente. Les sols halomorphes ont une texture moyenne, une structure massive qui tend à se briser en unités polyédriques subangulaires. Ils sont pauvrement drainés, leur teneur en matière organique est faible. Le pH est légèrement acide. Les sols hydromorphes sont semblables à ceux de l'unité suivante.

Dans l'ensemble, ces sols sont peu propices à l'agriculture. Les sols salins pourraient éventuellement être améliorés. Les pâturages sont en général uniquement exploitables en saison sèche.

Eldy: Basses terres, sols hydromorphes

Les parties basses inondables entourant le lac de Guiers constituent la majeure partie de cette unité.

Les sols sont des sols hydromorphes à gley de surface et d'ensemble. Ils sont très pauvrement drainés. Leur couleur est extrêmement variable, généralement très sombre en surface tendant à s'éclaircir en profondeur. La texture est généralement fine ou très fine. La structure est généralement lamellaire en surface, massive en profondeur. Le pH est très légèrement acide. Les teneurs en matière organique sont moyennes.

La végétation arbustive est caractérisée notamment par la présence d'Acacia nilotica. Le pâturage est moyen en saison des pluies, médiocre à nul en saison sèche sauf dans les parties les plus basses longtemps inondées et utilisables uniquement en saison sèche où il est plutôt bon.

LES ERGS RECENTS, E2

Les dunes des ergs récents ont d'abord été divisées régionalement en trois zones.

Les dunes de l'intérieur s'étendent à l'est du plateau de Thiès depuis la vallée du Saloum au sud jusqu'à la vallée du Ferlo au nord, au niveau de Linguère et de Barkédji.

Les dunes de la région du fleuve s'étendent le long du fleuve Sénégal, de Thiélé Boubacar presque jusqu'à Horé Fondé avec quelques incursions dans le nord Ferlo.

Les dunes de la côte forment depuis le Cap Vert une bande d'environ 15 km de large s'étendant à l'ouest de la route allant de Thiès à Louga où elle s'élargit pour rejoindre la vallée du Ferlo

qu'elle borde d'une série de plages contournées au sein de la zone des dunes de l'intérieur. Certaines parties de l'unité se trouvent plus ou moins englobées dans le delta du fleuve Sénégal.

Les niayes et les interdunes ont été considérées comme étant des formations séparées.

A l'intérieur de ces zones, les dunes ont été caractérisées d'abord par leur modelé et ensuite par les types de sols présents, ce qui donne un total de douze unités.

DUNES DE L'INTERIEUR, E2a

Ces dunes ont en général un modelé assez doux. Deux unités à modelé ondulé ont été cartographiées, l'une correspondant aux parties élevées, l'autre correspondant aux dépressions. Trois unités à modelé atténué ont été différenciées sur la base de leur physionomie sur l'imagerie en un modelé peu différencié, un modelé avec alignement de mares et un modelé avec mares non alignées.

Symboles: E2ax1, E2ax2, E2ay1, E2ay2, E2ay3

Description:

E2ax1: Dunes de l'intérieur à modelé ondulé, crêtes, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés, bien drainés et sols brun rouge subarides intergrades ferrugineux tropicaux

Cette unité a une élévation moyenne d'environ 40 m, elle a une topographie ondulée. Elle se présente sous forme de plages allongées aux alentours de Louga.

Les sols sont des "diors" (sols ferrugineux tropicaux) très sableux, assez fins, faiblement cohésifs, de couleur variable. Le pH devient légèrement acide en profondeur, la teneur en matière organique est faible. Ces sols sont accompagnés de sols brun rouge subarides intergrades ferrugineux de caractéristiques intermédiaires. Ceux-ci diffèrent des diors principalement par leur couleur brune, un taux de matière organique un peu plus élevé dans l'horizon de surface, une meilleure fertilité.

Ces sols sont relativement peu fertiles, très sensibles à l'érosion éolienne et fortement appauvris par la culture.

E2ax2: Dunes de l'intérieur à modelé ondulé, dépressions, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés moins bien drainés

Cette unité couvre les parties généralement déprimées entre les crêtes de l'unité précédente. La topographie est quasi plane.

Les sols sont finement sableux avec parfois un niveau sablo-limoneux à moyenne profondeur. Leur teneur en argile peut être sensiblement supérieure à celle des sols de l'unité précédente, principalement dans les horizons de surface. Ils sont plus compacts, de couleur brune et montrent une structure à tendance polyédrique grossière avec cimentation en profondeur. Le pH est légèrement acide.

Ces sols sont peu fertiles mais meilleurs que les sols de l'unité précédente. Ceux sont d'assez bons sols forestiers.

E2ay1: Dunes de l'intérieur, modelé atténué peu différencié, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés, plus ou moins bien drainés

Cette unité est assez mal définie. Sa topographie est en général pratiquement plane ou très légèrement ondulée. Elle s'étend depuis le delta du fleuve Sénégal jusqu'au niveau de Fâs et Keur Momar Sarr et depuis la vallée du Ferlo jusqu'au niveau de Touba Mérina et Afé. Les sols bien drainés occupent les parties hautes (environ 50%) et les sols les moins bien drainés occupent les parties basses (45% environ). Les inclusions sont principalement des sols brun rouge subarides intergrades.

Ces sols ont pour caractéristiques communes (voir E2ax1 et E2ax2) une texture sableuse, une faible teneur en matière organique, un pH légèrement acide, une forte sensibilité à l'érosion éolienne.

Ils sont donc assez peu fertiles, ils supportent des pâturages moyens en saison sèche, bons en saison des pluies.

E2ay2: Dunes de l'intérieur, modelé atténué avec alignements de mares, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés

Cette unité de topographie relativement plane ou faiblement ondulée s'étend au sud de l'unité précédente jusqu'à la vallée du Saloum en une série de plages discontinues englobées dans l'unité E2ay3 décrite ci-après et dont elle se distingue par l'alignement caractéristique des mares. Sa limite nord fort irrégulière passe au niveau de Touba Mérina, Afé et Khogué Tobene.

Ce sont des sols sableux, extrêmement sensibles à l'érosion et fortement appauvris. Le pH est relativement neutre en surface, acide en profondeur, le taux de matière organique est extrêmement faible. La couleur varie assez considérablement.

E2ay3: Dunes de l'intérieur, modelé atténué avec mares non alignées, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés

La topographie est plane à légèrement ondulée. Cette unité couvre une grande partie de la région du Baol. Elle correspond aux sols ferrugineux tropicaux communément appelés "diors". Elle s'étend à l'est du plateau de Thiès, depuis la vallée du Saloum au sud jusqu'au niveau de Darou Mousti et de Déali au nord.

Ce sont des sols sableux dans la majeure partie du profil, le sable devenant limoneux à relativement grande profondeur. Ils sont de couleur variable, gris, beige ou rouge, peu structurés, faiblement humifères, de pH légèrement acide. Ils ne présentent ni taches ni concrétions.

La végétation arborée à base de Faidherbia albida est très clairsemée et le tapis herbacé couvre mal le sol qui est souvent très dégradé par la culture et extrêmement sensible à l'érosion éolienne. Ces sols sont donc cultivables (arachide) mais ils exigent de sérieuses mesures de protection.

DUNES DE LA REGION DU FLEUVE, E2b

Ces dunes sont formées dans la zone du fleuve Sénégal par des envahissements très récents de sables mauritaniens. Une seule unité a été cartographiée.

Symbole: E2b

Description:

E2b: Dunes de la région du fleuve, sables vifs, sols peu évolués ferrugineux tropicaux sur matériau sableux éolien

Ces dunes ne sont que partiellement fixées, elles ont des pentes modérées à fortes.

Les sols sont peu différenciés, sableux fins de couleur orangée, de structure massive mais très peu cohésifs et extrêmement sensibles à l'érosion éolienne, pauvres en matière organique, légèrement acides.

La végétation est de type steppe arbustive dégradée, mais elle n'offre qu'un parcours de valeur médiocre à nulle en saison sèche.

DUNES DE LA COTE, E2c

Les dunes de la région côtière sont des dunes rouges relativement fixées. Trois unités ont été cartographiées d'après l'intensité du vallonnement et le type de sols présents. Ces unités peuvent être parcourues de niaves dans les zones les plus proches de la côte ou du delta.

Symboles: E2cx1, E2cx2, E2cy

Description:

E2cx1: Dunes de la côte, très fortement marquées, sols brun rouge subarides intergrades ferrugineux

Cette unité s'étend dans le nord depuis Maka Touré jusqu'au delta du fleuve Sénégal puis en plages discontinues le long de la vallée du

Ferlo, grossièrement perpendiculaires à l'axe de la vallée. Le relief y est vallonné. Elle est parcourue de niayas dans les parties adjacentes au delta.

Les sols sont du type brun rouge subaride en position sommitale, du type intergrade ferrugineux sur les pentes et du type ferrugineux tropical hydromorphe dans les dépressions et vallées interdunaires. Sur le terrain, la couleur reflète quelque peu ces différents types de sols: les dunes sont de couleur plutôt orange alors que les interdunes sont gris pâle.

Ces sols ont pour caractéristiques communes une texture sableuse, la teneur en argile augmentant quelque peu avec la profondeur principalement pour les sols des dépressions; un pH légèrement acide mais relativement proche de la neutralité en surface; une très faible teneur en matière organique, les sols devenant relativement plus riches en descendant la catena mais uniquement dans leurs horizons superficiels; une fertilité chimique très faible et un faible développement de structure.

Ces sols sont très sensibles à l'érosion éolienne, les dépressions interdunaires sont cultivables mais des apports de matières fertilisantes et l'application de mesures conservatoires sont indispensables. Ils supportent un pâturage généralement médiocre en saison sèche, moyen en saison des pluies.

E2cx2: Dunes de la côte très fortement marquées, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés

Cette unité s'étend depuis Mboro jusqu'à Rao, à l'arrière des dunes littorales sur une largeur variable du sud au nord de 2 km à 8 km et pouvant exceptionnellement dépasser 12 km. Ce sont les dunes rouges montrant un relief parmi les plus accidentés. Elles sont relativement fixées mais une tendance assez nette à la reprise par les vents est décelable.

Les sols sont des diors rouges (sols ferrugineux tropicaux). Ils sont finement sableux, peu structurés, pauvres en matière organique et en nutriments. Le pH est relativement neutre en surface, légèrement acide en profondeur.

Ces sols sont assez peu fertiles et fort dégradés par la culture, ils sont en outre extrêmement sensibles à l'érosion.

Cette unité contient par contre une assez forte proportion de niayas dont les sols sont nettement plus intéressants et qui sont pratiquement les seuls qui devraient être cultivés.

E2cy: Dunes de la côte moins fortement marquées, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés

Ce sont les anciennes dunes stabilisées constituant l'essentiel des sols sableux de la presqu'île du Cap Vert depuis Dakar le long de la

Grande Côte et remontant jusqu'aux environs de Pal Mbaouar. La topographie générale est vallonnée.

Elles sont formées de sables siliceux plutôt fins de couleur orangée, très peu structurés avec une tendance prononcée au tassement. La teneur en matière organique est faible, le pH légèrement acide.

La végétation est sporadiquement pâturée et la culture de l'arachide a fortement dégradé les sites. Les sols sont extrêmement sensibles à l'érosion éolienne, leur culture nécessite une importante fumure organique et des périodes de jachère prolongées. Il semble préférable d'opter pour des spéculations arbustives ou arborées.

VALLEES INTERDUNAIRES ET NIAYES, E2d

Ce sont ici les dépressions interdunaires inondables pendant au moins une courte période en hivernage et demeurant humides en surface pendant pratiquement toute l'année. Certaines sont traversées par des vallées mortes généralement bloquées au nord par les cordons de dunes littorales.

Symbole: E2d

Description:

E2d: Vallées interdunaires, niayes, sols hydromorphes

Cette unité s'étend en une série de petites plages discontinues à l'arrière du cordon dunaire littoral de la Grande Côte, de Yoff à Lompoul. La grande plage représentée à Sangalkam est en fait une zone dunaire du type de l'unité E2cy à très forte concentration de niayes (près de 40%). La topographie est ondulée.

Les sols y sont sableux et caractérisés par une accumulation de matière organique qui leur confère une couleur foncée sur parfois plus d'un mètre. La structure est peu développée, les traces d'hydromorphie apparaissent pratiquement dès la surface, la nappe et le gley pouvant déjà être présents à moins d'un mètre de profondeur. Le pH relativement neutralisé en surface par les façons culturales peut devenir très acide en profondeur.

Ces sols sont particulièrement favorables aux cultures maraîchères de décrue en fin d'hivernage et sous irrigation en saison sèche, mais leur culture intensive nécessite des apports de fertilisants. L'exploitation des palmiers devrait y être plus soigneusement contrôlée pour éviter leur régression. Si les jardins sont bien protégés, le risque d'érosion restera modéré bien que ces sols sableux soient très sensibles à l'érosion éolienne.

INTERDUNES INONDABLES, E2e

Les dépressions interdunaires proches du delta sont influencées par sa présence. L'évacuation des eaux y est plus lente et une pénétration

d'eau salée est possible. Deux types d'interdunes ont donc été cartographiés selon que les sols y sont halomorphes ou non.

Symboles: E2e1, E2e2.

Description:

E2e1: Interdunes inondables, sols brun rouge subarides et sols peu évolués hydromorphes

Ces interdunes ne présentent que quelques cuvettes de décantation correspondant à des inclusions mineures de sols hydromorphes à gley et rarement à des sols halomorphes.

Les sols prédominants sont de même type que ceux des dunes voisines: sols brun rouge subarides (unité E2cxl). Leur teneur en matière organique est faible, leur couleur est brun plutôt pâle mais avec des taches d'hydromorphie en profondeur. La texture est sableuse et le pH est relativement neutre sur toute la profondeur du profil. La structure est particulière.

Ces sols supportent une savane arborée claire pâturable, la valeur de ces pâturages est en général moyenne en saison sèche, bonne en saison des pluies.

E2e2: Interdunes inondables, sols halomorphes salins acidifiés, avec sols peu évolués hydromorphes

Ce sont les interdunes les plus exposées à l'envahissement par les eaux salées. Elles comportent des cuvettes de décantation bordées de terrasses marines. Quelques sols peu évolués hydromorphes occupent généralement les terrasses ou remblais à texture grossière (moins de 25%).

Les sols dominants (environ 65%) sont des sols halomorphes variés: salins plus ou moins acidifiés dans les cuvettes, à horizon superficiel friable ou à croûte en surface sur les terrasses marines. Leurs caractéristiques sont assez variables. Leur texture est le plus souvent fine en surface, elle peut devenir tourbeuse en profondeur dans le cas des sols très acides de cuvettes, ou moyenne à grossière dans le cas des sols moins acides.

Leur salinité constitue une limitation majeure, certains de ces sols halomorphes pourraient cependant être mis sous culture (rizières) mais au prix d'investissements souvent importants (endiguement, irrigation) et avec des résultats assez peu sûrs.

D. Formations Volcaniques Récentes, V

Les seules formations pédologiques correspondant à des manifestations de volcanisme de la période quaternaire, qui ont été représentées sur la carte se trouvent sur la presqu'île du Cap Vert. La seule unité cartographique ainsi identifiée recouvre les sols développés sur les

produits d'altération de ces épanchements basaltiques. Elle s'étend le long de la Corniche depuis les environs de Fann jusqu'à la Pointe des Almadies.

D'autres pointements éruptifs peuvent être identifiés sur l'imagerie mais ils n'ont pas été cartographiés en raison de leurs dimensions réduites. Leur influence sur la pédogénèse peut par ailleurs être tenue pour négligeable.

Symbole: V

Description:

V: Epanchements basaltiques du Cap Vert, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur matériau complexe

Exception faite pour les Mamelles et les formes d'érosion affectant la Corniche, la topographie de l'unité est relativement plane. Le sol peut cependant être plus ou moins profond selon que le profil est soit tronqué, une érosion hydrique intense décapant les couches superficielles, soit enfoui par colluvionnement. Le gradient textural observé n'est cependant pas le fait d'un lessivage des éléments fins mais l'horizon superficiel est de fait très souvent enrichi en matériau sableux d'apport éolien. La texture est donc sablo-limoneuse à limono-sableuse en surface, les horizons profonds étant constitués de limon argilo-sableux ou d'argile sableuse au niveau de la zone d'altération. La charge graveleuse est variable, elle est constituée de concrétions ferrugineuses assez généralement réparties dans le profil et de nodules calcaires de forme et de dimensions variables apparaissant à divers niveaux marquant l'hétérogénéité du matériau parental. La structure est généralement peu développée, la couleur variable, les horizons profonds étant panachés.

Bien que la fertilité chimique de ces sols soit très satisfaisante la vocation urbaine de la zone concernée constitue une limitation sociologique à leur usage agricole. Les limitations naturelles sont le faible taux de matière organique et le risque de compaction surtout lorsque les horizons profonds sont découverts par l'érosion.

La végétation naturelle est très dégradée, il ne subsiste généralement qu'une pelouse composée principalement de Schoenefeldia gracilis.

4.3.3.2 Formations sur Terrains Secondaires et Tertiaires

A. Formations sur Grès plus ou moins Argileux du "Continental Terminal" (Oligo-Mio-Pliocène), 0

Ces formations couvrent la majeure partie du territoire. Elles ont été rassemblées selon trois niveaux physiographiques regroupant les plateaux et buttes résiduels, les versants, pentes et glacis d'épannage, et les basses plaines et cuvettes. Les dépressions de plateau, les zones d'invasion dunaire et la bordure du plateau du Ferlo constituent trois autres groupements physiographiques mineurs.

PLATEAUX ET BUTTES RESIDUELS, Oa.

Sont regroupés sous cette dénomination les surfaces relativement planes occupant une position généralement élevée dans la topographie. La compilation des documents disponibles a permis de compléter l'interprétation et quinze associations ont ainsi pu être distinguées.

Symboles: Oa1, Oa2, Oa3, Oa4, Oa5, Oa6, Oa7, Oa8, Oa9, Oa10, Oa11, Oa12, Oa13, Oa14, Oa15.

Description:

Oa1: Plateaux et buttes résiduels, lithosols sur cuirasse

Cette unité couvre les interfluves de la partie nord du Ferlo Boundou. La cuirasse y est subhorizontale, peu épaisse, pisolithique dans sa partie supérieure, les sols apparaissant le plus souvent couverts de gravillons ferrugineux, et massive en profondeur (Fig. 4.10). Elle ne semble jamais cependant affleurer sous forme de dalle continue.

Résultat final d'un long processus d'érosion, ces sols n'ont aucune aptitude à la culture et la steppe arbustive qu'ils supportent n'offre de possibilité de pâturage qu'en saison des pluies.

Oa2: Plateaux et buttes résiduels, lithosols sur cuirasse, régosols ou sols peu évolués d'apport hydromorphes, sur matériau gravillonnaire

Cette unité est largement représentée dans l'est du pays, de part et d'autre de la route nationale 1 Dakar-Tambacounda-Kidira. Elle reprend en une même association trois composants parmi les plus fréquemment rencontrés.

Les régosols sur matériau gravillonnaire et les sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire se partagent les plateaux (environ 60%), et les lithosols sur cuirasse apparaissent principalement aux ruptures de pente en bordure des plateaux où la cuirasse affleure en corniche, ou localement sur les plateaux avec des affleurements en dalle ou des plages de sol jonchées de blocs et de cailloux ferrugineux (soit environ 30%).

Dans l'ensemble, les sols peu évolués sont cultivables mais ils exigent des apports minéraux et organiques pour maintenir leur structure et leur fertilité. Les régosols sont les plus fertiles mais ils se dégradent très vite. Ils peuvent servir à la culture du mil et de l'arachide. Les sols peu évolués hydromorphes sont les plus pauvres et doivent préférablement être cultivés sur billons, le sorgho et l'arachide sont alors cultivables. Les pâturages sont assez médiocres en saison sèche.



Fig. 4.10. Un pare-feux sur sol gravillonnaire de surface dans le Ferlo Boundou, unité 0a1.

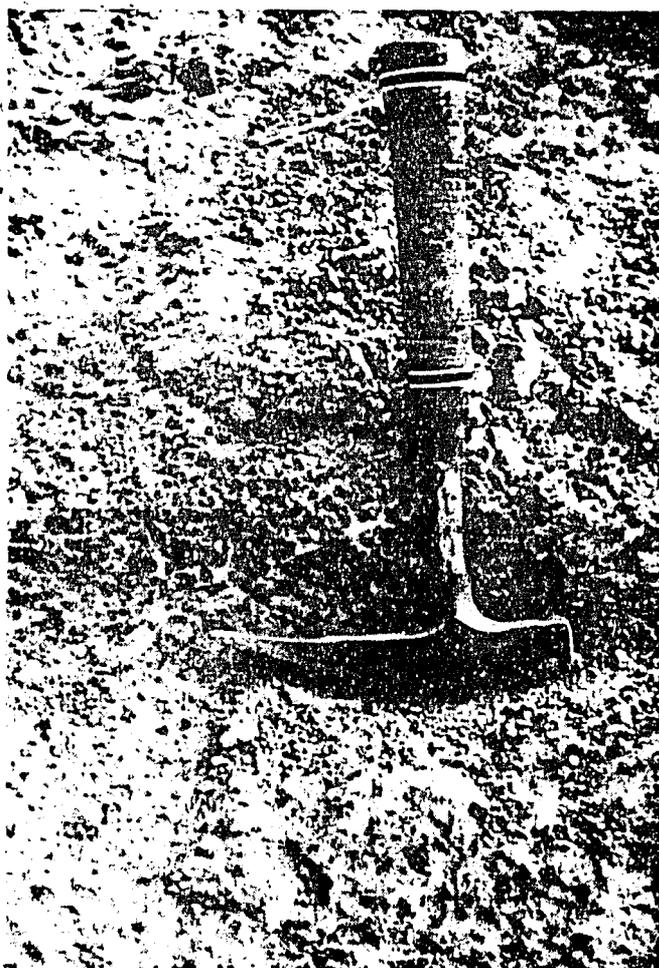


Fig. 4.11. Niveau ferrugineux (plinthite) exposé à l'air par érosion et induré.

Oa3: Plateaux et buttes résiduels, lithosols sur cuirasse, régosols ou sols peu évolués d'apport hydromorphes, sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux peu profonds tronqués

Cette unité couvre les plateaux et interfluves de la zone centrale des formations sur "Continental Terminal". Sa topographie est relativement plane et d'élévation inférieure à 80 m.

L'association de sols comprend un élément de plus que l'association constituant l'unité précédente Oa2. Il s'agit de sols ferrugineux tropicaux lessivés tronqués et indurés (environ 20%)(Fig. 4.11). Ces sols sont caractérisés par la présence d'un niveau induré à moyenne profondeur. Ils sont de couleur gris rose en surface, rose avec des taches rouges ferrugineuses ou des concrétions en profondeur. La texture franchement limoneuse en surface devient franchement argileuse en profondeur avec la présence d'un horizon d'accumulation argileuse caractéristique du lessivage. La structure est massive à polyédrique subangulaire moyenne en surface mais presque toujours massive en dessous de l'horizon humifère peu épais. La teneur en matière organique est généralement faible, le pH acide, la fertilité chimique faible à moyenne avec carence en phosphore. Ces sols ont donc des limitations analogues à celles des autres composants, lithosols (30%) et régosols ou sols peu évolués (environ 50%), de cette association. Ils conviennent à la culture du mil, du sorgho ou de l'arachide.

Cette unité offre donc des possibilités agricoles et pastorales sensiblement égales à celles de l'unité précédente, avec peut-être une plus forte proportion de sols convenant au mil.

Oa4: Plateaux et buttes résiduels, sols peu évolués d'apport hydromorphes ou régosols, sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau de colmatage, lithosols sur cuirasse

Cette unité occupe nombre de plateaux et interfluves de topographie quasi plane et n'atteignant pas 80 m d'élévation dans la zone centrale des formations sur "Continental Terminal". Cette unité ajoute un élément supplémentaire à l'association de sols constituant l'unité Oa2. Il s'agit cette fois de sols mieux différenciés que dans le cas précédent (unité Oa3).

Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau de colmatage des plateaux (environ 30%) ont une texture plus riche en limons, limon argileux sur argile. La cuirasse peut se présenter vers un mètre de profondeur et elle peut être surmontée d'une carapace ou d'un niveau gravillonnaire. La structure est grossièrement prismatique en surface mais elle devient polyédrique en profondeur. De nombreuses taches et concrétions apparaissent vers 50 cm. Le pH est acide, la fertilité chimique est plutôt faible.

Ces sols sont en fait peu favorables à la culture du coton ou de l'arachide mais ils peuvent convenir pour le sorgho à condition de

recourir au billonnage. Les lithosols sont incultes mais ne constituent que le composant mineur (environ 20%). Le composant majeur (jusqu'à 50%) combine régosols et sols peu évolués d'apport hydromorphes, tous deux sur matériau gravillonnaire. Les premiers sont plus fertiles mais se dégradent très vite, ils conviennent pour le mil et l'arachide, les seconds sont moins fertiles mais donnent d'assez bons résultats pour le sorgho et l'arachide s'ils sont cultivés sur billons. Deux phases, gravillonnaire "g" et cuirassée "c", ont été représentées sur la carte selon que les informations disponibles suggèrent la prédominance de l'un ou l'autre matériau mais celles-ci ne le sont qu'à titre indicatif et elles n'ont pas été maintenues pour la carte d'aptitude des sols.

Le pâturage naturel est de qualité plutôt moyenne en saison sèche.

Oa5: Plateaux et buttes résiduels, lithosols sur cuirasse, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité s'individualise assez nettement sur l'imagerie, elle s'étend entre Nhar et Mboune et est de topographie très plane, l'élévation varie entre 40 et 80 m.

Les sols caractéristiques des unités Oa1 et Oa6 sont ici réunis en une association. La cuirasse affleure très fréquemment en dalle et alterne avec des sols gravillonnaires fortement hydromorphes et peu profonds. L'hydromorphie et la faible profondeur utile semblent trop limitantes dans ce cas pour que cette unité ait une valeur agricole significative, le pâturage y est aussi médiocre. Des sols ferrugineux tropicaux hydromorphes peu profonds sur cuirasse peuvent localement figurer en inclusion.

Oa6: Plateaux et buttes résiduels, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité est représentée dans la zone sud du Ferlo Boundou où elle occupe de larges surfaces quasi planes.

Le composant majeur est un sol peu évolué d'apport hydromorphe sur matériau gravillonnaire. Ces sols sont en fait des sols gravillonnaires à texture plutôt fine, limon argileux à argile limoneuse, et de couleur gris clair. Ils reposent sur une cuirasse fortement indurée à faible profondeur. La structure est généralement massive et le sol est plutôt fortement cohésif. La teneur en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles, le pH est légèrement acide et les qualités physiques sont défavorables.

Ces sols peuvent éventuellement être cultivés sur billons pour l'arachide ou le sorgho. Ils portent des pâturages de qualité moyenne en saison des pluies.

Oa7: Plateaux et buttes résiduels, régosols sur matériau gravillonnaire et lithosols sur cuirasse

Cette unité correspond aux plateaux gravillonnaires du Ferlo au nord de la route Linguère-Matam.

Les sols y sont peu profonds sur cuirasse d'émantelée ou sur gravillon. De nombreuses mares de dimension variable se développent sur ce substrat, les plus importantes ont été cartographiées séparément (unité Obl). Une phase d'ensablement "s" supposée est représentée à titre indicatif à proximité de la vallée du Ferlo.

Les pâturages très bons en saison des pluies, sont médiocres à nuls en saison sèche, la végétation est une savane arbustive (sangaré).

Oa8: Plateaux et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux sur matériau gravillonnaire, sols brun rouge subarides tronqués, lithosols sur cuirasse

Cette unité correspond aux plateaux gravillonnaires situés dans la zone de contact entre les formations sur "Continental Terminal" et les formations éoliennes.

Ce sont pour la plupart des sols ferrugineux tropicaux (70% environ). Le sol y est profond, brun, sableux dans les horizons supérieurs, devenant jaune plus lourd en profondeur, à structure massive à tendance polyédrique. Des sols brun rouge subarides tronqués (20%), caractéristiques de l'unité suivante, ou des lithosols sur cuirasse peuvent être localement représentés.

Les parcours y sont très bons en saison des pluies mais médiocres à nuls en saison sèche.

Oa9: Plateaux et buttes résiduels, sols brun rouge subarides tronqués et sols ferrugineux tropicaux sur matériau gravillonnaire

Cette unité correspond à l'unité précédente mais la proportion entre les composants est inversée. Les sols brun rouge subarides tronqués dominent (50% au moins) et les sols ferrugineux tropicaux forment le composant mineur (environ 30%).

L'horizon gravillonnaire affleure souvent et les sols sont tout au plus modérément profonds. Ce sont des sables limoneux à structure lamellaire en surface, massive en profondeur. La couleur est brun rouge avec d'éventuelles traces d'hydromorphie en profondeur. Le pH est très légèrement acide, les caractéristiques chimiques sont en général peu favorables.

Ces sols supportent des pâturages médiocres à nuls en saison sèche, moyens en saison des pluies.

Oa10: Plateaux et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés, bien drainés

Cette unité s'étend largement dans l'ouest des formations sur "Continental Terminal", elle va de Mboune à Bem Bem au nord de la vallée de Mboune, de Paraouol à Mboundou Mbaba entre la vallée de Mboune et la vallée du Saloum, et enfin de Patakour à Ndioum Guent le long de la vallée. La topographie est quasi plane et d'élévation variable, de 40 m à l'ouest jusqu'à 60 m à l'est.

Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés et relativement bien drainés en général. Ils sont peu différenciés, profonds, très sableux, de couleur brune tendant vers le rouge, très peu structurés et faiblement cohésifs. Leur teneur en matière organique et leur fertilité chimique sont très faibles. Le pH est légèrement acide.

Le pâturage naturel est de qualité moyenne à bonne.

Oa11: Plateaux et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés, moins bien drainés.

Cette unité s'étend en plages discontinues depuis Linguère dans la vallée du Ferlo et le long de la vallée de Mboune jusqu'à Bem Bem au nord jusqu'à Loumbol au sud et Mbabane à l'ouest. L'élévation varie de 40 à 50 m et les pentes sont très faibles.

Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés mais moins bien drainés en général que ceux de l'unité précédente Oa10. Ils sont profonds mais un peu plus riches en argile et de texture plus variable: sable limoneux à limon sableux en surface, limon argilo-sableux à argile sableuse en profondeur. La structure montre une tendance polyédrique fine en profondeur et des taches d'hydromorphie et des concrétions apparaissent fréquemment. Le pH est légèrement acide, la teneur en matière organique est très faible, la fertilité chimique reste très faible quoique un peu plus élevée.

Le pâturage naturel est de qualité moyenne à bonne.

Oa12: Plateaux et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux lessivés

Cette unité s'étend le long de la vallée du Saloum de Lofé à Ndioum Guent. La topographie d'élévation comprise entre 40 et 50 m est quasi plane.

Les sols sont du type ferrugineux tropical lessivé. Ils sont profonds, sableux en surface et à la limite entre le sable limoneux et le limon sableux en profondeur. La couleur varie avec la qualité du drainage interne, rouille avec des taches d'hydromorphie dans une structure plutôt massive ou brun rougeâtre avec un certain développement de structure polyédrique moyenne. La teneur en matière organique est très faible de même que la fertilité chimique. Le pH est relativement neutre en surface à très légèrement acide en profondeur.

Les pâturages naturels sont d'assez bonne qualité.

Oa13: Plateaux et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur cuirasse

Des versants sont inclus dans cette unité qui longe la vallée de Mboune depuis Sivi Abé jusqu'à rejoindre l'unité Od8. La topographie est en pente extrêmement faible et n'atteint que rarement 60 m en élévation, la valeur la plus fréquente étant 50 m.

Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur cuirasse à faible profondeur. Ils montrent généralement des signes d'hydromorphie, et il arrive que certaines plages soient gravillonneuses. La texture est le plus souvent grossière ou moyenne. Ces sols sont sensibles à l'érosion hydrique à cause de leur faible capacité d'infiltration. Ils sont pauvres en matière organique et en éléments minéraux.

Le pâturage naturel est médiocre à nul.

Oa14: Plateau et buttes résiduels, sols ferrugineux tropicaux divers, peu ou non lessivés, lessivés, hydromorphes et lithosols sur cuirasse ou régosols sur matériau gravillonneux

Sont repris dans cette unité les plateaux et interfluves de la majeure partie de la Haute Casamance et d'une partie de la Moyenne et de la Basse Casamance ainsi que quelques petites plages à l'est de la Koulountou. Ils dépassent rarement 100 m d'élévation et culminent souvent à moins de 50 m dans le nord. L'unité entoure la dépression de l'Anambé, elle est limitée à l'ouest au niveau de Tiara et Fafakourou mais longe la Gambie en Moyenne Casamance jusqu'à Saré Samba Cissé pour s'élargir vers le sud vers Sillakounda et se refermer au niveau de Badimbour en Basse Casamance. De petites plages ont été en outre représentées autour de Hamdallaï Amadou et Saré Bodio en Moyenne Casamance. La pente est en général très faible mais des pentes modérées sont aussi observables en bordure de la Kayanga.

Parmi les sols ferrugineux tropicaux, ceux-ci sont les plus lessivés et l'horizon d'accumulation argileuse constitue un niveau d'arrêt qui prête à de nombreux sols un caractère hydromorphe et ce principalement vers les parties centrales des plateaux. Ces sols sont aussi plus ou moins fortement concrétionnés à profondeur variable et cuirassés. La cuirasse affleure en dalle et elle est surtout présente en bordure des vallons. Ailleurs, les sols les plus fréquents sont du type ferrugineux tropical lessivé à concrétions (70% environ). La texture est le plus souvent grossière en surface, sable ou sable limoneux, passant au limon sableux puis au limon argilo-sableux en profondeur, rarement à de l'argile sableuse. La teneur en argile augmente brutalement à moyenne profondeur et les taches d'hydromorphie apparaissent aussitôt. La teneur en matière organique est généralement moyenne ainsi que la fertilité chimique qui montre cependant des déséquilibres ioniques prononcés (teneurs en potassium et en phosphore défavorables).

Le pH varie assez fortement, de relativement neutre ou acide à acide ou très acide en profondeur.

L'intensité de l'érosion hydrique est accentuée par la combinaison d'une pluviométrie relativement élevée et de la capacité d'infiltration généralement limitée des nombreux sols sur cuirasse à faible profondeur. Le long de la Gambie et en Moyenne et Basse Casamance, les sols sont en moyenne les moins profonds, sols ferrugineux tropicaux peu épais sur cuirasse, ou les plus gravillonnaires, régosols. Les spéculations forestières conviennent aux sols peu profonds, indurés ou cuirassés. Les sols ferrugineux tropicaux à concrétions et à taches qui constituent l'élément majeur de l'association, sont cultivables à la condition de leur apporter matières organiques et éléments minéraux. Ils conviennent alors assez bien à l'arachide. Les termitières y atteignent des dimensions respectables (Fig. 4.12).

Ua15: Plateaux et huttes résiduels, sols faiblement ferralitiques, sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols peu évolués

Les bas plateaux de Casamance constituent l'essentiel de cette unité qui atteint rarement 50 m d'élévation et qui s'étend depuis la côte jusqu'à Bounkiling, Sillakounda, Diaba Sénégal et Fafakourou au nord, Kandiator, Tiara et la vallée de la Kayanga à l'est. Cette unité longe aussi le fleuve Gambie en une série de petites plages irrégulières et occupe la majeure partie de la basse Gambie. Les pentes restent toujours très faibles mais quelques pentes modérées sont aussi observables en bordure de la Kayanga.

Les sols sont le plus souvent du type faiblement ferralitique (70%). Ils sont normalement extrêmement profonds et bien drainés, de couleur souvent vive, rouge ou aussi jaune. Ceux proches du fleuve Gambie sont cependant souvent peu épais sur cuirasse. La texture est grossière en surface, sable limoneux, et fine en profondeur, argile sableuse, mais le sol reste cependant très perméable. La structure est grumeleuse moyenne à fine assez bien développée en surface, de moins en moins bien développée et à tendance polyédrique en profondeur. Le pH relativement neutre en surface devient légèrement acide en profondeur, la fertilité chimique est faible, moyenne dans certains cas. La teneur en matière organique est moyenne à faible.

L'intérêt de ces sols réside dans leur remarquable profondeur utile et dans leurs qualités physiques. Ils sont toujours en position de bon drainage, la zone intérieure des plateaux les plus étendus étant occupée par des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches ou à concrétions ou même hydromorphes. La cuirasse peut affleurer localement aux ruptures de pente auquel cas la pente est occupée par un sol peu évolué sur produits de démantèlement de cuirasse, dans le cas contraire la pente est généralement occupée par des sols ferrugineux tropicaux peu différenciés.

La végétation naturelle est une forêt moyennement dense à Pterocarpus erinaceus.

DEPRESSIONS DE PLATEAUX, Ob

Ont été regroupées sous cette dénomination pour leur aspect morphologique particulier ou pour leur importance agricole certaines mares du Ferlo nord et d'autres dépressions plus grandes, telles celle de L'Anambé divisée en deux unités pédologiques distinctes.

Symboles: Ob1, Ob2, Ob3.

Description:

Ob1: Dépressions de plateaux, sols hydromorphes, sols ferrugineux tropicaux hydromorphes

Cette unité correspond aux mares d'accumulation là où un niveau plus argileux est proche, dans des dépressions de plateau, sur des effondrements de cuirasse (Fig. 4.13). Elle est représentée par de petites plages de forme ovoïde ou circulaire au sein du plateau dunaire ou des affleurements cuirassés. Seules les plus grandes ont été cartographiées.

Les sols sont hydromorphes ou ferrugineux tropicaux hydromorphes, assez profonds avec un horizon gravillonnaire qui n'affleure que plutôt rarement. Ce sont en général des limons argilo-sableux assez bien structurés (structure polyédrique) mais fort cohésifs, sur une argile massive, compacte. La surface du sol a toutefois souvent une structure lamellaire. Le pH est relativement neutre, la fertilité peu élevée.

La végétation du type steppe arbustive offre un pâturage de bonne qualité en saison des pluies mais plutôt médiocre en saison sèche.

Ob2: Dépressions de plateaux, sols hydromorphes

Cette unité comprend la zone externe de la dépression de l'Anambé ainsi que certaines zones entourant le fleuve Gambie en amont de son confluent avec la Kouloountou. Les sols sont des sols hydromorphes assez variés.

Dans le cas de l'Anambé leurs caractéristiques varient en fonction de leur position relative au centre de la dépression mais tous ces sols sont régulièrement inondés. Ce sont des limons argilo-sableux avec un horizon à texture plus lourde en subsurface devenant plus important vers le centre de la cuvette où la totalité du profil peut présenter une texture argileuse. La structure peut être lamellaire ou colmatée sur les quelques premiers centimètres, elle est généralement polyédrique surtout dans les horizons supérieurs à l'état sec, les horizons inférieurs ont un développement de structure moins net avec une tendance prismatique en surstructure. Gris en surface, ils sont de couleur beige bariolé en profondeur. Les taches et les concrétions sont fort variables. L'hydromorphie se marque toujours dès la surface principalement sous forme de traînées de couleur rouille le long des racines. Les concrétions apparaissent généralement à un niveau très profond dans la zone externe, modérément profond vers le centre de la



Fig. 4.12. Termitières sur sols ferrugineux tropicaux profonds, unité 0a14.

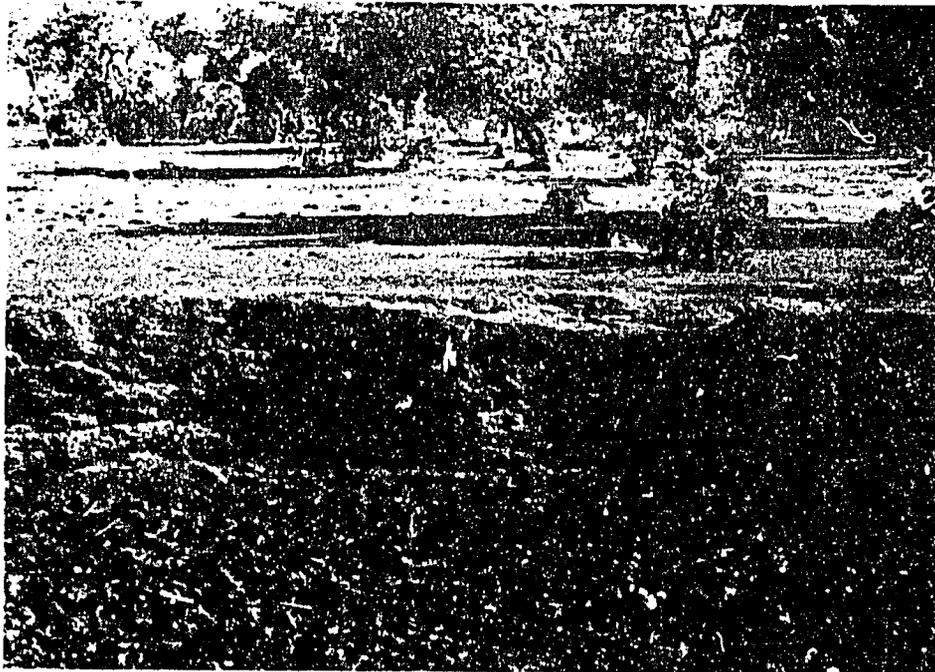


Fig. 4.13. Affleurement de cuirasse en dalle avec à l'avant plan un site où le démantèlement (naturel ou artificiel) de la cuirasse favorise la formation d'une petite mare d'accumulation.

dépression. Le pH est généralement acide, les teneurs en matière organique sont moyennes et sont donc élevées pour la région, la fertilité chimique est relativement satisfaisante mais en plus de la carence habituelle en potassium il y a un déséquilibre assez marqué entre la faible teneur en calcium et une certaine richesse en magnésium. Des amendements minéraux sont donc souhaitables pour pallier ces inconvénients. Le problème du drainage repose plus sur un contrôle de la périodicité de la submersion et donc sur l'aménagement des voies d'eau en vue du contrôle des crues.

Les sols des bords de la Gambie sont quelque peu différents. La structure est moins bien développée, ils sont plus fortement cohésifs, de couleur souvent plus pâle, concrétionnés à moyenne profondeur. Ils ont des teneurs plus faibles en matière organique et une fertilité plus faible mais sont toutefois cultivables à condition d'appliquer des apports minéraux et de tenir compte du drainage dans les façons culturales.

Ob3: Dépressions de plateaux, sols vertiques

Le centre de la cuvette de l'Anambé est assez longuement inondé non seulement en hivernage mais aussi pendant une partie de la saison sèche. La surface du sol présente un microrelief caractéristique formé de petites buttes couvertes de concrétions et de nodules calcaires ainsi que de dépressions en cuvette.

Ces sols ont un caractère vertique très prononcé, tous les stades de transition entre le vertisol typique et les divers types de sols hydromorphes de l'unité précédente sont cependant possibles. Ils sont développés sur des argiles sableuses sur sables limoneux à un mètre environ. La structure est polyédrique assez fine surtout en surface avec une surstructure prismatique. Les caractéristiques propres aux vertisols, crevasses, faces de pression, ... sont plus ou moins développées. Des traces d'hydromorphie, des concrétions et des nodules variés souvent assez nombreux sont présents dès la surface. Le pH légèrement acide en surface devient très alcalin en profondeur, le matériau superficiel fait localement effervescence à l'acide. Les teneurs en matière organique sont très faibles, la fertilité chimique est très satisfaisante mais ces sols sont difficiles à travailler à cause de leurs qualités physiques particulières. Le contrôle de l'inondation reste un problème majeur.

La savane arborée à Terminalia macroptera et Andropogon gayanus est caractéristique de ce type de formation.

ZONES D'ENVAHISSEMENT DUNAIRE, Oc

Les placages sableux et les dunes qui encombrent certaines vallées mortes et les plateaux du Ferlo nord portent la marque d'un transport éolien toujours actif qui semble justifier la création de cette unité.

Symbole: Oc

Description:

Oc: Zones d'invasion dunaire, sols ferrugineux tropicaux et sols brun rouge intergrades

Les sols oscillent entre le type ferrugineux tropical lessivé et le type brun rouge modal. Ils sont en tous les cas très profonds, peu cohésifs, franchement sableux avec un léger enrichissement relatif en argile en profondeur. Plutôt excessivement bien drainés et à pH acide, leur structure est polyédrique mal développée ou massive. La couleur toujours plutôt pâle varie entre le rouge et le jaune sauf pour les 20 ou 40 premiers centimètres qui sont généralement d'un brun assez foncé. Ces sols ont d'assez faibles teneurs en matière organique et en nutriments.

La végétation est une savane voire une steppe arbustive à Combretum glutinosum dont la valeur en tant que pâturage est très moyenne en saison sèche mais très bonne en saison des pluies. Ces sols sont assez fréquemment cultivés mais très sensibles à l'érosion éolienne.

VERSANTS, PENTES ET GLACIS D'EPANDAGE, Od

Sont regroupés sous cette dénomination les versants de vallées et les pentes ou glacis d'épandage s'étendant entre les plateaux et les fonds de vallées. La compilation des documents disponibles a permis de compléter l'interprétation et une série de onze associations de sols a ainsi pu être établie.

Od1: Versants, pentes et glacis d'épandage, lithosols sur cuirasse et régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité couvre les pentes et versants dans la partie sud-est des formations sur "Continental Terminal" qui réalisent la transition entre les unités Oa1 et Od6.

Les sols des hauts de pentes sont des lithosols (plus de 30%) sur matériaux de démantèlement de cuirasse (blocs et pierriers), les bas de pentes sont occupés par des sols peu évolués d'érosion et d'apport sur matériau gravillonnaire (environ 60%). Les caractéristiques d'ensemble des sols de cette unité se rapprochent assez bien de celles décrites pour l'unité Od6 à sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire avec des réserves dues à la présence des lithosols sur cuirasse.

Od2: Versants, pentes et glacis d'épandage, lithosols sur cuirasse et sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité quasi plane et d'élévation généralement inférieure à 100 m, s'étend dans le sud-est du Ferlo Boundou. Elle est composée d'une association assez comparable à celle de l'unité précédente qui réalise la transition entre les unités Oa1 et Od6, les sols peu évolués (environ 60%) des bas de pentes étant ici du type hydromorphe sur

matériau gravillonnaire décrit auparavant pour l'unité Oa6. Ils peuvent donc éventuellement être cultivés sur billons pour l'arachide ou le sorgho bien que leur fertilité chimique soit plutôt faible et leurs qualités physiques plus défavorables que celles des régosols. Deux phases, l'une gravillonnaire "g", l'autre cuirassée "c", sont indiquées sur la carte pour illustrer la possibilité d'une variation dans la proportion entre les composants. Celles-ci le sont à titre indicatif et n'ont pas été maintenues pour la carte des aptitudes des sols.

Les pâturages sont de qualité moyenne en saison des pluies. Les mêmes réserves sont à faire quant à la présence des lithosols sur cuirasse en haut de pente (environ 30%) et quant à leur effet de concentration des eaux de ruissellement.

Ou3: Versants, pentes et glacis d'épandage, lithosols sur cuirasse, régosols ou sols peu évolués d'apport hydromorphes, sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial

Cette unité est limitée à quelques plages à l'est de la Niéri-Ko. Ces formations à pentes quasi nulles ou à très faibles pentes peuvent parfois dépasser 80 m d'élévation.

L'unité combine les associations des unités précédentes Od1 et Od2 et les complète par l'adjonction d'un élément du type ferrugineux tropical. Les hauts de pentes et les bords des plateaux sont occupés par des lithosols sur produits de démantèlement de cuirasse (environ 30%), sans intérêt agricole. La majeure partie des pentes est partagée entre les régosols ou les sols peu évolués d'apport hydromorphes (de 30 à 40%), tous deux sur matériau gravillonnaire mais à charge plus importante dans le cas des régosols. Des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial du même type que ceux caractéristiques de l'unité Aa4, occupent les bas de pentes (environ 30%). Ceux-ci sont profonds mais peu fertiles avec une carence nette en phosphore et ils sont aussi très sensibles à l'érosion.

L'arachide peut être cultivée sur tous ces sols mais des apports de fertilisants et de matières organiques sont indispensables pour améliorer et conserver la structure et pour fixer les éléments minéraux. Sur les sols peu évolués d'apport hydromorphes, la culture devrait se faire sur billons. Le sorgho peut aussi y être tenté ainsi que sur les sols ferrugineux. Les pâturages sont de qualité moyenne à bonne en saison sèche.

Od4: Versants, pentes et glacis d'épandage, lithosols sur cuirasse, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial

Cette unité couvre la plupart des versants des vallées du Ferlo à l'ouest de la Niéri-Ko et est représentée au sud jusqu'au niveau de la Gambie. Les pentes y sont très faibles, l'élévation moyenne est de 50 m.

Cette unité comprend la même association de sols que l'unité Od1 à laquelle s'ajoute un nouveau composant du type ferrugineux tropical. Le composant majeur (30-40%) est constitué de régosols relativement profonds mais à charge gravillonnaire importante à très importante, du même type que ceux caractéristiques de l'unité Od6. Les hauts de pentes sont occupés par le composant relativement mineur (moins de 30%), les lithosols sur matériau de démantèlement de cuirasse. Les bas de pentes sont occupés par le composant secondaire (environ 30%), les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial correspondant en fait aux sols de l'unité Aa4. Ces sols sont profonds mais peu fertiles et nettement carencés en phosphore. Ils ont en outre une mauvaise structure et sont aussi très sensibles à l'érosion. Les régosols sont relativement plus fertiles mais aussi très facilement dégradés par la culture.

Des apports organiques et minéraux sont donc nécessaires dans les deux cas pour améliorer et conserver la structure, pour assurer la fixation des nutriments apportés par les fertilisants. Alors le mil et l'arachide seront d'assez bonne venue sur les régosols, l'arachide et le sorgho sur les sols ferrugineux. Les pâturages sont de qualité moyenne en général et assez bonne sur les sols ferrugineux.

Od5: Versants, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux sur matériau gravillonnaire ou colluvio-alluvial

Ces versants se distinguent sur l'imagerie par la présence de chenaux majeurs d'érosion parallèles extrêmement nombreux (écartement souvent inférieur à 200 m).

Les sols sont profonds, régosoliques (60%) ou ferrugineux tropicaux (30%) sur matériau gravillonnaire qui peut affleurer localement, sableux et le plus souvent massifs en surface, plus argileux avec une structure polyédrique assez bien développée en profondeur. La couleur est variable avec des traces d'hydromorphie en profondeur.

Les caractéristiques chimiques ne sont pas exceptionnellement défavorables mais la susceptibilité à l'érosion constitue une limitation majeure bien que la végétation, une savane arbustive, offre un bon pâturage de saison des pluies.

Od6: Versants, pentes et glacis d'épandage, régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité représente surtout les pentes des vallées dans le secteur sud-est des formations sur "Continental Terminal".

Le composant majeur est constitué de sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire. Le matériau est ici plutôt colluvio-alluvial. Ces sols sont relativement profonds mais avec une charge gravillonnaire importante à très importante, ils sont relativement humifères avec une teneur moyenne en matière organique et une bonne structure finement polyédrique en surface. La texture de la terre fine est en moyenne

limoneuse, passant de limon sableux en surface à limon argileux en profondeur. Le pH est relativement neutre à très légèrement acide et la fertilité chimique liée à la teneur en matière organique est très satisfaisante.

Ces sols sont aptes à la culture du mil et de l'arachide mais ils se dégradent très rapidement avec la minéralisation de la matière organique. Ils requièrent donc obligatoirement des apports de matières organiques pour assurer le maintien de la structure et de la fertilité.

Od7: Versants, pentes et glacis d'épandage, sols rubéfiés polyphasés ou sols ferrugineux tropicaux tronqués, remaniés

Cette unité s'étend à l'ouest du Bao Bôlon depuis Keur Moussa Poste et Mbitiyène en une bande étroite remontant le long du Saloum jusqu'à Delbi. Les pentes sont très faibles, l'élévation peut varier de 20 à 40 m.

Cette unité fait en quelque sorte la transition entre les plateaux à l'est et les basses plaines à l'ouest et l'association de sols y présente une distribution assez irrégulière. Ces sols sont aussi en général tronqués et remaniés. La partie sud autour de Nioro du Rip jusqu'au niveau de Mabo est dominée par la présence de sols rubéfiés polyphasés, le nord par des sols ferrugineux tropicaux lessivés remaniés.

Les sols rubéfiés sont des sols intergrades entre les sols ferrugineux tropicaux et les sols ferralitiques. Ils sont généralement de couleur brun rougeâtre (très légèrement humifères) en surface, rouge en profondeur. La texture est d'abord sableuse, sable à sable limoneux, puis elle passe du limon sableux à l'argile sableuse. La structure massive en surface montre une légère tendance polyédrique subangulaire en profondeur. Le pH varie de relativement neutre à légèrement acide, les teneurs en matière organique sont très faibles, la fertilité chimique est faible.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont plus remaniés, de couleur plus jaunâtre, de texture plus moyenne, sable limoneux en surface, limon sableux et à la limite argile sableuse en profondeur, avec une structure similaire peu développée en profondeur. Ils ont de même des teneurs en matière organique très faibles et une fertilité chimique faible, le pH est très légèrement acide.

Ces deux types de sols sont cependant susceptibles de donner malgré leurs caractéristiques chimiques assez pauvres, des rendements satisfaisants pour le mil, l'arachide, le sorgho ou le coton, pour peu que des mesures conservatoires, des façons culturales adaptées et des apports minéraux et organiques soient appliqués.

Des inclusions mineures de sols des unités Oa3 et Oa4 sont à signaler.

Od8: Versants, pentes et glacis d'épandage, sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur colluvions

Cette unité d'élévation inférieure à 50 m longe la vallée de Mboune en aval de Louggué Tiékodié jusqu'à la vallée du Ferlo. La pente reste très faible.

Ces sols sont très sableux en surface, plus argileux en profondeur, limon argilo-sableux, avec une cuirasse à profondeur très variable. Ils sont du type ferrugineux tropical peu lessivé sur colluvions. La structure est généralement particulière en surface, polyédrique plutôt fine en profondeur. La couleur tend surtout vers le rouge. Le pH est relativement neutre à très légèrement acide, la teneur en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles.

Ces sols sont en outre fortement érodibles, ils supportent souvent un pâturage à Andropogon gayanus de qualité. Ils sont cultivables à condition de prévoir des apports de matières organiques et de fertilisants ainsi que de bonnes mesures de conservation.

Od9 Versants, pentes et glacis d'épandage, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial remanié

Cette unité occupe les versants et les terrasses colluvio-alluviales à pentes extrêmement faibles et d'élévation généralement inférieure à 20 m de la vallée du Nianija Bôlon.

Des régosols en haut de pentes et des sols hydromorphes dans le fond des vallées figurent en tant qu'inclusions mineures. Le composant majeur (80%) est constitué de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau colluvio-alluvial plus ou moins remanié. Ces sols sont rouge jaunâtre à faciès plus ou moins hydromorphe. La texture est relativement moyenne, limon sableux en surface, limon argilo-sableux en profondeur. La structure est généralement massive avec une tendance polyédrique en profondeur. Un horizon gravillonnaire peut être présent en profondeur et des traces d'hydromorphie peuvent apparaître à moyenne profondeur. Les caractéristiques chimiques, matière organique et éléments minéraux, ont encore respectivement des valeurs très faibles et faibles. Le pH est relativement neutre à légèrement acide.

Mil, sorgho, coton sont cultivables sur ces sols. Des mesures conservatoires et des apports organiques et minéraux sont cependant nécessaires. Les pâturages sont de bonne qualité.

Od10: Versants, pentes et glacis d'épandage, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols faiblement ferralitiques

Cette unité occupe la plupart des terrasses et glacis à pente très faible qui bordent le fleuve Gambie. Au Sénégal, elle n'est pratiquement représentée qu'entre le fleuve Gambie et la vallée de la Koulountou. La répartition des composants de l'association sur le terrain est fonction du drainage externe. En général, les sols ferru-

gineux tropicaux lessivés (50%) se trouvent en position basse sur le matériau colluvio-alluvial ou de colmatage des vallées, et les sols faiblement ferralitiques (20%) sont en position moyenne à haute sur du matériau principalement colluvial. Des régosols et des lithosols sur cuirasse marquent la rupture de pente en bordure des plateaux (25%).

Les régosols sont relativement profonds mais ils ont une charge gravillonnaire importante à très importante. Ils sont relativement humifères avec une teneur moyenne en matière organique et ont une bonne structure finement polyédrique en surface. La texture varie du limon sableux en surface au limon argileux en profondeur. Le pH est relativement neutre à très légèrement acide et la fertilité chimique, liée à la teneur en matière organique est très satisfaisante.

Les sols ferralitiques sont très profonds mais peu différenciés. Ils sont de couleur rouge à brun rouge, de texture sableuse en surface sur du limon argilo-sableux. Ils ont souvent une charge caillouteuse assez importante. La structure est souvent grossièrement grumeleuse en surface et à tendance polyédrique grossière en profondeur. Ces sols ont de très faibles teneurs en matière organique, une faible fertilité chimique et un pH légèrement acide.

Les sols ferrugineux tropicaux sont profonds mais très peu structurés, peu fertiles et nettement carencés en phosphore, leur texture est plus variable. Ils sont parfois gravillonnaires ou cuirassés en profondeur. Leur teneur en matière organique est faible, leur fertilité chimique aussi. Le pH est acide.

Dans l'ensemble ces sols sont cultivables. Des apports organiques et minéraux sont nécessaires pour assurer un bon niveau de fertilité en général, pallier la carence en phosphore des sols ferrugineux, améliorer leur structure ou en éviter la dégradation par minéralisation de la matière organique dans le cas des régosols. Les végétaux à enracinement profond ont de meilleures possibilités dans le cas des sols ferralitiques. Mil et arachide sur les régosols ou les sols ferralitiques, arachide et sorgho sur les sols ferrugineux, sont les spéculations de bonne venue dans ces conditions. Des mesures conservatoires restent toujours d'application.

Od11: Versants, pentes et glacis d'épandage, régosols sur matériau gravillonnaire, sols faiblement ferralitiques, lithosols sur cuirasse

Cette unité comprend une série de vallons débouchant dans la vallée de la Koulountou ou dans celle du fleuve Gambie. La rupture de pente est très souvent marquée par un affleurement cuirassé en corniche, sous l'escarpement les pentes sont très faibles.

La tête de vallon est généralement occupée par des sols peu évolués d'érosion régosoliques sur matériau gravillonnaire (plus de 40%), du même type que ceux typiques de l'unité Od6. En aval, les terrasses et glacis sont occupés par des sols faiblement ferralitiques (moins de 40%) très profonds, peu différenciés, assez homogènes, de couleur rouge à brun rouge.

La texture est franchement sableuse en surface sur quelques centimètres, modérément fine en profondeur, limon argilo-sableux parfois même argile sableuse, avec souvent une charge caillouteuse (quartz) plus ou moins importante. La structure est souvent grossièrement grumeleuse en surface et à tendance polyédrique grossière en profondeur.

Les caractères chimiques plutôt défavorables: très faible teneur en matière organique, faible fertilité chimique avec une carence nette en phosphore et pH légèrement acide, sont quelque peu compensés par d'assez bonnes qualités physiques, mais des amendements organiques et minéraux sont à prévoir. Les végétaux à enracinement profond ont de meilleures capacités d'exploitation des réserves minérales de ce type de sols. Les régosols introduisent des limitations supplémentaires affectant la valeur agronomique globale de cette unité, mais restent cultivables tout comme les sols ferrallitiques en mil et arachide. La végétation naturelle est une forêt claire à Terminalia sp. et Combretum sp.

BASSES PLAINES ET CUVETTES, Oe

Les unités rassemblées sous cette dénomination ont une élévation généralement inférieure à 40 m. La physiographie est celle d'une série de buttes ou de bas plateaux très aplanis et de larges dépressions reliés par de très faibles pentes de raccordement. Trois unités sont ainsi représentées.

Symboles: Oe1, Oe2, Oe3.

Description:

Oe1: Lasses plaines et cuvettes, sols ferrugineux tropicaux lessivés plus ou moins remaniés sur matériau dunaire, tronqués, indurés, sols peu évolués

Cette unité correspond aux bas plateaux et buttes dunaires constituant les parties élevées des ces formations.

Les sols sont du type ferrugineux tropical (environ 60%), plus ou moins remaniés sur matériau dunaire. Ils peuvent être localement tronqués ou indurés (30%) au voisinage des affleurements de cuirasse et sont alors accompagnés de sols peu évolués d'érosion. Ces sols sont très sableux, sables limoneux sur limons finement sableux, de couleur généralement rouge, massifs. Leurs teneurs en matière organique et leur fertilité chimique sont faibles. Ils conviennent cependant à la culture de l'arachide ou du mil mais leur sensibilité à l'érosion doit être prise en compte.

Oe2: Basses plaines et cuvettes, sols ferrugineux tropicaux lessivés parfois hydromorphes

Cette unité recouvre l'essentiel des épandages alluvio-colluviaux formant les basses plaines du Saloum. Le modelé et les formes d'accumulation sont cependant plutôt indistincts.

La texture est finement sableuse: sable limoneux sur limon sableux en profondeur. Les teneurs en matière organique et en nutriments sont encore une fois relativement faibles. Le pH est légèrement acide mais très variable. Ces sols conviennent à la culture de l'arachide et du mil, ils sont moins sensibles à l'érosion que ceux de l'unité précédente mais surexploités et des mesures conservatoires sont nécessaires. Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés sont aussi appelés sols beiges à cause de leur couleur caractéristique, ils deviennent hydromorphes à proximité des cuvettes de l'unité suivante Oe3. Ils ont alors une texture un peu plus lourde: limon sableux sur limon argilo-sableux, et un horizon graveleux en profondeur. Ils sont de couleur plus claire et présentent des traces d'hydromorphie mais leurs autres caractéristiques sont comparables quoique mieux adaptées à la culture céréalière (sorgho).

Oe3: Basses plaines et cuvettes, sols hydromorphes et sols vertiques

Cette unité est constituée par les cuvettes argileuses allongées qui occupent les fonds de vallées mortes et sont séparées par des seuils sableux. Le drainage externe est pratiquement nul.

Les sols sont principalement des sols hydromorphes (80%) mais une tendance verticale est localement rencontrée. Ils sont en général extrêmement massifs. Sauf dans le cas d'un horizon superficiel vertical très foncé, la couleur est gris clair avec de nombreuses taches d'hydromorphie. Dans les sols hydromorphes la texture passe rapidement du limon sableux à du limon argilo-sableux et de l'argile sableuse, les sols vertiques sont surtout développés sur des limons argilo-sableux. Les teneurs en matière organique sont faibles, plus élevées pour les sols vertiques. Le pH est relativement neutre à légèrement acide.

Bien que, par exemple, les sols vertiques puissent donner de bons résultats en coton, tous ces sols sont extrêmement difficiles à travailler et peu cultivés. Ils ne conviennent absolument pas pour l'arachide. Le contrôle de l'inondation y est difficile, un aménagement de type forestier pourrait éventuellement être envisagé comme solution de facilité. La végétation naturelle est à base d'Acacia seyal.

BORDURES DE PLATEAU, Of

La limite est ou nord-est du plateau du Ferlo se marque sur le terrain par un escarpement en corniche de quelques mètres. Deux unités ont été représentées sur base de leur différences morphologiques.

Symboles: Of1, Of2

Description:

Of1: Pente de raccordement, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux, sols bruns

Cette unité s'étend au nord-est du plateau du Ferlo. Elle a une

forme irrégulière, relativement large (7 à 8 km en moyenne), incisée par de nombreux talwegs.

Elle comporte essentiellement des sols ferrugineux tropicaux (70%) mais le contact avec le plateau peut être localement graduel et des buttes émergent çà et là ce qui introduit une composante régosolique sur matériau gravillonnaire (environ 10%). Sur le terrain, la transition avec les sols bruns des unités adjacentes est aussi peu nette (10%). L'intensité de l'ensablement est indiquée par deux phases: "s" et "ss", fortement et très fortement ensablé.

Ces sols sont donc en général profonds, sableux sur sable limoneux ou limon sableux, à structure massive à tendance polyédrique, assez peu fertiles et sensibles à l'érosion. Les parcours y sont de qualité moyenne.

Of2: Piedmont de falaise, sols ferrugineux tropicaux lessivés

Cette unité est plus étroite (moins de 2 km généralement), elle borde le plateau du Ferlo à l'est, sous l'escarpement.

Les sols sont du type ferrugineux tropical lessivé, profonds, de couleur variable entre le jaune et le rouge, sableux sur sable limoneux voire sur limon sableux, normalement drainés. La structure est massive à tendance polyédrique.

La fertilité chimique est relativement faible, le risque d'érosion est élevé.

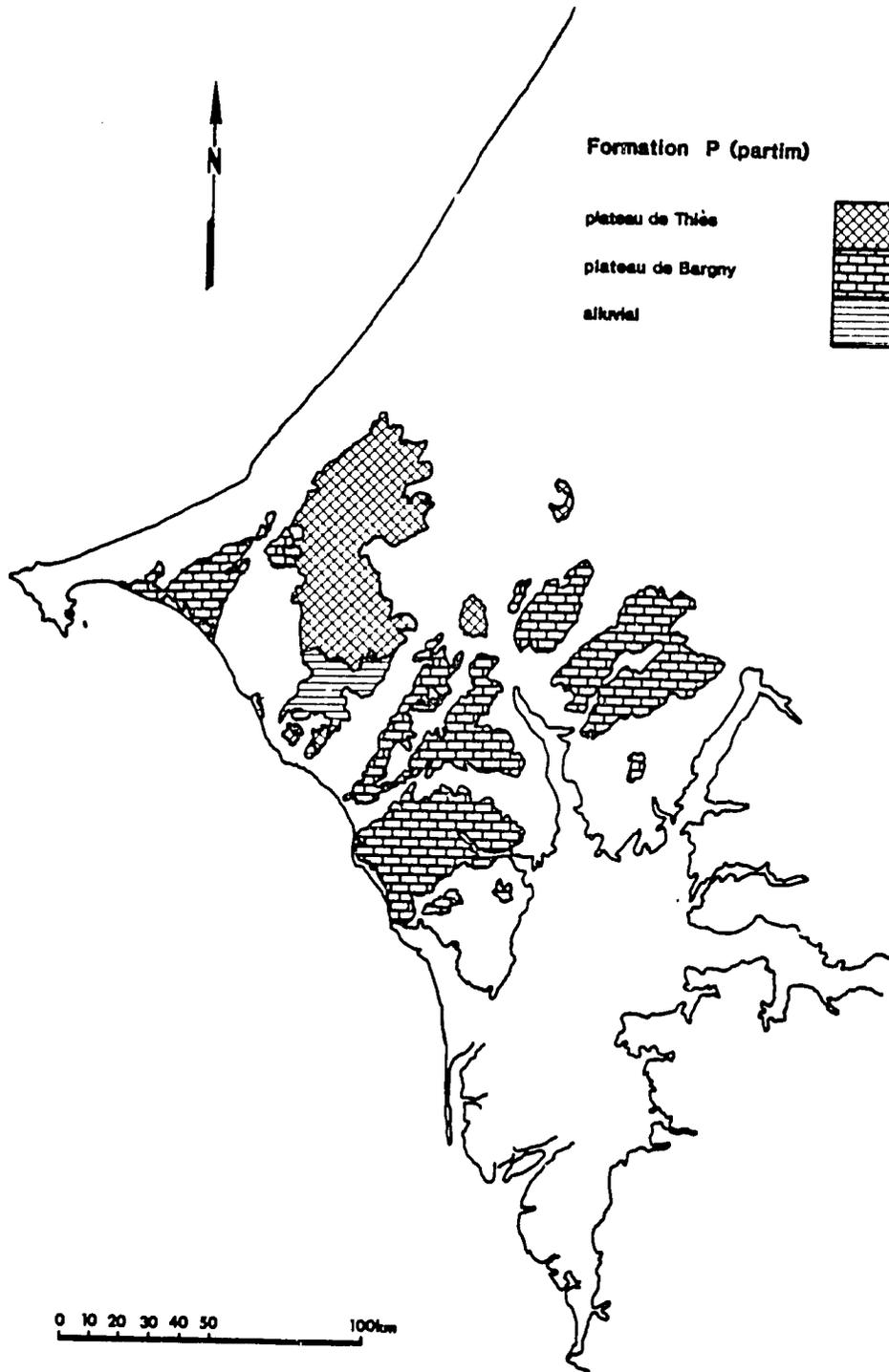
B. Formations sur Roches Marno-Calcaires (Paléocène-Eocène), P

Les formations sur roches marno-calcaires correspondent aux dépôts des périodes Paléocène et Eocène. Les affleurements sont visibles dans la zone des bas plateaux de Thiès et de Bargny ainsi que dans la Bande de Matam. Ils conditionnent en outre la formation des sols dans la vallée de la Somone. Quatre types physiographiques ont ainsi été identifiés:

- Les bas plateaux d'élévation supérieure à 50 m (Thiès), dénommés "plateau de Thiès", carte 4.4
- Les bas plateaux d'élévation inférieure à 50 m (Bargny et les abords de la vallée du Sine), dénommés "plateau de Bargny", carte 4.4
- La basse plaine alluviale de la Somone, dénommée "alluvial", carte 4.4
- Le bas glacis collinaire de la bande de Matam

BAS PLATEAUX D'ELEVATION SUPERIEURE A 50 M, P1

Ces formations correspondent à la région de Thiès. Le plateau est subhorizontal, il culmine vers 140 m au niveau de la falaise de Thiès



Carte 4.4 Formation P (partim)

mais s'enfonce sous les dépôts sableux à l'est où l'élévation n'atteint guère 50 m. A l'ouest, la falaise qui est en fait une cuesta d'escarpement de faille, montre un relief accidenté à abrupt alors que le piedmont de falaise est à nouveau relativement plat.

Deux unités ont été identifiées sur le plateau selon que la cuirasse est proche ou relativement profonde. La falaise et les glacis de piedmont constituent respectivement une unité.

Symboles: Plal, Pla2, Plb, Plc

Description:

Plal: Plateau, sols ferrugineux tropicaux rouges ou lithosols sur cuirasse à moins d'un mètre de profondeur

Cette unité couvre la majeure partie du plateau de Thiès. Elle est aussi représentée par des buttes cuirassées au niveau de Keur Samba Kane, Diak Bodokhane et Nguëkokh. Les sols sont rouges, limoneux très largement cuirassés à faible profondeur avec de fréquents affleurements de cuirasse ferrugineuse et phosphatée. Cette cuirasse fossile est subhorizontale comme le relief et assez épaisse (plusieurs mètres). Elle est du type pisolithique en surface. Des sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire figurent en inclusion.

La végétation est épineuse à base d'Acacia ataxacantha; les zones d'ensablement où le sol est quelque peu profond ou celles où l'érosion a suffisamment ameubli le sol peuvent être cultivées sous mil ou arachide mais le taillis arbustif naturel devrait être protégé et une reforestation tentée.

Pla2: Plateau, sols ferrugineux tropicaux rouge brun, sur cuirasse à plus d'un mètre de profondeur

Cette unité couvre en fait les zones de transition vers les unités environnantes. Elle est localisée au nord et au sud de l'unité précédente.

Les sols y sont plus profonds, plus proches de ceux de l'unité E2az.

Plb: Falaise, sols d'éboulis de pente, colluvium, affleurements

Cette unité extrêmement étroite (3 km au maximum) forme la falaise du plateau de Thiès. Les éboulis de dimensions variées y ont une composition complexe, les blocs de latérite se mêlant aux débris marno-calcaires. La couleur des sols varie en surface du blanc grisâtre au noir. Les termitières sont fréquentes. L'accumulation relative de matériaux fins en contre-bas entraîne la formation de sols peu évolués d'apport, généralement mal drainés car ces matériaux gonflent et se colmatent en saison des pluies et l'hydromorphie résultante est cause d'un certain degré de concrétionnement ferrugineux et calcaire. Ces

sols sont par ailleurs extrêmement érodibles et dès lors que les pentes sont fortes, les phénomènes de solifluxion y sont d'autant plus fréquents.

Ces éboulis de pente supportent en général une végétation arbustive dense à dominance d'Acacia ataxacantha et la meilleure utilisation possible de ces sols reste indéniablement la réserve forestière.

Plc: Piedmont, sols hydromorphes, sur matériaux divers

Cette unité s'étend à l'ouest de l'unité précédente en une bande plus large atteignant jusqu'à 6 km par endroits. Elle semble constituée de deux niveaux de glaciis en pente très douce. Le matériau parental d'origine colluviale est complexe et des apports obliques en provenance de la cuirasse ferrallitique du plateau de Thiès y concourent à la formation de nouvelles cuirasses.

Le profil est de profondeur variable mais généralement inférieure à un mètre (70 cm fréquemment). Les sols sont le plus souvent des limons argilo-sableux noirs ou gris foncé, de pH relativement neutre ou très légèrement acide et à structure assez bien développée à tendance verticale. Les concrétions ferrugineuses peuvent être présentes pratiquement dès la surface.

Ces sols quelque peu fertiles peuvent supporter d'assez beaux peuplements arbustifs. Leur faible profondeur utile et leur tendance à l'engorgement en saison des pluies sont cependant des facteurs trop limitants qui confèrent à ces sols une vocation plutôt forestière.

BAS PLATEAUX D'ELEVATION INFÉRIEURE A 50 M, P2

Ces formations moins élevées que les précédentes, généralement entre 20 et 40 m, culminent en de rares endroits aux environs de 50 m. Elles révèlent une forte influence du matériau parental marno-calcaire. Cinq unités cartographiques ont été identifiées. Deux d'entre elles correspondent aux niveaux supérieurs ou plateaux, une autre correspond aux parties basses, deux autres encore recouvrent les pentes en bordure des plateaux.

Symboles: P2a1, P2a2, P2b, P2c1, P2c2.

Description:

P2a1: Plateau, sols hydromorphes vertiques, sur matériau argileux marno-calcaire, plus ou moins tirsifiés

De topographie générale relativement plane, cette unité a une forme grossièrement triangulaire et s'étend de la Petite Côte entre Rufisque et Yenne jusqu'à mi-distance environ entre Bayakh et Keur Moussa Mbougane. Les sols noirs ou brun foncé sont hydromorphes à caractère vertical parfois très prononcé. Leur teneur en argile est cependant souvent insuffisante pour les classer parmi les vertisols. Ils tendent d'ailleurs à évoluer vers des sols bruns calcaires et des sols bruns

calcaires typiques sont d'ailleurs présents en tant qu'inclusions mineures. L'horizon superficiel est de fait souvent enrichi en sables siliceux, ce qui confère à ces sols une structure superficielle grumeleuse souvent bien développée mais qui devient rapidement plus grossière et massive en profondeur où le limon argilo-sableux tend vers une argile sableuse. Les sols sont aussi plus lourds et plus massifs vers l'intérieur du plateau. Des débris marno-calcaires sont souvent présents dans le profil parfois dès l'horizon superficiel, le substrat étant généralement atteint entre 80 et 125 cm de profondeur.

La végétation est une savane arbustive claire à Acacia seyal avec Schoenefeldia gracilis dans le tapis herbacé. La zone est cultivée sous sorgho ou sous mil avec jachère arbustive mais ces sols ont cependant une fertilité chimique assez pauvre pour des teneurs moyennes en matière organique. Cet appauvrissement est très net dans les parties hautes, les parties basses du plateau étant relativement enrichies par apport latéral. La texture un peu lourde ne facilite guère les façons culturales mais une production agricole est possible au prix d'un certain investissement, notamment en produits fertilisants, et de mesures conservatoires.

P2a2: Plateau, sols hydromorphes vertiques, sur matériau argileux marno-calcaire, fortement tirsifiés

Cette unité est peu étendue, elle se trouve localisée au nord de Pout.

De couleur généralement brun noir, semblables aux sols de l'unité précédente mais plus profonds avec de petites concrétions calcaires à plus d'un mètre et le substrat marneux vers 2 m, plus argileux avec un caractère vertique très prononcé, ces sols ont une structure mieux caractérisée et une teneur en argile suffisante qui permettent de les classer dans les vertisols.

Leur texture lourde et leur structure trop massive présentent un handicap certain pour le travail du sol. La végétation arbustive dense à Acacia seyal ou Acacia ataxacantha que peuvent supporter ces sols est cependant exploitable pour le bois de chauffe ou le charbon de bois.

P2b: Dépressions ensablées, sols calcimorphes ou sols bruns hydromorphes, sur matériau à lits gravillonnaires

L'unité se présente sous forme de bandes irrégulières allongées suivant une direction nord-est/sud-ouest, dans la zone se situant entre Tasset Ouolof à l'ouest, l'axe Khombole-Bambey au nord et le delta du Sine-Saloum au sud et à l'est. Ces bandes sont généralement en dépression vis-à-vis de l'unité avoisinante (E2az) et de topographie relativement plane. Les sols sont nettement sableux, brun assez foncé. Ils supportent une savane assez dense à Acacia seyal avec Schoenefeldia gracilis dans la strate herbacée. La présence des marnes en profondeur est responsable de leur hydromorphie temporaire dont les caractéristiques sont fort variables mais qui provoque souvent la formation de lits concrétionnés (fer et manganèse) en profondeur. Un horizon légèrement

plus argileux, plus frais, est présent entre 20 et 60 cm, l'accroissement de la teneur en argile est cependant insuffisant pour un sol lessivé. La structure est relativement massive.

Ces sols se rapprochent fort des sols ferrugineux tropicaux environnants. Ils sont cultivables et d'assez bon rapport mais présentent une nette tendance à l'encroûtement.

P2c1: Bords de plateaux et pentes, rendzines d'érosion sur roches marno-calcaires

Cette unité recouvre les sols à mull calcique formés sur les pentes d'érosion montrant des affleurements de marnes ou de marno-calcaires. Elle se limite à de petites plages en bordure du plateau de Bargny.

Ces sols supportent le plus généralement une pelouse xérophile. Leur profil est peu profond (moins de 50 cm), caillouteux, de couleur foncée, argileux assez bien structuré surtout en surface. Leur teneur en matière organique, remarquablement élevée par rapport aux sols de la région, reste cependant faible comparée aux valeurs obtenues dans le cas de rendzines typiques. Le pH est nettement alcalin.

Bien que ces sols soient localement cultivés, leur faible profondeur, leur position dans la topographie et leur susceptibilité à l'érosion sont trop de facteurs défavorables qui suggèrent la reforestation comme meilleure utilisation possible.

P2c2: Bords de plateaux et pentes, sols hydromorphes sur colluvions calcaires

Cette unité borde le plateau de Bargny d'une bande étroite presque continue. Elle s'étend de plus au nord de Rufisque et à l'est de Bayakh. Sa topographie est légèrement ondulée.

Les sols sont meubles et profonds, bruns plus ou moins calcaires avec un pH très souvent alcalin. Ils sont généralement ensablés et leur texture varie du limon argilo-sableux au sable limoneux. La végétation est souvent dégradée. Bien que chimiquement déficients, ce sont des assez bons sols maraîchers dans les bas-fonds mais ils sont généralement trop sensibles à l'érosion. Les pentes devraient préférablement être boisées ou tout au moins les spéculations devraient y être arbustives ou arborées.

BASSE PLAINE ALLUVIALE, P3

Cette formation correspond à une seule unité couvrant les plaines alluviales entourant la Somone.

Symbole: P3

Description:

P3: Basse plaine alluviale (Somone), sols hydromorphes de profondeur, sur alluvions

La topographie de cette unité est relativement plane. Elle recouvre les alluvions récentes de la Somone.

Les sols sont généralement de couleur brune et caractérisés par un pseudogley de surface montrant dans l'horizon superficiel des traînées de couleur rouille le long des racines. En profondeur leur texture est typiquement celle d'un limon argilo-sableux. Ils présentent alors les panachures caractéristiques de l'hydromorphie ainsi qu'une certaine tendance au concrétionnement par mobilisation du fer et du manganèse. La structure est en général relativement grossière et assez peu développée.

Sur le terrain cette unité correspond assez bien à la Forêt Classée de Bandia. Bien que cultivés sous sorgho avant la constitution de la réserve, ces sols sont normalement trop humides en saison des pluies. Leurs autres caractéristiques physiques et chimiques étant par ailleurs assez favorables une exploitation forestière rationnelle est susceptible de fournir un rapport soutenu mais la carence potassique est à craindre.

BAS GLACIS COLLINAIRE, P4

Bordé au sud-ouest par le plateau du Ferlo et au nord-est par la vallée du fleuve Sénégal, le bas glacis s'étend en une bande continue assez large depuis Fadaría jusqu'à Ngoui, devenant alors plus étroite et discontinue pour finalement disparaître sous les formations éoliennes au niveau de Guédé.

De nombreux massifs collinaires émergent de ce glacis mais leur signature spectrale ne reflète guère les associations de sols présentes. Seulement trois unités ont donc été représentées. Le glacis proprement dit constitue une quatrième unité et les vallées d'érosion incisant les terrains de la "Formation Jaune" une cinquième.

Symboles: P4a1, P4a2, P4a3, P4b, P4c

Description:

P4a1: Massifs collinaires, lithosols sur cuirasse, sols bruns subarides, sols ferrugineux tropicaux lessivés

Cette unité comprend des buttes témoins cuirassées dominant le glacis de 10 à 30 mètres environ. Elles sont couvertes de blocs et de cailloux divers. Les formations sableuses s'étendant entre ces collines correspondent à celles de l'unité P4b mais l'érosion pourrait y être nettement plus intense. L'érosion et la faible profondeur utile de ces sols constituent des limitations majeures.

P4a2: Massifs collinaires, lithosols sur cuirasse, régosols sur matériau gravillonnaire, sols bruns subarides plus ou moins vertiques, sols vertiques, rendzines

Sont regroupés dans cette unité des sols extrêmement variés. La majorité de ces collines sont cuirassées ou couvertes de blocs ou d'un pierrier de composition diverse. Elles peuvent aussi montrer des sols peu évolués d'érosion, régosols sur matériau gravillonnaire ou sablo-graveleux. Tous ces sols de caractéristiques fort variables comme leur matériau parental, sont généralement peu profonds, sensibles à l'érosion hydrique et supportent des pâturages souvent médiocres. Le glacis d'érosion entourant les collines présente des sols bruns subarides à caractère le plus souvent faiblement vertique et parfois d'assez bonne qualité agronomique. Quelle que soit leur position topographique, lorsque le matériau calcaire est proche, il est possible que des sols vertiques ou rendzinaiformes se développent. Leurs propriétés chimiques sont alors assez bonnes mais ils sont cependant généralement peu profonds et ont des propriétés physiques médiocres (texture et structure). Leur position topographique les expose à l'érosion bien que la végétation naturelle y soit localement plus riche.

Seuls les abords de ces massifs collinaires sont raisonnablement cultivables, ailleurs la qualité des sols est souvent médiocre ou le risque d'érosion trop grand.

P4a3: Massifs collinaires, lithosols sur cuirasse, sols bruns subarides

Cette unité comprend elle aussi des collines cuirassées du même type que celles de l'unité P4a1 mais dont le glacis recoupe les niveaux argileux de la "Formation Jaune". Comme pour l'unité P4c les sols y sont du type brun subaride sur matériau argileux ou peu évolués d'érosion régosoliques sur matériau argileux gravillonnaire. Les phénomènes d'érosion et de glaçage y sont importants. Le pâturage y est médiocre à nul.

P4b: Glacis de raccordement, sols bruns subarides et sols ferrugineux tropicaux appauvris

Cette unité correspond en grande partie au premier remblai défini par P. Michel, 1973. Le sol dominant est du type brun subaride mais des variations vers les sols ferrugineux tropicaux sont possibles. La topographie est quasi plane.

Les sols, profonds, sont des sables limoneux sur limons sableux. Ils sont bruns en surface, jaunâtre en profondeur, plus rougeâtre dans le cas des sols ferrugineux, avec des taches d'hydromorphie éventuelles en profondeur, les sols pouvant devenir hydromorphes à proximité du fleuve. Une phase d'ensablement "s" est aussi représentée. Le pH est souvent relativement neutre, alcalin en profondeur à cause de la présence éventuelle de carbonates. La structure est le plus souvent massive à tendance polyédrique. La teneur en matière organique est faible de même que la fertilité chimique plus particulièrement dans le

cas des sols ferrugineux tropicaux. Sur le terrain ces sols ne se différencient cependant guère par leur aspect.

La végétation est une savane arbustive claire à Balanites aegyptiaca.

P4c: Vallées d'érosion, sols bruns subarides sur matériau argileux et régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité est visible en quelques endroits aux environs de Kellof où les niveaux argileux de la "Formation Jaune" sont recoupés par le glacis et les vallées d'érosion. Les affleurements gravillonnaires y sont très fréquents et alternent avec des surfaces de glaçage. Ces sols sont bruns argileux, à structure lamellaire en surface, polyédrique ensuite, ils sont graveleux à faible profondeur. Le pH est très légèrement acide.

Cette unité correspondant à une surface d'érosion active, elle ne supporte qu'un pâturage médiocre.

C. Formations sur Grès Maestrichtiens (Crétacique), C

Ces formations s'étendent sur les grès maestrichtiens subhorizontaux du massif de Ndiass. Deux unités cartographiques ont été identifiées. La première est constituée de collines fortement cuirassées résultant de la dissection du bas plateau. Leur élévation est généralement supérieure à 40 m et peut dépasser 80 m. La seconde s'étend dans les parties basses, généralement entre 20 et 40 m d'élévation, sur les matériaux de colluvionnement provenant de l'érosion hydrique des sols de l'unité supérieure. La topographie générale de ces formations est légèrement ondulée à vallonnée.

Symboles: Ca, Cb

Description:

Ca: Plateaux, lithosols et régosols, sur cuirasse démantelée sur grès

Ces anciennes surfaces d'érosion sont relativement planes. Les sols sont fortement cuirassés, amincis et remaniés. Ils sont le résultat d'une importante érosion hydrique sur d'anciens sols ferrallitiques cuirassés témoins d'un climat plus humide (Fig. 4.14).

Leur profondeur utile est généralement limitée à moins de 50 cm, la cuirasse affleure localement mais elle peut aussi se trouver à plus grande profondeur. La cuirasse est du type gréseux en plaquettes, rarement pisolithique, la terre fine est une argile sableuse rouge à charge caillouteuse formée des produits de démantèlement des cuirasses et des grès. Le pH est généralement acide.

La cuirasse supporte une maigre végétation épineuse mais là où le sol est relativement plus profond il peut encore supporter un taillis



Fig. 4.14. Surface d'érosion: Massif de Ndiass, lithosols et régosols, unité Ca.

arbustif relativement dense à Acacia ataxacantha. Ces poches de sols plus profonds sont souvent cultivées (mil) mais le risque d'érosion est élevé. Des mesures de conservation sont indispensables mais la meilleure utilisation des terres de cette zone reste forestière. Sinon les spéculations choisies devraient au moins être arbustives ou arborées, telles par exemple des agrumes.

Cb: Vallons, sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés, sur colluvions

Le matériau de colluvionnement constituant ces sols est plus ou moins remanié et lessivé, proportionnellement plus riche en argile et plus rouge dans la zone de départ, devenant plus clair avec la distance de transport mais fréquemment panaché.

L'horizon superficiel est généralement sableux, les horizons profonds sont faits de sable ou de limon sableux et de texture légèrement plus lourde (limon argilo-sableux à drainage modéré) dans les bas-fonds remblayés. Ces sols ont une relativement bonne structure quoique peu développée dans l'horizon superficiel. Peu graveleux, ils sont généralement cultivés sous mil et arachide. Il y a cependant des risques d'érosion, l'horizon superficiel sableux étant sensible à l'érosion éolienne, les hauts de pentes montrant quant à eux des signes évidents d'érosion hydrique. Des sols bruns calcaires sont identifiables à hauteur de Popenguine, ils constituent une inclusion mineure dont la valeur agronomique est d'ailleurs très limitée.

4.3.3.3 Formations sur Socle Primaire ou Roches Volcano-Sédimentaires Anciennes

A. Formations sur Roches d'Origine Essentiellement Sédimentaire, S

Ces formations recouvrent la majeure partie du Sénégal Oriental dont elles occupent tout l'ouest, se prolongeant en Haute Casamance et remontant vers le nord jusqu'à Bakel et Tianialo.

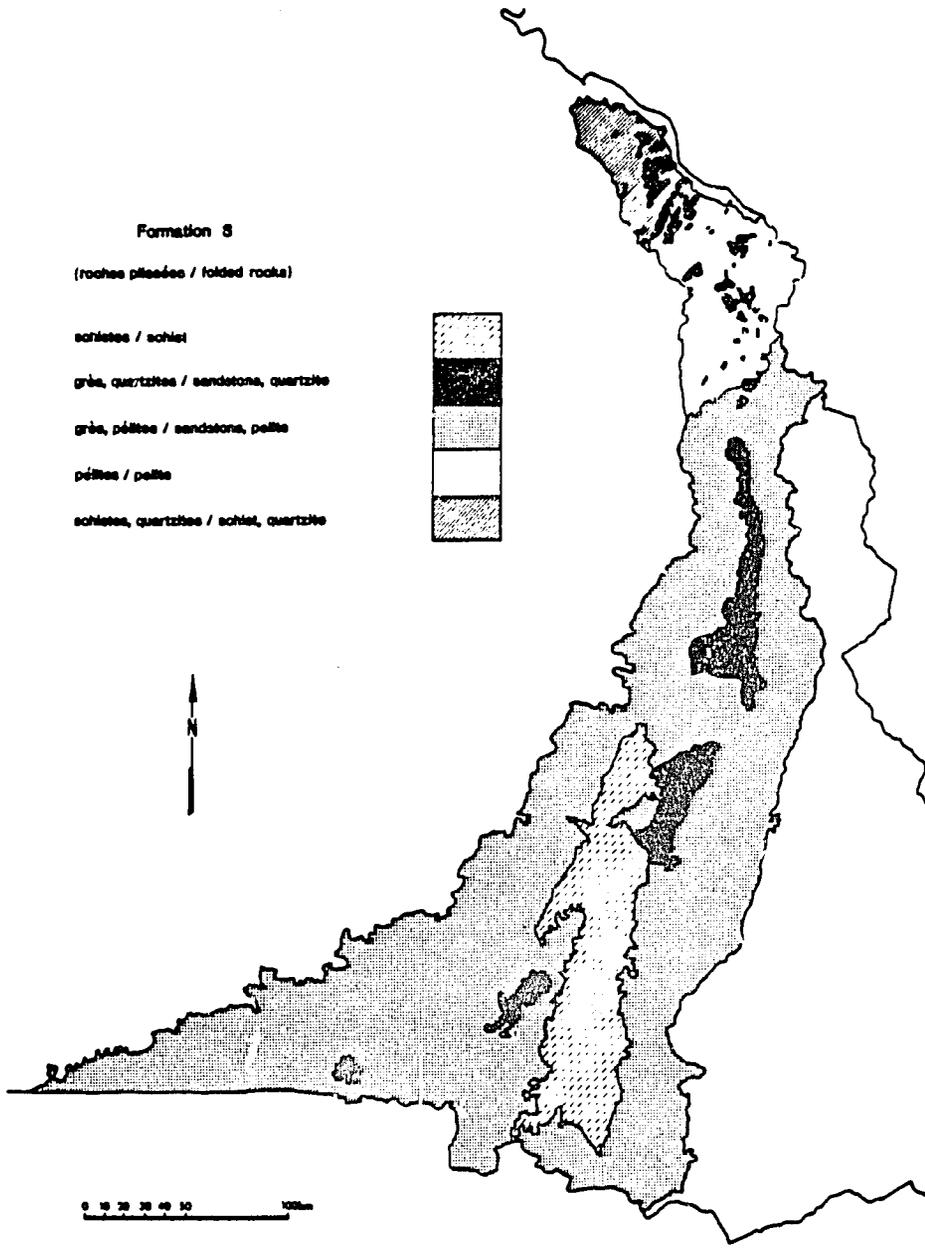
Les formations sur roches plissées plus ou moins métamorphisées ont d'abord été distinguées des formations sur roches subhorizontales, limitées en fait aux contreforts du Fouta Djalon. La distinction a ensuite été faite sur base du matériau parental et de la physiographie. Cinq groupes de formations sur roches plissées et deux sur roches subhorizontales ont ainsi été distingués:

- Sur Roches Plissées:

Les collines et glacis cuirassés sur schistes durs, à faciès paléovolcanique (Monts Bassari). ("schistes", carte 4.5)

Les collines et glacis sur grès tendres argileux et quartzites. ("grès, quartzites", carte 4.5)

Les glacis étagés et plaines sur grès argileux et pélites. ("grès, pélites", carte 4.5)



Carte 4.5 Formation S

Les basses plaines et vallées sur pélites, à faciès paléovolcanique. ("pélites", carte 4.5)

Les basses plaines et vallées sur schistes métamorphisés. ("schistes, quartzites", carte 4.5)

- Sur Roches Subhorizontales:

La cuesta schisteuse. ("schistes", carte 4.6)

La cuesta gréseuse. ("grès", carte 4.6)

ROCHES PLISSEES.

COLLINES ET GLACIS CUIRASSES SUR SCHISTES DURS, FACIES PALEOVOLCANIQUE, SI

Ces formations correspondent à la région des Monts Bassari, s'enfonçant en biseau depuis Salémata jusqu'aux environs de Bokolako. Le matériau parental est principalement formé de schistes durs du Paléozoïque inférieur. Trois niveaux de collines plus ou moins élevées ont été distingués ainsi qu'un glacis cuirassé et des vallons d'érosion.

Symboles: Slal, Sla2, Sla3, S1b, S1c

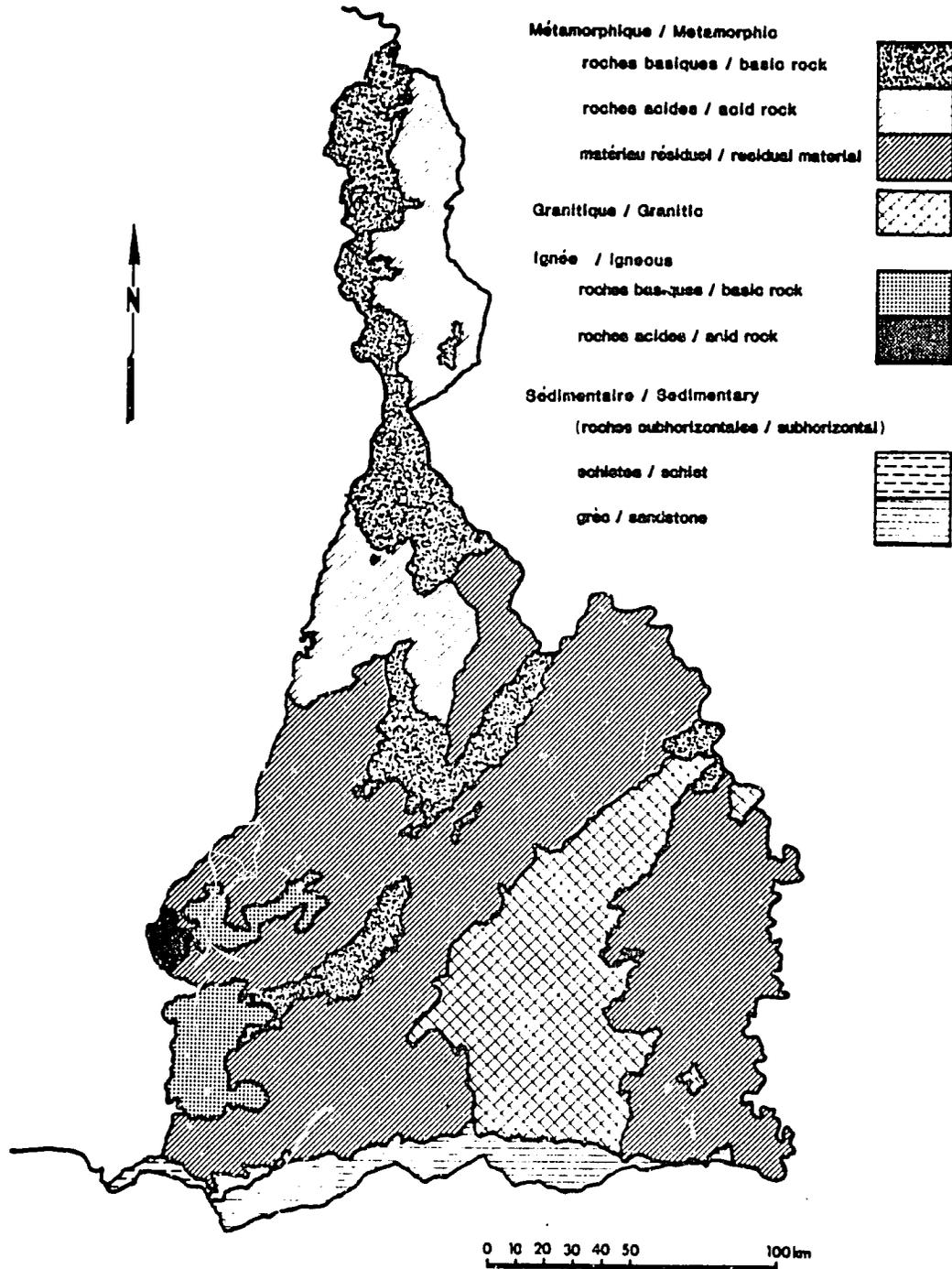
Description:

Slal: Collines élevées, régosols bruns eutrophes et sols bruns eutrophes, sur matériau d'altération argileuse de roches basiques variées

Cette unité couvre au sud du fleuve Gambie le massif collinaire le plus élevé du pays Bassari. Ces collines culminent à plus de 400 m, les pentes peuvent y être abruptes mais le relief y est le plus souvent ondulé à vallonné.

Les sols dominants (plus de 50%) sont des régosols à faciès brun eutrophe sur débris de roches basiques diverses (schistes à amphiboles). La surface du sol est très caillouteuse. Le sol est peu profond, il est essentiellement constitué de cailloux altérés, petits fragments de schiste beige, presque depuis la surface. La terre fine est un limon argilo-sableux de couleur brun rouge, à structure polyédrique très fine, à tendance grumeleuse en surface. La roche altérée très friable occupe l'essentiel de la masse du sol à faible profondeur. La teneur en matière organique est moyenne mais plutôt élevée. La fertilité chimique est aussi moyenne à plutôt élevée avec des valeurs très satisfaisantes pour le potassium et le phosphore généralement limitants. Le pH est très légèrement acide. Ces sols restent perméables grâce aux cailloux et à la roche friable ce qui limite quelque peu le risque d'érosion qui reste cependant sérieux. Des apports de matières organiques sont nécessaires pour maintenir la structure et éviter le lessivage oblique des éléments fins.

Formations M, G, I & S (partim)



Carte 4.6 Formations M, G, I & S (partim)

Le composant mineur (environ 20%) à sols bruns eutrophes a des caractéristiques très similaires. Ces sols sont aussi peu épais, bien drainés, bien structurés, quelque peu moins caillouteux.

Bien que très caillouteux ces sols conviennent bien au mil qui est traditionnellement cultivé sur les hautes pentes les plus fortes, le coton et l'arachide occupant les basses pentes. La qualité des parcours est moyenne à bonne.

Des sols peu évolués intergrades vertiques figurent en inclusions mineures. Ceux-ci sont plus hétérogènes, souvent fertiles mais à caractéristiques physiques assez défavorables.

Sla2: Collines moyennement élevées, régosols sur matériau gravillonnaire et sols peu évolués d'apport vertiques sur matériau argileux gonflant

Cette unité couvre les collines au nord de la vallée de la Gambie culminant au-delà de 300 m avec le Mont Hassirik. Le relief reste localement accidenté mais est le plus souvent ondulé à vallonné. Quelques plages de lithosols sur cuirasse figurent en tant qu'inclusions mineures. Les sols se partagent entre des régosols sur matériau gravillonnaire et des sols peu évolués d'apport vertiques sur matériau argileux gonflant.

Les sols peu évolués vertiques (environ 40%) sont plutôt hétérogènes et mal drainés. Les taches d'hydromorphie apparaissent généralement dès la surface, la structure est massive à prismatique. Un horizon gravillonnaire est le plus souvent présent à faible profondeur, la roche altérée peut apparaître à moyenne profondeur. Le pH est le plus souvent neutre, la fertilité chimique élevée à très élevée mais avec un déséquilibre phosphaté. La teneur en matière organique est faible. Ces sols sont moins favorables que les régosols à cause de leur hétérogénéité et de leurs caractéristiques physiques généralement défavorables.

Les régosols (environ 40%) sont peu épais, avec une charge gravillonnaire importante à très importante et reposant sur la cuirasse à moyenne profondeur. De limon sableux en surface, la texture passe au limon argileux en profondeur. Le pH est relativement neutre à très légèrement acide, les teneurs en matière organique et la fertilité chimique sont moyennes. Bien que difficiles à travailler et aisément dégradables, ces sols sont plus favorables à la culture du mil ou de l'arachide mais des apports organiques et minéraux sont cependant indispensables. Les pâturages sont de valeur moyenne à bonne.

Sla3: Collines peu élevées, régosols sur matériau gravillonnaire et sur matériau argileux d'altération

Cette unité comprend les collines les moins élevées des Monts Bassari. Celles-ci n'atteignent que rarement 180 m, elles ont des pentes assez fortes à fortes et des sommets cuirassés mais elles sont peu nombreuses et l'essentiel de l'unité est de topographie ondulée avec de nombreux affleurements de cuirasse en corniche.

Les sols sont pour la plupart des régosols sur matériau gravillonnaire (environ 40%) et des régosols sur matériau argileux d'altération (environ 40%). Les lithosols sur cuirasse forment un composant mineur (moins de 20%).

Les régosols sur matériau gravillonnaire correspondent à ceux décrits pour l'unité S3a3, il est fréquent cependant que des niveaux d'altération argileuse de roches diverses aient été mis à jour par l'érosion et que les sols, tout en restant gravillonnaires dans l'horizon superficiel présentent une discontinuité lithologique à faible ou très faible profondeur. La terre fine passe alors d'une texture sableuse à une texture argileuse et les gravillons sont remplacés par des cailloux altérés. Les caractéristiques de ces sols sont ainsi assez variables, ils peuvent parfois être chimiquement plus fertiles que les régosols sur matériau gravillonnaire mais la discontinuité lithologique constitue un horizon d'arrêt pour les racines. Ils sont donc difficilement cultivables. Les régosols nécessitent quant à eux des apports répétés de matières organiques et de fertilisants pour maintenir leur structure et leur fertilité.

La valeur des pâturages naturels est plutôt médiocre en saison sèche.

S1b: Glacis cuirassé, lithosols sur cuirasse

Cette unité constitue le prolongement des Monts Bassari au nord du fleuve Gambie. Cette région domine quelque peu les régions situées à l'est et à l'ouest mais son élévation ne dépasse jamais les 200 m. Elle est fortement cuirassée et ces surfaces sont relativement planes avec des affleurements en corniche aux ruptures de pente.

Le sol est soit constitué d'un affleurement de cuirasse en dalle, soit jonché de très nombreux cailloux et blocs, soit gravillonnaire de surface. Les termitières y sont rares, petites et en forme de champignon.

D'aptitudes agricoles nulles, ces sols portent en outre un pâturage très médiocre. Un reboisement éventuel et des mesures de protection pourraient utilement être envisagées. L'intensité de l'érosion hydrique est considérablement accrue par concentration du ruissellement sur ces surfaces cuirassées imperméables.

S1c: Vallons d'érosion, régosols sur débris de roches diverses

Cette unité est limitée aux abords du fleuve Gambie au nord de Tiankoye. Elle rassemble quelques vallons d'érosion incisant des formations géologiquement hétérogènes.

Ces sols régosoliques sur débris de roches diverses sont peu profonds et extrêmement caillouteux. La terre fine souvent argileuse présente des caractéristiques de fertilité chimique assez favorables mais la charge caillouteuse et la profondeur utile minime rendent toute culture quasi impossible. La zone est aussi extrêmement sensible à l'érosion hydrique.

COLLINES ET GLACIS SUR GRÈS TENDRES ARGILEUX ET QUARTZITES, S2

Ces formations comprennent les collines et les glacis formés sur grès argileux rouges du Cambrien supérieur et les grès blancs du Gothlandien. Le matériau est sensiblement métamorphisé au niveau de Bakel où les collines deviennent quartzitiques.

Les collines ont été distinguées des piedmonts et une zone de glacis sur carapace gréseuse forme la troisième unité.

Symboles: S2a, S2b, S2c.

Description:

S2a: Collines, lithosols sur grès ou sur quartzites

Cette unité comprend les collines et affleurements gréseux ou quartzitiques. Deux plages représentent les affleurements de grès blancs gothlandiens dans le Niokolo-Koba. Les collines gréseuses s'échelonnent depuis les environs de Dalafi jusqu'au niveau de Kidira où elles sont plus dispersées et ainsi jusqu'au nord de Bakel où elles deviennent le plus souvent quartzitiques. Ces collines constituent un relief vallonné et culminent aux environs de 125 m. Elles ne présentent aucun intérêt agronomique.

S2b: Piedmonts, lithosols sur grès et sols peu évolués d'apport hydromorphes de profondeur sur matériau dérivé des grès

Les vallons et piedmonts entourant les collines gréseuses sont largement occupés (environ 70%) par des sols peu évolués d'apport, à hydromorphie de profondeur, les lithosols constituant un composant mineur.

Ces sols sont très profonds et plutôt légers, sable sur sable limoneux en surface, limon sableux en profondeur, mais battants à cause de la forte proportion de sables fins entrant dans leur composition texturale. Ils ont donc une structure souvent massive à prismatique, une cohésion relativement moyenne en surface, de plus en plus forte en profondeur. La couleur est le plus souvent ocre, gris brun dans l'horizon humifère, avec des taches d'hydromorphie à moyenne profondeur. Un niveau gravillonnaire ou carapacé peut être présent en profondeur. Les teneurs en matière organique sont plutôt moyennes à faibles, la fertilité chimique est faible, le pH est relativement neutre.

Ces sols sont cultivables sous arachide et mil, parfois un peu limités par des caractéristiques d'hydromorphie trop prononcées.

S2c: Glacis, régosols sur carapace gréseuse

Ces glacis à pente très faible s'étendent en quelques plages limitées aux environs de Bountougou Fara. L'élévation est d'environ 100 m.

Ces sols sont très peu profonds, sableux, humifères, à structure massive et moyennement cohésifs. Ils sont limités par un horizon gravillonnaire mêlé de débris de carapace sur carapace gréseuse ferruginisée (Fig. 4.15). Celle-ci se comporte cependant comme un matériau régosolique et le sol reste donc perméable.

Ces sols ont en fait des caractéristiques de fertilité et partant des aptitudes culturales similaires à celles des régosols sur matériau gravillonnaire mais surtout ils sont très aptes au boisement qui semble dès lors préférable. La végétation arborée naturelle à Pterocarpus erinaceus et Combretum sp. y est de très bonne venue.

GLACIS ETAGES ET PLAINES SUR GRES ARGILEUX ET PELITES, S3

Ces formations entourent les formations précédentes et occupent la majeure partie du territoire au sud de Sénoudébo. Les caractéristiques du matériau parental paléozoïque sont moins exprimées dans la pédologie que dans le cas des formations précédentes. Trois niveaux physiographiques ont été reconnus: interfluves et glacis étagés, vallons et basses pentes, basses plaines; et diverses associations de sols ont été définies pour chacun avec l'aide des documents disponibles, soit un total de huit unités, cinq pour les interfluves, deux pour les vallons et pentes, une pour les plaines.

Symboles: S3a1, S3a2, S3a3, S3a4, S3a5, S3b1, S3b2, S3c.

Description:

S3a1: Interfluves, glacis étagés, lithosols sur cuirasse

Ces glacis et interfluves pratiquement plans et extrêmement cuirassés sont assez largement représentés de part et d'autre du fleuve Gambie. Leur élévation varie entre 80 et 120 m et atteint ou dépasse très rarement 150m.

La cuirasse affleure très largement, alternant avec des plages à recouvrement squelettique et jonchées de nombreux cailloux et blocs de cuirasse. Le matériau gravillonnaire occupe alors la surface mais reste peu épais. Les termitières y sont basses (moins de 50 cm) et y ont une forme typique (champignon) (Fig. 4.16).

Ces sols sont totalement inaptes à la culture, ils supportent un pâturage médiocre à nul en saison sèche. Les possibilités d'exploitation forestières sont aussi limitées, le reboisement éventuel devrait viser uniquement à la protection des sites. Les eaux de ruissellement ont aussi dans ces zones un très fort pouvoir érosif dû au phénomène de concentration sur surfaces imperméables.

S3a2: Interfluves, glacis étagés, lithosols sur cuirasse et régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité correspond aux glacis à pentes quasi nulles ou faibles et d'élévation ne dépassant pas 150m, s'étendant surtout à l'est dans les formations sur roches d'origine sédimentaire.



Fig. 4.16. Termitière en forme de champignon sur sol gravillonneux de surface.



Fig. 4.15. Détail d'un niveau de grès carapacé.

Les sols sont soit des lithosols sur cuirasse soit des sols peu évolués régosoliques d'érosion sur matériau gravillonnaire. Les signatures spectrales suggèrent la possible prépondérance de l'un ou l'autre des composants et le choix a été fait de représenter deux phases pour cette unité. Les caractéristiques des sols correspondent alors plus généralement à celles de l'un des deux composants.

La phase cuirassée "c" à prépondérance de lithosols (plus de 60% contre 25% de régosols) est donc considérée comme non cultivable similairement à l'unité S3a1 alors que la phase régosolique ou gravillonnaire "g" à prépondérance de sols d'érosion gravillonnaires (environ 50% contre moins de 40% de lithosols) est supposée être apte à la culture avec les réserves émises pour l'unité S3a3.

S3a3: Interfluves, glacis étagés, régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité remarquablement plane ou à pente très faible s'étend dans le sud-ouest de la zone des formations d'origine sédimentaire, généralement de part et d'autre de la vallée du fleuve Cambie et en remontant jusqu'au niveau de Gamon vers le nord. Quelques plages encore sont visibles plus au nord le long des collines gréseuses de l'unité S2a.

Les sols sont des sols peu évolués régosoliques d'érosion sur matériau gravillonnaire. Ce sont des sols humifères peu épais, pénétrables par les racines mais avec une charge gravillonnaire importante à très importante qui peut reposer sur une cuirasse dure généralement à 50 cm. Ils sont cependant très généralement perméables et ont une très faible capacité de rétention pour l'eau. L'horizon humifère a une structure polyédrique fine bien développée, la texture de la terre fine est généralement limoneuse, de limon sableux en surface elle devient limon argileux en profondeur. Le pH relativement neutre en surface, est très légèrement acide en profondeur, les taux de matière organique sont moyens.

La terre fine de ces sols présente souvent une fertilité très satisfaisante liée à sa teneur en matière organique. La mise en culture de ces sols se traduit malheureusement par une diminution de la matière organique avec pour conséquence une chute de la fertilité. Bien que difficiles à travailler, ces sols conviennent à la culture de l'arachide et du mil mais ils sont généralement très fragiles et se dégradent très rapidement. Ils nécessitent des apports constants de matières organiques pour maintenir leur structure et leur fertilité. La végétation naturelle offre un pâturage satisfaisant.

S3a4: Interfluves, glacis étagés, lithosols sur cuirasse et sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité s'étend depuis l'axe Kayan-Sintiou Kotié vers le nord en bordant les formations sur "Continental Terminal" jusqu'à dépasser quelque peu Sambakolo. Les pentes sont généralement faibles et l'élévation ne dépasse pas 100 m.

Cette unité comporte une association comparable à celle de l'unité S3a3 mais dans ce cas-ci les lithosols sur cuirasse sont associés à des sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire. Ceux-ci sont des sols gravillonnaires à texture plutôt fine, limon argileux à argile limoneuse, reposant sur une cuirasse fortement indurée à faible profondeur. Les horizons supérieurs ont une structure généralement massive et le sol est plutôt fortement cohésif. La couleur est gris clair, la teneur en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles, le pH légèrement acide.

Il a semblé possible de scinder cette unité en deux phases, l'une cuirassée, l'autre gravillonnaire en se basant sur les signatures spectrales. Elles sont notées respectivement "c" et "g" sur la carte morphopédologique mais n'ont pas été maintenues pour l'établissement de la carte d'aptitude des terres pour laquelle une phase unique "g" a été considérée (avec environ 60% de régosols et 30% de lithosols). Ces sols présentent des qualités physiques défavorables mais ils peuvent cependant éventuellement être cultivés sur billons (arachide, sorgho). Ils portent des pâturages de qualité moyenne en saison sèche. La phase cu rassée peut être considérée comme n'étant pas cultivable.

S3a5: Glacis étagé, lithosols sur cuirasse, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau de colmatage

Cette unité comprend les glacis en bordure ouest des formations sur roches sédimentaires entre Gamon et Niokolo-Koba ainsi que dans le coin sud-est de la Haute Casamance. Les pentes sont très faibles mais l'élévation peut encore souvent dépasser 100 m avec un point haut en Haute Casamance dépassant même 150 m.

Le composant majeur (environ 50%) est constitué de sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire tels ceux décrits pour l'unité S3a4 dont celle-ci se différencie par l'introduction d'un composant mineur. Le composant secondaire (environ 25%) est formé de lithosols sur cuirasse qui affleure le plus souvent en corniche aux ruptures de pentes et qui peut aussi être présente localement en dalle ou sous forme de pierrier. Le composant mineur (environ 20%) est un sol ferrugineux tropical développé sur le matériau de colmatage des glacis. Comparé aux autres sols ferrugineux du Sénégal Oriental, celui-ci a une fraction limoneuse relativement importante (limon argileux sur argile). La cuirasse est à environ un mètre parfois surmontée d'un niveau carapacé ou gravillonnaire, des taches et des concrétions plutôt nombreuses apparaissent dès 50 cm de profondeur. La structure prismatique grossière en surface devient polyédrique en profondeur. Ces sols ont un aspect hydromorphe et des caractéristiques physiques défavorables à la culture du coton et de l'arachide.

Dans l'ensemble, les sols de cette association peuvent surtout être cultivés en sorgho, sur billons de préférence. Le pâturage naturel est de qualité relativement moyenne en saison sèche.

S3b1: Vallons, basses pentes, régosols ou sols peu évolués d'apport, hydromorphes sur matériau gravillonnaire

Cette unité recouvre des vallons et des basses pentes très faibles ne dépassant guère 100 m d'élévation. Elle est localisée en quelques plages irrégulières au nord et au sud du fleuve Gambie, dans l'est du Niokolo-Koba et à l'est de Tiankoye respectivement.

Les sols des pentes sont surtout des régosols sur matériau gravillonnaire du même type que ceux décrits pour l'unité S3a3, ceux des axes de drainage sont des sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire plus profonds que ceux décrits pour l'unité S3a4. Ils sont formés sur les produits de démantèlement des cuirasses venus colmater les parties basses. Leur couleur est plus claire, la structure est toujours massive, ils sont assez fortement cohésifs, nettement plus argileux en profondeur (limon sableux sur argile sableuse). Les horizons gravillonnaires reposent sur une carapace subactuelle à moyenne profondeur. La teneur en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles et le pH, déjà légèrement acide en surface, devient franchement acide en profondeur.

Dans l'ensemble, ces sols ont des aptitudes assez faibles mais qui varient selon la qualité du drainage externe. Arachide et sorgho peuvent être cultivés dans les zones les mieux drainées et sur les régosols d'érosion, du riz peut être tenté dans les dépressions moins bien drainées. La valeur des parcours est moyenne en saison sèche.

S3b2: Vallons, basses pentes, sols hydromorphes sur matériau colluvio-alluvial

Cette unité légèrement ondulée et d'élévation le plus souvent proche de 120 m, s'étend aux alentours de Kayan. Elle est très apparente sur l'imagerie.

Les sols sont des sols hydromorphes sur matériau colluvio-alluvial normalement confinés aux fonds de vallées et repris en tant que tels dans les formations alluviales. La région de Kayan est un cas particulier où ces sols occupent une large zone de colmatage. Le sol a une couleur le plus souvent blanchâtre, gris légèrement bleuté en surface, beige en profondeur. Des taches ocre et rouille sont présentes dès la surface et des concrétions rouges apparaissent très nombreuses à moyenne profondeur. La structure prismatique en surface est irrégulièrement développée en profondeur, soit massive soit polyédrique. La texture varie du limon sableux en surface au limon argilo-sableux en profondeur. Les teneurs en matière organique sont plutôt faibles. La fertilité chimique est faible et le pH relativement neutre en surface peut être légèrement acide en profondeur.

Ces sols sont assez difficilement cultivables. Ils nécessitent des apports organiques et minéraux pour convenir au mil, au sorgho ou à l'arachide. Le coton peut éventuellement être cultivé sur billons, le billonnage étant d'ailleurs recommandable pour les autres cultures. Le pâturage est de relativement bonne qualité.

S5c: Basses plaines, sols halomorphes à alcalis non lessivés
ou sols hydromorphes

Cette unité s'étend à l'est des collines gréseuses de l'unité S2a, à l'ouest de la vallée de la Gandamaka et le long de la Falémé vers le nord jusqu'à Naye. L'élévation ne dépasse pas 80 m et la pente est quasi nulle. Des lithosols sur cuirasse, des régosols sur matériau gravillonnaire et des sols peu évolués hydromorphes sur matériau dérivé des grès figurent dans les inclusions mineures.

Le composant majeur (près de 70%) est un sol halomorphe à alcalis non lessivés, le caractère halomorphe provenant de la nature du matériau parental libérant du sodium et produisant des argiles de type montmorillonitique par altération. Ces sols étant situés dans une zone de colmatage important, ils sont recouverts par des apports finement sableux peu ou très peu épais. Les profils montrent des signes de pseudogley intense dus à l'imperméabilité du niveau argileux halomorphe; celui-ci ayant un pouvoir d'humectation très faible, l'engorgement est purement superficiel et ces sols sont en fait des sols "secs". La discontinuité entre le matériau de colmatage et le matériau halomorphe peut être soulignée par un niveau caillouteux ou gravillonnaire à très faible profondeur. La couleur est variable mais le plus souvent pâle, panachée de rouge et de jaune. La structure est le plus souvent prismatique, la charge caillouteuse variable mais toujours très importante au niveau de la discontinuité. Le matériau de recouvrement est un sable limoneux, en profondeur le matériau est un limon argilo-sableux ou même une argile. La teneur en matière organique est faible ou moyenne, la fertilité chimique, extrêmement élevée dans les niveaux halomorphes, est moyenne à élevée dans le matériau de recouvrement s'il est très peu épais, elle est faible à très faible si le niveau est un peu plus épais. Le pH relativement neutre en surface à légèrement acide si le matériau de recouvrement est quelque peu épais, devient très alcalin en profondeur.

Le composant mineur (environ 20%) est formé de sols hydromorphes sur matériau colluvial. Ils ont une structure prismatique grossière, ont une charge gravillonnaire importante souvent à moyenne profondeur. La teneur en matière organique est faible. Ces sols sont caractérisés par les mêmes recouvrements que les sols halomorphes et les deux sont donc difficilement différenciables sur le terrain.

La culture de ces sols est difficile, le travail du sol est plus aisé si le matériau de recouvrement est plus épais mais celui-ci est alors chimiquement pauvre. Les qualités physiques de ces sols sont en général défavorables. Ils supportent une savane arbustive à Acacia spp. et leur utilisation en tant que terrains de parcours est la plus appropriée.

BASSES PLAINES ET VALLEES SUR PELITES, FACIES PALEOVOLCANIQUE, S4

Ces formations correspondent aux plaines s'étendant entre Bakel et Kidira. Le matériau parental y a un faciès paléovolcanique se traduisant dans les sols par un faciès brun eutrophe. Deux niveaux phy-

siographiques ont été définis, les basses plaines et les vallées, chacun subdivisé en fonction des associations de sols présentes, soit un total de cinq unités, trois pour les plaines, deux pour les vallées.

Symboles: S4a1, S4a2, S4a3, S4b1, S4b2.

Description:

S4a1: Basses plaines, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux peu profonds, sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes et intergrades

Cette unité couvre les plaines au sud de Bakel jusqu'à Séoudji. Certains interfluves peuvent dépasser 80 m d'élévation. Ils sont occupés par des régosols plus ou moins hydromorphes et par des sols ferrugineux tropicaux peu profonds qui supportent une végétation assez fournie du type forêt claire. Ils sont généralement extrêmement gravillonnaires à faible profondeur, carapacés à moyenne profondeur. Ils sont très peu fertiles et une mise en culture pourrait de plus déclencher leur dégradation par érosion.

Le composant majeur (environ 70%) est formé de sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes sur matériau graveleux. Une tendance vertique est observable dans le nord, une tendance aux sols ferrugineux tropicaux hydromorphes existe dans le sud et vers la falaise du "Continental Terminal". Ces sols sont bruns, la texture est plutôt fine, limon argilo-sableux en surface passant à du limon argileux puis à de l'argile en profondeur. La structure est polyédrique grossière à fine bien développée. Les traces d'hydromorphie apparaissent à très faible profondeur en même temps que quelques gravillons et cailloux. La charge gravillonnaire et caillouteuse devient importante à faible profondeur.

Ces sols présentent une fertilité chimique satisfaisante, quelque peu limitée par des propriétés physiques défavorables. Ils peuvent au contraire être quelque peu déficients chimiquement mais ils sont alors souvent plus profonds. Des apports organiques et minéraux permettent d'envisager des spéculations agricoles. La végétation est une savane arborée à arbustive à Acacia seyal qui offre un pâturage moyen à bon tout au long de l'année.

S4a2: Basses plaines, sols vertiques

Cette unité est limitée à la région quasi plane aux alentours de Gabou. Les sols y ont une tendance vertique très prononcée, ils sont développés sur un matériau argileux gonflant provenant de l'altération de roches schisteuses. Ils sont donc de couleur très foncée et présentent souvent des fentes de retrait caractéristiques. L'horizon supérieur peut encore être un limon argileux mais les horizons profonds sont nettement argileux. Des cailloux de quartz ou de quartzite sont fréquemment présents et la charge gravillonnaire est aussi fort importante. La teneur en matière organique est moyenne, la fertilité chimique est assez élevée. La structure est polyédrique en surface à prismatique en profondeur.

Ces sols très cohésifs présentent des caractéristiques physiques souvent assez défavorables et le drainage est souvent déficient. Ils sont pourtant cultivables en sorgho et pour peu que des éléments minéraux soient apportés ils peuvent être cultivés en maïs et en coton.

La végétation est caractérisée par la présence d'Acacia seyal et de Schoenefeldia gracilis. La qualité du pâturage est plutôt faible.

S4a3: Basses plaines, sols hydromorphes et solonetz

Cette unité couvre le glacis à pente très faible entre Kidira et Dialiguel.

L'association combine des sols hydromorphes à nappe perchée et des sols halomorphes sodiques (solonetz) ainsi que divers intergrades entre ces deux types de sols.

Les sols hydromorphes ont une texture variant du limon sableux au limon argileux. Le gley réduit est parfois peu ou moyennement profond. Le pH relativement neutre ou acide en surface augmente toujours en profondeur en raison de l'alcalinité. Les solonetz ont une structure à colonnettes typique, une texture souvent limoneuse. Le pH augmente avec la profondeur et peut devenir très alcalin.

Dans les deux cas, les teneurs en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles. Les phénomènes d'érosion en nappe sont importants, le glaçage pratiquement généralisé. Les propriétés physiques sont largement défavorables surtout pour les sols sodiques. Ces sols n'ont donc que fort peu d'intérêt au point de vue agronomique et la valeur des pâturages naturels est d'ailleurs le plus souvent nulle ou médiocre.

S4b1: Vallées, sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes, sols peu évolués d'apport hydromorphes

Cette unité couvre le glacis de versants et le lit mineur des vallées traversant les plaines de Gabou à Kidira.

L'association constituant cette unité est du même type que celle qui caractérise les plaines environnantes de l'unité S4a1. Le composant majeur reste les sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes sur matériau graveleux, avec une tendance verticale vers l'aval et une tendance ferrugineuse vers l'amont. Des sols peu évolués d'apport plus ou moins hydromorphes sur matériau alluvial occupent le lit mineur des vallées.

Ces sols ont donc souvent une texture assez fine, sont bien structurés et ont des caractéristiques chimiques satisfaisantes. Ils sont cependant limités par une faible profondeur utile. Lorsqu'ils sont plus profonds ils sont aussi quelque peu déficients chimiquement. Des apports d'amendements organiques et minéraux sont donc nécessaires pour tout type de spéculation agricole. La végétation est une savane arbustive à Acacia seyal et le pâturage naturel est de moyenne à bonne qualité.

S4b2: Vallées, sols peu évolués d'apport hydromorphes et sols hydromorphes

Cette unité couvre l'ensemble des vallées se jetant dans la Falémé à Sénoudébo. Ces sols de couleur généralement brun jaune pâle, sont de texture assez variable, en moyenne du type limon argileux fin. Cette forte teneur en limon leur confère un caractère battant avec une structure généralement faiblement développée et le plus souvent massive (quoique une tendance grumeleuse en surface, polyédrique en profondeur soit décelable). Ces sols sont toujours plus ou moins hydromorphes, le pH est normalement légèrement acide, la teneur en matière organique est plutôt faible, la fertilité chimique plutôt élevée.

Ces sols sont relativement aptes à la culture si des apports de matières organiques sont prévus pour corriger le manque de structure et diminuer le risque de battance. Des problèmes de sodicité peuvent cependant être localement rencontrés.

Les parcours sont de qualité moyenne à bonne.

BASSES PLAINES ET VALLEES SUR SCHISTES METAMORPHISES, S5

Ces formations s'étendent au nord de Bakel sur un matériau métamorphisé, schiste à séricite. Deux niveaux physiographiques correspondant chacun à une association de sols ont été définis, distinguant les plaines des vallées.

Symboles: S5a, S5b

Description:

S5a: Plaines, régosols plus ou moins hydromorphes sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux peu profonds sur matériaux divers, sols bruns subarides

Cette unité couvre les plaines au nord de Bakel. L'élévation varie de 40 à 50 m.

Les interfluves sont occupés par un composant mineur (environ 20%) à régosols et sols ferrugineux tropicaux peu profonds. Ils sont souvent caillouteux et fortement érodés, ils ne supportent qu'une médiocre végétation. Le composant majeur (environ 70%) occupe les pentes et dépressions. Il regroupe des sols bruns subarides faiblement alcalinisés et des sols bruns à faciès divers.

La surface du sol est largement glacée. La texture est relativement homogène, limon sableux brun jaunâtre avec un appauvrissement en argile en surface, et des traces d'hydromorphie apparaissent pratiquement dès la surface. Des nodules calcaires et des gravillons ferrugineux sont présents à faible profondeur. La structure est prismatique à tendance colonnaire dans l'horizon supérieur, massive compacte en profondeur. La teneur en matière organique est plutôt faible, nulle en profondeur, la fertilité chimique moyenne mais le pH est très alcalin pratiquement dès les premiers centimètres.

Le composant majeur est donc de faible intérêt agronomique et les cultures sont localisées en de rares endroits favorables. Le faciès brun subaride modal a des qualités satisfaisantes, le faciès brun eutrophe hydromorphe a une faible profondeur utile.

La valeur pastorale de cette unité est elle aussi particulièrement médiocre.

S5b: Vallées, sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes, sols bruns subarides, sols peu évolués d'apport hydromorphes

Cette unité comprend les versants et lits mineurs des vallées qui s'échelonnent de Tianialo à Oldouldou.

L'association constituant cette unité est du même type que celle caractérisant les plaines environnantes de l'unité précédente S5a. Le composant majeur reste donc constitué de sols bruns subarides faiblement alcalinisés et de sols bruns à faciès divers avec une tendance plus nette à l'hydromorphie. Le lit mineur des vallées est occupé en outre par des sols peu évolués d'apport plus ou moins hydromorphes sur matériau alluvial.

L'unité ne présente donc guère d'intérêt agronomique, la culture n'étant possible qu'en de rares endroits favorables. La valeur des pâturages est de même particulièrement médiocre.

ROCHES SUBHORIZONTALES.

Les seules formations sur roches subhorizontales correspondent aux contreforts du Fouta Djalon. La dénivelée atteint 300 m et les fronts de cuesta sont en pente forte. Une première distinction a été faite sur base de la lithologie qui permet de distinguer une cuesta schisteuse à l'ouest et une cuesta gréseuse à l'est. Le second critère est physiographique, différenciant la côte de son glacis de piedmont.

Symboles: S6a, S6b et S7a, S7b

Description:

S6a: Côte schisteuse, lithosols sur schistes et sur cuirasse

La côte schisteuse borde le massif du Mali en Guinée. Ce relief accidenté longe la frontière approximativement depuis Nepen Diakha jusqu'à Yérouguéto. Quelques lambeaux de cuirasse sont observables parmi les affleurements de schistes. Cette unité ne présente aucun intérêt au point de vue agronomique.

S6b: Piedmont de côte schisteuse, sols peu évolués d'apport intergrades vertiques sur matériau argileux gonflant

Le glacis de piedmont borde la cuesta schisteuse d'une bande d'environ un kilomètre de large. Des affleurements de cuirasse, des plages régosoliques sur matériau gravillonnaire ou sur débris de roches diverses figurent en inclusions.

Les sols sont surtout du type peu évolué d'apport intergrades verticales sur matériau argileux gonflant, ils ont un caractère plus franchement verticale vers l'ouest. La couleur est marron, ils ont une structure généralement massive à tendance polyédrique dans les premiers centimètres, prismatique dans l'horizon supérieur. Des signes d'hydromorphie sont apparents dès la surface et des cailloux sont aussi présents. Un horizon mixte gravillonnaire et caillouteux apparaît le plus souvent à faible profondeur et la roche altérée à moyenne profondeur. La teneur en matière organique est faible, la fertilité chimique très élevée, le pH est neutre à très légèrement acide. Vers l'ouest la tendance est aux sols verticales lithomorphes à structure grumeleuse fine en surface (horizon grumosolique) avec un taux de matière organique nettement supérieur. Cet horizon est cependant peu épais et le profil redevient fort similaire en profondeur à celui des sols décrits plus haut. Il est à noter que la texture n'est pas toujours argileuse mais que les limons argilo-sableux ou argileux sont fréquents et que malgré tout la teneur en phosphore reste encore très faible.

Ces sols ont des caractéristiques physiques souvent défavorables sauf dans l'horizon grumosolique mais celui-ci est peu épais. Ils sont aussi hétérogènes et les résultats culturaux sont très irréguliers. Ils conviennent assez bien au sorgho et peuvent même être cultivés en coton ou maïs si des apports minéraux sont prévus pour pallier les déficiences en phosphore et en potassium.

S7a: Côte gréseuse, lithosols sur grès, sols peu évolués ferrugineux tropicaux sur matériau dérivé des grès, lithosols sur cuirasse

La cuesta gréseuse constitue un relief à pente forte bordant le Fouta Djallon et longeant la frontière guinéenne depuis Yéronguétou jusqu'à rejoindre la vallée de la Falémé (fig. 4.17).

Le composant majeur (environ 60%) est formé de lithosols sur grès sans intérêt agronomique (Fig. 4.18). Des lithosols sur cuirasse ou des régosols sur débris de roches diverses figurent en inclusions mineures.

Le composant mineur (près de 25%) est formé de sols peu évolués ferrugineux tropicaux sur matériau dérivé des grès occupant des plages de colmatage sur le revers étagé de la cuesta. Ces sols sont aussi très caillouteux, sableux en surface, sable limoneux, argileux en profondeur, argile sableuse. Le pH est relativement neutre à faiblement acide, les teneurs en matière organique et en éléments minéraux sont moyennes mais plutôt élevées.

Ces caractéristiques ne sont cependant que le reflet d'un équilibre précaire et il semble bien que la mise en culture entraînerait une dégradation probablement irréversible et qu'un boisement protectif est la seule utilisation recommandable.

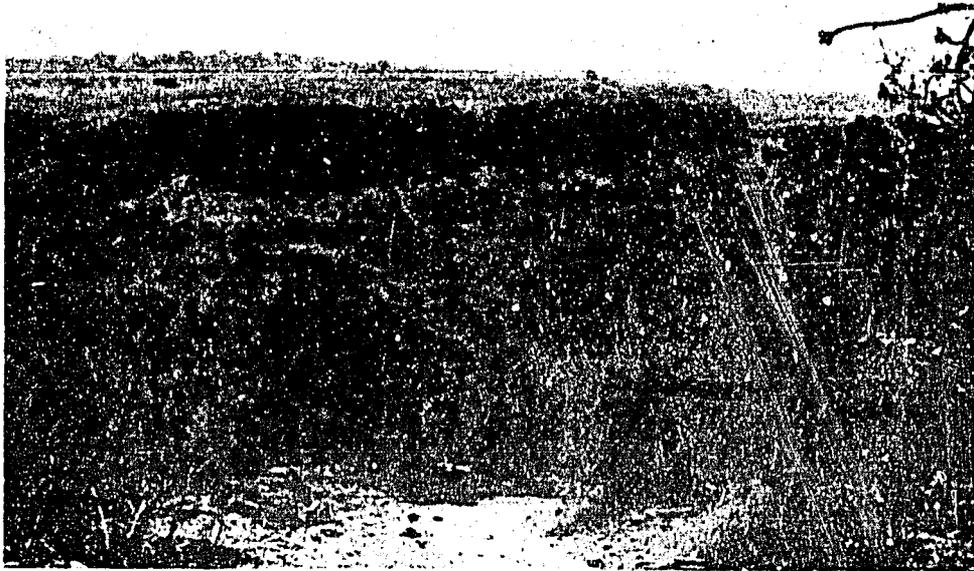


Fig. 4.17. Cuesta gréseuse.

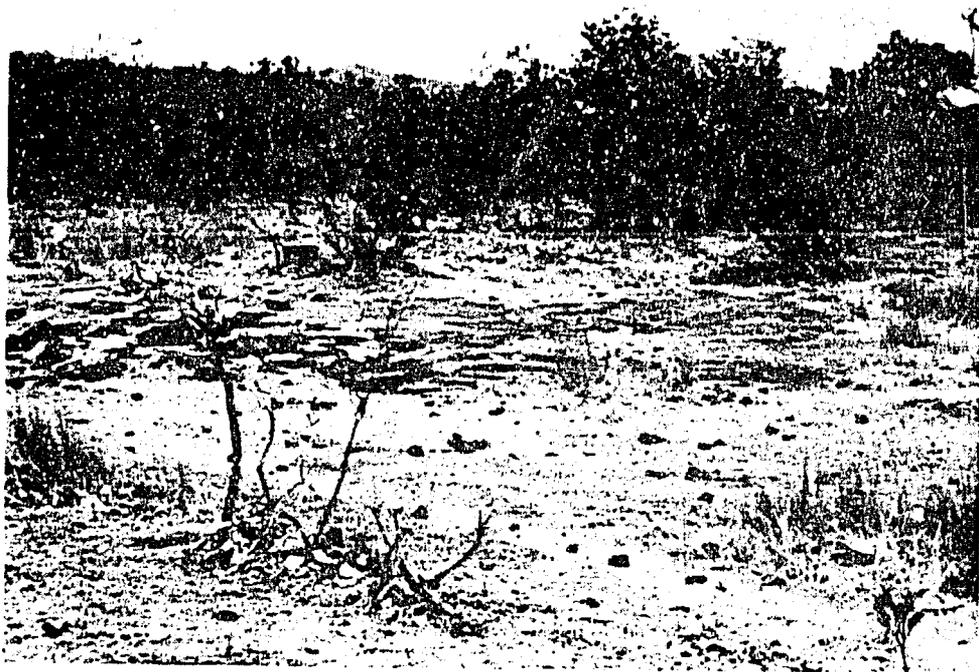


Fig. 4.18. Lithosol sur grès sur revers de cuesta (unité S7a).

S7b: Piedmont de côte gréseuse, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire et sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des grès

Le piedmont de la cuesta gréseuse est relativement étroit à inexistant sauf entre Sakhouya et la vallée de la Koïla Kabé où il peut atteindre 2 km de large.

Des inclusions diverses sont présentes: lithosols sur cuirasse, lithosols sur grès, lithosols sur débris de roches diverses, sols peu évolués ferrugineux tropicaux, régosols sur matériau gravillonnaire. Deux types de sols se partagent l'essentiel de l'unité (chacun environ 40%).

Les sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire sont des sols à texture plutôt fine, limon argileux à argile limoneuse, à structure généralement massive et reposant sur une cuirasse fortement indurée à faible profondeur. Teneur en matière organique et fertilité chimique sont plutôt faibles, le pH légèrement acide. Ces sols occupent surtout le bas glacis.

Le haut glacis est couvert de dépôts plus importants et les sols y sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des grès. Ces limons sableux sur limons argilo-sableux sont quelque peu caillouteux en profondeur, la structure est souvent mal développée à tendance prismatique et le sol est moyennement cohésif. La couleur est à dominante rouge avec des traces d'hydromorphie en profondeur. La cuirasse peut apparaître localement à profondeur variable. La fertilité chimique et les teneurs en matière organique sont faibles, le pH relativement neutre à légèrement acide.

Ces sols se dégradent assez rapidement. Ils peuvent normalement porter diverses cultures: arachide, mil, coton, sorgho, si des amendements organiques et minéraux sont apportés. Les sols peu évolués hydromorphes gravillonnaires ont des caractéristiques, surtout physiques, moins favorables et doivent préférentiellement être cultivés sur billons pour l'arachide ou le sorgho.

La végétation naturelle est une savanne arborée à Combretum spp.

B. Formations sur Roches Essentiellement Métamorphiques (Birrimien), M

Ces formations s'étendent au Sénégal Oriental, à l'est de l'axe Oussoukalo-Sitabanta en un ensemble de collines, glacis étagés, vallons d'érosion et basses plaines ondulées. Trois groupes ont été distingués selon la nature du matériau parental (carte 4.6). Le premier groupe comprend les sols sur roches basiques et sur matériau argileux gonflant d'altération, le second groupe comprend les sols sur roches de type acide et sur matériau arénacé d'altération, le troisième reprend les sols sur matériau résiduel d'érosion pour lesquels la nature du matériau géologique parental n'est plus aussi clairement exprimée.

SOLS SUR ROCHES BASIQUES DIVERSES ET MATERIAU ARGILEUX GONFLANT
D'ALTERATION, M1

Ces formations sur roches basiques communément appelée roches vertes s'étendent en un arc de cercle discontinu depuis le massif de Bandafassi jusqu'au niveau de Sitabanta. Deux petites plages montrant une signature spectrale semblable au niveau de la pointe nord du massif du Saraya ont été incluses dans ces formations bien que la texture et le moiré ne soient pas aussi caractéristiques.

La nature des roches basiques, apparente dans le cas des lithosols, se marque par la qualité des produits d'altération et le développement de sols bruns eutrophes ou de sols vertiques sur matériau argileux gonflant. Cinq unités ont été représentées au sein de ce groupe; elles occupent des positions physiographiques différentes et présentent chacune une association de sols particulière.

Symboles: M1a, M1b, M1c, M1d, M1e.

Description:

M1a: Collines, lithosols sur roches basiques diverses et régo-
sols bruns eutrophes sur débris de roches basiques diver-
ses

Cette unité comprend des groupes collinaires culminant à plus de 300 m autour de Sandikouba et à plus de 400 m au niveau de Mamakhonon. Le relief est vallonné à accidenté.

Les sols sont des lithosols sur roches diverses à caractère basique (environ 50%), des affleurements et éboulis sans intérêt agricole sur les sommets et fortes pentes. En bas de pentes et sur les pentes modérées ils sont plus fréquemment associés à des sols peu évolués d'érosion régosoliques à faciès brun eutrophe (jusqu'à 30%). Ceux-ci sont excessivement pierreux, la terre fine est limoneuse à argileuse mais le matériau caillouteux d'altération constituant ces sols est souvent friable et a de ce fait une excellente perméabilité et une bonne capacité de rétention en eau. Les 10 ou 20 centimètres supérieurs sont brun foncé, humifères avec une teneur moyenne en matière organique, et ils montrent souvent une tendance vers une structure finement polyédrique ou grumeleuse. Le pH est faiblement acide mais la fertilité chimique est remarquablement élevée quoique encore parfois pauvre en potasse. Des sols bruns eutrophes typiques forment une inclusion mineure.

Ces sols sont donc excellents bien que extrêmement caillouteux et pentus. Le risque d'érosion semble limité par une bonne perméabilité mais des apports de matières organiques sont indispensables au maintien d'une bonne structure. Des pratiques culturales anti-érosives pourraient utilement être envisagées. Dans l'ensemble ces sols conviennent bien à la culture du mil, de l'arachide ou du coton.

Mlb: Pentes, régosols sur débris de roches basiques diverses et sols vertiques sur matériau argileux gonflant

Cette unité couvre les croupes arrondies entourant les collines de l'unité précédente, à l'est de la Diguinkili.

Les sols peu évolués d'érosion sur débris de roches diverses généralement basiques dominent l'association (environ 60%). Ces sols ne sont pas aussi caillouteux en surface que ceux des collines avoisinantes mais ils sont chimiquement plus pauvres et ont de moins bonnes qualités hydriques. Ils ont un horizon superficiel humifère limoneux à structure polyédrique et ils deviennent extrêmement caillouteux à faible profondeur.

Le composant mineur (30% environ) est constitué de sols vertiques lithomorphes sur matériau argileux gonflant. Ceux-ci sont modérément profonds à très profonds, à texture modérément fine ou fine (limon argilo-sableux). Leur teneur en matière organique est moyenne, leur fertilité chimique est élevée mais phosphore et potassium restent cependant limitants. Ils deviennent un peu caillouteux ou gravillonnaires à faible profondeur. Le pH est légèrement acide.

Dans l'ensemble ces sols sont donc cultivables. Ils doivent cependant recevoir des apports minéraux et organiques et ils nécessitent parfois des aménagements pour améliorer leurs qualités hydriques. Le risque d'érosion par concentration du ruissellement au pied des collines ne doit pas être sous-estimé. Les pâturages y sont d'assez bonne qualité en saison sèche.

Mlc: Vallons, sols vertiques sur matériau argileux gonflant

Cette unité se place entre les collines de l'unité Mla. Elle couvre les vallons et plaines intérieures.

Ce sont surtout (70%) des sols vertiques lithomorphes sur matériau argileux gonflant. Ils présentent souvent un microrelief caractéristique de leurs propriétés vertiques et sont modérément profonds à très profonds. La texture est modérément fine à fine; la structure varie en surface de prismatique moyenne à grumeleuse fine, elle devient ensuite polyédrique puis nettement prismatique en profondeur. La couleur varie du gris à l'olive. Ces sols ont une teneur en matière organique moyenne et une fertilité chimique élevée. Ils deviennent un peu caillouteux ou gravillonnaires à faible profondeur et des plages gravillonnaires peuvent être rencontrées en surface. Le pH est légèrement acide.

Ces sols sont cultivables à condition de prévoir des apports de matières organiques et de fertilisants pour compenser leurs déficiences en phosphore et potassium. Il est aussi bon de tenir compte par des aménagements ou des façons culturales adaptées des qualités hydriques parfois peu favorables de ces sols. Le risque d'érosion est aussi toujours présent. La végétation naturelle peut offrir un pâturage de bonne qualité en saison sèche. Des inclusions de sols régosoliques ou

de sols bruns eutrophes vertiques sur matériau argileux gonflant peuvent être rencontrées.

Mld: Glacis, régosols sur matériau gravillonnaire et sur matériau argileux d'altération

Ce glacis relativement plat s'étend de part et d'autre de la vallée de la Gambie entre Bantata et Bounsankhoba.

Les sols sont de type régosolique: sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire et sols peu évolués d'érosion sur matériau argileux d'altération. Les régosols sur matériau gravillonnaire sont semblables à ceux décrits pour les formations précédentes. Ceux sur matériau argileux d'altération sont aussi gravillonnaires et sableux en surface avec un passage brutal à faible profondeur à un niveau d'argile et de cailloux à altération argileuse constituant un véritable horizon d'arrêt. Les caractéristiques minéralogiques et chimiques sont très variables. Ces deux types de sols ont parfois des qualités contradictoires. Ainsi les régosols sur matériau gravillonnaire sont perméables et bien drainés, ceux sur matériau argileux ne le sont pas mais l'horizon d'arrêt étant superficiel ces sols ont tous deux une faible capacité de rétention en eau.

Dans l'ensemble, ils sont difficilement cultivables à cause de leur faible profondeur utile mais d'assez bons résultats peuvent être obtenus si des apports minéraux et organiques sont prévus. La valeur des pâturages est assez médiocre en saison sèche.

Mle: Plaines, sols vertiques sur matériau argileux gonflant et sols halomorphes à alcalis non lessivés

Cette unité couvre les basses plaines extrêmement planes qui longent la Falémé entre Sabousiré et Takoutala. Leur élévation n'atteint pas 100 m.

Ces plaines sont caractérisées par une association de sols vertiques sur matériau argileux gonflant comparables à ceux décrits pour l'unité Mlc, et de sols halomorphes à alcalis non lessivés. Tout comme les vertisols, ces sols halomorphes ont une origine pétrographique, le sodium échangeable provenant de l'altération de la roche mère. Ils ont en commun avec les vertisols une texture fine, argileuse, mais la dispersion des argiles par le sodium ne permet pas le développement de caractères vertiques. Ils sont gris ou olive et les taches d'hydromorphie sont présentes depuis la surface. La structure est en général prismatique avec localement des poches gravillonnaires ou caillouteuses. La teneur en matière organique est moyenne, le pH neutre à légèrement alcalin.

Le composant vertique de cette unité reste cultivable avec les réserves émises lors de la description de l'unité Mlc. La mauvaise tenue structurelle des sols halomorphes est un élément limitant les rendant inaptes à la mise en culture. Ils ne peuvent être utilisés que comme parcours plutôt médiocres en saison sèche.

SOLS SUR ROCHES ACIDES, MIGMATITIQUES, M2

Ces formations s'étendent le long des formations sur roches basiques qu'elles longent depuis le nord jusqu'au niveau de Bransan. Une petite plage montrant une signature spectrale semblable a été représentée à l'ouest de Ségou au pied de la cuesta du Fouta Djalon.

La nature des roches acides se marque principalement dans les lithosols et les sols sur arène graveleuse. Trois niveaux physiographiques ont été représentés chacun par une unité: collines, glacis étagé et basses plaines.

Symboles: M2a, M2b, M2c.

Description:

M2a: Collines, lithosols sur roches diverses

Cette unité est formée de petites collines culminant entre 100 et 180 m à l'est de la Falémé. Ces sols sont très peu profonds et très graveleux et certains sommets peuvent même être cuirassés. Seules des mesures de protection sont d'application dans ce cas.

M2b: Glacis étagé, lithosols sur cuirasse, régosols sur matériau gravillonnaire, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des migmatites

Cette unité occupe l'ouest des formations sur roches métamorphiques, approximativement entre Bransan et Sandikouba. L'élévation varie généralement entre 100 et 120 m, la topographie est légèrement ondulée.

L'association est composée majoritairement de régosols (environ 40%) sur les interfluves et pentes, avec une tendance aux sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau gravillonnaire dans le sud. La charge gravillonnaire est importante à très importante surtout dans le cas des régosols. Leurs qualités physico-chimiques sont satisfaisantes: teneur moyenne en matière organique, texture moyenne, bonne structure finement polyédrique en surface, pH relativement neutre à très légèrement acide en profondeur, éléments minéraux disponibles en quantités satisfaisantes. Ces sols se dégradent cependant très rapidement une fois mis en culture et des apports organiques et minéraux sont indispensables. Le sol peu évolué hydromorphe a des caractères moins favorables, si ce n'est une charge gravillonnaire un peu moindre dans l'horizon de surface, mais la structure y est par contre déjà massive.

Le composant secondaire (environ 30%) est constitué de lithosols sur cuirasse avec des affleurements sur glacis et surtout aux ruptures de pentes. Ceux-ci n'ont aucune valeur agricole.

Le composant mineur (environ 20%) est un sol ferrugineux tropical sur matériau dérivé des migmatites souvent tronqué par l'érosion et donc assez peu intéressant du point de vue agronomique, ou plus rarement un sol ferrugineux tropical sur matériau de colmatage assez

fortement concrétionné, déjà à faible profondeur, et à structure défavorable dès les horizons superficiels.

La végétation naturelle offre un pâturage de qualité très moyenne en saison sèche.

M2c: Basses plaines ondulées, lithosols sur migmatites, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur arène graveleuse, régosols sur débris de roches diverses

Cette unité surplombe l'unité M1e par l'est, elle atteint fréquemment entre 80 et 100 m d'élévation et entoure les petites collines reprises sous l'unité M2a.

Le composant majeur (environ 40%) est constitué de sols peu évolués d'apport hydromorphes sur arène graveleuse. Ces sols sont donc sableux en surface, arénacés en profondeur avec un niveau carapacé à faible profondeur surmonté d'un niveau à charge caillouteuse importante. Le pH est acide.

Le composant secondaire (environ 30%) est un régosol sur débris de roches diverses, à texture plus fine, argile sableuse, mais à charge caillouteuse très importante dès la surface. Le pH est très légèrement alcalin. Dans ce cas la fertilité chimique peut être assez élevée avec une bonne teneur en matière organique mais les qualités physiques de ces sols sont extrêmement défavorables.

Le composant mineur (20%) est un lithosol sur migmatites sans intérêt agronomique.

Les qualités physiques de ces trois composants sont en fait la principale limitation à leur aptitude agricole. La qualité des parcours y est généralement médiocre.

SOLS SUR MATERIAU RESIDUEL GRAVILLONNAIRE, CUIRASSE, M3

Ces formations sur matériau résiduel d'érosion occupent la majeure partie du territoire métamorphique. Deux niveaux physiographiques ont été reconnus, glacis étagés et basses plaines ondulées, et deux associations de sols ont été distinguées pour le premier d'entre eux, soit un total de trois unités.

Symboles: M3a1, M3a2, M3b.

Description:

M3a1: Glacis étagés, sols peu évolués d'apport hydromorphes ou régosols, sur matériau gravillonnaire, lithosols sur cuirasse

Cette unité couvre pratiquement tout le territoire à l'est du massif de Saraya ainsi qu'une petite plage à l'ouest, au nord de Samékouta. Le relief peut être localement accidenté, quelques sommets

approchent les 400 m, mais il est généralement ondulé et d'élévation inférieure à 200 m.

Le composant majeur (environ 40%) est un sol peu évolué d'apport hydromorphe sur matériau gravillonnaire qui occupe préférentiellement les parties basses et les axes de drainage. C'est un sol à texture plutôt fine, limon argilo-sableux à argile sableuse, plus ou moins gravillonnaire, formé sur les produits du démantèlement des cuirasses venus colmater les parties basses. Il est de couleur gris clair, avec une structure massive et assez fortement cohésif. Une carapace subactuelle est généralement présente à moyenne profondeur. La fertilité et la teneur en matière organique sont faibles, le pH légèrement acide en surface devient franchement acide en profondeur.

Le deuxième composant (environ 30%) est formé de lithosols sur cuirasse occupant les sommets, les pentes fortes et certains interfluvés. La cuirasse affleure en corniche aux ruptures de pentes mais elle est le plus souvent formée de blocs et de cailloux couvrant les pentes fortes des buttes ou les pentes faibles des glacis. Comme les autres cuirasses, celle-ci n'a aucune valeur agronomique mais elle accroît l'intensité de l'érosion hydrique sur les zones avoisinantes.

Le composant mineur (environ 20%) est un sol peu évolué d'érosion régosolique sur matériau gravillonnaire qui occupe les sites les mieux drainés. Dans ce cas, la charge gravillonnaire devient importante à très importante et la cuirasse peut être présente à 50 cm mais la fertilité chimique et la teneur en matière organique atteignent alors aussi des valeurs moyennes supérieures à celles obtenues pour les sols du composant majeur.

Dans l'ensemble, ces sols sont fragiles et ils ont des aptitudes faibles, ils requièrent des apports minéraux et organiques répétés. Arachide et sorgho peuvent être cultivés dans les zones les mieux drainées et sur les régosols; le riz peut être tenté dans les dépressions moins bien drainées. La valeur des parcours est relativement moyenne en saison sèche.

M3a2: Glacis étagés, lithosols sur cuirasse et régosols sur matériau gravillonnaire

Cette unité correspond aux glacis qui s'étendent en pente quasi nulle à faible entre le massif de Bandafassi et le massif de Saraya, depuis le Fouta Djalon jusqu'aux collines de l'unité M1a au niveau de Bransan. Ils peuvent dépasser 200 m d'élévation et portent des petites buttes cuirassées.

Deux phases sont mentionnées selon que la signature spectrale suggère la prédominance des lithosols sur cuirasse (phase "c", environ 60% de lithosols contre 25 % de régosols) ou celle des sols peu évolués sur matériau gravillonnaire (phase "g", plus de 40% de régosols). Les caractéristiques des sols de ces surfaces résiduelles dépendant assez peu de la nature du matériau géologique parental et pas assez significativement du point de vue agronomique, il a été admis que

ces sols sont similaires à ceux décrits plus haut pour l'unité S3a2 et caractéristiques de l'unité S3a1 pour les lithosols (Figs. 4.19 et 4.20) et de l'unité S3a3 pour les régosols. Il a aussi été admis que les phases pouvaient dans ce cas être maintenues pour l'établissement de la carte d'aptitude des sols.

M3b: Basses plaines ondulées, régosols sur matériau graveleux de recouvrement et sols peu évolués d'apport hydromorphes sur matériau divers

Cette unité s'étend au nord-ouest du massif granitique de Saraya, approximativement depuis Bembou jusqu'à Ouassangara et Soréto Saboussiré sur la Falémé. Elle est d'une topographie plutôt légèrement ondulée et d'élévation le plus fréquemment supérieure à 100 m, atteignant même 200 m à l'approche du massif de Saraya. Les pentes sont essentiellement occupées par des régosols sur matériau sablo-graveleux de recouvrement (environ 50%).

Ces sols sont très hétérogènes, ils montrent fréquemment une série de niveaux et la couleur, la texture, les éléments grossiers diffèrent grandement de l'un à l'autre. La charge graveleuse est toujours importante, elle comprend des gravillons, des concrétions et des cailloux d'altération. L'horizon supérieur est le seul à être quelque peu structuré (polyédrique). Le pH est généralement légèrement acide, la fertilité chimique et la teneur en matière organique sont relativement moyennes.

Les sols des axes de drainage sont surtout du type peu évolué d'apport hydromorphe sur matériau plus ou moins gravillonnaire (limon argilo-sableux) ou sur matériau de colmatage colluvio-alluvial (limon sableux). Les premiers (environ 20%) sont semblables à ceux décrits pour l'unité S3b1, les derniers (environ 20%) sont chimiquement pauvres et aussi pauvres en matière organique. Des buttes cuirassées constituent une inclusion mineure.

Au total, seule une faible fraction de ces sols est plus ou moins apte à être cultivée. Ce sont les sols sur matériau plus ou moins gravillonnaire des axes de drainage. Leurs aptitudes sont fonction de la qualité du drainage externe: l'arachide ou le sorgho sont cultivables dans les sites les mieux drainés, le riz dans les dépressions moins bien drainées.

C. Formations sur Roches de Type Granitique (granite d'anatexie), G

Ces formations sur roches de type granitique datées du Birrimien s'étendent au Sénégal Oriental depuis la cuesta du Fouta Djallon entre Sakhouya et Missira Dantilia jusqu'aux environs de Limalo sur la Falémé. D'autres petites plages montrant le même type de signature spectrale sont visibles au niveau de Nafadji à l'est, de Farandi au nord-est et au pied de la cuesta près de Ségou au sud-ouest (carte 4.6).

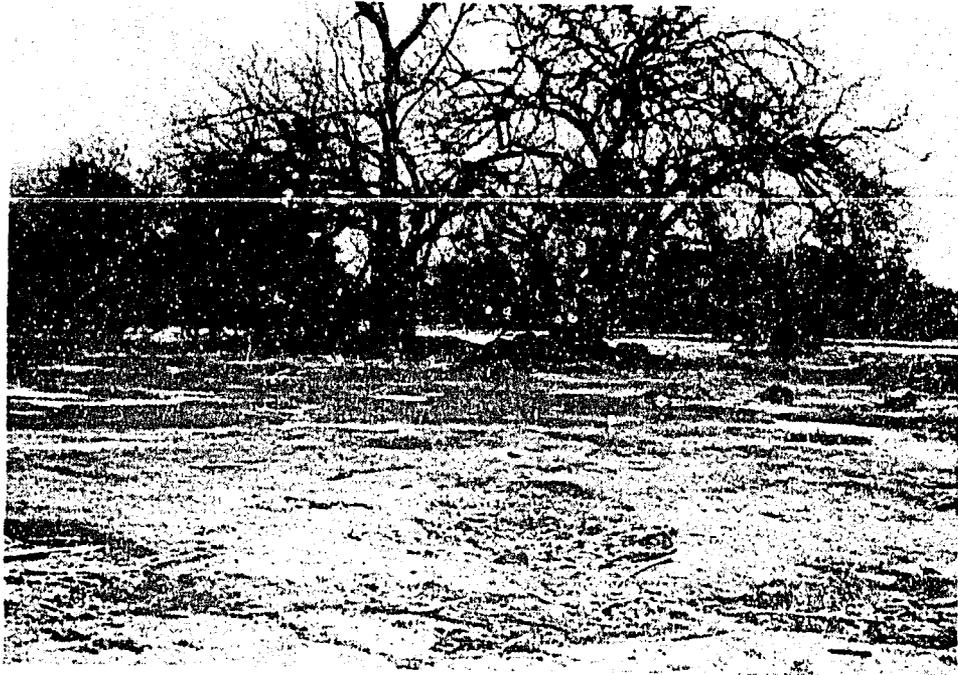


Fig. 4.19. Affleurement de cuirasse en dalle avec blocs.

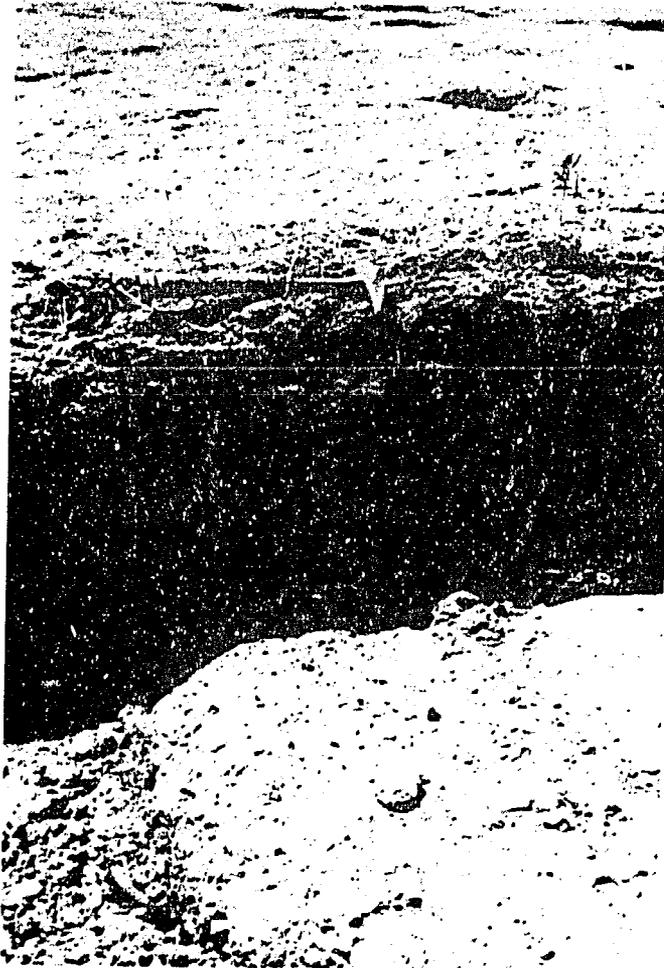


Fig. 4.20. Détail d'un affleurement de cuirasse en dalle.

La morphologie de cette région nommée massif de Saraya est essentiellement constituée d'une série de croupes et de collines peu élevées, dépassant assez rarement 200 m et relativement peu cuirassées. Cette cuirasse de type vacuolaire est normalement peu épaisse et peu résistante. La majorité des sols sont des sols peu évolués de types divers mais en général peu profonds.

Neufs unités cartographiques ont été reconnues, deux correspondent aux interfluves plus aisément discernables dans la partie sud du massif, une autre couvre la zone collinaire de la pointe nord du massif, cinq autres encore correspondent dans une large mesure aux versants et bas de pentes des vallons d'érosion, une dernière enfin reprend les sols hydromorphes sur manteau d'altération granitique des axes de drainage.

Symboles: Ga1, Ga2, Gb, Gc1, Gc2, Gc3, Gc4, Gc5, Gd.

Description:

Ga1: Buttes et interfluves, lithosols sur cuirasse et sols peu évolués d'apport hydromorphes sur arène granitique graveleuse

Cette unité occupe les interfluves dans la partie sud-est des formations granitiques de Missira Dantilia à Nafadji. Elle associe des lithosols sur cuirasse propres aux bords de plateaux et ruptures de pentes à des sols peu évolués d'apport à caractère nettement hydromorphe sur arène granitique graveleuse en une alternance de zones nues et de zones à sols peu profonds.

La cuirasse est fortement démantelée, vacuolaire et assez peu résistante, elle est formée d'un squelette ferrugineux rouge ou rouille enfermant des inclusions de terre fine plus argileuse généralement jaune clair. Les sols peu évolués sont caractéristiques de l'unité Gc5, ils occupent les zones à drainage externe déficient et sont caractés à moyenne ou faible profondeur. Ils sont de texture grossière à structure particulière ou massifs. La teneur en matière organique et la fertilité chimique sont très faibles, le pH acide à très acide.

La présence des affleurements de cuirasse a un effet de concentration qui augmente l'effet de l'érosion hydrique sur les sols des environs. Une savane arbustive alterne avec les plages nues à termitières champignons. cette unité n'offre aucun intérêt au point de vue agricole. La protection ou un reboisement éventuel sont à envisager.

G2a: Buttes et interfluves, régosols sur matériau gravillonnaire et sols ferrugineux tropicaux lessivés sur granites

Cette unité comprend les interfluves de la partie ouest du massif. Les sols y sont plus profonds que ceux de l'unité précédente. Des sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire de démantèlement de cuirasse se sont substitués aux lithosols sur cuirasse, des sols ferru-

gineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des granites se développent là où la carapace est à plus grande profondeur.

Les sols gravillonnaires sont peu profonds et très graveleux mais la terre fine de l'horizon superficiel présente avec un taux moyen de matière organique une certaine fertilité. Ils sont donc souvent défrichés et cultivés ce qui les expose irrémédiablement à l'érosion. Ils se dégradent ainsi complètement en l'espace de quelques années. Les sols ferrugineux tropicaux sont du même type que ceux décrits pour l'unité Gc4 et ils sont donc aussi cultivables.

Gb: Plaine collinaire, lithosols sur cuirasse ou sur granites, régosols sur matériau gravillonnaire, sols peu évolués d'apport ferrugineux tropicaux ou hydromorphes sur granites, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur granites

La zone couverte par cette unité est dotée d'un réseau de drainage plus dense que dans le reste du massif. Elle occupe la pointe nord du massif de Saraya. Les variations latérales y sont plus importantes, l'unité est plus complexe avec des affleurements de cuirasse ou de granites aux ruptures de pentes, divers sols peu évolués d'érosion ou d'apport sur les interfluves ou sur les pentes des vallons d'érosion, et quelques plages probables de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des granites. Cette unité consiste donc en quelque sorte en une mosaïque des unités Gal, Ga2 et Gc1. Elle n'est que localement cultivable comme l'unité Gc1.

Gc1: Vallons et bas de pentes, lithosols ou sols peu évolués ferrugineux tropicaux sur granites

Cette unité comprend les vallées dans le sud-est du massif ainsi que dans les petites plages isolées à l'extérieur du massif. Versants et fonds de vallées sont occupés par des sols peu évolués d'apport ferrugineux tropicaux sur matériau dérivé des granites, les hauts de pentes les plus affectés par l'érosion peuvent montrer des affleurements localisés de granites en blocs arrondis et des sols minéraux bruts où le granite n'est que faiblement désagrégé. Les sols peu évolués ferrugineux tropicaux (plus de 60%) sont décrits pour l'unité Gc3 dont ils sont aussi le composant majeur.

Les sols de cette unité ne sont guère favorables à l'agriculture, le risque d'érosion est accru par la présence de lithosols en haut de pente et d'interfluves cuirassés (unité Gal). La fertilité est médiocre et la profondeur utile limitée, les pâturages sont médiocres.

Gc2: Vallons et bas de pentes, lithosols sur cuirasse et sols peu évolués d'apport hydromorphes sur granites

Située sur le bord ouest du massif de Saraya, cette unité reprend la même association que l'unité Gal mais dans ce cas les lithosols sur cuirasse occupent les hauts de pentes et les sols peu évolués d'apport hydromorphes sur arène granitique graveleuse occupent les basses pentes et les fonds de vallons (de 60 à 70%). Les plateaux sont dans ce cas couverts de sols plus profonds et sont repris dans l'unité Ga2.

Les caractéristiques agronomiques des sols de cette unité sont par ailleurs très semblables à celles des sols de l'unité Gal décrite plus haut.

Gc3: Vallons et bas de pentes, sols peu évolués ferrugineux tropicaux sur granites

Cette unité s'étend surtout dans le sud-ouest du massif de Saraya. Les sols y occupent les versants de petites vallées et sont du type peu évolué ferrugineux tropical, le fond des vallées proprement dit est occupé par des sols hydromorphes du même type que ceux de l'unité Gd et constituant ici une inclusion mineure. Les pentes sont faibles, le sol est souvent couvert de sable rose et pierreux.

Les sols peu évolués ferrugineux tropicaux sont de couleur beige, grisâtre en surface, ocre en profondeur. La texture est grossière à modérément grossière, la structure massive en surface peut montrer une tendance polyédrique en profondeur mais ces sols ne sont encore que peu ou modérément profonds et un horizon gravillonnaire apparaît de plus vers 50 cm de profondeur. La teneur en matière organique est faible et la fertilité chimique est souvent très faible, le pH très légèrement acide en surface devient légèrement plus acide en profondeur.

Ces sols peuvent éventuellement convenir à la culture de l'arachide mais étant très sensibles à l'érosion, le risque de dégradation est élevé. La végétation est une savane arborée claire à Acacia seyal.

Gc4: Vallons et bas de pentes, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur granites

L'unité couvre la zone centrale du massif de Saraya autour de Koudokhou. Les sols y sont surtout (environ 70%) de type ferrugineux tropical lessivé sur arène granitique remaniée à carapace en profondeur. Des sols peu évolués d'apport ferrugineux tropicaux constituent le composant mineur le plus important.

Les sols sont parfois profonds mais souvent tronqués par l'érosion et ils présentent aussi souvent un horizon un peu gravillonnaire à faible profondeur. Ces sols ont une couverture sableuse graveleuse de quelques centimètres, ils sont de texture sableuse en surface mais deviennent de plus en plus argileux et massifs en profondeur: limon sableux puis limon argilo-sableux. A part l'horizon humifère gris, la couleur est communément beige rosé plutôt clair. La teneur en matière organique et la fertilité chimique sont plutôt faibles, le pH est légèrement acide en règle générale.

La végétation est une savane arborée plutôt dense. Ces sols conviennent pour la culture de l'arachide mais avec une jachère longue car ils s'épuisent très vite. Ils peuvent être trop peu profonds pour d'autres cultures (mil, sorgho, coton). Ils sont généralement déjà fort dégradés et sont sensibles à l'érosion. Les parcours sont plutôt médiocres et les capacités forestières sont moyennes.

Gc5: Vallons et bas de pentes, sols peu évolués d'apport hydromorphes sur arène granitique graveleuse

Cette unité s'étend dans l'est du massif de Saraya et occupe aussi certains fonds de vallées dans le nord du massif.

Caractéristiques de zones planes à drainage externe faible, ces sols peu évolués d'apport hydromorphes sont généralement peu profonds, carapacés à moyenne profondeur et formés sur une arène granitique graveleuse. Leur couleur est brune, ils sont faiblement humifères, de texture grossière à moyenne, à structure particulière en surface devenant rapidement massive, très peu fertiles avec un pH acide à très acide.

Ces sols n'ont guère d'intérêt au point de vue agronomique, la végétation naturelle est une savane arbustive à protéger ou à reboiser éventuellement.

Gd: Basses plaines, sols hydromorphes

Cette unité couvre dans l'est du massif de Saraya, les axes de drainage partiellement colmatés par le manteau d'altération des granites. Ce sont des sols hydromorphes minéraux à pseudogley à taches et à concrétions. La texture est un peu plus fine que pour les autres sols sur granites, la teneur en matière organique parfois moyenne, la fertilité chimique faible. L'hydromorphie est décelable dès la surface et le pH est légèrement acide. La structure, polyédrique assez bien développée à faible profondeur, est massive en surface et en profondeur.

Ces sols ont des propriétés médiocres et sont de plus engorgés pendant la saison des pluies. Les cultures doivent se faire sur billons et l'apport de matières organiques et de fertilisants est indispensable.

D. Formations sur Roches Ignées Microgrenues, I

Ces formations ont en commun l'origine ignée et la texture microgrenue du matériau géologique parental. Elles appartiennent cependant à des formations géologiques distinctes et d'âge différent. Chacune constitue donc une unité particulière, la première correspond à un matériau granitique post-tectonique, la seconde à des dolérites et des metabasites paléozoïques, soit respectivement un matériau parental acide ou basique (carte 4.6).

Symboles: I1, I2

Description:

I1: Granites post-tectoniques, sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des granites, lithosols sur cuirasse

Cette unité est localisée dans une courbe du fleuve Gambie au nord

de Oussoukala. Elle est de topographie relativement ondulée, localement vallonnée avec des sommets cuirassés dépassant parfois 150 m.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé des granites qui constituent le composant majeur (près de 60%) correspondent dans une large mesure à ceux décrits pour l'unité Gc4. Ils sont cependant beaucoup plus dégradés, la valeur des parcours y est plutôt médiocre mais d'éventuelles possibilités forestières peuvent être envisagées ne fût-ce que pour la protection des sites.

I2: Diorites et métabasites, lithosols sur roches basiques diverses et sur cuirasse, sols bruns eutrophes divers, régosols bruns eutrophes, vertiques ou sur matériau gravillonnaire, sols vertiques

Cette unité correspond au massif du Bandafassi. Elle s'étend depuis Ibel au sud jusqu'à Mako au nord. C'est un ensemble de collines abruptes et de plaines intérieures à topographie relativement plane. Les collines culminent à près de 400 m vers Bandafassi au sud, à 500 m environ au centre et vers 350 m au nord du fleuve Gambie ou 300 m vers Kanouméring. Cette unité comprend un nombre de sols assez variés : lithosols sur roches basiques diverses sur les pentes fortes, lithosols sur cuirasse et régosols sur matériau gravillonnaire de démantèlement de cuirasse, régosols bruns eutrophes ou vertiques en bas de pentes, sols bruns eutrophes et sols vertiques dans les plaines.

Les caractéristiques pédologiques sont donc extrêmement variables. Le risque d'érosion est le plus souvent élevé mais certains sols sont raisonnablement cultivables et les pâturages peuvent y être localement assez bons à bons. Des spéculations agricoles peuvent être tentées principalement sur les sols à caractère brun eutrophe ou vertique avec assez bien de succès. Des apports minéraux restent nécessaires pour pallier les insuffisances phosphatée et potassique ainsi que des apports organiques pour maintenir la qualité structurale de l'horizon de surface.

4.3.3.4 DIVERS

Symbole: Cr

Description:

Cr: Carrière

Une unité "Cr" est représentée au sud de Darou Khoudos. Elle correspond à la zone de perturbation induite par l'activité de la mine de phosphates telle qu'elle apparaît sur l'imagerie au 23 novembre 1979.

4.3.3.5 Classification des Sols

Les termes de classification repris dans la légende et dans la description des unités cartographiques sont ceux de la Classification Française utilisée par les pédologues de l'ORSTOM du centre de Dakar-

Hann. La classification n'est donc que très brièvement résumée ci-dessous et le lecteur intéressé consultera utilement les ouvrages de l'ORSTOM faisant autorité sur ce point. Quelques indications sommaires quant aux possibles équivalences avec le Soil Taxonomy System (STS) ou la Classification Mondiale des Sols (FAO) sont généralement mentionnées mais la portée de cette étude ne nécessitant pas une corrélation précise, les termes cités pour ces deux classifications le sont à titre purement indicatif. Quelques exemples de profils d'étude sont donnés dans l'annexe IV-2.

La Classification Française (Aubert et Duchaufour, révisée par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols) est de type génétique:

- la classe exprime le processus pédogénétique prépondérant
- la sous-classe est définie par un facteur écologique de base (climat, roche mère,...)
- le groupe est défini par des caractéristiques morphologiques du profil précisant le processus d'évolution.
- le sous-groupe est défini par une caractéristique secondaire ou par l'intensité du processus d'évolution caractérisant le groupe.
- la famille est définie par la nature de la roche mère ou du matériau parental.

I. CLASSE DES SOLS MINÉRAUX BRUTS

Sous-classe: non climatiques
Groupe : d'érosion

Deux sous-groupes sont repris dans la légende.

Le premier est celui des lithosols, affleurements à altération incipiente, sur roches dures. La cuirasse ferrugineuse est considérée comme une roche au même titre que les roches d'origine pétrographique. Ont été répertoriés: des lithosols sur cuirasse ferrugineuse, sur grès, sur granites, sur migmatites, sur roches basiques diverses, sur schistes et sur quartzites (Ustorthents, STS; Lithosols, FAO).

Le second est celui des régosols, sur roches meubles. Le terme est en fait utilisé dans un contexte plus large que sa définition. Il recouvre ici les régosols sur matériau gravillonnaire de démantèlement de cuirasse et les sols peu évolués non climatiques d'érosion régosoliques sur le même type de matériau. La limite entre les deux classifications est discutable, les publications de l'ORSTOM font généralement référence aux sols peu évolués non climatiques d'érosion régosoliques mais la dénomination régosols plus courte lui a été préférée ici. Ont été répertoriés: des régosols sur matériau gravillonnaire de démantèlement de cuirasse, plus ou moins hydromorphes, sur cuirasse démantelée sur grès, sur carapace gréseuse, sur débris de roches diverses,

ou à tendance brun eutrophe ou vertique sur matériau argileux d'altération de roches basiques diverses (Ustorhents, STS; Régosols, FAO).

Groupe : d'apport

La légende regroupe principalement les sols d'apport marin et éolien, plages et dunes (Quartzipsamments, STS; Régosols, FAO). Les éboulis de pente sont mentionnés pour mémoire.

II. CLASSE DES SOLS PEU EVOLUES

Sous-classe: non climatiques

Groupe : d'érosion

Seul le sous-groupe régosolique est représenté. Les sols répertoriés ont le plus souvent un faciès modal, ils sont développés sur matériau gravillonnaire, sur grès ou sur roches diverses et sur matériau argileux d'altération. Ils présentent un profil peu à très peu épais, peu évolué ou constamment rajeuni par l'érosion. Sur débris de roches basiques diverses au Sénégal Oriental, ils peuvent prendre un faciès brun eutrophe (Ustropepts et Eutropepts, aussi Ustorhents, STS; Régosols, Arénosols, Rankers FAO).

Groupe : d'apport

Plusieurs sous-groupes sont représentés.

Le sous-groupe modal est présent avec un faciès lessivé, hydromorphe ou plus souvent ferrugineux sur les terrasses marines, les colluvions de bas de pente et les versants de vallées.

Le sous-groupe hydromorphe est présent dans les axes de drainage sur matériau gravillonnaire ou sur matériau colluvio-alluvial, sur les plateaux sur matériau gravillonnaire ou, dans le massif de Saraya, sur arène granitique graveleuse, ainsi que dans les formations littorales en association avec le sous-groupe halomorphe.

Le sous-groupe vertique est représenté au Sénégal Oriental généralement sur matériau argileux d'altération de roches basiques.

Tous ces sols montrent un début d'évolution et des caractéristiques les rapprochant des sols évolués correspondants. Sur le terrain le terme sol peu évolué d'apport et d'érosion sur matériau gravillonnaire apparaît de fait plus approprié mais la classification ne prévoit pas ce cas (d'une manière générale: Fluvents et Tropepts, STS; Régosols, Arénosols, FAO).

III. CLASSE DES VERTISOLS

Sous-classe: topomorphes (de dépressions mal drainées)

Groupe : non grumosoliques

Les cuvettes de décantation du fleuve Sénégal, la dépression de l'Anambé, les cuvettes du Sine Saloum sont occupées par le sous-groupe modal ou hydromorphe (Pellusterts, aussi Aquepts..., STS; Vertisols et Gleysols, FAO)

Sous-classe: lithomorphes (d'origine pétrographique)
Groupe : non grumosoliques et grumosoliques

Les deux groupes ne sont pas cartographiables séparément, le non grumosolique est largement dominant. Ils sont surtout représentés au Sénégal Oriental (Monts Bassari, massif de Bandafassi,...) sur matériau argileux gonflant d'altération de roches basiques diverses ou de schistes.

Quoique classés parmi les vertisols d'après les documents disponibles, le caractère vertical de ces sols (fentes de retrait, microrelief, faces de pression,...) n'est pas très marqué sur le terrain. Le terme général "sols vertiques" a été préféré pour la description des unités cartographiques pour indiquer la présence de vertisols mais aussi de sols hydromorphes intergrades ou de paravertisols (Chromusterts, aussi Aquepts... STS; Vertisols et Gleysols, FAO).

IV. CLASSE DES ANDOSOLS

Non représentée sur la carte.

V. CLASSE DES SOLS CALCIMAGNESIQUES

Sous-classe: carbonatés
Groupe : rendzines

Des rendzines sont présentes mais d'extension limitée au plateau de Bargny ou aux collines de la bande de Matam (Rendolls, STS; Rendzines, FAO).

Groupe : sols bruns calcaires

La tendance aux sols bruns calcaires se marque au sud du plateau de Thiès (Xerochrepts, STS; Calcic Cambisols, FAO).

Le profil des sols calcimagnésiques est dominé par la présence dans le complexe d'échange de calcium et de magnésium. Les rendzines ont un profil peu épais sur matériau calcaire et sont de couleur foncée, les sols bruns calcaires sont plus profonds, plus clairs et partiellement décarbonatés.

VI. CLASSE DES SOLS ISOHUMIQUES

Sous-classe: à pédoclimat chaud en saison des pluies
Groupe : bruns subarides

Ces sols sont fort répandus dans le nord du pays et plusieurs sous-

groupes sont représentés: modal, rubéfié (sol brun rouge subaride) ou encore vertique sur matériau argileux ou solonetzique sur schistes dans la région de Bakel. Le profil est profond et la teneur en matière organique décroît progressivement jusqu'à la base du profil. Les faciès de dégradation, intergrades ferrugineux tropicaux ou hydromorphes sont largement représentés (Aridisols, STS; Xerosols, FAO).

VII. CLASSE DES SOLS BRUNIFIES

Sous-classe: tropicaux
Groupe : bruns eutrophes

Les divers sous-groupes présents: peu évolués, vertiques, ferruginisés, hydromorphes sont toujours formés sur des matériaux argileux plus ou moins gonflants, riches en minéraux montmorillonitiques et sur produits d'altération de roches basiques diverses. Ils sont relativement fréquents à l'est du pays. Ce sont des sols profonds avec un horizon humifère du type mull, une structure bien développée et un complexe d'échange relativement saturé en calcium (Eutrochrepts et Ustochrepts, STS; Eutric Cambisols, FAO).

VIII. CLASSE DES SOLS PODZOLISES

Non représentée sur la carte

IX. CLASSE DES SOLS A SESQUIOXIDES

Sous-classe: ferrugineux tropicaux
Groupe : non ou peu lessivés

Sont présents les sous-groupes modal et peu évolué sur matériau sableux ou remanié, ils sont typiques du nord du pays, de la région dunaire et du Bassin des Arachides (Ustropepts, STS; Nitosols et Acrisols, FAO).

Groupe : lessivés

Plusieurs sous-groupes sont également représentés: modal, peu différencié sur cuirasse, à taches et à concrétions, induré, hydromorphe généralement sur matériau colluvio-alluvial des vallées ou de colmatage des plateaux ou sur matériau dérivé des grès du "Continental Terminal" ou des granites (massif de Saraya). Ils sont surtout présents dans le sud du pays, Casamance, Sénégal Oriental, Ferlo sud (Ustox, Ustults, STS; Nitosols et Acrisols, FAO).

Les sols ferrugineux tropicaux sont typiques de surfaces d'altération anciennes, ils sont profonds, riches en sesquioxydes mais dépourvus d'alumine libre.

X. CLASSE DES SOLS FERRALITIQUES

Sous-classe: faiblement désaturés
Groupe : appauvris

Le sous-groupe modal est représenté sur matériau profond du "Continental Terminal", sur cuirasse ou sur matériau colluvio-alluvial. Les sols ferralitiques sont limités à la Casamance et à la Gambie. Ils sont normalement très profonds et caractérisés par une forte altération résultant en une individualisation des sesquioxides de fer et d'alumine (Ustox, STS; Ferralsols, FAO).

XI. CLASSE DES SOLS HYDROMORPHES

Sous-classe: minéraux ou peu humifères
Groupe : à pseudogley

Principalement représenté par le sous-groupe à taches et à concrétions sur matériau de colmatage des plateaux ou sur matériau colluvio-alluvial.

Groupe : à gley

Les sous-groupes à gley de profondeur, d'ensemble et salé sont présents principalement sur matériau colluvio-alluvial des vallées.

Groupe : à gley salé

Limité aux formations littorales, terrasses

Sous-classe: moyennement organiques
Groupe : à gley salé

Sur vases argileuses

Sous-classe: organiques
Groupe : tourbeux

Dans les vasières fonctionnelles. Le sous-groupe eutrophe est représenté par les vases argileuses très humifères.

Les sols hydromorphes bien que très variés ont en commun une évolution dominée par des phénomènes d'oxydo-réduction dus à un engorgement au moins temporaire du profil et se traduisant par l'apparition de colorations caractéristiques (Aquepts, etc...STS; Fluvisols et Gleysols, FAO; aussi Histosols STS et FAO).

XII. CLASSE DES SOLS SODIQUES (HALOMORPHES)

Sous-classe: à structure non dégradée
Groupe : salins

Les sous-groupes: à efflorescences ou à croûte, à horizon superficiel friable, à sulfates, acidifiés sont tous présents dans les formations littorales (Halaquepts, Sulfaquepts, etc...STS; Solontchaks, etc... FAO).

Sous-classe: à structure dégradée
Groupe : à alcalis non lessivés
Groupe : solonetz

Ces deux groupes sont aussi représentés quoique dans une moindre mesure dans les formations littorales mais ils sont surtout présents dans le Sénégal Oriental sur matériau dérivé de l'altération des séricitoschistes (Natrargids, etc...STS; Solonetz, FAO).

L'évolution de profils salins est dominée par la présence de sels (chlorures, sulfates) celle des sols à alcalis par l'excès de sodium.

4.4 PRODUCTION DE CARTES DERIVEES

4.4.1 Introduction

Les données présentées par la carte morphopédologique ont été converties sous forme paramétrique tabulée et les unités cartographiques ont été redéfinies sur cette base. Deux cartes ont ainsi été dérivées de la carte morphopédologique, une carte d'aptitude des terres et une carte de dégradation des sols.

La procédure suivie est détaillée ci-dessous.

4.4.2 Carte d'Aptitude des Terres

4.4.2.1 Critères

A. Introduction

L'approche adoptée par RSI pour l'élaboration de cartes d'aptitude des terres est du type paramétrique.

Cette méthode consiste en la transformation des données pédologiques fournies par la littérature ou par les observations de terrain en une première série de paramètres. Ces paramètres de premier ordre correspondent à un nombre de caractéristiques simples qui sont normalement directement observables ou mesurables sur le terrain ou qui sont le résultat d'analyses de laboratoire. Les caractéristiques ainsi retenues dans le cadre de cette étude sont les suivantes:

- la pente
- la profondeur utile
- la texture (horizons superficiels et profonds)
- la pierrosité
- la rochosité
- les éléments grossiers
- le drainage
- le pH
- la salinité
- la sodicité
- l'érosion actuelle

Une deuxième série de paramètres correspondant à des caractéristiques composées est inférée des paramètres de premier ordre, des résultats analytiques ou d'autres observations disponibles. Ces données sont le plus généralement converties en paramètres au moyen de tables de combinaisons. Les paramètres de second ordre ainsi obtenus dans le cadre de cette étude sont les suivants:

- la capacité de rétention en eau
- la perméabilité
- l'irrigabilité potentielle
- l'aptitude au travail du sol
- la qualité du lit de germination
- l'aptitude à la mécanisation
- la susceptibilité à l'érosion éolienne
- la susceptibilité à l'érosion hydrique
- le risque global d'érosion
- la fertilité chimique

D'autres données sont aussi intégrées au système en fonction de leur disponibilité. Les caractéristiques pédoclimatiques ont ici été définies sur base des résultats d'une étude de la Cornell University, SMSS Technical Monograph No 3, 1982, et les données pluviométriques disponibles pour le Sénégal. Quatre régions pédoclimatiques ont ainsi pu être distinguées.

Il est à noter que lors du calcul des paramètres d'une unité cartographique, seules les caractéristiques du composant majeur sont normalement retenues. Si plusieurs composants sont présents en proportions relativement importantes au sein de la même unité, la valeur du paramètre considéré doit tenir compte de cette particularité. Plusieurs valeurs peuvent être mentionnées dans le cas de variations d'égale importance ou une valeur accidentelle peut être mentionnée entre parenthèses. Ces valeurs pour chaque unité cartographique sont tabulées pour favoriser la comparaison, annexes IV-3 et IV-4.

B. Paramètres de Premier Ordre

Définition

Les paramètres de premier ordre reprennent des caractéristiques simples qui sont le plus souvent directement observables et mesurables sur le terrain ou qui sont le résultat immédiat d'analyses de laboratoire. Chacune des caractéristiques est ici discutée individuellement. Les valeurs numériques affectées à chaque classe (rang) vont en principe toujours dans l'ordre croissant du niveau le plus favorable au niveau le moins favorable mais le nombre de classes peut varier selon la caractéristique envisagée. Contrairement à certaines classifications en usage, le rang 0 n'a jamais été utilisé dans cette étude.

La Pente

Le paramètre pente recouvre en fait la notion de relief de l'unité cartographique. Sept classes sont définies par un intervalle de valeurs en pourcentage exprimant les limites de pentes pour chaque

classe. Ces classes sont choisies d'après les directives du United States Department of Agriculture, Soil Survey Manual. L'attribution d'une classe de pente à une unité cartographique signifie que la majorité des pentes sont comprises dans les limites indiquées. La pente observée sur le terrain peut cependant exceptionnellement être plus forte ou dans de plus nombreux cas être moins forte.

En classe 1, le relief est plat ou quasi plat. Dans le texte il peut encore être question de topographie plane ou quasi plane. Les pentes sont nulles à quasi nulles, c'est-à-dire qu'elles atteignent des valeurs inférieures à 2%.

La classe 2 correspond à un relief légèrement ondulé, les pentes sont faibles, elles varient entre 2 et 6%.

La classe 3 correspond à un relief très ondulé, les pentes sont modérées et varient de 6 à 9%.

La classe 4 correspond à un relief vallonné, à pentes modérées à assez fortes variant de 9 à 15%.

La classe 5 correspond à un relief accidenté, à pentes assez fortes à fortes variant de 15 à 30%.

La classe 6 correspond à un relief abrupt, à pentes fortes variant de 30 à 50%.

La classe 7, avec des pentes très fortes dépassant les 50% correspond à un relief très abrupt.

Rang	Description		Limites
	relief	pentés	
1	plat, quasi plat	nulles, quasi nulles	<2%
2	légèrement ondulé	faibles	2-6%
3	très ondulé	modérées	6-9%
4	vallonné	modérées à assez fortes	9-15%
5	accidenté	assez fortes à fortes	15-30%
6	abrupt	fortes	30-50%
7	très abrupt	très fortes	>50%

La Profondeur Utile

Le paramètre profondeur utile rend compte des possibilités d'enracinement offertes aux végétaux, il est analogue à celui proposé par le Soil Survey Manual et correspond en fait à l'épaisseur de la couche aisément explorable par les racines. Il s'exprime par l'intervalle de profondeur en centimètres dans lequel un horizon limitant est présent (horizon compact, cuirassé, extrêmement caillouteux, nappe, salinité).

En classe 1, aucun horizon limitant n'est présent à moins que ce ne soit à très grande profondeur. à plus de 120 cm, et les sols sont très profonds.

La classe 2 comprend les sols profonds, limités à grande profondeur ou entre 100 et 120 cm.

En classe 3, l'horizon limitant apparaît à moyenne profondeur, entre 50 et 100 cm et les sols sont modérément profonds.

En classe 4, les sols sont peu profonds, l'horizon limitant apparaissant à faible profondeur entre 25 et 50 cm.

Les sols de la classe 5 sont très peu profonds avec un horizon limitant à très faible profondeur, à moins de 25 cm.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Profondeurs</u>
1	très profonds	>120 cm
2	profonds	100-120 cm
3	modérément profonds	50-100 cm
4	peu profonds	25-50 cm
5	très peu profonds	<25 cm

La Texture

La texture exprime la proportion relative entre les divers types de particules, argiles, limons et sables, constituant la terre fine. Elle est soit appréciée au toucher sur le terrain soit déterminée par des analyses de laboratoire. Les classes texturales utilisées sont basées sur celles définies dans le Soil Survey Manual. Les limites de classes sont déterminées par des valeurs précises en pourcentage pour chacun des constituants mais elles sont plus commodément représentées par un triangle textural tel celui représenté sur le tableau 4.2. Un nom est affecté à chaque polygone du triangle correspondant ainsi à une texture déterminée. Il est cependant peu réaliste d'essayer de décider d'une hiérarchie absolue dans la valeur agricole de ces différentes textures et celles-ci sont donc classées arbitrairement des plus grossières aux plus fines. La classe 1 correspond aux sols "sans terre", pierriers, blocailles, affleurements de roche, carapace ou cuirasse, la classe 2 reprend les sols extrêmement caillouteux. Les classes 3 à 7 regroupent les diverses classes du triangle textural. La classification et les termes employés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

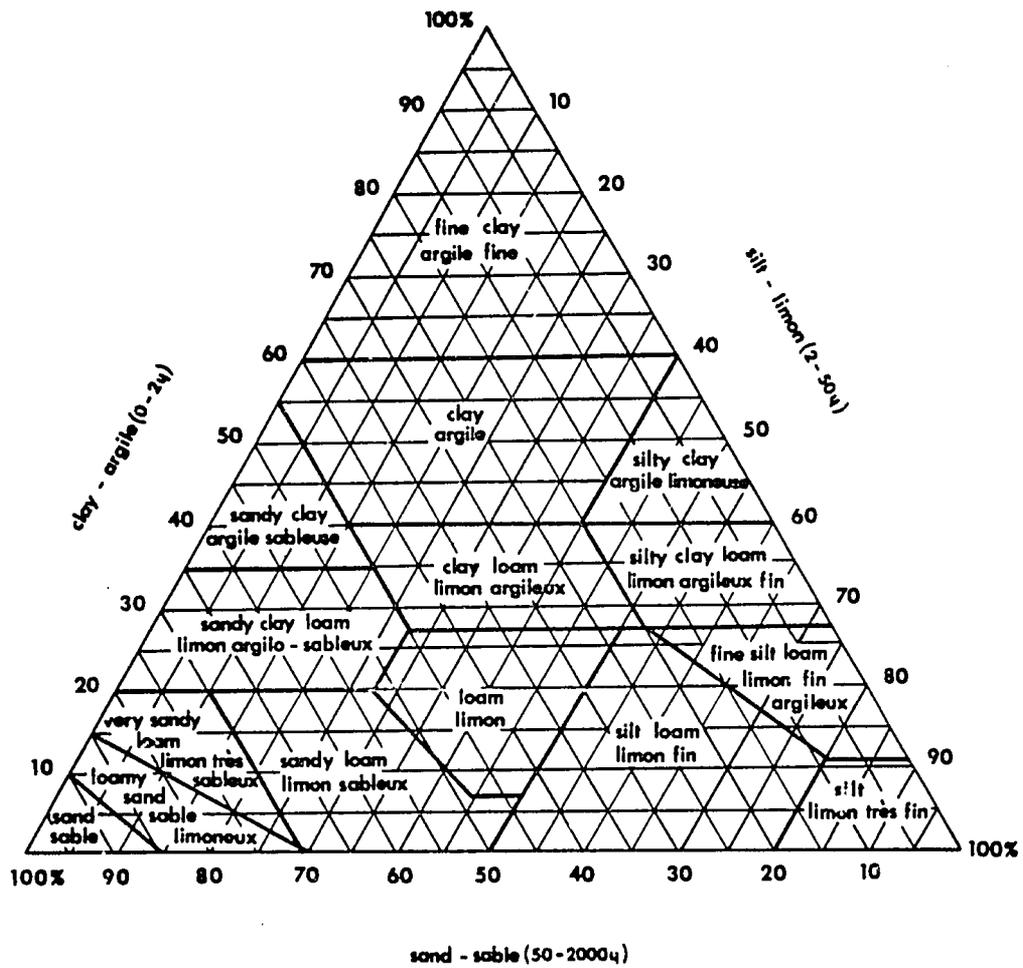


Tableau 4.1 Triangle des Textures

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Textures</u>
1	concrète	[pierrier, blocaille, affleurements, carapace, cuirasse
2	[très grossière, graveleuse	extrêmement caillouteux
3	grossière	sable, sable limoneux
4	moyenne	[limon sableux, limon sableux fin, limon sableux très fin, limon, limon fin, limon fin argileux, limon très fin
5	modérément fine	[limon argilo-sableux, limon argileux, limon argileux fin
6	fine	[argile sableuse, argile limoneuse, argile
7	très fine	argile fine (à plus de 60% d'argile)

La Pierrosité

La pierrosité rend compte de la présence plus ou moins fréquente de fragments grossiers (pierres) à la surface du sol. Les intervalles de classes sont définis en pourcentages, la distance séparant de gros cailloux de diamètre approchant 25 cm est donnée à titre d'exemple. Les classes sont celles définies par la FAO.

Sont très peu pierreux les sols couverts de pierres à raison de moins de 0.01%. Ils entrent dans la classe 1.

Les sols de rang 2 sont peu pierreux. Les pierres couvrent entre 0.01 et 0.1% de la surface du sol. Les gros cailloux sont espacés de 10 à 30 m.

Les sols de rang 3 sont pierreux. Les pierres occupent entre 0.1 et 3% de la surface et les gros cailloux ne sont espacés que de 1.60 à 10 m.

Au rang 4, les sols sont très pierreux, il y a entre 3 et 15% de pierres en surface, les gros cailloux ne sont espacés que de 75 à 160 cm.

Au rang 5, les sols sont excessivement pierreux, couverts de pierres à raison de 15 à 90%, avec une distance inférieure à 75 cm entre les gros cailloux.

Le rang 6 correspond aux pierriers avec plus de 90% de pierres.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Pourcentages</u>	<u>Distance entre gros cailloux (25 cm)</u>
1	très peu pierreux	< 0.01	
2	peu pierreux	0.01- 0.1	10 - 30 m
3	pierreux	0.1 - 3	1.6 - 10 m
4	très pierreux	3 - 15	75 - 160 cm
5	excessivement pierreux	15 - 90	< 75 cm
6	pierrier	> 90	

La Rochosité

La rochosité rend compte de la fréquence des affleurements rocheux exprimée en pourcentage. Les classes retenues sont celles préconisées par la FAO.

Les sols peu rocheux de la classe 1 ne sont couverts qu'à moins de 2% par des affleurements rocheux et ceux-ci n'ont aucune influence déterminante sur les façons culturales.

En classe 2, les sols sont assez rocheux et entre 2 et 10% de la surface sont occupés par des affleurements généralement espacés de 35 à 100 m.

Les sols de la classe 3 sont rocheux, les affleurements occupent de 10 à 25% de la surface et sont espacés de 10 à 35 m, rendant les façons culturales pratiquement impossibles si ce n'est pour des cas particuliers.

En classe 4, les affleurements couvrent entre 25 et 50% de la surface, ils sont en moyenne espacés de 3,5 à 10 m. Sur ces sols très rocheux l'emploi de machines est limité aux petits engins légers pour certains cas particuliers.

La classe 5 comprend les sols excessivement rocheux où les affleurements ne sont généralement espacés que de 3,5 m au maximum et couvrent de 50 à 90% de la surface du sol. Tout emploi de machines est rendu impossible.

La classe 6 reprend les affleurements. Ceux-ci occupent plus de 90% de la surface du sol.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Fréquence</u>	<u>Espacement</u>
1	peu rocheux	< 2%	
2	assez rocheux	2-10%	35 -100 m
3	rocheux	10-25%	10 - 35 m
4	très rocheux	25-50%	3.5- 10 m
5	excessivement rocheux	50-90%	< 3.5 m
6	affleurement	>90%	

Les Eléments Grossiers

La charge en éléments grossiers est définie par l'importance relative de la quantité de fragments grossiers présents au sein du profil. La classification développée par RSI est quelque peu plus détaillée que celles recommandées par le Soil Survey Manual ou par la FAO. Elle comporte six classes dont les limites sont définies en termes de pourcentage et est résumée dans le tableau ci-dessous.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Charge</u>
1	très peu graveleux	< 5%
2	peu graveleux	5-15%
3	assez graveleux	15-35%
4	graveleux	35-60%
5	très graveleux	60-80%
6	graviers	>80%

Le Drainage

Le drainage définit la capacité de ressuyage des sols. L'évacuation plus ou moins aisée et rapide de l'eau du sol se traduisant par des phénomènes d'oxydo-réduction, la qualité du drainage peut s'estimer par l'observation de la couleur du sol ou de la présence ou non de taches caractéristiques en fonction de la profondeur. Le système retenu dans le cadre de cette étude est analogue à celui appliqué par l'Institut International de Levés Aériens et Sciences de la Terre, ITC, Enschede, Pays-Bas. Il a l'avantage sur celui recommandé par le Soil Survey Manual ou par la FAO de présenter une approche plus quantifiée et dès lors moins subjective. Les classes sont définies en fonction de la profondeur à laquelle apparaissent les panachures ou les traces de réduction.

La classe 1 correspond à un drainage légèrement excessif, les panachures ou les traces de réduction n'apparaissent pas dans un profil normalement profond (150 cm). La pente est aussi souvent dans ce cas un facteur d'évacuation rapide.

En classe 2, le drainage est normal, des panachures peuvent être distinguées à plus de 90 cm mais les traces de réduction n'apparaissent pas avant 150 cm.

En classe 3, le drainage est modéré, des panachures peuvent être observées à partir de 50 cm, mais les traces de réduction ne sont présentes qu'à partir de 120 cm.

La classe 4 correspond aux sols à drainage imparfait, panachures et traces de réduction sont observables à partir de 50 cm.

Les sols de la classe 5 ont un drainage pauvre et il est possible d'y observer des panachures et des traces de réduction dès l'horizon supérieur.

La classe 6 reprend les sols à drainage très pauvre connaissant des conditions fortement réduites dès la surface.

Le tableau ci-dessous résume cette classification.

Rang	Description	Profondeur à laquelle apparaissent les panachures la réduction	
1	légèrement excessif	< 150 cm	< 150 cm
2	normal	< 90 cm	< 150 cm
3	modéré	< 50 cm	< 120 cm
4	imparfait	< 50 cm	< 50 cm
5	pauvre	> 50 cm	> 50 cm
6	très pauvre	surface	surface

Le pH

Le pH reflète assez correctement le niveau de fertilité chimique d'un sol. C'est aussi une donnée importante car la plupart des spéculations agricoles sont incapables de croître convenablement dans des conditions trop acides ou alcalines. La classification adoptée pour cette étude est volontairement simple car les données pH utilisées proviennent de sources très diverses et les classes devaient dès lors être suffisamment larges pour pouvoir absorber la variabilité inhérente aux diverses méthodes de mesure. Cinq niveaux de pH ont donc été retenus. La numération n'est cependant plus strictement croissante mais un suffixe est utilisé pour préciser le caractère acide ou alcalin. Le tableau ci-dessous donne le détail de la classification adoptée.

Rang	Description	pH
1	relativement neutre	6.1-7.3
2 ac	acide	4.5-6.0
2 alc	alcalin	7.4-8.2
3 ac	très acide	<4.5
3 alc	très alcalin	>8.2

Dans le texte l'expression "légèrement acide" a été réservée aux pH compris entre 5.1 et 6.0 et l'expression "franchement acide" aux pH compris entre 4.5 et 5.0. Ceci permet de nuancer quelque peu la description des unités cartographiques. Seul le pH des horizons supérieurs est considéré dans l'établissement des cotations, annexe IV-3.

La Salinité

Le paramètre salinité exprime dans quelle mesure la présence de sels solubles dans l'horizon superficiel peut affecter la croissance normale des végétaux. Les limites de classes sont définies par des valeurs de conductivité électrique, en mmhos/cm, d'extraits de pâtes saturées, à 25° C. Les classes sont basées sur les recommandations du Soil Survey Manual. Lorsque le sol est au moins légèrement salin mais que des données chiffrées ne sont pas disponibles, le paramètre salinité a été noté X dans le tableau des caractéristiques, annexe IV-3. Le symbole E est aussi utilisé pour indiquer la présence possible d'efflorescences salines en surface. Les classes de salinité sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Rang	Description	Conductivité électrique en mmhos/cm
1	non salin	<2
2	très peu salin	2-4
3	légèrement salin	4-8
4	salin	8-16
5	très salin	>16

La Sodicit 

Le paramètre sodicité reflète la présence d'un excès de sodium dans le complexe cationique du sol. Les classes sont définies sur base de la valeur du pourcentage de sodium échangeable (ESP) ou du rapport d'absorption du sodium (SAR) dans l'horizon superficiel. L'une ou l'autre de ces valeurs est normalement directement calcul e par les laboratoires d'analyses pédologiques et peut donc être utilis e comme paramètre primaire. Comme pour la salinité, lorsque les données chiffr es font défaut le symbole X est utilisé (annexe IV-3).

Le tableau ci-dessous résume les classes de sodicité.

Rang	Description	ESP	SAR
1	non sodique	< 4	<4
2	très peu sodique	4-10	4-8
3	légèrement sodique	10-20	8-18
4	sodique	20-35	18-38
5	très sodique	>35	>38

L'Erosion Actuelle

L'intensité de l'érosion actuelle, c'est-à-dire l'érosion directement observable sur le terrain, est exprim e par un paramètre indiquant très simplement le pourcentage de superficie affect e par l'érosion. Les classes suivent les directives du Soil Survey Manual.

En classe 1, l'intensité de l'érosion est limit e et moins de 25% de la superficie est occup e par des formes d'érosion.

En classe 2, l'érosion est considérable, elle peut affecter de 25   75% de la superficie.

En classe 3, l'érosion est sévère, elle affecte plus de 75% de la superficie.

Une classe 4 reprend les cas d'érosion extrême ou spectaculaire du type Badlands où la totalité de la surface du sol est affect e en permanence par une érosion particulièrement active.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Superficie affectée</u>
1	limitée	<25%
2	considérable	25-75%
3	sévère	>75%
4	extrême	100%

C. Les Paramètres de Second Ordre

Définition

Les paramètres de second ordre correspondant à des caractéristiques complexes sont le plus souvent obtenus par la combinaison des paramètres de premier ordre. D'autres critères non paramétriques ou des procédés de calcul interviennent ce qui implique un certain traitement des données préalable à l'obtention de ces paramètres.

Les tables de combinaison utilisées sont celles développées par RSI au long de son expérience nationale et internationale. Les diverses valeurs des paramètres considérés sont introduites dans la table de combinaison qui permet d'apprécier soit visuellement soit arithmétiquement à quel niveau (classe) se situe le nouveau paramètre recherché. Il peut être nécessaire de pondérer certaines lectures en raison de la présence de facteurs particulièrement limitants, ainsi l'utilisation de la table n'est pas purement mécanique mais doit tenir compte de la totalité des informations disponibles souvent non quantifiables. Chacune des caractéristiques est ici discutée individuellement et la table de combinaison utilisée est donnée dans chaque cas.

La Capacité de Rétention en Eau.

L'expérience et la littérature montrent qu'à chaque composition texturale correspond une valeur moyenne de rétention en eau pouvant être exprimée par un pourcentage donné. La capacité de rétention en eau considère l'épaisseur utile du profil et est ainsi calculée sur base de la composition texturale de chaque horizon sur les 150 premiers centimètres du profil ou jusqu'au niveau de l'horizon limitant (par exemple: cuirasse). Elle est exprimée en centimètres d'eau. Les limites de classes sont définies par les hauteurs d'eau données dans le tableau ci-dessous.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Hauteurs d'eau</u>
1	très élevée	>23 cm
2	élevée	16-23 cm
3	moyenne	12-16 cm
4	faible	8-12 cm
5	très faible	< 8 cm

Le choix de ces valeurs repose sur des observations empiriques et sur la connaissance des besoins en eau des spéculations agricoles courantes. Cette procédure est assez communément suivie par de nombreux auteurs. La classification ci-dessus est semblable à celle

utilisée par l'Institut International de Levés Aériens et Sciences de la Terre, ITC, Enschede, Pays-Bas.

La Perméabilité

Des mesures d'infiltromètres étant rarement disponibles et toujours sujettes à caution, la perméabilité est dérivée de l'estimation des caractéristiques texturales, de l'importance de la charge caillouteuse, de la présence d'un horizon d'arrêt, etc... et de leur influence et de leur interaction. La classification est donc plus subjective et son utilisation est aussi plus délicate. Ainsi, un sol plus filtrant moins favorable qu'un sol moins perméable en région aride où l'irrigation s'impose, peut devenir plus favorable sous un climat plus arrosé. Des indications sommaires quant aux classes utilisées sont cependant données ci-après.

La classe 1 a une perméabilité élevée, elle comprend des sols à texture généralement grossière ou modérément grossière (sables, sables limoneux, limons sableux, limons très fins mais bien flocculés) et qui sont toujours profonds. Les sols caillouteux à drainage rapide sont aussi inclus dans cette classe.

La classe 2 a une perméabilité modérée, elle comprend des sols à texture souvent modérément fine à modérément grossière (limons sableux, limons fins).

En classe 3 la perméabilité est faible, les sols sont plus riches en argile, la texture est souvent modérément fine à fine (limons argileux, limons très fins) mais elle peut être plus légère s'il y a un horizon d'arrêt en profondeur.

En classe 4 la perméabilité est très faible, la cause peut être une nappe élevée, un sol peu à très peu profond, un horizon d'arrêt à faible profondeur ou combiné à une pluviosité abondante, un sol très lourd, des argiles gonflantes.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>
1	élevée
2	modérée
3	faible
4	très faible

L'Irrigabilité Potentielle

L'irrigabilité potentielle considère les qualités physiques du sol en vue de la culture irriguée. Elle est déterminée par comparaison des paramètres obtenus pour le sol considéré avec une liste correspondant aux conditions types les plus favorables, soit: une pente quasi nulle à très faible, un sol profond, une texture de surface moyenne à modérément fine, un drainage normal, une capacité de rétention en eau moyenne, une perméabilité modérée et avec au maximum une légère salinité.

Le sol reçoit la cote 1, irrigable, si tous ses paramètres correspondent à ceux de la liste type.

Le sol reçoit la cote 2, irrigabilité limitée, si les écarts sont rares et de faible amplitude. Ainsi un sol à texture quelque peu trop légère, trop perméable peut par exemple encore être irrigué par aspersion mais l'investissement est alors plus considérable.

La cote 3, non irrigable est attribuée aux sols dont trop de paramètres s'écartent sensiblement des valeurs de la liste type ou si l'amplitude de l'écart pour l'un au moins d'entre eux est excessive et jugée trop limitante.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>
1	irrigable
2	irrigabilité limitée
3	non irrigable

La cotation est indiquée entre crochets si la région pédoclimatique ne requiert pas nécessairement l'irrigation des cultures (annexe IV-4):

L'Aptitude au Travail du Sol

L'aptitude au travail du sol exprime la qualité du sol vis-à-vis de son traitement par l'outillage agricole manuel ou attelé. Elle dépend de plusieurs facteurs mais les trois principaux sont la pierrosité, la charge en éléments grossiers et la texture de l'horizon superficiel. Ceux-ci sont donc repris dans la table de combinaison ci-dessous.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Rangs des Facteurs Combinants</u>		
		<u>Pierrosité</u>	<u>Eléments Grossiers</u>	<u>Texture</u>
1	bonne	1-2	1-2	3
2	suffisante	3	3	4
3	médiocre	4	4	5-6
4	mauvaise	5-6	5-6	1-2 et 7

La Qualité du Lit de Germination

La qualité du lit de germination est déterminée par les qualités physiques de l'horizon superficiel plus ou moins propices à l'établissement et au développement des plantules. Elle combine la structure, la consistance et la capacité de glaçage du sol à la charge en éléments grossiers définie plus haut. Ces trois critères bien que plus subjectifs et peu quantifiables sont introduits dans la table de combinaison ci-dessous.

Rang	Description	Caractéristiques Physiques			Eléments Grossiers (rang)
		Structure	Consistance état frais/ état sec	Glaçage	
1	très bonne	granulaire, grumeleuse, polyédrique (sub)angulaire fine	meuble	aucun	1
2	bonne	polyédrique (sub)angulaire moyenne	très friable /tendre	possible	2
3	suffisante	polyédrique (sub)angulaire grossière	friable/ peu dure	limité	3
4	médiocre	prismatique, massive	ferme/dure	fréquent	4
5	mauvaise	feuilletée	très ferme/ très dure	uniforme	5-6

L'Aptitude à la Mécanisation

L'aptitude à la mécanisation envisage la possibilité d'une intervention avec des engins agricoles motorisés. Elle est principalement fonction du type de relief défini par des termes généraux et les limites de pentes ainsi que des paramètres pierrosité, rochosité et texture de l'horizon superficiel définis plus haut. La table de combinaison est figurée ci-dessous.

Rang	Description	Relief		Rang des Facteurs Combinants		
		Description	Pentes	Pierrosité	Rochosité	Texture
1	bonne	plat, ondulé	< 8%	1-2	1	3-(4)
2	moyenne	vallonné	8-16%	3	2	4-5
3	faible	accidenté	16-30%	4	3-4	6-7
4	quasi nulle	abrupt (+marécages)	>30%	5-6	5-6	1-2

La Susceptibilité à l'Erosion Eolienne

La susceptibilité à l'érosion éolienne indique la sensibilité de la surface du sol à la déflation. Elle prend en compte principalement la texture de l'horizon superficiel.

La classe 1 a une susceptibilité nulle, elle comprend les sols pierreux ou caillouteux, les affleurements non soumis à l'érosion éolienne.

La classe 2 a une susceptibilité très faible. Elle comprend les sols limoneux contenant entre 18 et 35% d'argile et moins de 5% de carbonates finement divisés, y compris les limons argileux fins s'ils contiennent moins de 35% d'argile et moins de 5% de carbonates finement divisés. Ces sols sont aisément cultivables sans danger majeur d'érosion éolienne.

En classe 3 la susceptibilité reste faible. Ce sont les sols limoneux qui contiennent moins de 18% d'argile et moins de 5% de carbonates finement divisés, et les limons argilo-sableux ou les argiles sableuses contenant moins de 5% de carbonates finement divisés. Ceux-ci sont cultivables sous contrôle.

La susceptibilité est modérée en classe 4. Ce sont des sols sur argiles, argiles limoneuses, limons argileux et limons argileux fins, contenant plus de 35% d'argile. Ils sont cultivables mais sous contrôle approprié.

La susceptibilité devient assez élevée en classe 5. Les sols y sont limoneux calcaires et contiennent moins de 35% d'argile mais plus de 5% de carbonates finement divisés. Ils sont cultivables si des mesures de protection importantes sont prises.

La classe 6 a une susceptibilité élevée, elle comprend tous les limons sableux cultivables avec des mesures de protection importantes.

La classe 7 a une susceptibilité très élevée, ce sont tous les sables limoneux cultivables uniquement avec des mesures de protection importantes.

La susceptibilité extrême caractérise la classe 8. Ce sont tous les sables (grosiers, fins ou très fins) où la végétation naturelle ne s'installe que difficilement en raison de leur mobilité et qui ne conviennent généralement pas à la culture.

<u>Rang</u>	<u>Description</u>	<u>Groupes Texturaux</u>
1	nulle	pierreux
2	très faible	limons
3	faible	limons, argiles sableuses
4	modérée	argiles et limons
5	assez élevée	limons calcaires
6	élevée	limons sableux
7	très élevée	sables limoneux
8	extrême	sables

La Susceptibilité à l'Erosion Hydrique

La susceptibilité à l'érosion hydrique rend compte de la sensibilité de la surface du sol à l'action érosive des eaux de pluie et de ruissellement. Elle combine aux paramètres pente et texture de l'horizon superficiel, l'intensité du développement de la structure dans l'horizon supérieur. La table de combinaison est donnée

Rang	Description	Développement de structure	Rang des Facteurs combinants	
			Pente	Texture
1	très faible	moyen à fort	1	3
2	faible	moyen	2-3	4
3	modérée	faible	4	5
4	élevée	(motteuse)	5	6
5	très élevée	(motteuse)	6-7	7

Si sur le terrain la capacité d'infiltration apparaît être particulièrement faible ou si la structure est d'un type défavorable (exemple: prismatique), la cotation est augmentée d'un point.

Le Risque Global d'Erosion

Le risque global d'érosion représente l'intensité du danger d'érosion auquel est soumise la zone considérée. Il est défini par la combinaison des paramètres, pente, érosion actuelle et susceptibilités à l'érosion éolienne et hydrique, compte tenu de l'intensité du développement de la structure dans l'horizon superficiel et de l'importance du couvert végétal. La table de combinaison est donnée ci-après.

Rang	Description	Rang des Facteurs Combinants Pente	Rang des Facteurs Combinants			Développement de Structure	Couverts Végétal
			Erosion actuel.	Susceptibilité Eol.	Hyd.		
1	faible	1	1	1-2	1	moyen à fort	75-100%
2	modéré	2-3	2	3-4	2	moyen	50-75%
3	élevé	4-5	3	5-6	3	faible	25-50%
4	très élevé	6-7	4	7-8	4-5	très faible, défavorable	0-25%

Le rang 4 correspondra de fait à une zone déjà extrêmement dégradée.

La Fertilité Chimique

La fertilité chimique est estimée à partir des résultats d'analyses de laboratoires. C'est une notion théorique combinant des paramètres influant la croissance des végétaux. La table de combinaison utilisée ici est à deux niveaux, le nombre de classes étant différent pour certains paramètres. Elle combine le pH, la teneur en matière organique exprimée par la teneur en carbone et le rapport carbone/azote de la matière organique utilisé comme indice de minéralisation, en trois classes et la capacité d'échange cationique et le type de structure, en 5 classes. La cotation finale comprend trois classes.

a. Rang	pH	Carbone %	Rapport Carbone/Azote
1	6.5-7.5	>2.5	10 (humus minéralisé)
2	4.5-6.5 ou 7.5-8.5	0.6-2.5	20 (humus actif)
3	<4.5 ou >8.5	<0.6	30 (humus inactif)

b. Rang	Capacité d'Echange Cationique	Structure
1	très élevée: >16 meq/100g	granulaire, grumeleuse, polyédrique (sub)angulaire fine
2	élevée: 12-16 meq/100g	polyédrique (sub)angulaire moyenne
3	moyenne: 6-12 meq/100g	polyédrique (sub)angulaire gros- sière
4	faible: 2-6 meq/100g	prismatique, massive
5	très faible: <2 meq/100g	feuilletée; glaçage, battance

c. Rang*	Description
1	fertile (pas d'amendements nécessaires)(a+b)= 2 ou 3
2	cultivable avec amendements (a+b)= 4,5 ou 6
3	médiocre (a+b)= 7 ou 8

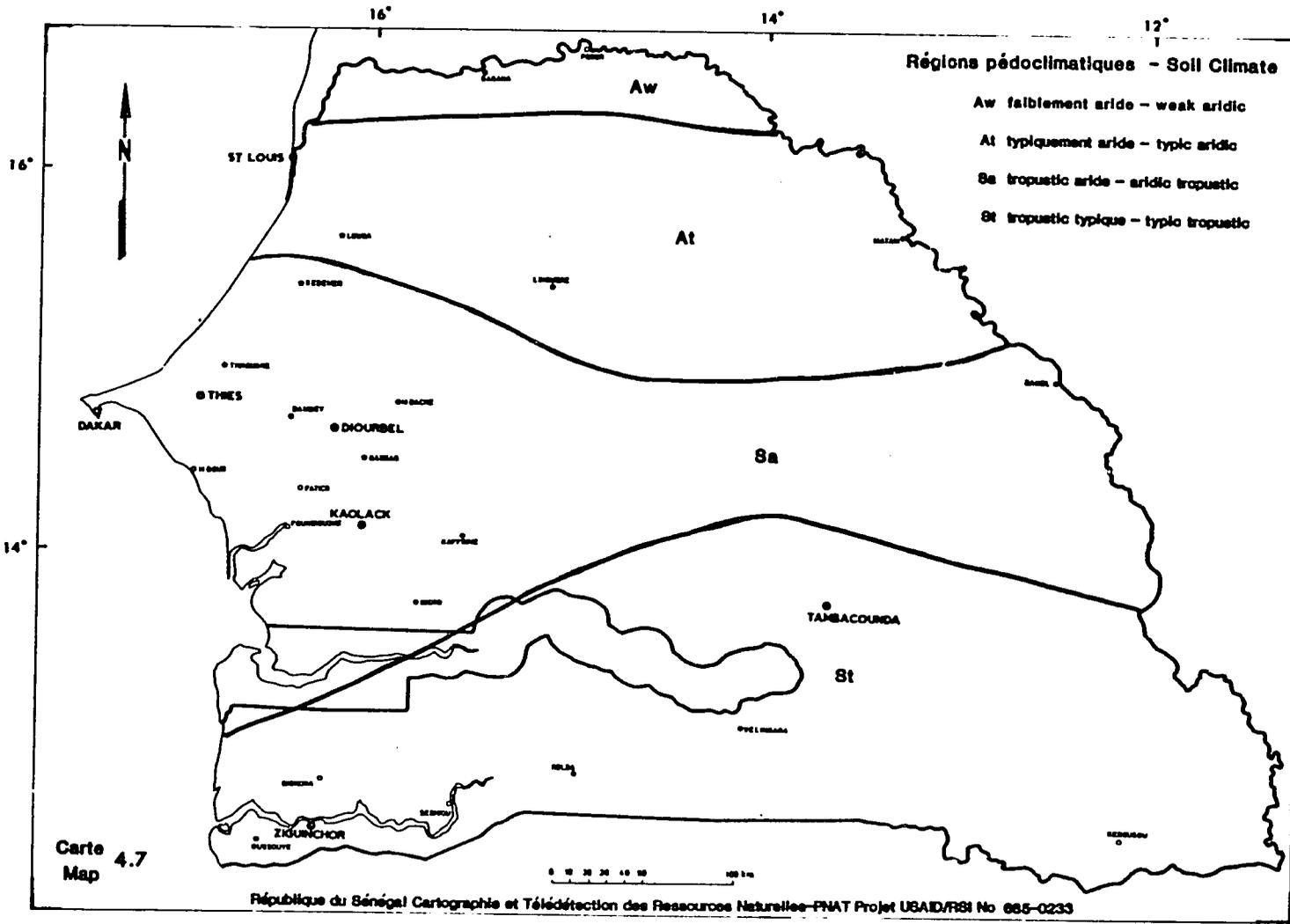
* Les observations de terrain sont prises en compte pour pondérer les résultats arithmétiques.

C. Les Régions Pédoclimatiques

Afin de tenir compte de l'influence du climat il a été fait usage d'une étude (1984) de A. Van Wambeke du New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University. Cette étude définit les régimes pédoclimatiques pour le continent africain et la carte 4.7 en est extraite. Elle a servi de base avec les données pluviométriques et les observations de terrain à la définition de quatre régions pédoclimatiques. La délimitation de ces régions reposant sur l'usage d'un modèle théorique, elles n'ont pas été représentées sur les cartes mais la position de chaque unité cartographique de la carte morpho-pédologique a été définie en fonction de ces régions et celles-ci jouent leur rôle dans le classement final des aptitudes, annexe IV-5.

Les régions pédoclimatiques ainsi définies peuvent être résumées comme suit:

Région I. Typiquement aride, cette région couvre le nord du pays, là où



Régions pédoclimatiques (d'après A. Van Wambeke)

Soil climate zones (after A. Van Wambeke)

la pluviométrie ne dépasse que rarement les 350 mm annuels. Les sols ne sont en aucun cas cultivables sans irrigation car leur humidité ne se maintient que partiellement et jamais plus de 45 jours consécutifs.

Région II. Faiblement aride, cette région s'étendant au nord de la ligne Kébémér-Déali-Bakel, couvre l'essentiel du Ferlo et la pluviométrie annuelle n'y dépasse guère les 600 mm. Les sols restent plus longtemps humides mais cette eau n'est pas disponible pour plus de 3 mois consécutifs. Si les cultures non irriguées sont théoriquement possibles, elles n'en restent pas moins fort aléatoires car le régime des pluies et leur distribution dans l'espace sont fort irréguliers. La nécessité d'une irrigation doit donc être prévue dans les plans d'aménagement.

Région III. Dans cette région règne le régime "tropustique aride". Il est caractérisé par une saison sèche pendant laquelle les sols sont physiologiquement secs pour une période de 3 à 9 mois. La période favorable durant de 3 à 6 mois, des cultures non irriguées sont possibles. La pluviométrie peut atteindre 800 mm. Le Cap Vert, le Sine Saloum sont compris dans cette région qui se prolonge en une bande étroite jusqu'au fleuve Sénégal et la Falémé entre Bakel et Kidira.

Région IV. Cette région connaît un régime "tropustique typique" caractérisé par une saison sèche pendant laquelle les sols sont physiologiquement secs pendant plus de 3 mois mais restent humides sans interruption pendant 6 à 9 mois. La pluviométrie annuelle est le plus souvent supérieure à 900 mm. Cette région recouvre la Gambie, la Casamance et le Sénégal Oriental.

4.4.2.2 Cotation

A. Introduction

La carte d'aptitude des sols envisage trois aspects de l'activité humaine: agricole, pastoral et forestier. Pour chacun une classification à plusieurs niveaux a été élaborée et figurée sur la carte au moyen de hachures ou d'une échelle de gris. Les trois sont montrés en surimpression et toutes les combinaisons sont donc possibles. Les limites des unités morphopédologiques sont de plus figurées pour faciliter la comparaison. Cette carte peut aussi être résumée dans un tableau dressant la liste des unités morphopédologiques et de leurs aptitudes. La région pédoclimatique est aussi mentionnée dans le même tableau, Annexe B, Tableau IV-5.

B. Classes d'Aptitude Agricole

Les classes d'aptitude agricole ont été définies au moyen d'une table de conversion classique reprenant tous les paramètres définis plus hauts (tableau 4.1). L'utilisation d'une telle table n'est pas purement mécanique mais pondérée par l'usage de toutes les sources d'information disponibles tant il est vrai que la nature est complexe et que toutes ses caractéristiques ne sont pas réductibles à l'état de paramètres. Ainsi en climat sec une situation physiographique

TABLEAU 4.1
TABLE DE CONVERSION

PARAMETRES	CLASSES			
	A1	A2/C2	A3/C3	N.
Pente	1,2	3,4	5,6	7
Profondeur utile	1,2	3	4	5
Texture (horizon superficiel)	1,2&7
Pierrosité	1,2	2,3	4	5,6
Rochosité	1	2,3	3,4	5,6
Éléments grossiers	1	2,3	4,5	6
Drainage (I,II)	4,5	3	1,2	6
(III,IV)	1,2	3,4	4,5	6
pH	1	1,2	2	3
Salinité	1	2	3	4,5
Sodicité	1	2	3	4,5
Efflorescences	-	-	-	E
Erosion actuelle	1	1	2	3,4
Capacité de rétention en eau	1,2	3	4	5
Perméabilité (I,II)	3	2	1,2	4
(III,IV)	1,2	2	3	4
Irrigabilité potentielle	(1)	1	2	3
Aptitude au travail du sol	1	2	3	4
Qualité du lit de germination	1	2,3	4	5
Aptitude à la mécanisation	1	2	3	4
Susceptibilité à l'érosion éolienne	2,3	4,5	6,7	1&8
Susceptibilité à l'érosion hydrique	1	2	3,4	5
Risque global d'érosion	1	2	3	4
Fertilité chimique	1	2	2	3

entraînant un drainage imparfait ou pauvre, une perméabilité faible peuvent devenir des facteurs favorables.

A1, Aptitude élevée: les terres de cette classe ne présentent que de rares limitations mineures sans influence déterminante sur les rendements. De bonnes pratiques conservatoires sont évidemment recommandables mais des spéculations variées peuvent aisément être tentées. En pratique, la majorité des paramètres sont de rang 1 voire de rang 2. Cette classe n'étant pas significativement présente au Sénégal, elle n'a pas pu être représentée sur la carte au 500 000e.

A2, Aptitude moyenne: les terres de cette classe présentent certaines limitations majeures qui ont une influence sur les rendements. Leur mise en culture nécessite un investissement dépassant les restitutions et les mesures conservatoires classiques. Des apports constants d'amendements organiques et minéraux sont indispensables à chaque saison culturale pour assurer l'obtention de rendements satisfaisants. En pratique, la majorité des paramètres sont de rang 2 voire de rang 3.

A3, Aptitude limitée: les terres de cette classe présentent plusieurs limitations majeures et bien qu'elles soient cultivables si des investissements assez importants sont consentis régulièrement, les rendements obtenus ne justifient guère la dépense. Une agriculture de subsistance y est toujours localement possible. En pratique, beaucoup de paramètres sont de rang 3 ou 4.

C2, Aptitude conditionnelle moyenne: les terres de cette classe présentent une ou deux limitations majeures corrigeables et sont susceptibles d'acquérir une qualité comparable à celle des terres de la classe A2 à condition qu'un investissement important soit consenti au départ (assainissement, irrigation, forages...). La nécessité de tels investissements est primordiale en régions I et II. Mis à part les limitations majeures corrigeables, les autres paramètres sont généralement de rang 2.

C3, Aptitude conditionnelle limitée: même après un investissement de départ important les rendements escomptables sur ces terres ne seront guère plus élevés que sur celles de la classe A3 et mis à part les limitations qui peuvent faire l'objet d'une intervention, les paramètres sont le plus souvent de rang 3 et 4.

N, Non cultivable: les terres de cette classe présentent trop de limitations majeures et quel que soit le niveau d'investissement consenti les rendements resteront médiocres. La majorité des paramètres sont de rang 4 ou supérieur à 4.

Sur la carte, les classes d'aptitude agricole sont figurées par des hachures à pente positive, plus serrées à mesure que l'aptitude diminue. Les lignes sont discontinues dans le cas des aptitudes conditionnelles. La classe non cultivable n'a pas de figuré.

C. Classes d'Aptitude Pastorale

La connaissance des espèces présentes, leur appétabilité et leur valeur fourragère n'apparaîtraient pas dans une table de conversion classique et étant donnée la profusion de rapports agrostologiques et de cartes des pâturages disponibles, il a été jugé plus opportun de corrélér le contenu des unités cartographiques avec les informations contenues dans ces documents le plus souvent accompagnés d'ailleurs d'une étude pédologique. Bien qu'elle soit basée en grande partie sur des données chiffrées mais à cause de la diversité des sources il a été choisi de maintenir la classification ainsi obtenue sur un plan purement qualitatif.

P1, Pâturage généralement de bonne qualité: ces parcours sont moyens à plus souvent bons en saison sèche et bons à très bons en saison des pluies.

P2, Pâturage généralement de qualité moyenne: ces parcours sont médiocres à moyens en saison sèche et moyens à bons en saison des pluies.

P3, Pâturage généralement de qualité médiocre ou faible: ces parcours sont toujours médiocres ou même nuls en saison sèche, médiocres à rarement moyens en saison des pluies.

P4, Pâturage uniquement exploitable en saison sèche, inondables: ces pâturages sont généralement bons mais de courte durée et d'extension limitée aux zones inondables des fonds de vallées et de vallons, des abords du lac de Guiers et des formations fluvio-deltaïques.

N, Non pâturable: les parcours sont soit nuls soit à mettre en défens pour des raisons de protection.

Sur la carte, les classes d'aptitude pastorale sont figurées par des hachures à pente négative, plus serrées à mesure que l'aptitude est défavorable. La classe non pâturable n'a pas reçu de figuré.

D. Classes d'Aptitude Forestière

Une démarche similaire à celle utilisée pour les pâturages a été tentée pour la définition des classes d'aptitude forestière bien que le nombre de documents disponibles soit nettement plus réduit. Ce fait a été compensé en partie par des observations et de nombreux contacts sur le terrain avec les agents des Eaux et Forêts.

F1, Enrichissement et reboisement de production: dans cette classe la poursuite de spéculations de type forestier est permise, l'enrichissement des peuplements naturels est possible et des reboisements de production peuvent être tentés.

F2, Enrichissement et reboisement limité: dans cette classe les enrichissements et reboisements sont possibles dans une moindre mesure

et la priorité devrait être donnée aux stations les plus favorables.

F3, Exploitation limitée aux besoins des localités, protection: dans cette classe la production est limitée à un nombre très réduit de stations. Des boisements de protection sont à envisager, les plantations pérennes arbustives sont localement préférables à l'agriculture. Les besoins villageois peuvent être couverts mais devraient faire l'objet d'une gestion contrôlée. Des boisements d'enrichissement ne sont que très localement possibles.

F4, Reboisement et protection: cette classe comprend les zones à protéger en priorité. La récupération de bois mort est le plus souvent la seule utilisation acceptable. Seuls des reboisements de protection sont à envisager.

Sur la carte les classes d'aptitude forestière ont été figurées par une échelle de gris, la densité augmentant au fur et à mesure que les conditions d'exploitation sont plus défavorables.

4.4.3 Carte de la Dégradation des Sols

4.4.3.1 Introduction

La carte de la dégradation des sols est en fait une carte d'interprétation de la carte morphopédologique. Le procédé rassemble et généralise au 1 000 000^e les unités morphopédologiques présentant des similitudes sur base de critères propres à cerner les effets de la dégradation des sols.

4.4.3.2 Types de dégradation

Quatre types de dégradation ont été envisagés et sont résumés ci-dessous. Les paramètres et critères pris en considération sont mentionnés pour chaque cas.

A, Dégradation hydrique, surfaces résiduelles d'érosion: dans ce cas l'érosion hydrique ou la dégradation physique est prédominante. Les sols sont caractérisés par une profondeur utile faible à très faible, une forte proportion d'affleurements, une charge en éléments grossiers importante à très importante. C'est le cas dans l'est du pays pour les surfaces résiduelles d'érosion du Ferlo et du Sénégal Oriental. Une limite approximative montrant l'extension des sols de type régosolique, cuirassés ou tronqués indurés a été figurée sur la carte, c'est dans cette région que la susceptibilité à l'érosion hydrique atteint généralement les valeurs les plus élevées. Une première différenciation porte sur le matériau parental, les sols sur cuirasse ou sur produits de démantèlement de cuirasse ayant une fertilité chimique souvent plus faible que ceux sur roches basiques du Sénégal Oriental. La seconde différenciation considère la profondeur utile, les régosols ou sols gravillonnaires sont dans une certaine mesure cultivables alors que les lithosols sont normalement incultes.

B, Dégradation éolienne: le vent est ici le facteur prépondérant. Les plages et dunes de la Grande Côte ont été figurées avec les zones de remobilisation présentant un danger dans le cadre de l'ensablement des niayes. A l'est du pays, les dunes vives de la région du fleuve et les zones d'ensablement actif du Ferlo ont aussi été figurées. L'ouest du pays connaît une déflation particulièrement active et une limite approximative de la zone de déflation intense a été figurée sur la carte. Il faut noter que la susceptibilité à l'érosion éolienne est généralement élevée dans l'ensemble du pays (60% des unités cartographiques).

C, Dégradation due à la salinité: bien que l'échelle n'autorise pas une représentation détaillée de ces phénomènes, les paramètres salinité et sodicité permettent de figurer les zones affectées par la présence de sels ou de sodium, la présence probable d'efflorescences salines en surface a été figurée par le symbole E. La limite de l'extension des sols salins liés aux formations deltaïques a été soulignée sur la carte par un trait plus épais.

D, Dégradation induite par l'activité humaine:

Dans une première approche l'accent a été porté sur l'appauvrissement des sols par l'exploitation agricole et quoique la quantité d'imagerie disponible soit plutôt limitée pour effectuer ce genre d'interprétation, il apparaît assez nettement que les zones représentées sur la carte souffrent de surexploitation. Les indices observables sont par exemple un couvert végétal réduit, une capacité de rétention en eau réduite, une déflation plus intense,...

Le deuxième aspect envisagé est la régression des mangroves. Les zones hachurées correspondent aux superficies que l'on peut considérer comme perdues au cours de la décennie s'étendant de 1972 à 1982. Cette période est déterminée par les dates d'enregistrement de l'imagerie disponible pour la région au moment de l'interprétation. Les causes de la régression sont assurément complexes et leur détermination doit faire l'objet d'études sur le terrain mais il est certain que l'action humaine joue un rôle important dans ce phénomène.

ANNEXE B

Tableau IV-1

Itinéraires des levés morphopédologiques

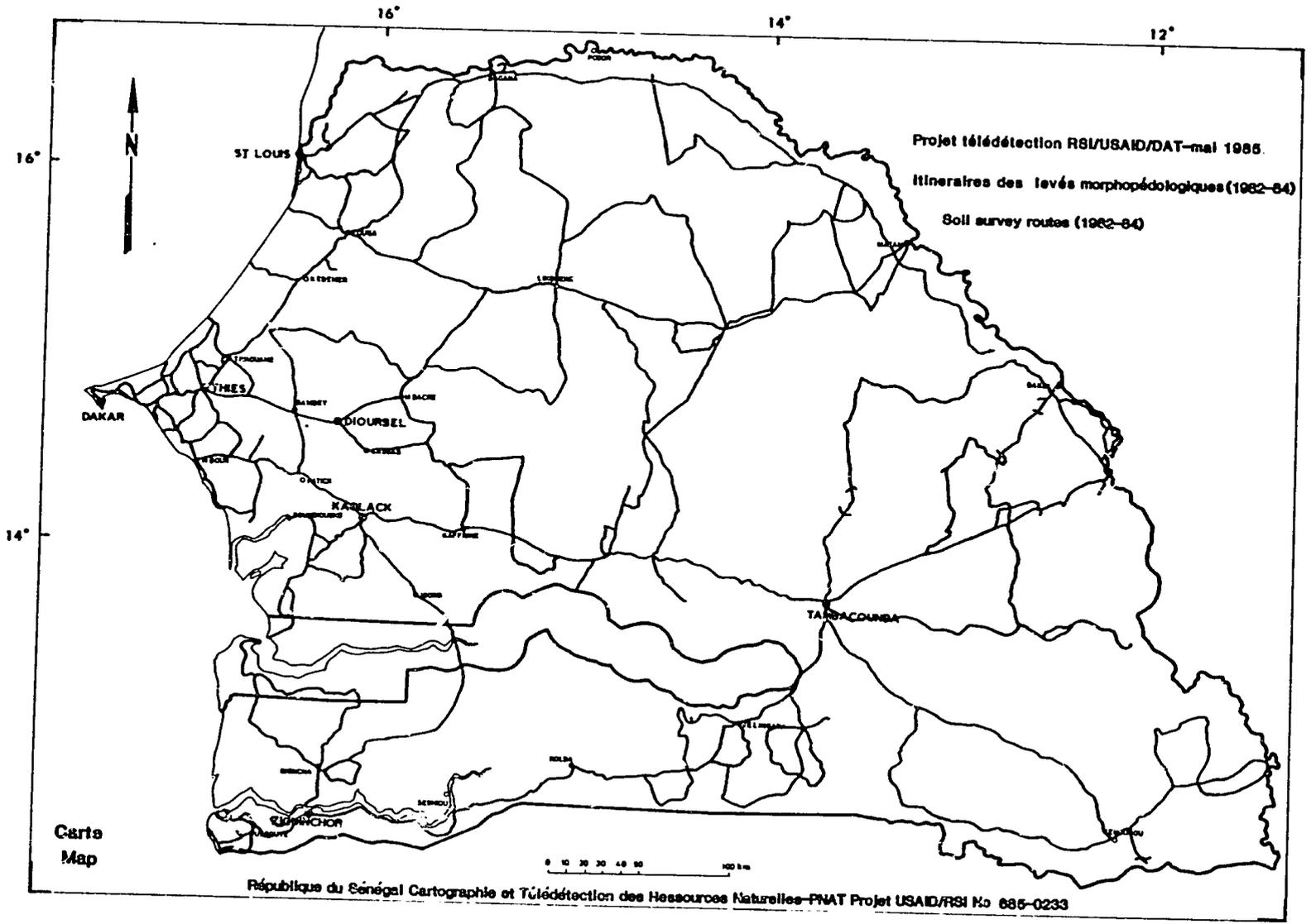


Tableau IV-1 Itinéraires des Levés Morphopédologiques

ANNEXE B

Tableau IV-2

Exemples de profils d'étude

(description abrégée)

Les mouvements de personnel au sein de la section pédologique ont eu des répercussions extrêmement néfastes sur la collecte des données de terrain. La dispersion des fiches ou des carnets de terrain, le caractère incomplet de la plupart des dossiers de mission du projet sont le reflet de cette situation. C'est pourquoi le nombre de descriptions de profils et de résultats analytiques donnés ici est fort limité.

ABREVIATIONS

SAR Sodium Adsorption Ratio
CE Conductivité électrique
CEC Capacité d'échange cationique
Sat % Taux de saturation, pourcentage

Texture (analyse mécanique)

s sable
l limon
a argile
ls limon sableux
la limon argileux
las limon argilo-sableux
as argile sableuse
sl sable limoneux
sl-s sable limoneux à sable

PROFIL: H047, sol peu évolué d'érosion sur matériau gravillonnaire

SITUATION: plateau, au nord ouest de Thiès
forêt classée, pent faible 3-5%

UNITE CARTOGRAPHIQUE: P1a1 (inclusion)

CLASSIFICATION STS: Typic Ustorthent
FAO: Eutric Regosol (sols minéraux bruts d'apport)

0-43cm brun rougeâtre foncé (5YR3/4) frais, limon argilo-sableux gravillonnaire, 55% de nodules rouge jaunâtre de diamètre variant de 3 à 5mm, friable, plastique non collant, porosité fine, nombreuses racines fines, racines moyennes et grosses peu nombreuses (échantillon 1:0-10cm, 2:30-40cm)

43-75cm rouge foncé (2.5YR3/6) frais, argile gravillonnaire (60%), peu collant et plastique, pores assez nombreux, fins, racines fines assez nombreuses, moyennes et grosses peu à très peu nombreuses (échantillon 3)

75-105cm rouge foncé (2.5YR3/6) frais, limon argilo-sableux gravillonnaire (65%), peu collant et plastique, pores assez nombreux, fins, racines fines assez nombreuses (échantillon 4)

105-210 rouge (2.5YR3.5/6) frais, limon argilo-sableux gravillonnaire, 70% de nodules de diamètre variant de 5 à 10mm, peu collant et plastique, peu poreux, peu de racines

TABLEAU IV-5
DONNEES ANALYTIQUES

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
H047	1	0-10	46.12	19.72	34.16	SCL	.054	2.6	
	2	30-40	42.48	14.36	42.16	C	.062	.7	
	3	43-75	61.90	4.54	33.56	SCL	.045	.3	
	4	75-105	62.90	7.54	29.56	SCL	.054	.2	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na Éch. még/100g	Mg Éch. még/100g	Ca Éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH	
H047	1	290	495	.46	4.85	7.58	16.82	53.87	6.30
	2	240	140	.38	2.74	1.98	13.19	48.23	4.20
	3	175	70	.41	4.35	2.16	15.95	46.40	4.54
	4	74	70	.42	3.54	2.30	14.05	57.05	4.30
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
H047	1	1.06	.628	.70	23.3	13.8	1.23		
	2	.91	.196	5	23.4	7.8	1.06		
	3	1.02	.193	-	-	-	-		
	4	1.05	.176	-	-	-	-		

PROFIL: S102, sol peu évolué d'apport, hydromorphe sur matériau colluvial.

SITUATION: fond de vallon cultivé à l'est de Vélingara jachère, pente quasi nulle

UNITE CARTOGRAPHIQUE: Aa1

CLASSIFICATION STS: Typic Ustorthent (coarse loamy, acid)
FAO: Dystric Regosol

0-30cm brun grisâtre foncé (10YR4/2) frais, sable à sable limoneux, non structuré, friable, non collant, non plastique, racines très fines assez nombreuses, peu poreux (échantillon 1)

30-75cm brun clair (10YR6/3) frais à brun (10YR5/3) humide, limon sableux, non structuré, friable, non collant, non plastique, racines très fines assez nombreuses jusqu'à 65cm environ, peu à très peu poreux (échantillon 2)

75-135cm matrice brun très clair (10YR7/4) frais avec panachures rouille vagues, moyennes à grandes, assez nombreuses, limon plus sableux, non structuré, friable, non collant, non plastique, pas de racines, très peu poreux (échantillon 3)

>135cm panachures assez nombreuses, grandes, vagues à distinctes, limon sableux non structuré, friable, très peu poreux

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %
			sable %	limon %	argile %	dénomination		
S102 1 2 3	0-30		88.16	4.54	7.30	LS-S SL SL	.038 .016 .020	.9 .3 .2
	30-75		61.94	27.90	10.16			
	75-135		70.30	21.72	7.98			
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. még/100g	Mg éch. még/100g	Ca éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH
S102 1 2 3	4.5	70	.25	.24	1.21	3.09	24.10	5.00
	4.0	60	.24	.27	0.97	1.77	27.03	5.50
	3.5	55	.24	.26	0.93	1.28	18.88	5.39
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm		
S102 1 2 3	.25	.456	.50	19.2	21.2	.25		
	.38	.124	-	-	-	-		
	.45	.179	-	-	-	-		

PROFIL: H253, vertisol lithomorphe à surface massive, sur marnes

SITUATION: bas plateau, ouest de Thiès
pâturage à Baobabs et Acacia seyal, pente quasi nulle (1%)

UNITE CARTOGRAPHIQUE: inclusion, typique de P2a1

CLASSIFICATION STS: Typic Chromustert
FAO: Chromic Vertisol

0-18cm brun grisâtre foncé (10YR3.5/2) sec à brun très foncé (10YR2.5/3)
humide, limon argilo-sableux, forte structure polyédrique angulaire
grossière à très grossière, très dur, non collant, plastique, peu poreux,
racines fines et très fines assez nombreuses, moyennes et grossières peu
nombreuses (échantillon 1)

18-83cm brun grisâtre (2.5Y4.5/2) sec à brun grisâtre foncé (2.5Y4/2)
humide, limon argileux, forte surstructure prismatique grossière à très
grossière, structure polyédrique angulaire, très dur, collant, plastique,
nombreuses panachures fines, vaguement brun rouge, présence de nodules
calcaires et de concrétions ferrugineuses, peu poreux, racines assez
nombreuses, nombreuses faces de pression, légère effervescence à
l'acide localement (échantillon 2:40-50cm, 3:70-80cm)

83-121cm brun grisâtre (2.5Y4.5/2) sec à brun grisâtre foncé (2.5Y4/2)
humide, limon argileux, structure polyédrique angulaire grossière moyen-
nement développée, très dur, collant et plastique, nombreux nodules
calcaires et concrétions ferrugineuses, assez poreux, peu de racines
fines, effervescence moyenne à l'acide

>121cm niveau d'altération du matériau parental

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %
			sable %	limon %	argile %	dénomination		
H253	1	0-18	46.48	24.18	29.34	SCL	.110	2.0
	2	40-50	39.12	21.54	39.34	CL	.031	.4
	3	70-80	38.48	22.36	39.16	CL	.065	.2
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. még/100g	Mg éch. még/100g	Ca éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH
H253	1	10.0	100	.00	.00	.00	20.56	.00
	2	2.0	70	.75	6.20	20.24	24.64	44.01
	3	1.0	70	.53	5.62	21.78	24.36	42.79
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm		
H253	1	.00	.000	.41	23.5	8.9	.48	
	2	1.73	.700	-	-	-	-	
	3	.75	.628	-	-	-	-	

PROFIL: H525, sol brun subaride, sur matériau colluvial

SITUATION: cordon sableux, près de Diama
zone abandonnée, pente quasi nulle (1%), rides de vent

UNITE CARTOGRAPHIQUE: Lb2

CLASSIFICATION STS: Typic Ustipsamment (altic tendencies)
FAO: Eutric Regosols

0-49cm brun jaunâtre (10YR5/4) sec à brun foncé (10YR4/3) humide, sable, structure particulaire et faible structure polyédrique subangulaire fine et moyenne, tendre, très friable, non collant, non plastique, assez poreux, racines très fines assez nombreuses sur 10 cm puis moyennes et grosses peu nombreuses (échantillon 1:0-10cm, 2:25-35cm)

49-88cm brun jaunâtre (10YR5.5/4) sec à brun jaunâtre foncé (10YR4.5/4) humide, sable limoneux, structure particulaire et faible structure polyédrique subangulaire fine et moyenne, tendre, très friable, non collant, non plastique, peu poreux, peu de racines fines et moyennes (échantillon 3)

88-126cm brun jaunâtre clair (10YR6/4) sec à brun jaunâtre (10YR5/4) humide, sable limoneux, faible structure polyédrique subangulaire moyenne et grossière, tendre, très friable, non collant, non plastique, peu poreux, très peu de racines, très légère effervescence à l'acide possible (échantillon 4)

>126cm brun très clair (10YR6.5/4) sec à brun jaunâtre (10YR5.5/6) humide, sable limoneux, sans structure, massif, tendre, très friable, non collant, non plastique, peu poreux, très peu de racines très fines, légère effervescence possible à l'acide

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
H525	1	0-10	89.62	3.86	6.52	S	.079	.7	
	2	25-35	93.12	1.04	5.84	S	.019	.2	
	3	49-88	93.62	0.86	5.52	S	.011	< .1	
	4	88-126	94.12	0.36	5.52	S	.014	< .1	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. még/100g	Mg éch. még/100g	Ca éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH	
H525	1	33.5	115	.34	1.79	2.60	3.18	29.54	7.40
	2	16.0	70	.47	1.09	2.47	2.06	25.99	7.78
	3	5.5	45	.32	1.07	1.78	2.03	25.25	8.20
	4	6.0	35	.33	.81	1.78	1.58	23.42	7.90
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
H525	1	3.33	1.554	.35	9.3	8.9	.15		
	2	1.83	.484	.16	9.2	4.2	.18		
	3	2.39	.343	-	-	-	-		
	4	2.95	.606	-	-	-	-		

PROFIL: H524, sol brun subaride, sur matériau sableux colluvial souvent calcaire en profondeur

SITUATION: relief dunaire légèrement ondulé, est de Louga jachère après arachide, pente 1-2%, érosion en nappe

UNITE CARTOGRAPHIQUE: E2ax2

CLASSIFICATION STS: Alfic Ustipsamment (Sat.% is low)
FAO: Luvic Arenosol

0-8cm brun jaunâtre clair (10YR 5.5/4) sec à brun jaunâtre (10YR4.5/4) humide, sable, structure particulaire non cohérente, meuble, non poreux, peu de racines fines et très fines (échantillon 1)

8-42cm brun foncé (10YR3.5/3) sec à brun grisâtre très foncé (10YR3/2) humide, sable limoneux, forte structure polyédrique subangulaire moyenne et grossière, peu dur, très friable, très finement poreux, peu de racines fines et très fines (échantillon 2)

42-93cm brun jaunâtre (10YR5/4) sec à brun jaunâtre foncé (10YR4/4) humide, sable limoneux, forte structure polyédrique subangulaire grossière et très grossière, peu dur, très friable, assez finement poreux, très peu de racines fines et très fines (échantillon 3)

93-120cm brun jaunâtre clair (10YR6/4) sec à brun jaunâtre (10YR4.5/4) humide, sable limoneux, forte structure polyédrique subangulaire grossière et très grossière, dur, très friable, peu poreux (échantillon 4)

>120cm brun très pâle (10YR7/4) sec à brun jaunâtre foncé (10YR/4) humide, sable limoneux, structure moyennement développée, polyédrique subangulaire fine et moyenne, tendre, meuble, très peu poreux

Echantillon	Profondeur cm		Texture				total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
H524	1	0-8	90.76	3.72	5.52	S	.020	.4	
	2	8-42	86.26	4.22	9.52	LS	.023	.5	
	3	42-93	88.76	2.72	8.52	LS	.021	.1	
	4	93-120	87.12	5.04	7.84	LS	.020	< .1	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. mEq/100g	Mg éch. mEq/100g	Ca éch. mEq/100g	CEC mEq/100g	Sat. %	pH	
H524	1	45.0	45	.29	.55	2.13	2.47	23.51	7.82
	2	63.5	50	.35	.86	3.62	5.79	24.41	7.19
	3	28.0	45	.30	.62	2.68	4.21	22.34	7.30
	4	22.5	45	.26	.51	2.57	3.75	26.74	7.65
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
H524	1	.45	.369	.48	6.3	8.2	.23		
	2	.56	.161	.55	7.3	7.4	.30		
	3	.72	.239	-	-	-	-		
	4	.52	.238	-	-	-	-		

PROFIL: H071, sol ferrugineux tropical faiblement lessivé, sur sable siliceux

SITUATION: dunes continentales, nord de Tivaouane
jachère après mil, pente quasi nulle (1%)

UNITE CARTOGRAPHIQUE: E2ay3

CLASSIFICATION STS: Alfic Ustipsamment
FAO: Luvic Arenosol

0-58cm brun jaunâtre (10YR5/4 sec, 10YR4/4 humide) sable, faible surstructure polyédrique subangulaire très grossière, structure polyédrique subangulaire très fine, peu dur, non collant, non plastique, assez poreux, nombreuses racines fines et très fines, racines moyennes et grosses assez nombreuses (échantillon 1:0-10cm, 2:30-40cm)

58-134cm brun (10YR5.5/4) sec à brun foncé (7.5YR4/4) humide, sable, même structure, tendre, peu collant, non plastique, assez poreux, racines fines et moyennes assez nombreuses, grosses racines peu nombreuses (échantillon 3:70-80cm, 4:110-120cm)

>134cm jaune rougeâtre (7.5YR5.5/6) sec à brun intense (7.5YR4.5/6) humide, sable, même structure, tendre, peu collant, non plastique, poreux, peu de racines

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
H071	1	0-10	-	-	-	-	-	-	
	2	30-40	91.30	4.36	4.34	S	.059	.4	
	3	70-80	91.12	2.54	6.34	S	.011	.1	
	4	110-120	91.12	2.54	6.34	S	.016	.6	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. még/100g	Mg éch. még/100g	Ca éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH	
H071	1	-	-	.29	.80	1.78	2.38	30.17	5.35
	2	13.0	45	.32	.78	1.43	2.23	22.94	4.68
	3	12.0	30	.28	2.43	1.31	2.45	24.94	4.39
	4	7.5	25	.28	.53	1.14	2.16	24.68	4.60
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
H071	1	.59	.202	-	-	-	-	-	
	2	.95	.168	.23	21.5	5.3	.21		
	3	.70	.134	.11	20.4	2.6	.18		
	4	.70	.128	-	-	-	-		

PROFIL: S101, sol ferrugineux tropical lessivé à taches diffuses,
sur argile sableuse du "Continental Terminal"

SITUATION: plateau à l'est de Vélingara
couvert forestier, pente quasi nulle

UNITE CARTOGRAPHIQUE: Oa14

CLASSIFICATION STS: Ultic Haplustox
FAO: Orthic or Rhodic Ferral soil

0-15cm brun rougeâtre (5YR4/3) frais à gris rougeâtre foncé (5YR4/2)
humide, limon sableux, structure faiblement grumeleuse fine, peu compact,
assez friable, racines fines et moyennes assez nombreuses et peu nombreuses,
poreux (échantillon 1)

15-35cm rouge jaunâtre (5YR5/6 frais, 5YR4/6 humide) limon argilo-sableux,
structure faiblement grumeleuse fine, peu compact, friable, racines fines
peu nombreuses, peu poreux (échantillon 2)

35-65cm rouge jaunâtre (5YR5/6 frais, 5YR4/6 humide) argile sableuse,
faible structure polyédrique moyenne, plastique et collant, très peu
poreux (échantillon 3)

65-108cm rouge jaunâtre (5YR5/8 sec, 5YR5/6 humide) argile sableuse,
très faible structure polyédrique subangulaire, friable un peu ferme,
plastique et collant, taches peu nombreuses et vagues (échantillon 4)

>108cm rouge jaunâtre (5YR5/8 sec, 5YR5/6 humide) argile sableuse, plus
argileuse, massif, très friable

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
S101	1	0-15	75.52	13.36	11.12	SL	.041	1.2	
	2	15-35	65.48	10.72	23.80	SCL	.033	.8	
	3	35-65	54.84	8.36	36.80	SC	.033	.5	
	4	65-108	45.48	10.54	43.98	SC	.030	.4	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na Éch. még/100g	Mg Éch. még/100g	Ca Éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH	
S101	1	4.0	30	.27	.77	1.26	4.19	23.30	5.41
	2	5.0	25	.26	.51	1.24	4.42	28.42	4.72
	3	3.5	25	.28	.27	.82	5.63	37.27	4.69
	4	3.0	25	.28	.00	.66	6.57	40.62	5.12
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
S101	1	.27	.381	.26	15.0	21.3	.16		
	2	.49	.170	-	-	-	-		
	3	.60	.062	-	-	-	-		
	4	.49	.052	-	-	-	-		

PROFIL: S104, sol ferrugineux tropical lessivé, induré sur cuirasse

SITUATION: plateau au nord de Badion
forêt, pente quasi nulle

UNITE CARTOGRAPHIQUE: 0a14

CLASSIFICATION STS: Ultic Haplustox (petroferric)
FAO: Plinthic Ferral soil

0-20cm brun grisâtre très foncé (10YR3/2) frais, limon sableux, faible structure polyédrique subangulaire, friable, grosses racines assez nombreuses, racines moyennes et fines nombreuses, peu poreux (échantillon 1)

20-35cm brun jaunâtre foncé (10YR4/4) frais, limon sableux, faible structure polyédrique subangulaire, friable, grosses racines assez nombreuses, racines moyennes et fines nombreuses, peu poreux (échantillon 2)

35-50cm brun jaunâtre (10YR5/6 frais, 10YR5/4 humide) limon argilo-sableux, très faible structure polyédrique subangulaire, très plastique, collant, grosses racines peu nombreuses, racines moyennes et fines nombreuses (échantillon 3)

50-85cm jaune (10YR7/6) sec à brun jaunâtre (10YR5/6) humide avec de nombreuses taches rouges (2.5YR4/6) moyennes à grandes relativement friables, limon argilo-sableux non structuré, plastique et collant, moyennes et fines racines peu nombreuses (échantillon 4)

85-100cm jaune (10YR7/6) sec, non structuré, constitué essentiellement de concrétions ferrugineuses de 0.5 cm de diamètre moyen dans une matrice de limon argilo-sableux

>100cm cuirasse pisolithique massive

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
S104	1	0-20	71.12	19.22	9.66				
	2	20-35	66.66	16.18	17.16	SL	.049	1.9	
	3	35-50	55.80	16.04	28.16	SL	.038	.9	
	4	50-85	52.16	18.18	29.66	SCL SCL	.038 .038	.6 .7	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na éch. még/100g	Mg éch. még/100g	Ca éch. még/100g	CEC még/100g	Sat. %	pH	
S104	1	6.5	100	.32	1.21	.17	5.92	23.26	5.54
	2	2.5	50	.32	.79	.96	3.75	24.72	4.71
	3	2.5	40	.30	.81	1.13	5.17	31.04	5.18
	4	2.0	40	.27	.00	.80	4.77	32.37	5.18
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
S104	1	.18	1.010	.48	21.4	13.1	.19		
	2	.41	.342	-	-	-	-		
	3	.63	.116	-	-	-	-		
	4	.99	.077	-	-	-	-		

PROFIL: H431, sol hydromorphe à pseudogley, sur matériau alluvial

SITUATION: vallée du Ferlo, au niveau de Barkedji
pente 1-2%

UNITE CARTOGRAPHIQUE: Ac1

CLASSIFICATION STS: Typic Fluvaquent
FAO: Aquic Fluvisol

0-13cm brun clair (10YR5.5/3) sec à brun jaunâtre (10YR4.5/4) humide, limon sableux, structure feuilletée grossière moyennement développée, alternance de couches claires plus sableuses et foncées plus limoneuses, peu dur, friable, collant, peu poreux, peu de racines très fines (échantillon 1)

13-45cm brun jaunâtre (10YR5/4) humide, limon sableux, structure feuilletée, stratification perturbée, nombreuses fines panachures brun intense (7.5YR5/6), très friable, collant, peu poreux, racines peu nombreuses (échantillon 2)

45-78cm gris foncé (5Y 3.5/1) humide, limon argileux, faible structure polyédrique angulaire moyenne à grossière, panachures assez nombreuses (7.5YR4/4), ferme, très collant, assez poreux, peu de racines (échantillon 3)

78-140cm gris foncé (5Y 3.5/1) humide, argile, structure très faible, panachures assez nombreuses fines, brun foncé (10YR4/3) très ferme, très collant, assez poreux, peu de racines (échantillon 4)

Echantillon	Profondeur cm		Texture				N total %	Matière organique %	
			sable %	limon %	argile %	dénomination			
H431	1	0-13	63.80	20.04	16.16				
	2	13-45	74.62	13.72	11.66	SL	.039	.5	
	3	45-78	37.30	25.04	37.66	SL	.013	.3	
	4	78-140	21.32	23.64	55.04	CL C	.623 .040	.9 .6	
Echantillon	P ppm	K ppm	Na Éch. mÉq/100g	Mg Éch. mÉq/100g	Ca Éch. mÉq/100g	CEC mÉq/100g	Sat. %	pH	
H431	1	8.5	105	.30	1.31	3.01	6.48	29.54	4.83
	2	9.0	180	.32	1.35	2.94	4.30	27.77	5.40
	3	16.0	150	.43	3.80	7.39	14.24	37.42	4.64
	4	7.5	65	.46	5.69	10.50	18.47	43.07	5.52
Echantillon	SAR	CE mmhos/cm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm			
H431	1	.32	.524	.32	89.7	36.0	.81		
	2	.45	.287	-	-	-	-		
	3	.40	.430	-	-	-	-		
	4	1.06	.372	-	-	-	-		

ANNEXE B

Tableau IV-3

Caractéristiques pédologiques

Paramètres du premier ordre

TABLEAU IV-3
 CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
La1	1	1	3	3	1	1	1	1,5	1,2 ^{ac}	Sa-x	3
La2	4	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
La3	4	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
La4	4	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		4
Lb1	1,2	2	3	3	1	1	1	2	1,2 ^{ac} 3 ^{alc}		2
Lb2	1,2	2	3	3	1	1	1	2	1 ^{ac}		2
Lcx	1,2	1,2	3,5,6	3,4,5	1	1	1	(2),5	1,2 ^{ac} 3 ^{alc}	Sa-4	1,2
Lcy1	1	1	5,6	4,5	1	1	1	6	1,2 ^{ac} (3) ^{alc}	Sa-4	1
Lcy2	1,(2)	1	3,6	3,6	1	1	1	6	3 ^{ac}	Sa-4,5 E-(x)	1
Lcz1	1	1	(3),6	(3),6	1	1	1	6	1,(3) ^{ac}	Sa-4,5	1
Lcz2	1	1	v	v	1	1	1	6	1,2 ^{ac}	Sa-4 E-(x)	1
Lcz3	1	1	v	v	1	1	1	5	2 ^{ac} (3) ^{ac}	Sa-2/4 E-x	1
Lcz4	1	1	(3)/6	(3)/6	1	1	1	(2),5	1,2 ^{ac} (3) ^{ac}	Sa-(1)/3 E-x	2
Lcz5	1	2	5,6	5,6	1	1	1	5	2 ^{ac} 3 ^{ac}	Sa-2,4 E-(x)	2
Ld	1,2	1	3,(4)	3,(4)	1	1	1	2,3	(1),2,3 ^{ac}	Sa-(2)	2
Le	1	3	(3),5,6	(3)5,6	1	1	1	4,5	1,2 ^{alc}	Sa-(x) E-(x)	1
Lfx	1	2	4,5,6	4,5,6	1	1	1	4,5	1,2 ^{ac}	Sa-2	2
Lfyl	1	1,2	4,6	4,5,(6)	1	1	1	2,4,(5)	2 ^{ac}	Sa-1,2,(3)	2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unités cartographiques	Pente	Profondeur utile	Texture sup. inf.		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicit� Efflorescence	Erosion actuelle
Lfy2	1	1,2	4,6	4,5,(6)	1	1	1	2,4	2, ^{ac} (3)	Sa-1,2,(3)	2
Lg1	1	2	6	6	1	1	1	5	1, ^{ac} 2		2
Lg2	1	2	6	6	1	1	1	5	1, ^{ac} 2	Sa-1,(2)	1,2
Lg3	1	2	6	5	1	1	1	5	1, ^{ac} 2	Sa-1,2	1,2
Lg4	1	2	5,6	5,6	1	1	1	5	2 ^{ac}	Sa-2,4	1
Lg5	1	1	4,6	4,6	1	i	1	5	2 ^{ac}	Sa-4	1
Lh1	1	3	3,4,5	3,4/(6)	1	1	1,(3,4)	4,5	2,3 ^{ac} (2 a ^{alc})		1
Lh2	1	4	3	3	1	1	1	5,6	2 ^{alc}	Sa-x E-x	1
Aa1	1	1	4,5	5,6	1,2	1	1	3,4,5	ac i,2		2
Aa2	1	4	(4),5	5,(6)	1,2	1	(3),4,5	4,5	2 ^{ac}		2
Aa3	1	1	5	5,6	1,2	1	1,2	5,6	1, ^{ac} 2		2
Aa4	1,2	1,2	3,4	5,6	1,2	1	1,2,(3,4)	2,3	1, ^{ac} 2		2
Ab1	1	3,4	(2),5	2,5,6	1	1	3,4	4,5	ac 1,2		2
Ab2	1	2,3	4,5	6	1	1	1	4	ac 1,2		2
Ab3	1	1	3	3	1	1	1	4,(5)	1		2
Ab4	1	1,2,3	3	3	1	1	1	1,5	1, ^{ac} 2		2
Ac1	1	1,2	3/4,5	3/3,4	1,2	1	1,(3)	2/5	1, ^{alc} 2	Sa-1,2	2
Ac2	1	1	3	3	1	1	1	2,3	1, ^{ac} 2 a ^{alc}	Sa-x	2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
Adx	1	1,2	3,4,5,6	3,4,5,6	1	1	1,(3)	4,5	1,2,3 ^{ac}		2
Ady1	1,2	1,2	5,6	5,6	1	1	1	5	1,2 ^{ac}		2
Ady2	1,2	1,2	5	5	1	1	1	5	1,2 ^{ac}		2
Ady3	1	1,2	6,7	6,7	1	1	1	5	1,2 ^{ac}		1
Adz	1	1,2	5	5,6/3	1	1	1	4,5	2,3 ^{ac}	Sa-3 E-x	2
E1a1	1,(2)	1	3	3	1	1	1	2,(3)	1,(2) ^{ac}		2
E1a2	1	1	3	3	1	1	1,3,4	2	1,2 ^{ac}		2
E1a3	1,(2)	1	3	3	1	1	1	2	1,(2) ^{ac}		2
E1a4	1,(2)	1	3,4	(3),4,(5)	1	1	1	2	1		2
E1a5	1,(2)	1	3	4	1	1	1	2	1		2
E1a6	1,(2)	1	3	3	1	1	1	2	1		2
E1b	1,(2)	1	3	3	1	1	1	2	1,(2) ^{ac}		2
E1c1	1	1	3	3	1	1	1	2	1		2
E1c2	1,2	2/4,5	3	3	3	3,4	2,4	2	1,2 ^{ac}		3
E1dx1	1	1,(2)	3	3	1	1	2,3	5	1		3
E1dx2	1	1	3,4,6	3,4,6	1	1	(2,3)	5	2 ^{ac}	Sa-x	2
E1dy	1	1	6,7	6,7	1	1	1	5	1,(2) ^{ac}		1
E2ax1	2	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
E2ax2	1	1	3	3	1	1	1	3	1,2 ^{ac}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité Cartographique	Pente	Pro- fondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	Inf.							
E2ay1	1,2	1	3	3	1	1	1	1/3	1,2 ^{ac}		2
E2ay2	1,2	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
E2ay3	1,2	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
E2b	4	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2,3
E2cx1	4	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
E2cx2	4,5	1	3	3	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
E2cy	4	1	3	3	1	1	1	2,3	2 ^{ac}		2
E2d	1/2,3,4	2,3	3	3	1	1	1	4,5	1,2 ^{ac}	E-(x)	1
E2e1	1	1	3	3	1	1	1	3	1		1,2
E2e2	1	1	v	v	1	1	1	4,6	1,2,3 ^{ac} alc	Sa-2,4 So-3,4 E-x	1
V	1	1,5	3,4	5,6	1,2	1,2	1,4	1,2	1	Sa-(1) So-(1)	1
Oa1	1	5	1,2	1	5,6	2	5,6	1	1,2 ^{ac}		3,4
Oa2	1	2,3/(5)	2,4/5	1,4,5,6	2/4,5/6	1,2	4,5,6	1/4	1,2 ^{ac}		3
Oa3	1	2,3/(5)	2,4/5	1,4,5,6	2/4,5/6	1,2	(1),4,5,(6)	1/4,(5)	1,2 ^{ac}		3
Oa4	1	2,3/(5)	2,4/5	1,4,5,6	2/4,5/6	1,2	3,4,5	1/4,5	1,2 ^{ac}		3
Oa5	1	4,5	1,2,4,5,6	1,2	3,4	5,6	4,5	(1),5	1,2 ^{ac}		3
Oa6	1	4	4,5	6	2	1,2	(3),4,5	4,5	2 ^{ac}		2
Oa7	1	3,4	3,4	2	3	2	4	3	1,2 ^{ac}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
0a8	1	2	3	4	1	1	1	2	1,2 ^{ac}		2
0a9	1	3,4	3	3	2,(3)	1	2,4	3	1		2
0a10	1	1	3	3	1	1	1	1,2	1,2 ^{ac}		2
0a11	1	2	3,4	5,6	1	1	1, (4)	2,3	2 ^{ac}		2
0a12	1	1	3	3,4	1	1	1	2,3	1,2 ^{ac}		2
0a13	1	4	3,4	1	1,2	1	1,2	5	1,2 ^{ac}		2
0a14	1,(2,3)	1,2,3,4	3	4,5,(6)	1,2	1	2,4	2,3,4	1,2,3 ^{ac}		2
0a15	1,(2,3)	1	3	6	1,2	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
0b1	1	3	4,5	6	1	1	1,2	3	1		2
0b2	1	1	5,6	6	1	1	1,2	4	2 ^{ac}		1
0b3	1	2	6	6	2,3,4	1	3,4	5	(3alc) 2 ^{ac}		1
0c	2	1	3	3	1	1	1	1	2 ^{ac}		2
0d1	1,2	2,3,(5)	2,4	1,4,5,6	4,5	1,2	4,5,6	1	1,2 ^{ac}		3
0d2	1	4,5	(2)/4,5	1/f	2/(5,5)	1,2	4,5,6	(1),4,5	1,2 ^{ac}		3
0d3	1	1,2,3/(5)	2,3,4	1,4,5,6	1,2/5/6	1,2	1,2,4,5,6	1/2,3	1,2 ^{ac}		(2),3
0d4	1,2	1,2,3/(5)	2,3,4	1,4,5,6	1,2/4,5	1,2	1,2/4,5,6	1/2,3	1,2 ^{ac}		(2),3
0d5	2	3	3	5	2	1	(2)	3	1		2,3
0d6	1,2	2,3	2,4	1,4,5,6	4	1,2	4,5	1	1,2 ^{ac}		2
0d7	1	1	3	5/6	1,2	1,2	1	2,3	1,2 ^{ac}		2
0d8	1	2,3,4	3	5	1,2	1	1,2	2,3,(4)	1,2 ^{ac}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicitè Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
Od9	1	1	4	5	1,2	1	1,2	3	1,2 ^{ac}		2
Od10	1	1/2,3	2,3/4	5	1,2/4	1	1,2,3,4,5	1,2/4,5	1,2 ^{ac}		2
Od11	1	1/2,3	2,3/4	5	1,2/4	1	3,4,5	1/4,5	1,2 ^{ac}		2
Oe1	1	1	3	4	1	1	1	1	1,2 ^{ac}		2
Oe2	1	1,2	3,(4)	4,(5)	1	1	1,(3)	3,4	2 ^{ac}		2
Oe3	1	1	4,5	5,6	1	1	1	5	1,2 ^{ac}		1
Of1	1	1	3	3,4	2	2	1	2	1		2
Of2	1	1	3	3,4	2	2	1	2	1		2
P1a1	1,(2)	(3),4,5	4	1,2	4,5	4,5	3,4	(2)	1,2 ^{ac}		2
P1a2	1	1,2	3,4	3,4	1,2	1	1	2	1,2 ^{ac}		1,2
P1b	4,5,6	(3),4,5	5,6	5,6	4,5	3,4	3,4	5	2 ^{alc}		3
P1c	1	3,4,5	5	5	2,3	2,3	2,3	(3),4,5,6	1		1
P2a1	1,2	2,3	5,6	5,6	1	1	1,2,3	3,4,5	1,2 ^{alc}		2
P2a2	1	1	6	6	1	1	1	3	2 ^{alc}		1
P2b	1	1	3	3	1	1	1	3,4	1		1
P2c1	4,5	4,(5)	(5),6	(5),6	1	1	4	5	2 ^{alc}		2
P2c2	1,2	1	3,5	3,5	1	1	1	3	2 ^{alc}		2
P3	1,2	1,2	4	5	1	1	2,(3)	4,5	1		1
P4a1	2	1/4,5	3	4	5,6	5	(2)	3	1,(2) ^{alc}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
P4a2	2	4	v	v	5,6	5	(2)	3	1		2
P4a3	2	4,5	6	6	5,6	5	4	2	1		2
P4b	1	1	3	4	2	2	2	3	1,(2) ^{ac}		2
P4c	1	4	6	6,(1)	2	2	4	2	1		2
Ca	1,2	(3),4,5	5,6	1	4,5	3,4	3,4	4	2		3
Cb	1,4	1,(2)	3	3,5	1	1	1,2	1,2,(3)	1,2 ^{ac}		2
S1a1	1,2,3,4,5,6	4,5	2/5	2/5,6	4	2,3,4	5,6	2	2 ^{ac}		2
S1a2	1,2,3,4,5	3,4	2,4,5	1,4,5,6	4	1,2	4,5	1/5	1,2 ^{ac}		2
S1a3	2,3,(5)	4,5	(1),3,4	5,6,(1)	2	2	4,5	2/5	2 ^{ac}		2
S1b	1,2	5	1,2	1	5	4,5	5,6	1	2 ^{ac}		3
S1c	1,2	5	1,2,(5,6)	1,2	5	2,3	6	1	1		2,3
S2a	3,4	5	1,2	1	5,6	5,6	5,6	1	1,2 ^{ac}		2,3
S2b	1,2	1,(5)	3,(1)	4,(1)	1,2	1	1	3,4	1		2
S2c	1	4,5	3	2,(4)	2,3	1,(2)	4,5	1	1,2 ^{ac}		2
S3a1	1	5	1,2	1	5	4,5	5,6	1,(6)	2 ^{ac}		3
S3a2	1,2	3,4,5	1,2,4	1,4,5,6	4,5	1,2/4,5	4,5,6	1	1,2 ^{ac}		2,3
S3a3	1	3,4	2,4	1,4,5,6	4	1,2	4,5	1	1,2 ^{ac}		2
S3a4	1	4,5	(2),4,5	1/6	2/(5,6)	1,2	4,5,6	(1),4,5	1,2 ^{ac}		3

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité Cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grosiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	Inf.							
S3a5	1,2	(3),4,5	(2),4,5	1/6	2,(5,6)	1,2	(3),4,5,6	(1),4,5	1,2 ^{ac}		3
S3b1	1	3,4	2,4/5	1/2,4,5,6	2/4	1,2	3,4,5	1/4	1,2,(3) ^{ac}		2
S3b2	1	1	4	5	1	1	1,(2)	5	1,2 ^{ac}		2
S3c	1	(3),5	3	5,6	1,2	1	4,5	5	1,2 ^{ac} 3 ^{alc}	Sa-1So-x	2
S4a1	1	2	4	2/5,6	1,2	1	2,(3,4)	5	1,2 ^{ac}		2
S4a2	1	1,2	5	6	3,4	1	2,3	4	1,2 ^{ac}		2
S4a3	1	3,4,5	4,5	4,5	1,2	1	1,(2)	4,5	1,2 ^{alc} 3 ^{alc}	So-x,3,4	2
S4b1	1	(1),2	4,5	2/4,5,6	1,2	1	1,2,(3;4)	5	1,2 ^{ac}	So-(x)	2
S4b2	1	1	4,5	4,5	1	1	1,2	5	2 ^{ac}	So-(x)	2
S5a	i	1	4	4	1,2	1	2,(3,4)	5	3 ^{alc}	So-x,3	2
S5b	1	1	4,5	4,5	1,2	1	1,2,(3,4)	5	2 ^{ac} 3 ^{alc}	So-x,3	2
S6a	1,2/5	5	1,2	1	6	6	6	(6)	-		2,3
S6b	1,2	4	5,6	5,6	1	1,2	3,4	5	1,2 ^{ac}		2
S7a	1,2/5	(3,4),5	1,2(3)	1,2(6)	(4),6	(4),6	4,5	(6)	1,2 ^{ac}		2,3
S7b	1,2	1,2,3	4/5	5/6	1,2	1	1/4,5	2/4	1,2 ^{ac}		2
M1a	4,5	3,5	1,2,4	1,2,5	5	4,5,(6)	5,(6)	2	2 ^{ac}		2
M1b	1,2,(3)	(1),2,3/4	4/5,6	1,2/5,6	2	2	2/5	3/4	2 ^{ac}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
M1c	1	(1),2,3	5,6	5,6	2	2	2	4	2 ^{ac}		2
M1d	1	(4),5	3,4	5,6	2	2	4,5	2/5	2 ^{ac}		2
M1e	1	2	6	6	2	2	1(3)	4,5	2 ^{ac} 2 ^{alc}	So-x	2
M2a	2,(3)	5	1,2	1	4	4,5	5	5	1,2 ^{ac}		2
M2b	1,2	1,2,3,5	1,2,(3) 4,5,(6)	1,4,5,6	2,4/5,6	1,2	(2),4,5/6	1,(2)/4	1,2 ^{ac}		2
M2c	1,2	(3),4	1,2,3,6	3,4,6	4	(4,5)	5	5	2 ^{ac} 2 ^{alc}		2
M3a1	2,3,(5)	3,4,5	1,2,4/5	1,2,4,5,6	2/4,(5)	1,2,(4,5)	3,4,5	1/4	(1),2,3 ^{ac}		2,3
M3a2	1,2	3,4,5	1,2,4	1,4,5,6	4,5	1,2/4,5	4,5,6	1/4	1,2 ^{ac}		2,3
M3b	1,2,3	2,3	4,5	4,5,6	2	2	(1)/4	3,4	2,(3) ^{ac}		2
Ga1	1	4,5	1,2,3	1	4,5	3,4,5	3,4	4	2,3 ^{ac}		2
Ga2	1	2,3,4	3,4	4,5	3,4	1,2	2,3,4,5	2,3	1,2 ^{ac}		2
Gb	1,2	2,3,4,5	1,2,3,4	1,4,5	3,4,5	1,2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4	1,2,3 ^{ac}		2
Gc1	1,2	3,4,5	3,4	1	3,4,5	2,3,4	3,4	3,4	(1),2 ^{ac}		2
Gc2	1,2	4,5	1,2,3	1	4,5	3,4,5	3,4	4	2,3 ^{ac}		2
Gc3	1,2	3,4	3,4	1	3	1	3,4	3	(1),2 ^{ac}		2
Gc4	1,2	2,3	3,4	4,5	3	1	2	2	2 ^{ac}		2
Gc5	1	3,4	3,4	1	3,4	1,(2)	3,4	4	2,3 ^{ac}		2
Gd	1	1	4	5	3	1	4	5	2 ^{ac}		2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du premier ordre)

Unité cartographique	Pente	Profondeur utile	Texture		Pierrosité	Rochosité	Eléments grossiers	Drainage	pH	Salinité Sodicité Efflorescences	Erosion actuelle
			sup.	inf.							
I1	3,(4)	2,3,(4)	3,4	4,5	(1),3	1	2,3	2	2 ^{ac}		
I2	1/6	1,5	1,6	1,6	2/5	2/5,6	2/5	2,3,4,5	2 ^{ac}		2,3

ANNEXE B

Tableau IV-4

Caracteristiques pédologiques

Paramètres du second ordre

TABLEAU IV-4
CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
La1	4	1	3	1	1	1	8	1,2	4	3
La2	4	1	3	1	1	1	8	1,2	3,4	3
La3	4	1	[3]	1	1	1	8	1,2	3,(4)	3
La4	4	1	[3]	1	1	1	8	1,2	4	3
Lb1	5	1	[3]	1	1	1	8	1	3,4	3
Lb2	4	1	2	1	1	1	7,8	2	3,4	2,3
Lcx	(2)/5	1/4	[(2),3]	1/3	1/5	1/4	(4),8	1,2	2,3,4	(2),3
Lcy1	(2)	4	[3]	3	5	4	(4)	2	2	(2),3
Lcy2	2	4	[3]	3	5	4	4,8	2	3	(2),3
Lcz1	(3)	4	[3]	3	5	4	4,(6)	2	2	2
Lcz2	2	4	[3]	3	5	4	6	2	2	(2),3
Lcz3	v	3,4	[3]	3	5	4	4,7	2	2,(3)	(2),3
Lcz4	3	3	[3]	3	5	4	7	2	3	2,3
Lcz5	3	3,4	(2),3	3	5	4	4	3	3	2
Ld	5	1	[3]	1	1	1	8	2	3	(2),3
Le	3	3,4	[3]	2,3	3	2	4	3	2	2
Lfx	(2),3,(4)	3,4	(2),3	3	4	2,3	4	3	3	(2)
Lfy1	2	3	(2),3	2,3	4	2	4	3	3	2
Lfy2	2	3	(2),3	2,3	4	2	4	3	3	2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
Lg1	4	4	(3)	3	4,5	3	4	3	2,3	2
Lg2	3	4	(3)	3	4	2,3	4	3	2,(3)	2
Lg3	3	4	(3)	3	4	3	4	3	2,(3)	2
Lg4	2	4	(3)	3	4	3	4	3	2,(3)	2
Lg5	3	4	3	2,3	4	2	4,6	3	3	(2)
Lh1	2	3,4	[3]	2,3	3	2	3,4,7	1,2	2	2
Lh2	(5)	4	[3]	1	(1),5	1	8	1	2	(2),3
Aa1	4	(2),3,4	[3]	2,3	4	2	6/7,8	3	3	2
Aa2	4,5	4	[3]	3,4	4,5	2	2	3	2,3	2
Aa3	3	4	[3]	3	4,5	2	3	3	2	2,3
Aa4	3	3	[2]	2	3,4	1	6,7	3	3,(4)	2,3
Ab1	4	3,4	3	2,3	4	2	2,3	3	3	2
Ab2	3	3,4	(2),3	2,3	3	2	2,3	2	2	2
Ab3	3,(4)	1	[(2),3]	1	1	1	7,8	2,3	3	2
Ab4	3,(4),5	1	[3]	1	1	1	7,8	2,3	3	2
Ac1	3/4,5	1/4	2/3	1/2,3	1/5	1/2	(2),6/8	1/3	3	2
Ac2	3,4	1	[2]	1	4	1	7,8	2	3	2
Adx	3	3,4	[3]	v/3,4	v/3,4,5	v/2,3	3,4	2,3	2,3	2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGTAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
Ady1	2,3	3,4	[3]	2,3,4	2,3	2,3	2,4	3	2,3	2
Ady2	2	3	[2]	2,3	2,3	2	2	3	2,3	2
Ady3	3	4	[(2),3]	4	3	3	4	3	2	2
Adz	3	4	[3]	3	3,4	2	2,3	3	2,3	2
E1a1	4	1	2	1	4	1	7,8	2	3	2,3
E1a2	4	1	2	2	4	2	7,8	2	3	2,3
E1a3	4	1	2	1	4	1	7,8	2	3	2,3
E1a4	3	2	1	1,2	3,4	1	7,8	2	3	2,3
E1a5	3	1,2	1,2	1	3,4	1	7,8	2	3	2,3
E1a6	4	1	2	1	3,4	1	7,8	2	3	2,3
E1b	4	1	2	1	3	1	8	2	3	2,3
E1c1	4	1	2	1	3	1	8	2	3	2,3
E1c2	4,5	1	3	2,3	4	2,3	8	4	3,4	2,3
E1d x1	4	2	3	2	3,4	1	7,8	2,3	3,4	2,3
E1d x2	3,4	3,4	3	2	3,4	2	6	2,3	3	2,3
E1dy	3	4	(3)	3,4	5	3	2	2	1,2	3
E2ax1	4	1	2	1	1	1	8	2	3	2,3
E2ax2	3	1	[2]	1	3	1	8	2	3	2,3
E2ay1	3/4	1	2	1	1/3	1	8	2	3	2,3

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
E2ay2	4	1	[2]	1	1	1	8	3	3	2,3
E2ay3	4	1	[2]	1	1	1	8	2	3	2
E2b	4	1	3	1	1	2	8	3	3,4	2,3
E2cx1	4	1	3	1	1	2	8	3	3,4	2,3
E2cx2	4	1	3	1	1	2	8	3	3,4	2,3
E2cy	4	1	[3]	1	1	1,2	8	2,3	3,4	2
E2d	4,5	2,3	[3]	1	1	1,(2)	7,8	2,(3)	2	2
E2e1	4	1	2	1	1	1	8	1	2,3	2,(3)
E2e2	v	v	3	v	4,5	v	v,2/8	1	2	2,3
v	2	3	[(2),3]	1,2,(3)	1,2	1,2	(5),6,7	3	2,3	1,2
0a1	5	4	3	4	5	4	(7)	(4)	(3)	3
0a2	5	1/4	[3]	2,3/4	3,4/5	2,3/4	3	3,4	2,3	2,3
0a3	(3),5	1/3,4	[3]	2,3/4	3,4/5	2,3/4	3	3,4	2,3	2,3
0a4	3/5	3,4	3	2,3 4	3,4/5	2,3/4	3,4	3	2,3	2,3
0a5	5	4	[3]	4	5	4	3,4	3	2,3	(2),3
0a6	5	4	[3]	3	4	2	3	3	3	2,3
0a7	3,4	3	3	3	4	2	7	2	3	2,3
0a8	4	2	2	1	3	1	8	2	3	2

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
0a9	3	3	3	3	4	2	7	3	3	2,3
0a10	4	1	[2]	1	1,2	1	7,8	2,3	3,(4)	2,3
0a11	3	3	[2]	1,2	1,2	1,2	6,7	2	3	2,3
0a12	3,4	2	[2]	1	1	1	7,8	2	3	2,3
0a13	5	4	[3]	2	2,3	2	7,8	3,4	3,(4)	3
0a14	3,4	3,4	[3]	2,3	1,2	2	7,8	1,2,3	2,3	2
0a15	2,3	1,2	[2]	1	1	1	7	1,2,3	2,3	2
0b1	3	3	(2),3	2,3	4	2	3,4	3	2,3	2
0b2	2	3	[3]	2,3	3	2,3	3,4	2,3	2	2
0b3	3	4	[3]	3	3,4	3	4	(2)	2	2
0c	4	1	3	1	1,2	1	8	1	3	2
0d1	5	1,(4)	[3]	2,3	3,4	2,3	3	3,4	2,3	2,3
0d2	5	4	[3]	3,(4)	4,(5)	2,4	3	3,4	3	2,3
0d3	3/5	1,(3)	[(2),3]	2,3,(4)	3,4,(5)	(1),2,3,(4)	3/6,7	3,4	3,(4)	2,3
0d4	3/5	1,(3)	[(2),3]	2,3,(4)	3,4,(5)	(1),2,3,(4)	3/6,7	3,4	3,(4)	2,3
0d5	4	3	(2),3	1	2	1	8	4	4	2
0d6	5	1	[3]	2,3	3,4	2,3	3	2	2,3	2
0d7	2,3	2	[?]	1	4	1	7,8	3	3	2,(3)
0d8	3,4	2,3	[2]	1	1,2	1	7	1,2	3,(4)	2,(3)

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
Od9	2	2,3	[2]	2	3	1,2	6	3	3	2,3
Od10	2/3,4/5	1/2,3	[2]	1,2/3	1,2/3,4	1,2,3	3/7,8	2/3	3	2,3
Od11	1,2/5	1/2	[3]	2/3	2/3,4	2,3	3/7,8	2/3	3	2,3
Oe1	4	1	[2]	1	3	1	7	2	3	2
Oe2	3	1,2	[2]	1,2	3	1	6,7	3	3	2
Oe3	4	3	[3]	3	4	2	4	2	2	2
Of1	(3),4	1,2	2	1	2,3	1	7	2	3	2
Of2	(3),4	1,2	[2]	1	2,3	1	7	2	3	2
P1a1	5	4	[3]	3,4	3	3,4	1	3	(2),3	(2)
P1a2	2,3	1,(2)	[(2),3]	1,2	1,2	1	6,7	2	3	1,2
P1b	5	4	[3]	3	4	3,4	4,5	4	3,4	(2)
P1c	4	3,4	[3]	2,3,4	2,3	2,3,4	2	2,3	2	(1),2
P2a1	3	3	[3]	3	2	2	3,4	2,3	2,3	2,(3)
P2a2	4	3,4	[3]	3	2	3	4	4	1,4	2
P2b	4	2	[(2),3]	1	3,4	1	7	1	2,4	2
P2c1	4,5	4	[3]	3	3	2,3	4	4	3	2
P2c2	1,2,3	2,3	[3]	1,2	1	1,2	6	3	3	2
P3	2	3,4	[3]	1,2	3,4	1,(2)	6	3	1,3	2
P4a1	3	2	(2),3	3,4	3,4	3,4	7	3	3,4	2,3

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
P4a2	v	v	(2),3	3,4	3,4	3,4	v	v,(3)	3	2
P4a3	5	4	3	3,4	5	4	4	4	3,4	2,3
P4b	3	2	2	1	3,4	1	7	2	3	2
P4c	5	4	(2),3	3	5	2	4	4	3,4	2,3
Ca	5	3,4	[3]	2,3	3,4	3	4,5	3	3,4	2,3
Cb	3	1	[2,(3)]	1	1,2	1,(2)	3,6,7	2,3	2,3	2,3
S1a1	2	1	[3]	3	1,2	3	2	3	3	1,2
S1a2	2/5	1/4	[3]	2,3	3,4	2,3	3	2	2,3	2
S1a3	5	1/4	[3]	3,4	3	3	7,8	3	3	2
S1b	5	4	[3]	4	5	4	1	5	3,4	3
S1c	5	4	[3]	4	5	4	1,2/4	3,4	3	(1),3
S2a	5	4	[3]	4	5	4	1	3,4	3,4	3
S2b	2,3	2	[(2),3]	1	3	1	7,8	3	3	2
S2c	5	1	[3]	3,4	3,4	2	7,8	3	3	2
S3a1	5	4	[3]	4	5	4	1	5	3,4	3
S3a2	5	1/4	[3]	2,3,4	3,4,5	2,3,4	1/3	2/4,(5)	2,3,4	2,3
S3a3	5	1	[(2),3]	2,3	3,4	2,3	3	2	2,3	2
S3a4	5	4	[3]	3,(4)	4,(5)	2,	3-	3,4	3	2,3
S3a5	5(3)	(3)4	[3]	3,(4)	4,(5)	2,(4)	3	3,4	3	2,3

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
S3b1	3/5	1/3	[3]	3	4	2,3	2,3	3	2,3	2
S3b2	1,2	3,4	[3]	2	4	2	6	3	3	2
S3c	5	4	[3]	3,4	4	2	6	3	3	(1),2
S4a1	4,5	3	[(2),3]	2	3	2	2,3	3	3	2
S4a2	2,3	4	[(2),3]	3	4	3	4	3	(2),3	2
S4a3	3,4	3,4	[3]	2	5	2	6	3	3	2,3
S4b1	3,4,5	3	[2,(3)]	2,3	3,4	2	2,3,4	3	3	2
S4b2	1,2	3	[3]	2,3	4	2	(2),3,4	3	3	2
S5a	4	4	[3]	2	4	2	6	3	3	2,3
S5b	1,2/4	3,4	[3]	2,3	4	2	3,4/6	3	3	2,3
S6a	5	4	[3]	4	5	4	1	4	4	3
S6b	3	4	[(2),3]	3	(1),3,4	3	4	4	3,4	2
S7a	5	4	[3]	4	5	4	(7)	4	4	2
S7b	2/4	3,4	[2,(3)]	2,3	4	2/3	3/6	3,4	3	2
M1a	2,3	1	[3]	3,4	2	4	1	2	2	1,2
M1b	3/4	4	[(2),3]	2/3	2/3	1/2	2,4	2,(3)	2,3	2
M1c	3	3,4	[(2),3]	3	3	2	2,4	3	3	2
M1d	5	1/4	[3]	3,4	3	3	7,8	2	3	2
M1e	3	4	[(2),3]	3	3,4	2	4	3	3	2
M2a	5	4	[3]	4	5	4	1	3	3	3

CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (paramètres du second ordre)

Unité cartographique	Rétention en eau	Perméabilité	Irrigabilité potentielle	Travail du sol	Lit de germination	Aptitude à la mécanisation	Susceptibilité à l'érosion		Risque global d'érosion	Fertilité chimique
							éolienne	hydrique		
M2b	(3,4),5	1,(3)/4	[(2),3]	2,3,(4)	3,4,(5)	2,3,(4)	3,(7)	3,(4)	3,(4)	2,3
M2c	5	4	[3]	4	5	4	1,4,(7)	2	2,3	2
M3a1	3,5	(1),3,4	[3]	2,3,4	3,4,5	2,3,4	(1),2,3	2,3,4	3,(4)	2,3
M3a2	5	1/4	[3]	2,3,4	3,4,5	2,3,4	1/3	2/4,(5)	2,3,4	2,3
M3b	3,4	3	[(2),3]	3	4	3	2,3	3	3	2,3
Ga1	5	3,4	[3]	(3),4	4,5	4	6,7	3,(4)	3	3
Ga2	3,4,(5)	2,3	[2,(3)]	2,3,4	3,4	2,3,4	6,7	3	3	2,3
Gb	3,4,5	2,3,4	[(2),3]	2,3,4	3,4,5	2,3,4	6,7	3,4	3	(2),3
Gc1	5	3,4	[3]	2,3	3,4	2,3	7	3	3	3
Gc2	5	3,4	[3]	(3),4	4,5	4	6,7	3,(4)	3	3
Gc3	5	3,4	[3]	2	3	2	7	3	3	(2),3
Gc4	3,4	3	[2,(3)]	2	3	2	7	4	3,4	2,3
Gc5	5	3,4	[3]	3	4	4	6	3	3	3
Gd	2,3	2,3	[(2),3]	3	4	2	6	3	3	2,3
I1	3,4	3	[3]	2	3	2	7	4	3,4	2,3
I2	2,3,4,5	1/3,4	[3]	2,3,4	2,3	1,2,3,4	1,2,3/7	2,3,4	2,3	(1),2

ANNEXE B
Tableau IV-5
Aptitude des terres

TABLEAU IV-5
APTITUDE DES TERRES

UNITE CARTO- GRAPHIQUE	REGION PEDO- CLIMATIQUE	APTITUDES
La1	II	F4
La2	II	F4
La3	III	F4
La4	III	F4
Lb1	II III IV	F3 P3
Lb2	II	F3 P3 C3
Lcx	III IV	F4
Lcy1	III IV	F4
Lcy2	IV	F4
Lcz1	III IV	F4
Lcz2	III IV	F4
Lcz3	SS° BC+	F4 P4
		F3 P4 C3
Lcz4	III	F3 P3 C3
Lcz5	II	F4 P4 C3
Ld	II III IV	F3 P3
Le	III	F3 P3 A2
Lfx	I	F4 P4 C3
Lfy1	I	F4 P3 C3
Lfy2	I	F4 P3 C3
Lg1	I	F4 P4 C3
Lg2	I	F4 P4 C3
Lg3	I	F4 P4 C3
Lg4	I	F4 P4 C3
Lg5	I	F4 P4 C3
Lh1	III	F3 P4 A2
Lh2	III	F4 P4
Aa1	IV	F3 P2 A3
Aa2	IV	F2 P1 A3
Aa3	IV	F3 P1 A3
Aa4	III IV	F3 P1 A2
Ab1	II	F4 P2 C3
	III	F3 P2 A3
Ab2	II	F3 P1 C2
Ab3	III	F3 P1 A2
Ab4	III	F3 P4 A2
Ac1	II	F4 P1 C3
Ac2	III	F4 P2 A2
Adx	IV	F3 P4 A2
Ady1	I II	F3 P4 C2
Ady2	I II	F3 P4 C2
Ady3	I II	F4 P4 C2
Adz	III IV	F4 P4 C3
Ela1	II	F3 P1 C3
Ela2	I	F3 P2 C3
Ela3	II	F3 P1 C2
Ela4	I	F3 P2 C2
Ela5	I	F3 P2 C2
Ela6	II	F3 P1 C2
E1b	II	F3 P1 C2

UNITE CARTO- GRAPHIQUE	REGION PEDO- CLIMATIQUE	APTITUDES
E1c1	I	F3 P2 C2
E1c2	II	F4
E1dx1	I	F3 P3
E1dx2	I	F3 P4
E1dy	I	F4 P4 C2
E2ax1	II	F3 P2 C3
	II	F3 P2 C2
E2ax2	III	F2 P2 A2
E2ay1	II	F3 P1 C2
E2ay2	III	F3 P2 A2
E2ay3	III	F3 P2 A2
E2b	I	F4
E2cx1	II	F3 P2
E2cx2	II	F3 P2
E2cy	III	F3 P2
E2d	III	F3 P4 A2
E2e1	II	F3 P1 C2
E2e2	II	F4 P4
V	III	F3 P2 A2
Oa1	II	F4 P3
Oa2	III IV	F3 P3 A2
Oa3	IV	F3 P3 A2
Oa4	IV	F2 P2 A2
Oa5	III	F3 P3
Oa6	IV	F3 P2 A3
Oa7	II	F4 P2 C3
Oa8	II	F3 P2 C2
Oa9	I	F3 P3 C3
Oa10	III	F3 P1 A2
Oa11	III	F3 P1 A2
Oa12	III	F3 P1 A2
Oa13	III	F3 P3 A3
Oa14	IV	F2 P2 A2
Oa15	IV	F1 P2 A2
Ob1	II	F3 P2 C2
Ob2	IV	F2 P2 A2
Ob3	IV	F3 P4 A2
Oc	II	F4 P2 C3
Od1	IV	F3 P3 A2
Od2	IV	F3 P3 A3
Od3	IV	F3 P3 A2
	II	F4 P3 C3
Od4	III IV	F3 P1 A2
Od5	II	F4 P2
Od6	IV	F3 P2 A2
Od7	III	F2 P2 A2
Od8	III	F3 P2 A2
Od9	IV	F3 P1 A2
Od10	IV	F2 P2 A2
Od11	IV	F3 P2 A2

° SS: Sine Saloum
+ BC: Basse Casamance

APTITUDE DES TERRES (suite)

UNITE CARTO-GRAPHIQUE	REGION PEDO-CLIMATIQUE	APTITUDES
Oe1	III	F2 P2 A2
Oe2	III	F2 P2 A2
Oe3	III	F3 P4 A2
Of1	II	F3 P2 C2
Of2	III	F3 P2 A2
P1a1	III	F4 P3
P1a2	III	F3 P3 A2
P1b	III	F4
P1c	III	F2 P2
P2a1	III	F3 P1 A2
P2a2	III	F2 P1 A3
P2b	III	F2 P2 A2
P2c1	III	F4 P2
P2c2	III	F4 P2 A2
P3	III	F3 P4
P4a1	II	F4 P3
P4a2	II	F4 P3 C3
P4a3	II	F4 P3
P4b	II	F3 P3 C2
P4c	II	F4 P3
Ca	III	F4 P3
Cb	III	F3 P3 A2
S1a1	IV	F4 P2 A3
S1a2	IV	F2 P2 A2
S1a3	IV	F3 P2 A3
S1b	IV	F4 P3
S1c	IV	F4 P3
S2a	III IV	F4 P3
S2b	IV	F3 P2 A2
S2c	IV	F2 P3 A3
S3a1	IV	F4 P3
S3a2	IV	F4 F3 P2 A2
S3a3	IV	F2 P2 A2
S3a4	IV	F3 P2 A3
S3a5	IV	F2 P2 A3
S3b1	IV	F3 P2 A2
S3b2	IV	F3 P2 A2
S3c	IV	F3 P2 A3
S4a1	III	F3 P1 A2
S4a2	III	F3 P2 A2
S4a3	IV	F3 P3
S4b1	III	F3 P1 A2
S4b2	III	F3 P1 A2
S5a	III	F3 P3
S5b	III	F3 P3
S6a	IV	F4 P3
S6b	IV	F3 P1 A2
S7a	IV	F4 P3
S7b	IV	F3 P2

UNITE CARTO-GRAPHIQUE	REGION PEDO-CLIMATIQUE	APTITUDES
M1a	IV	F4 P3 A3
M1b	IV	F4 P1 A2
M1c	IV	F2 P1 A3
M1d	IV	F4 P2 A3
M1e	IV	F3 P2 A3
M2a	IV	F4
M2b	IV	F3 P2 A3
M2c	IV	F3 P3
M3a1	IV	F3 P2 A3
M3a2	IV	F3 F2 P2 A3
M3b	IV	F4 P3
Ga1	IV	F2 P3
Ga2	IV	F2 P3 A3
Gb	IV	F2 P3
Gc1	IV	F2 P3 A3
Gc2	IV	F2 P2
Gc3	IV	F2 P2 A3
Gc4	IV	F2 P3 A3
Gc5	IV	F4 P2
Gd	IV	F4 P4 A3
I1	IV	F2 P3 A3
I2	IV	F2 P2 A3

° c: phase cuirassée
+ g: phase gravillonnaire

4.7 REFERENCES

- Audry, P. (1962) Etude pédologique du Centre de Recherches Zootechniques de Dahra-Djoloff (République du Sénégal). tomes I and II. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann.
- _____. (1972) Etude des pâturages naturels du nord Sénégal: Etude agrostologique. Lab. Nat'l de l'Elevage et de Recherch. Vet., Dakar-Hann. 311 p.
- _____. (1972) "Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou (zone Matam-Kidira-Tambacounda)". ISRA, Dakar-Hann. pp. 28-96.
- Baldensperger, J., et al. (1968) Notice explicative de la carte pédologique du Sénégal: Moyenne Casamance; échelle 1/200 000^e. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 134 p.
- Barreto, S. (1964) Reconnaissance pédologique du Ferlo sud. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 42 p.
- _____. (1968) Reconnaissance pédologique des Terres Neuves (zone d'intervention immédiate). ORSTOM, Centre de Dakar. 35 p.
- _____. (1982) Rapport de reconnaissance des sols de cinq périmètres de la région de Diatta-Counda en vue de leur plantation en bana-neraies. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 31 p.
- Bertrand, P. (1973) "Contribution à l'étude hydrologique, pédologique, et agronomique des sols gris sableux hydromorphes de Casamance (Sénégal)". L'Agronomie tropicale, 28(12):1145-192.
- Bertrand, R. (1972) "Morphopédologie et orientations culturelles des régions soudaniennes du Sine Saloum (Sénégal)". L'Agronomie tropicale, 27(11):1114-901.
- Beye, G. (n.d.) Dégénération des sols au Sénégal: Situation actuelle et perspective. ISRA. 23 p.
- Blot, C. (1980) L'Altération climatique des massifs de granite du Sénégal. ORSTOM
- de Boissezon, P., et al. (1973) Les sols ferrallitiques. Tome IV: La matière organique et la vie dans les sols ferrallitiques. ORSTOM, Paris. 146 p.
- Boudet, G., et Orve, J. (1966) Etude des pâturages naturels du Ferlo oriental (République du Sénégal). Etude agrostologique. No. 13. 175 p.
- Boyer, J. (1982) Les sols ferrallitiques. Tome X: Facteurs de fertilité et utilisation des sols. IDT No. 52. ORSTOM, Paris. 384 p.

- Brandeau, E., et al. (1982) Etude pédologique des forêts classées du centre SÉNÉGAL (région de Kaffrine-Koumpentoum). Convention SEEF. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 69 p.
- Chamard, P., et Barbey, C. (1970) "Contribution à l'étude de la côte occidentale de la presqu'île du Cap Vert: Indices morphométriques et morphoscopiques des galets de plages." Bull. de l'IFAN. Sér. A. No. 4. pp. 859-68.
- Charreau, C.I. et Fauck, R. (1965) Etudes sénégalaises No. 9: Connaissance du Sénégal. CRDS, Sénégal Saint Louis. 214 p.
- Chatelin, Y. (1972) Les sols ferralitiques. Tome I: Historique-développement des connaissances et formation des concepts actuels. ORSTOM, Paris. 98 p.
- _____. (1974) Les sols ferralitiques. Tome III: L'Altération. ORSTOM, Paris. 144 p.
- Chauvel, A. (1967) Carte pédologique du Sénégal Oriental à l'échelle de 1/200 000^e: Notice explicative des feuilles de Kédougou et de Kéniéba-Kossanto. ORSTOM, Centre de Dakar. 153 pp.
- _____ et Hanrion, C.I. (1969) Observations pédologiques sur des zones témoins pour l'opération Terres Nouvelles. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 41 p.
- _____. (1977) Travaux et documents de l'ORSTOM: Recherches sur la transformation des sols ferralitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées; évolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance (Sénégal). ORSTOM, Paris. 534 p.
- Delvigne, J. (1965) Pédogenèse en zone tropicale: La Formation des minéraux secondaires en milieu ferralitique. ORSTOM. Paris: Dunod Pub. 117 p.
- Dewis, J. et Freitas, F. (1972) Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux. Bull. Péd. No. 10. FAO, Rome. 280 p.
- Duchafour, P. (1970) Précis de pédologie. Paris: Masson et Cie. 481 p.
- _____. (1978) Ecological atlas of soils of the world. Trans. by G.R. Mehuys et al. Paris: Masson Pub. 178 p.
- Dunsmore, J.R., et al. (1976) Land resource study 22: The agricultural development of The Gambia: An agricultural, environmental, and socio-economic analysis. Min. of Overseas Develop., Surrey, Eng. 450 p.
- FAO (1976) A framework for land evaluation. Soils Res. Dev. and Conserv. Ser., Land and Water Dev. Div., Rome. 72 p.

- _____. (1977) Directives pour la description des sols, éd. seconde. Org. des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome. 71 p.
- FAO-UNESCO. (1974) Soil map of the world 1/5 000 000. Vol. I. Paris. 59 p.
- Fauck, R., et al. (1963) Etude pédologique de la Haute Casamance. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 178 p.
- Fauck, R. (1972) Les Sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. Mém. No. 61. ORSTOM, Paris. 257 p.
- Feller, C. (1974) Etude pédologique de la région de Panal (Sénégal Oriental). ORSTOM, Centre de Dakar. 27 p.
- _____. (1975) Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou (Matam-Kidira-Tambacounda). ORSTOM, Centre de Dakar. 27 p.
- Gaucher, G. (1976) Plaidoyer pour la pédologie agricole. L'Agronomie tropicale. 213 p.
- Giffard, P.L. (1974) "L'Arbre dans le paysage sénégalais". Cent. Tech. For. Tropical. Dakar. pp. 61-79.
- Goosen, D. (1967) Aerial photo interpretation in soil survey. Soils Bull. No. 6. FAO/UN, Rome. 55 p.
- Hannon, C., et al. (1971) Projet pilote des Terres Neuves: Etude pédologique du périmètre sud Koumpentoum. ORSTOM, Centre de Dakar. 75 p.
- Henin, S., et al. (1969) Le Profil cultural: L'Etat physique du sol et ses conséquences agronomiques. Paris: Masson et Cie. 332 p.
- Join, P. (1982) Etude pédologique d'une zone fluvio-marine à Dakar Bango (delta du fleuve Sénégal). ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 26 p.
- Kolaga, B. (1966) Notice explicative: Carte pédologique du Sénégal au 200 000e: Dalafi. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 102 p.
- Leprun, J.C. (1967) Les Sols de la région de Goudiry (Sénégal Oriental): Inventaire, relations génétiques et mise en place de matériaux. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 133 p.
- _____. (1979) Sciences géologiques: Les Cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Centre Nat'l. de la Recherch. Sci. No. 58. 224 p.
- Louis Berger Int'l, Inc., et al. (1983) Land Classification/Soil Survey Project of the Syrian Arab Republic. Remote Sensing Institute, Brookings, SD, SDSU-RSI-83-02, Contract AID/NE-C-1644. Vols. I-X.

- Loyer, J.Y. (1981) Conception et réalisation des cartes d'utilisation des sols dans la vallée du fleuve Sénégal: La Carte factorielle. ORSTOM, Centre de Dakar. 5 p.
- Maignien, R. (1959) Les Sols de la presqu'île du Cap Vert. Office de la Recherch. Sci. et Tech. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 163 p.
- _____. (1959) "Les Sols subarides au Sénégal." *Agronomie tropicale*, 15 (5):536-71.
- _____. (1965) Notice explicative carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000^e. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 63 p.
- _____. (1969) Manuel de prospection pédologique. ORSTOM, Paris. 132 p.
- Marius, C. (1977) Notice explicative de la carte pédologique au 1/50 000^e: Îles du Saloum. ORSTOM, Centre de Dakar. 47 p.
- _____. (1977) Propositions pour une classification et cartographie des sols de mangroves tropicales. ORSTOM, Centre de Dakar. 28 p.
- Michel, P. (1973) "Les Sols et leurs rapports avec le modelé." *Mém. No. 63*. ORSTOM. pp. 257-88.
- Millot, G. (1977) Géochimie de la surface et formes du relief présentation. *Sci. géo. T. 30, Fas. 4*.
- Ministère de l'Economie Rurale. (1966) Notice explicative carte pédologique du Sénégal au 200 000^e: Kédougou-Kossanto-Kéniéba. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann.
- Mohr, E.C.J., et al. (1972) *Tropical soils: A comprehensive study of their genesis*, 3rd ed. Mouton-Ichtiar Bani-Van Hove, ed. The Hague. 481 p.
- Morin, S. (1973) "Le plateau de Bargny (Sénégal Oriental) et son évolution au Quaternaire récent." *Bull. de l'IFAN*, 35 (4):764-811.
- _____. (1974) "Glacis et cuirasses de la falaise de Thiès (Sénégal occidental)". *Bull. de l'IFAN. Sér. A. 36 (4): 757-88*.
- Munsell color company (1971) Baltimore: Munsell soil color charts. 20 p.
- Nalovic, L. (1977) Recherches géochimiques sur les éléments de transition dans les sols. T. and D. No. 66. ORSTOM, Paris. 235 p.
- ORSTOM, Section de Pédologie. (1984) Inventaire des études pédologiques effectuées à l'ORSTOM au Sénégal de 1946 à 1984. ORSTOM, Paris. 41 p.
- Orue, J., et al. (1967) Les Pâturages naturels de la région de Gallayel (République du Sénégal). *Etude agrostologique No. 18*. 137 p.

- _____. (1968) Pâturages naturels du Ferlo sud (République du Sénégal).
Min. du Dév. Rural. 173 p.
- _____. (1970) Pâturages naturels de Haute et Moyenne Casamance
(République du Sénégal). Lab. Nat'l de l'Elevage de Recherch. Vét.
Etude agrostologique No. 27. 239 p.
- Pieri, C. (1969) Etude pédologique de la région de Nioro du Rip. Vol.
I. Centre Nat'l de Recherch. Ag. de Bambey, Sénégal. 134 p.
- Pitty, A.F. (1978) Geography and soil properties. London: Methuen and
Co. 287 p.
- Remote Sensing Institute. (1982) Inventaire des ressources du sud-ouest
mauritanien: Géologie, sols, forêts, pâturages. SDSI-RSI-82-03.
Contract: AID/afr-c-1619. 391 p.
- Roose, E. (1977) Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: Vingt
années de mesures en petites parcelles expérimentales. No. 78.
ORSTOM, Paris. 108 p.
- _____. (1981) Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux
tropicaux d'Afrique occidentale. No. 130. ORSTOM, Paris. 569 p.
- Sall, D. (1967) Etude de deux toposéquences à l'ouest de Dialakota
(Sénégal Oriental). ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 198 p.
- Sall, M. (1959) Projet fixation des dunes. Unpublished report.
- Sedagri, . (1973) Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal.
USAID. Agl: DP/RAF/65/061. 241 p.
- Segalen, P. (1964) Le fer dans les sols: Initiations, documentations
techniques. ORSTOM, Paris. 149 p.
- _____. (1973) L'Aluminium dans les sols: Initiations, documentations
techniques. ORSTOM, Paris. 281 p.
- Soil Survey Staff. (1975) Soil Taxonomy: Basic system of soil classifi-
cation for making and interpreting soil surveys. USDA Ag. Handbook
No. 436. 754 p.
- Staimesse, J.P. (1967) Contribution à l'étude des sols jaunes de Basse
Casamance. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 112 p.
- Turenne, J.F. (1963) Etude pédologique d'une zone inondable dans la ré-
gion de Pira (Haute Casamance). ORSTOM, Centre de Dakar-Hann,
57 p.
- US Dept. of Ag., Soil Survey Staff. (1977) Soil survey manual. Ag.
Research Admin. Handbook No. 18. 503 p.
- Valenya, J. (1977) Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou.
ISRA, 119 p.

- Van Sleen, L.A. ed. (1979) Cours de télédétection. VISP. Remote Sensing Institute, Brookings, SD. 109 p.
- _____. (1980) Comptes-rendus du séminaire de télédétection. Tomes I et II. SERST, Dakar.
- Vieillefon, J. (1975) Notice explicative No. 57: Carte pédologique de la Basse Casamance (domaine fluvio-marin) au 1 000 000^e. ORSTOM, Centre de Dakar. 58 p.
- _____. (1977) Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal). ORSTOM, Paris. 291 p.
- Vizier, J.F. (1963) Etude d'une toposéquence au sud de la Kayanga (Haute Casamance). ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 65 p.
- van Wambeke, A. (1984) SMSS technical monograph No. 3: Calculated soil moisture and temperature regimes of Africa. SMSS. 16 p.
- Zante, P. (1984) Etude de reconnaissance des sols aux aptitudes forestières: Projet Louga. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 38 p.



CHAPITRE V

VEGETATION ET UTILISATION DES SOLS



CHAPITRE V: VEGETATION ET UTILISATION DES TERRES

5.1	Introduction.....	482
5.2	Revue Bibliographique.....	482
5.3	Procédure de Cartographie.....	483
5.3.1	Itinéraires de Reconnaissance de la Végétation et de l'Utilisation des Terres.....	483
5.3.2	Classification de la Végétation.....	484
5.3.3	Classification des Types d'Utilisation et d'Occupation des Sols.....	485
5.3.4	Interprétation.....	485
5.3.5	Collecte des Données sur le Terrain.....	487
5.3.6	Vérifications Complémentaires.....	489
5.3.7	Légende de la Végétation.....	491
5.3.8	Légende des Types d'Utilisation et d'Occupation des Sols.....	492
5.4	Description des Types de Couverture.....	492
5.4.1	Région Phytogéographique Sahélienne.....	493
5.4.1.1	La Vallée du Fleuve Sénégal.....	495
	A. Caractéristiques Générales.....	495
	B. Types de Couverture.....	495
	Unités A14 et Acl4	495
	Unité AE12	496
	Unité EF	496
	Unité P3	497
	Unité F4	497
	Unité Ca	497
	Unité A7	499
	Unité Acl5	499
	Unité TAc	499
	Unité T2	501
	Unité P4	501
	Unité M	501
	Unité H	502
5.4.1.2	La Grande Côte.....	502
	A. Caractéristiques Générales.....	502
	B. Types de Couverture.....	503
	Unité Acl2	503
	Unités V1 et Vcl	503
	Unité V7	505
	Unité P1	505
	Unités AE9	506
5.4.1.3	La Région de Dakar.....	508
	A. Caractéristiques Générales.....	508
	B. Types de Couverture.....	508
	Unité A8	508
	Unité Vd2	509
	Unité V10	509
	Unité VS8	510
	Unité B2	510
	Unité BV3	511
5.4.1.4	Domaine Agricole du Centre-Ouest.....	511
	A. Caractéristiques Générales.....	511

B.	Types de Couverture.....	512
	Unité A13	512
	Unités AEc10 et AE10	512
	Unité AE11	514
	Unité E2	515
	Unité V8	515
	Unité V9	517
	Unité VS10	517
	Unité S1	518
	Unité S2	518
	Unité Sd3	522
	Unité Sc4	522
	Unité S5	523
	Unité S6	523
	Unité S7	523
	Unité S8	525
	Unité S10	525
	Unité S11	526
	Unité S21	526
	Unité S22	526
	Unité B1	527
	Unité B11	527
	Unité BV1	527
	Unité BV2	529
	Unité N	529
	Unité Cr	529
5.4.1.5	Le Domaine Pastoral.....	530
A.	Caractéristiques Générales.....	530
B.	Types de Couverture.....	531
	Unité Ac1	531
	Unité Ac2	533
	Unités Ac3 et Acm3	533
	Unité Ac4	535
	Unité Acm5	537
	Unité Ac6	538
	Unité A9	538
	Unité Ac10	538
	Unité AE1	539
	Unité AE2	539
	Unité AE3	540
	Unité AE4	540
	Unités AE5 et AEc5	541
	Unité AEc6	541
	Unité AE7	542
	Unité AE8	542
	Unité AET	543
	Unité Ec3	543
	Unité Vc3	544
	Unités Vd4 et Vdm4	544
	Unités V5, Vc5 et Vd5	546
	Unités V6 et Vc6	548
	Unité Vcml3	548
	Unité VS1	549
	Unité VS2	549

	Unité VSm3	550
	Unité VS4	551
	Unité VSc9	551
	Unité VS17	551
	Unité VScl8	553
	Unité VS19	553
	Unité SB5	554
	Unité F1	554
5.4.2	La Région Phytogéographique Soudanaise.....	556
5.4.2.1	Le Domaine Agricole du Centre-Ouest (Soudanais).....	559
A.	Caractéristiques Générales.....	559
B.	Types de Ccuverture.....	560
	Unité V11	560
	Unité Vd12	561
	Unité VS11	561
	Unité VdS12	561
	Unité VS13	563
	Unité VS14	563
	Unité VS15	564
	Unités VS16 et VdS16	566
	Unité S9	568
	Unité Scl2	568
	Unité Sd13	570
	Unité S14	570
	Unité ST	570
	Unité SB4	570
	Unité B3	571
	Unité B4	571
	Unité B6	572
	Unité BV4	573
	Unité BV5	573
	Unité M	574
	Unité T1	574
	Unité X	574
	Unité P2	576
5.4.2.2	La Zone de Transition Orientale.....	576
A.	Caractéristiques Générales.....	576
B.	Types de Couverture.....	577
	Unité VdS5	577
	Unité VS6	577
	Unité VS7	579
	Unité VdSm20	579
	Unité VS21	580
	Unité S15	580
	Unité SB1	581
	Unité SB2	581
	Unité SB6	582
	Unité B5	582
	Unité Bd9	584
	Unité Bd12	586
	Unité BF4	587

5.4.2.3	La Région du Socle.....	588
	A. Caractéristiques Générales.....	588
	B. Types de Couverture.....	588
	Unité A11	588
	Unité A16	589
	Unité AE13	589
	Unité Ed1	590
	Unité S17	591
	Unité B7	592
	Unité Bd8	592
	Unité Bd10	592
	Unités B13 et Bd13	593
	Unité B14	593
	Unité BdH1	594
	Unité BdH2	596
	Unité BdF7	596
	Unité G	597
	Unité FBH	597
5.4.2.4	La Casamance.....	598
	A. Caractéristiques Générales.....	598
	B. Types de Couverture.....	599
	Unité VP	599
	Unité S16	599
	Unité S18	601
	Unité SP	602
	Unité SBd3	602
	Unité BdF1	602
	Unité BdF2	603
	Unité BdF3	604
	Unité BF5	604
	Unité BFh6	605
	Unité F2	607
	Unité F3	607
	Unité J	608
	Unité Fh5	608
	Unité T3	609
	Unité TP	609
	Unité XP	609
5.4.3	La Région Phytogéographique Guinéenne.....	610
5.4.3.1	La Casamance.....	611
	A. Caractéristiques Générales.....	611
	B. Types de Couverture.....	611
	Unité S19	611
	Unité S20	612
	Unité FhL	614
	Unité FD	614
	Unité LJ	615
	Unité Dh	615
	Unité I	616
5.5	Carte de la Dégradation de la Végétation.....	616
5.6	Annexe C: Végétation et Utilisation des Terres.....	619
5.7	Références Bibliographiques.....	624

CHAPITRE V

5.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente les résultats de l'effort de cartographie de la végétation et des types d'occupation et d'utilisation des terres. La Carte du Couvert Végétal au 1:500 000^e, la Carte de l'Occupation et de l'Utilisation du Sol au 1:500 000^e et la Carte de la Dégradation de la Végétation au 1:1 000 000^e accompagnent le présent chapitre. Ces cartes couvrent la totalité du Sénégal et de la Gambie.

Ces cartes constituent une représentation actualisée, à l'échelle nationale, de la végétation et des utilisations des sols. L'analyse des données des satellites Landsat a permis à cet effort de cartographie de se réaliser car elle fournit une nouvelle méthode d'approche pour dresser l'inventaire des ressources terrestres et enregistrer les modifications du paysage.

L'imagerie Landsat a servi de base pour la première délimitation de toutes les unités cartographiques. Environ 160 types de végétation ont été identifiés, cartographiés et décrits, de même que 50 types d'occupation et d'utilisation des sols. Des enquêtes sur le terrain et des survols aériens ont ensuite été effectués de façon à corréliser les unités cartographiques interprétées d'après les images Landsat aux observations réelles faites sur le terrain à savoir la physionomie, la composition floristique et les pratiques d'utilisation des sols.

Le présent chapitre décrit les procédures de cartographie suivies, ce qui comprend la classification de la végétation et des utilisations des sols, l'interprétation, la collecte des données sur le terrain ainsi que les autres moyens de vérification et d'établissements des légendes. Une description des régions phytogéographiques du Sénégal est aussi donnée. Chaque région est elle-même divisée en environnements écologiques. Les divers types de couverture montrés sur les cartes de la végétation sont décrits en détail (section 5.4), des informations supplémentaires qui ne pouvaient être données dans la légende ayant été ajoutées. Cette section est suivie d'une série d'observations et de recommandations qui dérivent de notre travail de terrain et de nos interprétations (chapitre VI). Des informations supplémentaires concernant les définitions des divers types de végétation trouvés au Sénégal sont données dans l'annexe C.

5.2 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Nous avons fait un gros effort pour acquérir autant de données bibliographiques que possible. Bien que d'excellents ouvrages aient

été publiés concernant la végétation et l'utilisation des terres de l'Afrique occidentale, nous avons rencontré les mêmes difficultés que nos collègues des autres domaines d'étude quand il s'est agi d'obtenir cartes et documents (section 3.3).

Nos principales sources d'information, c'est-à-dire les données publiées que nous avons évaluées et assimilées à notre étude, étaient l'Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux (IEMVT), l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM) et l'Institut Français d'Afrique Noire (IFAN). La liste de ces ouvrages et de tous ceux que nous avons consultés est donnée dans la section bibliographique.

5.3 METHODOLOGIE UTILISEE POUR CARTOGRAPHIER

Cette section résume la procédure suivie pour établir les cartes de la végétation, de l'utilisation des sols et de la dégradation de la végétation. Toutes les étapes majeures depuis les observations initiales jusqu'à la préparation des feuilles cartographiées et des légendes sont brièvement décrites. Les étapes impliquées dans la production finale des cartes (mosaïques, dessins, etc...) ne sont pas traitées ici comme elles le sont dans la section 1.4.1.

5.3.1 Enquêtes de Reconnaissance de la Végétation et de l'Utilisation des Sols

Une reconnaissance du pays étalée sur deux semaines a fait suite à un examen préliminaire de la littérature et des images Landsat et à une interprétation générale des principales régions physiographiques du Sénégal. Deux circuits majeurs, l'un au sud et l'autre au nord, couvrant respectivement la moitié nord et la moitié sud du Sénégal, ont été suivis. Cette reconnaissance de terrain fut effectuée à la fin de la saison des pluies de 1982, au moment où la végétation est à son apogée; elle a permis d'établir les points suivants:

- une vision d'ensemble de la végétation, de sa diversité physiologique et floristique.
- une meilleure compréhension des relations entre les variations de la couverture végétale observées sur le terrain et les variations correspondantes visibles sur l'imagerie Landsat (teinte, texture, etc...).
- une approche vers une méthode systématique de collecte des données sur le terrain.
- une approche vers une cartographie de la végétation; il a été possible de déterminer si les unités cartographiques des cartes de la végétation devaient être basées d'abord sur la physiologie (formation) ou sur la composition floristique ou sur une combinaison des deux critères. La dernière approche a été retenue.
- un inventaire des diverses utilisations des sols et une approche de la cartographie de l'utilisation des sols.

5.3.2 Classification de la Végétation

De nombreux systèmes de classification de la végétation ont été utilisés lors des efforts de cartographie de la végétation réalisés à travers le monde. Ces systèmes sont basés sur la physionomie, l'écologie, la géographie ou la composition floristique. Nous avons choisi un système qui combine la physionomie et la composition floristique, car il a l'avantage d'accroître énormément la portée et l'utilité de cette carte.

Les unités cartographiques de base sont établies d'après la classification physionomique (structurale). Ces classifications physionomiques sont particulièrement utiles parce que les cartes peuvent être utilisées et interprétées par un grand nombre de gens dans diverses disciplines comme elles ne demandent pas une connaissance approfondie de la taxonomie. De plus cette approche est adaptée à la cartographie de la végétation à partir des images Landsat et des photographies aériennes puisque les formations décrites à partir de la physionomie peuvent souvent être reconnues sur les données de la télédétection. Mais les relations entre les formations végétales et leurs aspects sur les photographies aériennes et en particulier sur les images Landsat ne sont pas nettes à moins qu'elles n'aient été établies sur le terrain. Cette approche permet également de faire des comparaisons et peut être utilisée quelle que soit l'échelle de la carte. La description physionomique est d'un autre côté seulement une première approche qui doit être suivie par des études plus approfondies de la composition floristique, des successions écologiques et des transformations historiques, etc... (Küchler, 1967).

Plusieurs systèmes peuvent être utilisés pour cartographier et décrire la physionomie de la végétation, mais le système "Yangambi" est particulièrement adapté à l'Afrique (Trochain, 1957) et a été adopté pour notre enquête. Ce système est basé sur un accord inter-africain concernant la nomenclature des types de végétation (formations végétales) de l'Afrique tropicale. Les types de végétation sont définis essentiellement à partir de critères physionomiques. Les diverses formations montrées sur la carte de la végétation sont brièvement définis dans l'annexe C.

Nos efforts ne se sont pas limités à cartographier les formations végétales du Sénégal; nous avons aussi tenté de cartographier les "groupements végétaux" définis comme une fraction de végétation qui est relativement uniforme en structure et en composition floristique et qui consiste en plantes rivales, ces deux facteurs à la fois dépendant de l'environnement et ayant un effet sur l'environnement (Küchler, 1967). Aussi, alors que dans une approche physionomique l'emphase est placée sur l'apparence de la végétation indépendamment de sa composition floristique, l'approche combinée physionomie-composition floristique permet de relier les caractéristiques floristiques aux caractéristiques physionomiques. Les unités montrées sur la carte correspondent à des groupements végétaux caractérisés en légende par certaines associations d'espèces, le plus souvent les espèces dominantes ou les espèces caractéristiques. La principale limitation affectant la présentation des descriptions floristiques d'un groupement végétal sur une

carte dépend du nombre d'espèces présentes qui dans une unité donnée peut être si grand qu'il est impossible de les décrire toutes. Dans notre cas seulement deux à trois des espèces les plus caractéristiques de chaque strate végétale ont été mentionnées dans la légende. Une description plus détaillée des compositions floristiques est donnée dans la section 5.4 "Description des Types de Couverture".

5.3.3 Classification de l'Utilisation et de l'Occupation des Sols

Quoique parfois les unités végétales et les unités d'utilisation/occupation des sols soient synonymes comme dans le cas des mangroves, en général l'approche et le centre d'intérêt sont différents pour ces deux types d'unités.

Le terme occupation des sols réfère au type de caractéristiques présentes en surface. Un lac, une cité, un champs de dunes, un champs de mil, une forêt sont des exemples d'occupation. Le terme utilisation des sols réfère aux activités humaines associées à une certaine surface (Lillesand et Kiefer, 1979). Les zones agricoles, résidentielles et d'élevage constituent des exemples d'utilisation des terres. D'un point de vue pratique, les deux systèmes sont souvent combinés lorsque la carte est établie à partir de données en télédétection. Tandis que les données concernant les types d'occupation peuvent être directement dérivés de l'interprétation des images Landsat, les données concernant les activités humaines ou l'utilisation des terres dépendent fortement du travail sur le terrain et des statistiques de production agricole au Sénégal.

La classification de l'utilisation/occupation des sols au Sénégal fut définie pour être appliquée à de vastes régions de l'Afrique occidentale et pour correspondre à des catégories qui pouvaient être divisées. Deux niveaux d'information ont été cartographiées. La majorité de l'information au premier niveau provient des interprétations Landsat et correspond donc à l'agriculture sous pluies. Les données du terrain ou ayant diverses autres origines fournissent la majeure part de l'information du deuxième niveau. Par exemple les types de cultures ou d'associations culturelles correspondent à ce second niveau d'information.

5.3.4 Interprétation

L'interprétation Landsat a commencé scène à scène après l'achèvement de l'enquête de reconnaissance et après que l'approche pour les classifications ait été définie. La plupart des interprétations ont fait usage d'images composées en fausses couleurs au 1:250 000^e. Les images de meilleure qualité et montrant la meilleur contraste entre les divers types de végétation ou d'occupation ont été choisies pour faire l'interprétation de base. Nous avons observé que les images prises juste à la fin de la saison des pluies étaient en général les plus utiles car la strate herbacée dégénère (sénescence) avant que la plupart des espèces ligneuses ne perdent leurs feuilles ce qui se traduit par un bon contraste spectral entre les formations herbacées claires et les formations boisées denses. De plus, les feux de brousse sont très étendus au début de la saison

sèche, rendant l'interprétation plus facile. La plupart des images prises pendant la saison sèche se sont avérées très utiles malgré les traces laissées par les nombreux feux. Une relation directe de correspondance a été établie entre la densité optique ou teinte de toutes les bandes du Landsat MSS et la densité du couvert d'arbres et d'arbustes à feuilles caduques. Les images de la saison sèche présentent aussi un fort contraste entre les végétations ripicoles et du fond des dépressions et celles couvrant les pentes et les hauteurs, en particulier là où des espèces sempervirens sont présentes. Les images de la saison des pluies, quoique moins utiles pour définir les limites des formations végétales, sont de grande valeur lorsqu'il s'agit de reconnaître et de cartographier les zones agricoles déboisées. La couverture nuageuse a constitué un problème majeur et a limité en quantité et en qualité les images disponibles.

En résumé, les unités cartographiques de végétation et d'utilisation et de l'occupation des sols ont été délimitées sur un transparent à partir d'images Landsat imprimées au 1:250 000^e. Le décalquage fut réalisé grâce à des tables lumineuses spécialement construites pour les images de grande taille. Les délimitations ont été débutées sur les images de "base", puis ont été suivies par une analyse systématique saison par saison de toutes les images Landsat existantes. Des techniques conventionnelles d'interprétation ont été employées, elles utilisent les caractéristiques de l'image (teintes, formes, tailles, motif, texture...) et les relient aux divers types de formations végétales et d'occupations.

Pendant l'interprétation, un effort fut spécialement fait dans le but de maintenir un certain niveau de détail sur l'ensemble du pays. La taille minimale pour une unité cartographique a été fixée à environ 1 cm² et correspond à environ 6 km² (600 ha). A l'échelle d'interprétation les caractéristiques linéaires ont tendance à être plus petites, ayant des largeurs de 1 kilomètre.

La plupart des limites définies entre deux unités cartographiques correspondent à des discontinuités concrètes qui peuvent être observées sur le terrain. Les raisons pour ces délimitations sont évidentes et souvent correspondent à des changements dans la pente, l'aspect, les sols, la présence ou l'absence d'eau, les activités humaines, etc..., qui toutes conduisent à des variations brutales dans la physionomie de la végétation. Il est évident, toutefois que certaines divisions entre les types de végétations sont arbitraires et artificielles. Un certain artifice existe en particulier dans les cas où le climat joue un rôle dominant dans le contrôle de la répartition zonale de la végétation et crée des zones de transition. Ceci se produit au Sénégal dont le régime de précipitations s'accroît graduellement du nord au sud. Ainsi la transition entre la savane arborée et arbustive du sud du Ferlo et la savane boisée du Sénégal Oriental est graduelle et presque imperceptible. Cette caractéristique a été représentée sur les cartes. Les limites sont souvent déterminées par des variations subtiles dans le paysage (topographie et sols) et à partir des pourcentages de sol couvert mesurés lors du travail de terrain.

A cause de l'étroite relation existant entre la physionomie de la végétation et sa composition floristique, les changements dans la répartition de cette composition floristique peuvent également être graduels et presque indécélable dans ces zones de transition. Aussi les groupements végétaux adjacents sont-ils composés de beaucoup d'espèces identiques. Si les différences entre les deux bords extrêmes d'une zone de transition sont nettes, il n'est pas de même de part et d'autre d'une même ligne établie pour délimiter la transition au sein du continuum. Néanmoins presque toutes les limites définies pour délimiter les unités cartographiques de végétation et d'utilisation des sols correspondent à des limites physiques réelles.

Sur la base des enquêtes de reconnaissance et du travail de terrain en cours, de l'examen des photographies aériennes et de la documentation annexe, des clés d'interprétation ont été établies pour chaque image. Souvent ces clés ne sont pas interchangeables et ne peuvent être appliquées aux mêmes images prises à d'autres dates ou aux images d'une autre région. Ceci est particulièrement vrai pour les images en couleurs qui sont extrêmement variables d'une saison et/ou d'une année à l'autre. Mais elles ont été fort utiles lors de l'organisation systématique et de l'évaluation des informations apportées par les images satellite Landsat.

5.3.5 Collecte des Données sur le Terrain

Des expéditions sur le terrain ont été organisées après que l'analyse multitemporelle de chaque scène Landsat eut été achevée. Elles avaient pour objet la vérification des limites de chaque unité cartographique et la collecte des données structurales, floristiques, d'utilisation et d'occupation des sols qui devaient permettre de mieux décrire les dites unités cartographiques et de corroborer leur définition.

On a essayé de systématiquement relever les données pour chacune des unités cartographiques et de couvrir le pays de manière elle aussi systématique. Le nombre des observations de détail pour une unité donnée dépendait grossièrement de sa taille. On a aussi tenu compte d'autres considérations, à savoir, l'accessibilité, si la région avait ou non déjà été cartographiée par d'autres organisations, le temps disponible pour effectuer le travail de terrain et le degré de complexité d'une unité. Les routes suivies pour les enquêtes sur le terrain ont en général été choisies en fonction des interprétations Landsat de manière à optimiser le nombre d'unités cartographiques traversées.

La navigation sur le terrain était relativement facile. On a pris soin de repérer exactement sur les feuilles d'interprétation la position de chaque site d'observation (relevé); ces positions sont exactes à 500 m près. Une telle rigueur résulte d'une navigation de terrain de précision conduite à partir des cartes topographiques et des images Landsat RBV qui donnent les routes, les villages et d'autres signes indicateurs.

Sur le terrain les sites pour les relevés ont été choisis dans des zones considérées comme représentatives de la totalité d'une unité cartographique. Si par exemple, une unité couvrait un paysage vallonné avec dépressions et hauteurs, il fallait alors subdiviser ce paysage en sous unités et décrire chacune d'elle. Selon la taille de ces sous unités, soit l'unité était décrite comme un complexe de types de végétation ou d'utilisation des sols soit celles-ci étaient cartographiées séparément quand leurs tailles excédaient la taille minimale requise pour une unité de cartographie.

Une fois parvenus à un site de relevé, nous en faisons la description systématique ce qui comprend une description de la structure de la végétation. Cette structure est définie par trois éléments:

1. Structure verticale ou arrangement vertical des espèces en strates.
2. Structure horizontale ou distribution spatiale des plantes composant le couvert végétal.
3. Abondance des espèces, calculée d'après une estimation de leur distribution et de la fréquence avec laquelle elles sont présentes.

On a décrit la composition floristique et la structure de chaque strate en commençant par la strate herbacée. On a mesuré la hauteur de chaque strate, le pourcentage couvert par chaque strate et estimé la densité en arbres à l'hectare.

Bien que non exhaustive, les inventaires de la composition floristique de chaque strate donnent la liste de toutes les espèces présentes sauf les plus rares. On a utilisé constamment l'échelle suivante pour estimer la fréquence des espèces présentes:

1. Rare: quelques individus isolés.
2. Peu fréquent: quelques individus occasionnellement présents.
3. Présent: les individus existent fréquemment mais n'assurent qu'un faible couvert du sol (en général moins de 20%).
4. Fréquent: l'espèce est présente en abondance; le pourcentage de sol couvert est significatif quoique inférieur à 50%.
5. Très Fréquent: l'espèce peut alors dominer la strate. Les espèces dominantes sont celles qui constituent la plus grande part de la biomasse d'une strate donnée. Elles assurent en général plus de 50% de la couverture.

Compte tenu de l'étendue des zones à couvrir lors des relevés sur le terrain et du temps imparti, cette échelle constitue une alternative réaliste de la méthode extrêmement fastidieuse qui consiste à déterminer la densité des espèces par unité de surface.

On a aussi noté sur le terrain, la vigueur (santé) des plantes, le niveau de broutement (consommation par les animaux), le stage phénologique et le degré de régénération atteint. On a aussi relevé les utilisations des sols, la couleur et la texture du sol et la géomorphologie. Au moins une photographie fut prise à chaque site de relevé. Des échantillons de plantes ont été prélevés, identifiés et séchés chaque fois que de nouvelles espèces étaient rencontrées.

La taille d'un site de relevé variait légèrement en fonction de la complexité et des variations de la végétation. Plutôt que de limiter les observations à un carré fini ou à un système de transects, les sites décrits variaient en taille de 2 à 4 ha. L'observation de surface relativement plus larges est plus compatible avec la vision synoptique donnée par les images Landsat.

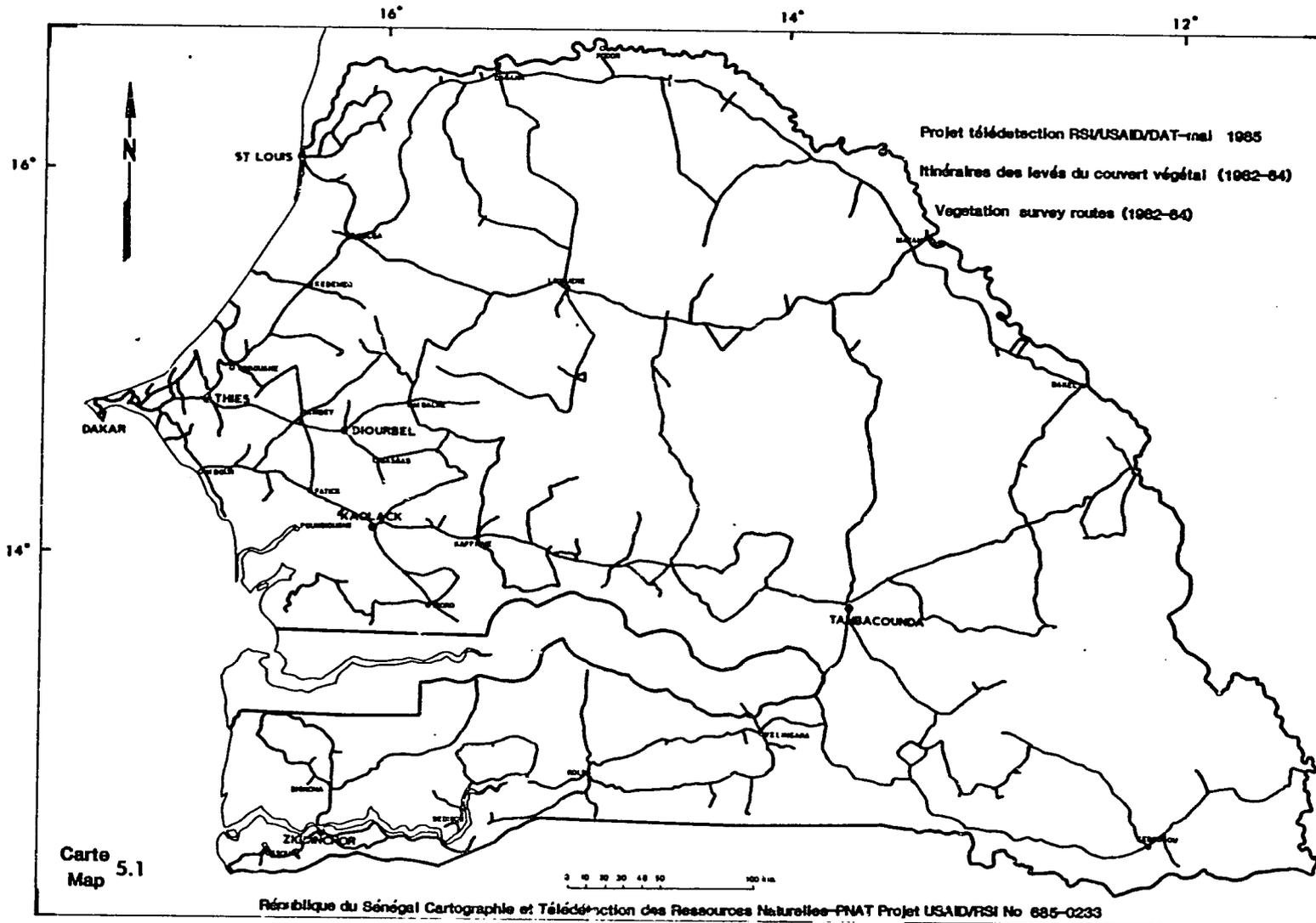
De 1982 à 1984 on a réalisé presque 600 observations de détail sur le terrain. Ces données sont trop nombreuses pour être incluses dans le présent rapport, mais un exemplaire de toutes ces données a été remis à USAID/Dakar et à la DAT. Les trajets suivis le long desquels les observations ont été faites sont présentés sur la carte 5.1.

5.3.6 Autres Moyens de Vérification

Les autres moyens de vérification de l'exactitude des limites définissant les unités cartographiques établies à partir des images Landsat, ont consisté essentiellement en six survols aériens. Ces vols ont permis d'obtenir des photographies aériennes obliques de beaucoup des unités de végétation ou d'utilisation des sols initialement délimitées d'après les images Landsat (cf les enquêtes géologique et pédologique). Une analyse ultérieure de ces photographies obliques a apporté une information de valeur à propos de la corrélation existant entre les caractéristiques observées sur le terrain et ces mêmes caractéristiques telles qu'elles apparaissent sur les images Landsat. Les photographies ont aussi été particulièrement utiles pour estimer le pourcentage de sol couvert par les strates ligneuses, élément clé de la cartographie des formations végétales.

On a fait grand usage des photographies aériennes conventionnelles prises par l'Institut Géographique National entre 1950 et la fin des années soixante-dix. Elles ont servi à confirmer les limites entre types de végétation et d'utilisation des sols, à mesurer le pourcentage couvert, à illustrer les relations entre la situation topographique et les communautés végétales et d'une manière générale ont fourni des détails hors de la portée des images Landsat.

Lors de la détermination des principales cultures pour les cartes de la couverture et de l'utilisation des sols on a fait grand usage des statistiques agricoles citées dans le Schéma national d'aménagement du territoire (1984). Elles ont été utilisées pour confirmer les observations sur le terrain ou pour déterminer les cultures dominantes et les associations de cultures par départements afin que les cultures citées en légende puissent être classées par ordre de superficie décroissante. Les statistiques agricoles correspondent à la moyenne des années 1968 à



Carte 5.1 Itinéraires des Levés du Couvert Végétal

1971, 1974 et 1979 à 1980. Les observations de terrains effectuées par notre équipe ont servi à actualiser ces informations.

5.3.7 Légende de la Carte de la Végétation

La légende de la carte de la végétation est ordonnée suivant un ordre hiérarchique de sorte que les grandes classes correspondent aux formations végétales (soit savanes arbustives,...). Les formations sont alors subdivisées en classes de paysages où elles sont rencontrées. Il y a quatre classes principales: formations des plateaux et des pénéplaines; formations des vallées; formations des collines et formations côtières.

La subdivision suivante fait la différence entre les formations végétales "naturelles" (ou originelles) correspondant aux formations composant le paysage et qui n'ont pratiquement pas été modifiées par l'homme et les formations végétales "cultivées" correspondant à la végétation composant les zones cultivées et celle occupant les zones déboisées c'est-à-dire les formations où l'influence humaine est nette. Les hommes peuvent être présents au sein de formations dites naturelles, mais leurs activités n'ont qu'un effet très réduit sur cette végétation. Bien qu'un grand nombre des formations couvrant la moitié est du Sénégal aient été dégradées par les feux de brousse, elles sont encore considérées comme "naturelles" à des fins de classification. A l'intérieur de chaque formation, les unités cartographiques naturelles sont citées en premier et sont suivies des formations anthropiques des zones cultivées.

Les divisions les plus fines de la légende correspondent aux unités cartographiques individuelles. Les unités appartenant à une même formation sont toutes symbolisées par la même lettre majuscule, par exemple "S" pour toutes les savannes arborées. Au sein de chaque formation, des chiffres sont alors utilisés pour établir la distinction entre les différentes unités cartographiques, par exemple S1, S2, S3,...etc. Des lettres minuscules sont parfois utilisées pour fournir des indications supplémentaires concernant la formation. Par exemple "c" indique des formations clairsemées (faible pourcentage de sol couvert) tandis que "d" correspond aux formations denses.

Les noms scientifiques botaniques des espèces dominantes ou associées qui caractérisent la composition floristique du groupement végétal sont donnés pour chaque unité cartographique. Ces espèces sont divisées au plus suivant 4 groupes correspondant aux 4 strates: les espèces composant la strate arborée sont citées dans le coin supérieur gauche, les arbustes et les arbres de moindre taille sont inscrites dans le coin supérieur droit, les deux quartiers inférieurs correspondent aux espèces herbacées, à gauche les graminées, à droite les espèces non graminéennes. Il n'est pas possible d'inscrire en légende toutes les espèces présentes dans un groupement. Les espèces ne sont pas citées suivant un ordre particulier. Dans les groupements où il n'y a pas d'espèces dominantes nettes, seulement une fraction des espèces les plus fréquentes est donnée. Le choix et le nombre des espèces qui ont été retenues étaient parfois arbitraires mais devraient donner au lecteur une idée de la végétation réelle. Des informations

plus détaillées concernant la physionomie végétale et la composition floristique sont données dans la section 5.4.

On observe que les formations végétales sont classées dans la légende suivant l'ordre des densités croissantes (des formations les plus clairsemées aux formations les plus denses). Cet arrangement correspond à l'évolution observée sur le terrain des formations arides de type Sahélien du nord Sénégal vers les formations plus humides de type Guinéen du sud du Sénégal. Les couleurs employées lors de la représentation cartographique ont été choisies avec soin pour rendre compte de cette progression. Les groupements plus xérophytes sont représentés en jaune et en orange tandis que les groupements plus hydrophytes sont en bleu et vert. Les couleurs plus claires ont été choisies pour représenter les formations plus clairsemées et plus basses, les couleurs plus sombres pour les formations plus denses et plus élevées des vallées. Au sein de chaque formation, les unités cartographiques sont classées suivant les environnements allant des plus arides au plus humides.

5.3.8 Légende des Cartes d'Utilisation et d'Occupation des Sols

La légende pour les cartes d'Utilisation et d'Occupation des sols est relativement simple et ne présente que deux niveaux d'information. Le premier niveau est divisé en 7 classes majeures d'utilisation ou de type de couverture (par exemple, cultures sous pluie). Les unités cartographiques individuelles sont regroupées sous chaque classe. Chaque unité a été codée de la manière suivante: La première lettre majuscule indique la classe majeure d'utilisation ou de type d'occupation des sols (A pour les cultures sous pluies, etc...). Les lettres suivantes permettent de distinguer les unités cartographiques les unes des autres. Pour les classes forêt et pâturages, ces lettres correspondent aux diverses formations végétales (les codes utilisées pour les formations sont identiques à ceux utilisés pour la carte de la végétation). Dans les zones agricoles, ces lettres indiquent les types de cultures ou les associations culturales ("Am" correspond à des terres cultivées principalement sous mil et sorgho en alternance avec des arachides, et à des jachères occupées par des savanes arborées et arbustives). Les cultures pour chacune des unités cartographiques sont citées par ordre des superficies décroissantes. Ainsi dans l'unité "Am", le mil et le sorgho prédominent, viennent ensuite les zones cultivées en arachides, puis les zones en jachère. Les lettres "x", "r" et "z" utilisées comme suffixes réfèrent respectivement aux types d'utilisation et de couverture rencontrés dans les vallées, les collines et les terrains accidentés, et les dépressions.

5.4 DESCRIPTION DES TYPES DE COUVERTURES VEGETALES

Cette section est consacrée à la description de la végétation et des différents types d'utilisation des terres représentés sur les cartes. Chacune des descriptions est principalement basée sur les observations faites sur le terrain entre 1982 et 1984. Dans certains cas, des observations de terrain faites par d'autres enquêteurs ont été

ajoutées en complément des nôtres, en particulier quand la sécheresse et les feux de brousse ont empêché notre équipe de faire les observations nécessaires à la description de la végétation herbacée. Les types de couvertures végétales ont été groupés en sept régions et domaines phytogéographiques présentés ci-dessous (carte 2.5) de telle sorte que les unités ayant le même environnement climatique puissent être comparées. Les types de couvertures végétales qui sont contrôlées par les conditions climatiques et ceux qui sont au sens géographique strict localisés dans une région bioclimatique précise seront distingués mais sont principalement définis en fonction de la présence d'eau juste à ou en dessous de la surface (végétation azonale). Les types de couvertures végétales au sein de chaque zone bioclimatique sont présentés dans l'ordre des régimes croissant en humidité, c'est-à-dire en commençant par la Zone Sahélienne et en finissant à la Zone Guinéenne. Il faut remarquer que les unités cartographiques sont groupées en légende par formation végétale plutôt que par zone bioclimatique. Un tel groupement a été choisi à des fins de clarté de sorte que les unités appartenant à la même formation sont regroupées dans le même code de couleurs.

5.4.1 La Région Phytogéographique du Sahel

Le "Sahel" est un terme géographique qui vient du mot arabe signifiant "bord" ou "plage". C'est pourquoi la zone bordant le désert du Sahara au sud (aussi bien qu'au nord) a reçu le nom de Sahel.

Ses limites géographiques sont quelques peu ambiguës parce que les différents investigateurs ne les ont pas définies de la même manière. D'une façon générale, cette région s'étend depuis le nord du Sénégal jusqu'au nord de l'Ethiopie à travers toute l'Afrique. Certains auteurs pensent qu'elle s'est déplacée vers le sud en raison d'un cycle de sécheresse en cours. S'il est avantageux de définir le Sahel en termes d'isohyètes de précipitations annuelles moyennes, il y a d'autres facteurs climatiques, géographiques et écologiques qui doivent être considérés. D'un point de vue climatologique, la région est caractérisée par des précipitations irrégulières (qui peuvent s'écarter de plus de 30 à 40% de la moyenne), par une saison écologiquement sèche de 8 à 9 mois et par une moyenne annuelle de précipitations entre 200 à 300 mm et 500 à 700 mm sur 20 à 40 jours de pluie par an. Géographiquement le Sahel est généralement une région où s'associent formations herbeuses et plantes ligneuses. Les steppes arborées et arbustives caractéristiques du Sahel alternent dans certaines zones avec des formations plus arides (souvent résultantes de l'occupation humaine) telles les dunes de sable et les sebkhas vives (playas) qui se confondent graduellement avec le vrai désert au nord.

J. Trochain (1940) divise le Sénégal en 2 régions phytogéographiques majeures: la région Soudanaise et la région des forêts denses, définies d'après leurs contours isohyétaux et thermiques et d'après un ensemble de végétations présentant des caractéristiques biologiques, physiologiques et florales similaires. Chaque région est subdivisée en deux domaines: le Sahel et le Soudan d'une part, la Guinée et la

Sub-Guinée d'autre part. Chaque Domaine est finalement divisé en secteurs (par exemple le secteur Sahélo-Soudanais) qui définissent les Zones de Transition entre les Domaines.

La Région phytogéographique Sahélienne, telle que l'a défini J.G. Adam (1966) est située entre les isohyètes 300 et 500 mm et prévaut entre les isohyètes 200 et 700 mm. Des espèces végétales du type Sahélien peuvent toutefois être rencontrées dans des zones correspondant aux extrêmes de précipitation, soit entre les isohyètes 100 et 900 mm. Au Sénégal, la Région Sahélienne est localisée au nord d'une ligne allant du nord de Mbour au nord de Bakel et qui s'enfonce profondément dans le sud de la Mauritanie. Elle est bordée par la Région Saharienne au nord et la Région Soudanaise au sud (carte 2.5). De nombreux auteurs parlent de Domaines transitoires entre ces deux Régions phytogéographiques. J.G. Adam (1966) divise la Région Sahélienne en trois Domaines: le Domaine Sahélo-Saharien (200 à 300 mm de précipitations), le Domaine central Sahélien (300 à 500 mm) et le Domaine Sahélo-Soudanien (500 à 700 mm). D'autres biogéographes ont aussi tenté de nommer et de classifier les diverses Régions (Chevalier, 1911, 1938; Aubreville, 1938, 1949). Dans la présente étude, les termes et les Régions définies plus récemment par J.G. Adam (1966) seront utilisés.

Le Sahel est le territoire des acacia et des graminées des genres Aristida et Cenchrus. La végétation est caractérisée par un nombre relativement petit d'espèces ligneuses, dont la plupart sont épineuses et rabougries. Les espèces herbues forment une couverture plus ou moins continue à la fin de la saison des pluies, où dominent les graminées. L'apparence d'ensemble est celle d'une prairie parsemée d'arbustes et de petits arbres. Sur le plan de la physiologie, les formations végétales du Sahel au Sénégal correspondent aux deux catégories principales: une pseudo-steppe arbustive dans le Ferlo sableux et une savane arbustive dans le Ferlo latérique. De nombreux auteurs ont préféré le terme "pseudo-steppe" au terme "steppe" car ce dernier implique une formation herbue discontinue. Or le composant herbacé de la pseudo-steppe est continu, il a une hauteur ne dépassant pas 80 cm. La strate ligneuse est composée d'arbustes dont la hauteur varie entre 1 et 4 mètres, et d'arbres atteignant 4 à 6 mètres de haut en général.

La physiologie actuelle de la végétation au Sahel résulte essentiellement des pressions exercées depuis longtemps par l'homme et les animaux et de l'évolution des conditions climatiques vers des conditions plus arides. Des espèces vestiges d'un climat plus humide peuvent être trouvées dans toute la région. Ces mésophytes sont associées à la Région Soudanaise au sud et laissent à penser qu'une savane de petits arbres ou même une savane boisée occupait cette région auparavant. Depuis le début des années soixante-dix, même les espèces les plus résistantes ont péri suite à la longue sécheresse.

Quatre environnements éco-géographiques distincts peuvent être identifiés à l'intérieur de la Région Sahélienne du Sénégal (Schéma national d'aménagement du territoire, 1984). Ils sont définis à partir d'un ensemble de composants divers de l'environnement tels que la

géomorphologie, la géologie, les sols, le climat, la végétation, etc... Il s'agit de la vallée du fleuve Sénégal, la région de la Grande Côte, le domain agricole du centre-ouest et le domaine pastoral (carte 5.2).

5.4.1.1 La Vallée du Fleuve Sénégal

A. Caractéristiques Générales

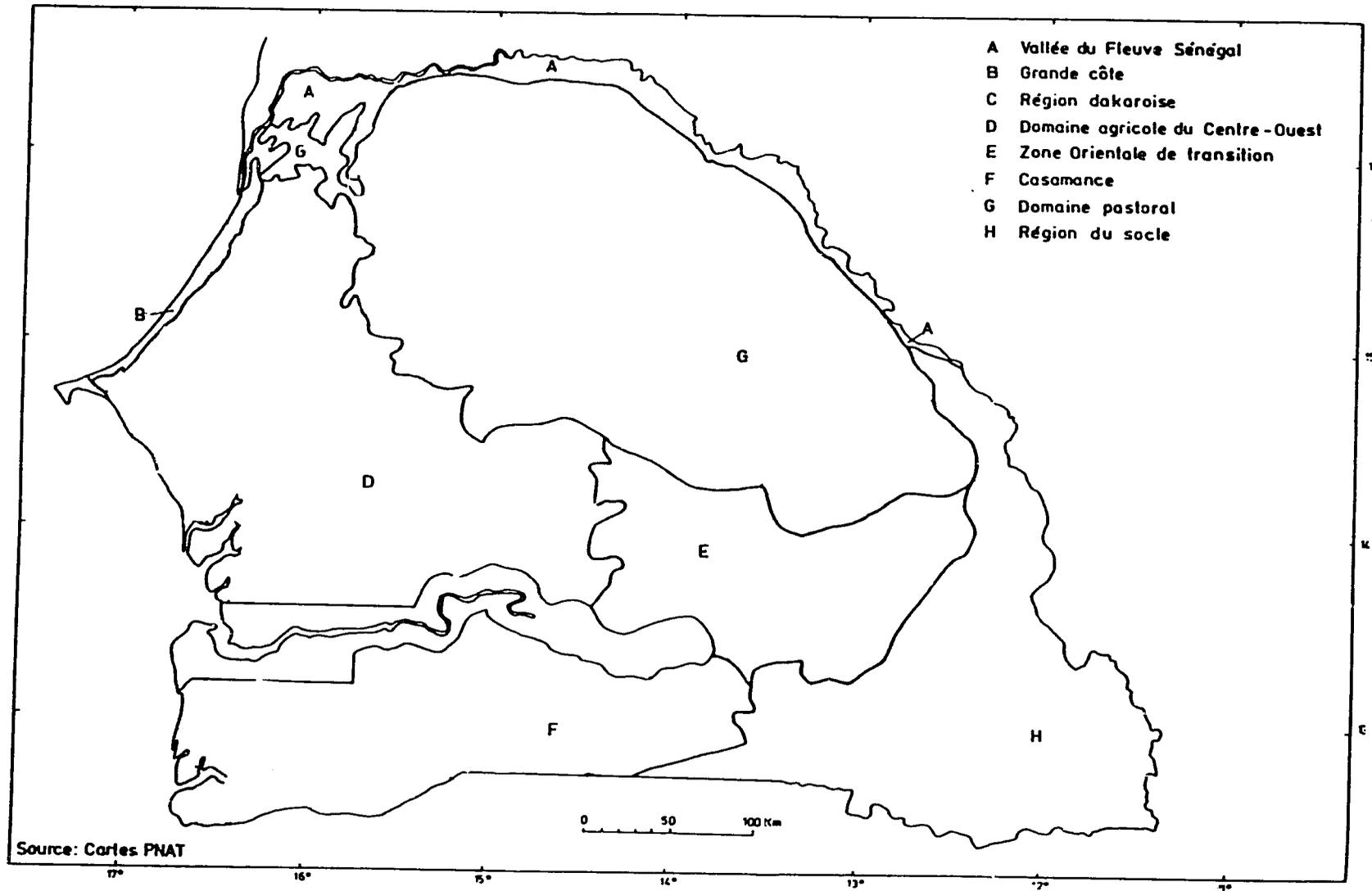
La vallée du fleuve Sénégal correspond au premier environnement éco-géographique. Il est azonal dans la mesure où les communautés végétales sont déterminées en grande partie par les conditions hydrologiques et pédologiques de la plaine inondable. Celle-ci s'étend de la frontière malienne dans la Région Soudanaise au delta du fleuve Sénégal au nord de St. Louis. Les restes de ce qui fut jadis une vaste forêt riveraine où dominaient Acacia nilotica et Acacia raddiana sont visibles sur les sols argileux des dépressions le long du fleuve. Vingt huit de ces zones boisées sont désormais protégées, elles couvrent au total 28 832 ha (Giffard, 1974). La majeure partie de la plaine inondable, plus connue sous le nom de Oualo, a été défrichée pendant des siècles par l'homme à des fins agricoles et pastorales (Fig. 5.1). Ces dernières années, la sécheresse a accéléré le processus de déboisement, laissant derrière elle des terres boisées sévèrement dégradées et de vastes superficies de steppes arbustives et arborées. Celles-ci se rencontrent sur les terres moins sujettes aux inondations et sont composées principalement de Acacia adansonii et Balanites aegyptiaca pour la strate arborée, ce qui est très courant vu que ces arbres ne sont pas broutés, de Vetiveria nigriflora (plante perenne herbacée), de Chloris pueraria et Schoenefeldia gracilis (graminées) qui forment une couverture discontinue pendant la saison humide.

Le delta du fleuve Sénégal diffère de façon significative du reste de la vallée du fait que ses sols glaiseux alluviaux sont souvent salins. Cette région montre plusieurs dépressions qui sont inondées presque toute l'année (quoique ceci soit moins vrai ces dernières années). Le delta est sillonné par de nombreux canaux de cours d'eau fossiles qui sont remplis d'eau de mer pendant la saison sèche. En fonction du degré de salinité des sols et de la durée des inondations, plusieurs types de végétation se sont implantés allant de l'absence de végétation aux prairies herbeuses et aux steppes arborées.

B. Types de Couvertures

Unités cartographiques Al4 et Acl4

Ces deux unités couvrent de vastes superficies dans les parties aval et médiane de la vallée du Sénégal. Sur le plan de la physionomie, elles correspondent à des steppes arbustives (Al4) souvent très aérées (Acl4) que l'on rencontre sur des sols hydromorphes qui sont sujets à des inondations de courtes durées pendant les années plus humides (Fig. 5.2). Les communautés de plantes ligneuses sont dominées par Acacia nilotica, Acacia adansonii, Balanites aegyptiaca et Zizyphus mauritiana et aussi quelques restes d'une véritable flore arborée qui a été défrichée au cours des siècles pour faire place aux cultures. Une



Carte 5.2 Milieux éco-géographiques

D'après Schéma national d'aménagement du territoire (1984)



Fig. 5.1. Une vue orientale de la vallée du fleuve Sénégal montrant Richard Toll au premier plan; La canne à sucre est cultivée sur de vastes surfaces irriguées. Au loin on aperçoit les forêts riveraines d'Acacia nilotica et d'Acacia raddiana. Altitude 700 m; 27 avril 1984.



Fig. 5.2 Steppes arbustives de la vallée du fleuve Sénégal au nord de Haïré Lao. Unité Ac14.

mosaïque de groupements qui varient en fonction du micro-relief se rencontre sur les divers sols. La strate herbacée et dominée par Borreria verticillata, qui n'est généralement pas pâturée, par Indigofera oblongifolia et des espèces annuelles comme Chloris prieurii et Schoenefeldia gracilis. Les régions qui sont soumises à des inondations de plus longues durées supportent des steppes où dominent Vetiveria nigritana.

Ces steppes sont fortement pâturées bien que au cours des dernières années, le fourrage ait été si rare que les troupeaux ont été transférés plus au sud. Généralement, les graminées annuelles des steppes plus élevées sont consommées jusqu'à la racine, immédiatement après la saison pluvieuse. Au fur et à mesure que le fourrage disparaît, les animaux se rabattent sur les steppes plus basses et moins appétissantes constituées de Vetiveria.

Unité cartographique AE12

Cette unité se rencontre en association avec les unités précédentes sur les sols glaiseux sujets à de longues périodes d'inondation. La végétation ligneuse est quelque peu plus dense que dans les unités précédentes et est caractérisée par une steppe arbustive et arborée, que l'on considère comme un reste fortement dégradé des forêts de Acacia nilotica. Cette unité constitue la transition entre les vraies régions boisées en Acacia nilotica et les steppes arbustives présentes sur les sols plus élevés. Elle est vraiment hétérogène avec des zones plantées d'arbres et d'arbustes relativement denses alternant avec des espaces ouverts. Acacia nilotica domine la strate arborée. Lui sont associés Balanites aegyptiaca, Mitragyna inermis, Piliostigma reticulatum et Salvadora persica. Une sous strate discontinue varie avec le relief local: les zones plus élevées supportent Panicum anabaptistum et Andropogon gayanus, tandis que les zones plus basses sont dominées par des espèces annuelles telles Vetiveria nigritana et Sphaeranthus senegalensis.

La majeure partie de la région a été défrichée à un moment ou à un autre pour laisser place à la culture du sorgho sur les sols plus limoneux. Les herbages ont d'une manière traditionnelle été recherchés par le bétail quoique ces dernières années le sol soit resté relativement nu. Le prélèvement de branches d'arbres par le bétail s'est accéléré dans ces années de sécheresse et la population forestière a été sévèrement endommagée.

Unité cartographique EF

Cette unité est essentiellement une mosaïque de l'unité précédente AE12 et de l'unité F4. Elle est très hétérogène, présentant des sols en position basse sujets à de longues périodes d'inondation (années normales et humides) et de sols en position plus haute moins sujets aux inondations. Sur les cartes à plus grande échelle, ces deux composants pourraient être représentés séparément. Au plan de la physionomie, la végétation varie de la steppe arborée à une forêt ne présentant qu'un

sous-bois réduit. La composition floristique et l'utilisation des terres sont données lors de la description des unités AE12 et F4.

Unité cartographique P3

Cette unité couvre les cuvettes de décantation de la plaine d'inondation. Celles-ci forment des mares temporaires correspondant à des groupes écologiques différents, dominés par les hydrophytes: Nymphaea ssp., Cyperus digitatus, et Panicum anabaptistum à l'intérieur des périmètres délimités par ces mares. D'autres plantes herbacées non graminéennes sont communes dans la partie médiane de la vallée. Il s'agit de Echinocloa ssp. et Melochia corchorifolia. Ces dépressions sont souvent délimitées par des zones plantées presque uniquement en Acacia nilotica. Ces acacias présentent de forts taux de mortalité. Ces dépressions servent de pâtures à la fin de la saison sèche lorsque tous les autres herbages ont été consommés.

Unité cartographique F4

Acacia nilotica y prédomine, presque à l'exclusion de toute autre espèce. Les arbres sont si denses qu'ils forment une vraie forêt, rencontrée en général sur les sols argileux entre les méandres du fleuve Sénégal. Ces formations boisées sont quelques peu exceptionnelles à une telle latitude et si l'on tient compte du fait que ces arbres présentent une remarquable adaptation aux longues périodes d'inondation. Au cours des dernières années, comme il n'y a pas eu d'inondations, ces forêts ont été soumises à un stress sévère et il en a résulté les plus forts taux de mortalité observés pour des formations boisées au Sénégal.

On trouve principalement associés Acacia adansonii, Zizyphus mauritiana, Mitragyna inermis, Acacia albida et Balanites aegyptiaca. Une autre particularité de cette formation est la quasi absence du tapis herbacé (Figs. 5.3 et 5.4). Elle se chevauche quelque peu avec les unités EF et P4 surtout au niveau des zones déboisées qui favorisent l'implantation de Panicum anabaptistum, Borreria verticillata et Vetiveria nigritana.

Les activités d'utilisation des terres sont limitées au ramassage du bois mort quoique cette activité soit elle-même très réduite en raison du statut de "forêt classée" attribué à la plupart de ces formations boisées. Elles ne peuvent servir de pâtures.

Il s'agit probablement d'un pseudo-climax (Trochain, 1940) dans la succession, car un changement dans le régime des inondations conduira à l'apparition d'une nouvelle formation. Au cours des années 70 et 80, la sécheresse a entraîné l'élimination de Acacia nilotica et la réduction de la densité en arbres.

Unité cartographique Ca

La végétation naturelle de cette unité a été complètement remplacée par des cultures agricoles récentes. Cette unité correspond



Fig.5.3 Vue aérienne de la forêt riveraine à Acacia nilotica le long du fleuve Sénégal au voisinage de Dagana (à gauche). Remarque les champs irrigués de riz et de canne à sucre (à droite et au centre).



Fig.5.4 Un exemple de zone dégradée de la forêt riveraine à Acacia nilotica à 10 km au sud est de Matam. Ces zones ont été fortement stressées par la sécheresse et l'abaissement de la nappe phréatique. Unité F4.

généralement à de vastes superficies, irriguées cultivées en riz et en canne à sucre. Au contraire des zones de culture plus traditionnelles, toutes les espèces ligneuses ont disparu. La culture mécanisée du riz a commencé dans les années 50, mais l'objectif de 5000 ha irrigués n'a jamais pu être atteint en raison de toute une gamme de problèmes. La culture de la canne à sucre a été lancée sur une grande échelle en 1970 par la Compagnie Sucrière Sénégalaise et à la fin des années 70, 7000 ha étaient plantés en canne à sucre. Les périmètres cultivés irrigués en riz se sont accrus ces dernières années; ces cultures sont souvent décelables sur l'imagerie Landsat, mais sont d'une taille trop réduite pour être représentées sur les cartes (taille minimale d'une unité cartographique: 6 km²). Elles occupent des champs de petites tailles dispersés entre le delta du fleuve Sénégal et Bakel et situés à proximité des villages.

Unité cartographique A7

Cette unité correspond à une pseudo-steppe arborée occupant les dunes stabilisées pré-littorales du bas-delta du Sénégal. Deux espèces dominent également, Acacia raddiana et Salvadora persica. Elles sont associées à Euphorbia balsamifera et Balanites aegyptiaca. En saison normale ou pluvieuse, la couverture herbacée continue est dominée par Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium et Indigofera diphylla. La strate ligneuse couvre 2 à 10% du sol et est composée de plantes ayant entre 1 à 5 mètres de haut.

Cette unité fournit une bonne pâture pendant et immédiatement après la saison des pluies. De 1970 à 1984, se sont succédées plusieurs années avec peu ou pas de croissance de la végétation herbacée poussant sur sols sableux en raison de la sécheresse. En années pluvieuses, cette unité fournit la majorité des pâtures exploitées dans le delta.

Unité cartographique Acl5

Cette unité représente une steppe arbustive clairsemée qui occupe des sols alluviaux halomorphes présents dans les cuvettes de décantation du delta du fleuve Sénégal. Les espèces ligneuses dominantes sont Acacia nilotica var. adansonii, Acacia seyal, Salvadora persica et Aristida sp. qui se développent en bosquets dispersés.

Cette pâture est surexploitée et a souffert de la salinité croissante et de la sévère sécheresse. Les inventaires des espèces herbacées se sont avérés très limités, la sécheresse et l'invasion par les eaux salées ayant réduit fortement l'abondance des espèces.

Unité cartographique TAc

Acacia nilotica, Balanites aegyptiaca, Tamarix senegalensis et Salvadora persica sont les espèces dominantes composant cette steppe arbustive clairsemée, qui occupe les bas fonds alluviaux hydromorphes et halomorphes du delta. Cette unité est une mosaïque de steppes



Fig.5.5 Une portion d'une image Landsat FCC accentuée, obtenue le 6 novembre 1977, couvrant une partie du Ferlo sableux (à droite), le lac de Guiers (au centre droit) et montrant la diversité des types de couvertures dans le delta du Sénégal (moitié gauche).

arbustives et de steppes arborées très clairsemées, presque complètement dépourvues de toute végétation. Les espèces herbacées dominantes sont: Salsola baryosma sur les sols salés, Schoenefeldia gracilis et Chloris prierii sur les sols hydromorphes. En années pluvieuses à normales, cette unité fournit des pâtures marginales pour le bétail et les chameaux pendant les mois pluvieux.

Unité cartographique T2

Cette unité occupe les vastes tannes qui sont à l'occasion inondées pendant les années pluvieuses. La végétation ligneuse est pratiquement absente, et quand elle est présente les espèces herbacées sont très dispersées et dominées par Salsola baryosma et Sporobolus spicatus. Sur les sols moins salés, quelques graminées éparses sont présentes, Chloris prierii et Schoenefeldia gracilis. Ces terres ont peu ou pas d'utilisation agricole.

Unité cartographique P4

Cette prairie aquatique est entièrement située dans le Parc National de Djoudj dans le delta du fleuve Sénégal. Cette dépression peut profonde reste inondée par de l'eau saumâtre pendant de longues périodes. La végétation herbacée forme une couverture assez dense où prédomine Sporobolus ssp., Oryza barthii, et Diplachne fusca. Les régions moins sujettes aux inondations sont colonisées par Salsola baryosma et Tamarix senegalensis, deux espèces halophytes.

Cette prairie fournit un important habitat pour une variété d'oiseaux et d'espèces animales semi aquatiques telles que des reptiles, des amphibiens et des mammifères. Des plantes aquatiques flottantes ou enracinées constituent un habitat privilégié pour une variété d'invertébrés qui à leur tour servent de nourriture aux poissons. La sécheresse a eu une forte influence sur ces populations sauvages, mais un rajeunissement rapide dans cette zone protégée est espéré après quelques années pluvieuses.

Unité cartographique M

Des mangroves ont colonisé le delta du fleuve Sénégal près de son embouchure. Elles constituent un écosystème littoral adapté aux eaux saumâtres et forment souvent des forêts impénétrables. Les mangroves présentes dans ce delta sont les formes les plus nordiques de toutes les mangroves de l'Afrique occidentale. Trois types de mangroves forment des groupements dans trois régions du Sénégal. Rhizophora racemosa poussent dans des eaux plus profondes le long des estuaires et des lagons saumâtres. Rhizophora mangle préfère des eaux un peu moins profondes et Avicennia africana pousse sur les berges seulement inondées à marée haute.

Cette unité est limitée aux berges du fleuve et aux estuaires situés entre l'embouchure et l'île de Thiong à 20 km au nord de St. Louis. Sont associées à ces espèces, deux halophytes résistants, Paspalum vaginatum et Sporobolus robustus.

Sur le plan économique, les mangroves ont un potentiel limité. Elles sont soumises à un stress du fait de l'accroissement de la salinité, elles sont lentes à se régénérer et ne constituent donc même pas une source de bois de chauffage.

Unité cartographique II

Cette steppe herbacée occupe les rives en pente douce du lac de Guiers et se développe sur les sols hydromorphes sujets aux inondations saisonnières. La composition de la strate herbacée est très variable, une conséquence du degré de la pente, de la proximité de l'eau et de la période d'inondation. Les sols qui sont en général inondés chaque année supportent une steppe où domine Vetiveria nigritana en association avec Sporobolus spicatus, Eragrostis ssp. et Echinochloa ssp. L'étage arboré est pratiquement absent. Borreria verticillata est très commun il ressemble à un petit buisson. A l'approche des dunes du Ferlo sableux, de petits arbres commencent à apparaître, en particulier Acacia senegal et Balanites aegyptiaca.

Ces vastes régions en bordure du lac constituent de bons pâturages au fur et à mesure que le niveau des eaux baisse pendant la saison sèche.

5.4.1.2 La Grande Côte

A. Caractéristiques Générales

La Grande Côte correspond au second environnement éco-géographique. Il inclut les "niayes". Sur le plan écologique, cette région se distingue des terres agricoles situées à l'est. Cette distinction est surtout due à la géomorphologie qui comprend des dunes jaunes fixées ou vives, des dunes blanches en activité, la plage et les niayes (dépressions interdunaires aux sols hydromorphes généralement riches). Cet environnement s'étend au sud jusqu'au Cap Vert et par conséquent s'avance profondément dans le domaine de transition Sahélo-Soudanais. Il ne peut pas être considéré comme typique de la région bioclimatique Sahélienne puisqu'il est fortement influencé par le climat maritime et le substrat. On le désigne souvent sous le nom de Sahel Littoral ou Sahel Subcanarien. Le climat caractérisé par la présence d'Alizés maritimes frais et humides joue aussi un rôle.

A l'exception des niayes, la végétation de cet environnement est une pseudo-steppe arbustive relativement pauvre. Cette formation est le résultat de sols sableux non fertiles, du surpâturage et du déboisement. Les arbustes dominants et les quelques arbres appartiennent généralement aux espèces suivantes: Parinari macrophylla, Acacia raddiana, Sclerocarya birrea, Maytenus senegalensis et Casuarina equisetifolia qui a été introduit dans les années 50 en tant que brise-vent le long de nombreuses dunes côtières. Les plantes herbacées annuelles de la région du Sahel comme Cenchrus biflorus et Chloris prieurii réapparaissent chaque année parmi les espèces pérennes telles que Aristida longiflora.

Les niayes représentent un environnement complexe, riche sur le plan floristique, comprenant de nombreuses espèces reliques des régions Soudanaise et sub-Guinéenne. Tandis que la plupart des arbres et arbustes de la région Sahélienne du nord du Sénégal poussent dans ces dépressions, la flore est composée d'espèces ayant une large distribution climatique (42,5%) d'espèces natives de la région Soudanaise (27%), d'espèces originaires de la zone sub-Guinéenne (12,5%) et d'espèces Sahéliennes (10%) (Reynal, 1963). Ces dépressions forment de vrais "carrefours biologiques". De nombreuses espèces hydrophyles quoique associées aux régions plus arrosées du Sénégal, sont capables de survivre dans le climat Sahélien grâce à leur capacité à drainer l'eau de surface et grâce aux vents humides marins qui modèrent le climat. Le contraste entre les niayes et le paysage des alentours est frappant au moment des inondations (Fig. 5.6).

B. Types de Couverture

Unité cartographique Acl2

Cette unité occupe les dunes blanches littorales encore actives qui s'étendent le long de la côte entre Dakar et St. Louis. Ces dunes sont généralement paraboliques et ouvertes vers le NNO, elles couvrent tout le territoire depuis la plage jusqu'aux dunes jaune-orange stabilisées situées à plusieurs centaines de mètres ou à plusieurs kilomètres plus à l'est.

Ces dunes supportent une steppe littorale très clairsemée et les plantes poussant sur ces dunes sont des halophytes et des psammophytes qui sont capables de survivre dans des conditions édaphiques et climatiques très sévères. La faible teneur en matière organique du sol, les précipitations très faibles (mais la forte humidité), les vents violents et les tempêtes de sable sont les causes de la pauvreté de cet environnement sur le plan floristique.

Les plantes dominantes sont des espèces perennes succulentes et des espèces herbacées non graminéennes: Cyperus maritimus (le long de la plage), Sporobolus spicatus, Ipomaea pes-caprae et Alternanthera maritima (toutes deux des parasites), Opuntia tuna (cactus) et Philoxerus vermicularis. Les quelques espèces ligneuses comptent Maytenus senegalensis, Chrysobalanus orbicularis, et Calotropis procera. Le Service des Eaux et Forêts a entrepris un vaste effort de reforestation qui a débuté en 1945 sur l'initiative du Gouvernement Français de l'Afrique occidentale. Casuarina equisetifolia, Melaleuca leucadendron et divers espèces d'Eucalyptus ont permis de limiter l'érosion éolienne et d'augmenter le degré de stabilisation des dunes (Fig. 5.7).

Unités cartographiques V1 et Vcl

Ces types de couvertures végétales se rencontrent sur les dunes de transition du littoral, jaune-orangé, semi-fixées (Vcl) qui forment une bande juste à l'est des dunes blanches actives, ainsi que sur les dunes rouges fixées (V1) situées à l'est des dunes de transition. La



Fig. 5.6 Vue aérienne des Niayes au voisinage de Fâs Boye dans la zone côtière nord. Il faut remarquer les dunes actives en haut à gauche et les efforts de stabilisation le long de la plage. Altitude 600 m; 27 avril 1984.

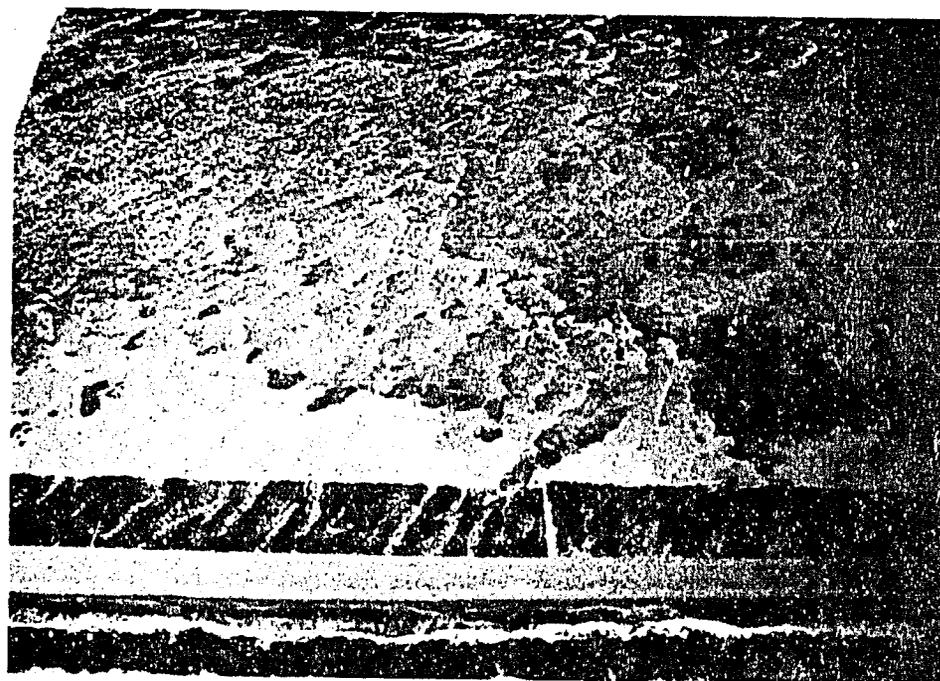


Fig. 5.7. Cette vue aérienne montre une bande côtière de dunes blanches actives couvertes par une steppe côtière très clairsemée (unité Ac12), une bande de reboisement assurant un couvert bon à faible et une savane arbustive (unité Vc1) couvrant les dunes côtières à demi-stabilisées (au dessus de la ceinture de reboisement). Altitude 1500 m; 7 janvier 1985.

couverture végétale de type Vcl est sur le plan floristique similaire à celle de l'unité Acl2 mais est légèrement plus riche. Sur le plan de la physionomie, elle marque la transition entre les steppes de bordure de mer et les savannes arbustives couvrant les dunes rouges fixées. Les espèces ligneuses dominantes sont Maytenus senegalensis, Acacia macrostachya, Parinari macrophylla et Jatropha gossypifolia. Les espèces annuelles les plus communément rencontrées sont Cenchrus biflorus et Chloris prierii ainsi que de nombreuses herbacées non graminéennes.

La savane arbustive V1 couvre les dunes rouges stables à fortes pentes (jusqu'à 30%). La strate arbustive qui est moins clairsemée que la précédente, est composée de Acacia macrostachya, Jatropha gossypifolia, Capparis tomentosa et Filiostigma reticulatum. Cenchrus biflorus, Chloris prierii, Dactyloctenium aegyptium, Borreria ssp. et d'autres espèces graminéennes et non graminéennes forment un tapis herbacé continue pendant la saison en années normales à pluvieuses. Quelques arbres épars deviennent plus fréquents à mesure que l'on progresse à l'intérieur du pays. Les espèces dominantes sont Parinari macrophylla (le pommier du Cayor), Acacia raddiana et Sclerocarya birrea (en voie de disparation rapide du fait de la sécheresse récente).

Ce type de couverture est utilisé d'abord comme un herbage en dépit de la mauvaise qualité des sols sableux. Le surpâturage est devenu un problème sérieux d'autant plus que la régénération des espèces ligneuses est lente. Les espèces annuelles répondent rapidement aux chutes de pluie mais ces dernières années (1983, 1984) elles ont à peine reverdi.

Unité cartographique V7

Les sols, la géomorphologie, le climat et la formation végétale de ce type de couverture ressemblent ceux de l'unité Vcl. Sur le plan floristique cette unité est une variante de l'unité Vcl car la strate arborée est dominée par Acacia albida et Parinari macrophylla. Les associés moins fréquents sont Deutarium microcarpum, Ficus ssp., Acacia macrostachya et Annona senegalensis. Les espèces annuelles sont essentiellement similaires à celles de l'unité Vcl.

Unité cartographique P1

Cette unité est composée d'une succession de dépressions interdunaires allongées, connues sous le nom de niayes qui alternent avec les dunes côtières semi-actives et stables du Cap Vert à l'embouchure du fleuve Sénégal. La plupart de ces dépressions se situent en dessous du niveau de la mer. Des mares temporaires se forment souvent au cours de la saison des pluies et il semblerait que la plupart soient dues aux fluctuations annuelles du niveau des nappes piréatiques.

Les niayes constituent de véritables oasis au milieu du l'environnement Sahélien typiquement semi-aride. Leur végétation fait partie d'un écosystème complexe et fragile à l'abri des vents océaniques violents. J. Trochain (1940) considère que ces communautés sont les vestiges d'une forêt Sub-Guinéenne.

Plusieurs types de végétation se succèdent du centre vers les pentes des dépressions. Bien que nette, cette succession est trop peu étendue pour être représentée sur la carte au 1:500 000^e.

Les sols moins salins et constamment humides sur le pourtour des dépressions supportent une grande variété d'espèces appartenant aux régions Sahélienne, Soudanaise et Guinéenne dont la physionomie varie de la palmeraie à une forêt dégradée humide sempervirens. L'espèce la plus caractéristique est le palmier à huile, Elaeis guineensis, originaire de la région Guinéenne. Des fourrés couvrent les pentes des dunes avoisinant les niayes. La figure 5.8 donne la succession de ces types de couverture végétaux.

Au centre des dépressions, les principales halophytes sont Cyperus sp., Luperata cylindrica, Philoxerus vermicularis, Sporobolus robustus et Sesuvium portulacastrum; sur les sols de moindre salinité dominant Paspalum vaginatum, Leersia hexandra et Cynodon dactylon (Adam, 1966). Les palmeraies et les forêts dégradées sont dominées par Elaeis guineensis, Cocos nucifera et Ficus ssp. auxquels sont associées de nombreuses espèces, notamment les espèces Guinéennes Detarium senegalensis, Syzygium guineense et Landolphia heudelotti et les espèces Soudanaises Cassia sieberiana, Prosopis africana, Entada africana et Celtis integrifolia qui sont très communes. Les espèces sahéliennes comprennent Acacia raddiana et Parinari macrophylla (en général sur les pentes dunaires). Les fourrés sont communément formés de Dalbergia ecastaphyllum, Alchornea cordifolia et Fagara xanthoxylodes (Michel et al, 1969).

La végétation des niayes a été sévèrement affectée par la sécheresse, en dépit de la présence à faible profondeur de la nappe phréatique. La salinité croissante a causé la mort de plusieurs hydrophytes en particulier de Elaeis guineensis. L'intensification des cultures maraîchères et fruitières au cours du XX^e siècle a aussi réduit l'extension des communautés reliques.

Les sols fertiles et humides des niayes sont idéaux pour les cultures maraîchères lesquelles sont pratiquées intensivement dans la région du Cap Vert. Ces dernières années, beaucoup de ces zones de cultures maraîchères ont dû être abandonnées en raison de l'accroissement de la salinité. Toute une gamme de types de pâtures sont présentes dans les niayes; en raison du manque du fourrage dans les dunes environnantes la végétation des niayes est de plus en plus exploitée.

Unité cartographique AE9

Ce type de couverture végétale se rencontre sur les dunes semi fixées du littoral dans la région de Gandiol, au sud de St. Louis. Cette unité est composée d'une mosaïque de dunes et de tannes qui sont occasionnellement remplis d'eau saumâtre.

Cette steppe arborée et arbustive est dominée par Prosopis chilensis (une espèce exotique introduite par les Français) et par Acacia raddiana; Acacia albida est occasionnellement présent. La strate arbustive est caractérisée par Euphorbia balsamifera, Grewia



Fig. 5.8. Une vue d'une grande niaye; on voit des espèces herbacées hydrophyles au premier plan et des arbres, essentiellement des palmiers au pied des dunes. Cette végétation azonale est composée d'espèces appartenant aux trois régions phytogéographiques du Sénégal.

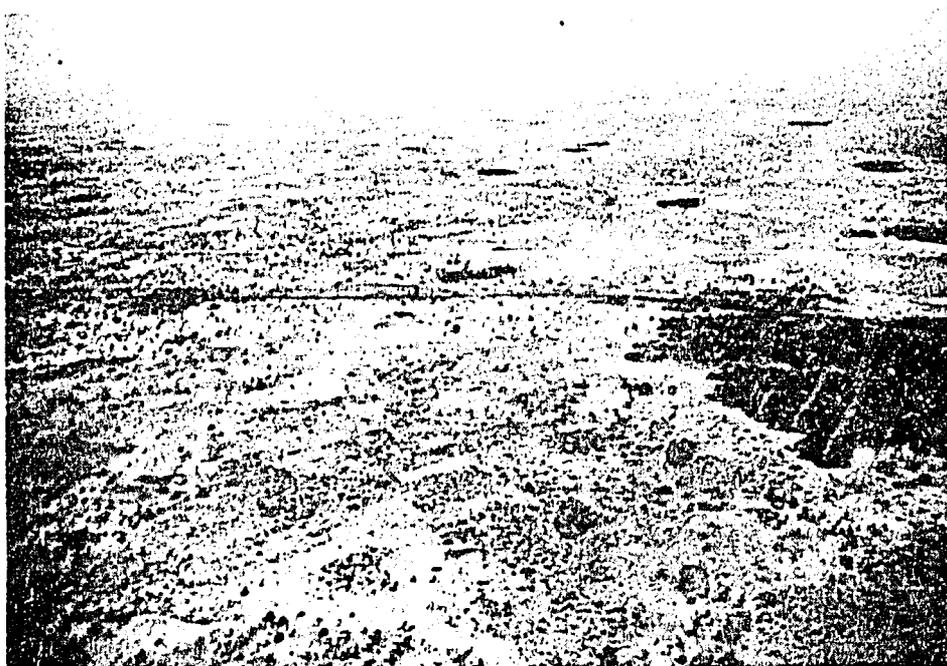


Fig. 5.9. Vue aérienne du Bassin des Arachides dans la région de Khombole visible sur la droite. La forêt originelle qui couvrait autrefois cette région a été remplacée par une savane boisée d'origine anthropique dominée ici par *Acacia albida*. Altitude 800 m; 8 août 1984.

tanax et Prosopis chileensis; Tamarix senegalensis se rencontre sur les sols salins bordant les tannes. Chloris prierii, Panicum turgidum, Cenchrus ssp., ainsi que d'autres graminées poussent sur les pentes et les hauteurs sableuses (pendant la saison) tandis que Sporobolus sp., Cyperus sp., Salsola baryosma et d'autres halophytes se rencontrent entre et à l'intérieur des dépressions.

Cette unité ne convient pas à la majorité des types de culture pour deux raisons: les précipitations y sont faibles et souvent erratiques. Les dunes herbeuses ont le potentiel nécessaire à l'alimentation du bétail quoique ces dernières années le niveau de biomasse produit soit extrêmement faible.

5.4.1.3 La Région de Dakar

A. Caractéristiques Générales

La région dakaroise, qui occupe la presqu'île du Cap Vert se distingue des autres régions voisines de par son caractère urbain, sa forte densité de population et par les types d'activités humaines qui lui sont associées (prédominance des secteurs secondaires et tertiaires).

Bien que la région de Dakar soit située dans le domaine Sahélo-Soudanais de la Région Sahélienne, la plupart des types de végétation sont azonaux du fait de la large gamme de paysages morphopédologiques et du climat maritime modéré. La végétation varie considérablement sur le plan de la composition floristique et de la physionomie d'un type de couverture à l'autre.

Le type de couverture le plus étendu recouvre les dunes côtières à demi-stabilisées qui s'étendent parallèlement à la côte sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres. Une savanne arbustive et/ou arborée essentiellement composée d'espèces Sahéliennes typiques couvre cette topographie vallonnée. Les niayes de la Grande Côte, riches en espèces appartenant à toutes les régions biogéographiques, sont également présentes dans cette région.

La côte est bordée par une bande de dunes toujours actives sur lesquelles se développe une steppe arbustive psammophile. Au sud des dunes une forêt de "Baobabs" s'est développée sur les sols hydromorphes recouvrant les roches calcaires du plateau de Bargny.

B. Les Types de Couvertures

Unité cartographique A8

Cette unité occupe l'extrémité occidentale de la presqu'île au nord des faubourgs de Dakar en voie d'accroissement rapide. Les sols sont fertiles mais rocailleux et d'origine volcanique. La végétation actuelle qui est largement la résultante des activités humaines et de la pression animale (la région a été cultivée par intermittence depuis le siècle dernier) est une steppe arbustive. La flore originelle a largement disparu; et par conséquent il est extrêmement difficile de la reconstruire sous sa forme originale. Bien que la presqu'île soit

complètement incluse dans le domaine Sahélo-Soudanais de la Région Sahélienne, la plupart des espèces associées à cette région sont rares. Alors que la composition floristique est relativement riche, il est difficile d'identifier les espèces dominantes. Les espèces d'arbustes les plus représentatives sont Boscia senegalensis, Euphorbia balsamifera (utilisé comme haies pour délimiter les champs), Laytenus senegalensis, Zizyphus mauritiana, Calotropis procera, Opuntia tuna (cactus), Acacia seyal et Acacia albida. Les arbres sont généralement absents, quoique certains individus dispersés soient présents dans certaines zones: Adansonia digitata se rencontre surtout près des Mamelles; Acacia seyal est lui présent près des cours d'eau, et plusieurs espèces ont été importées et plantées pour l'ombrage ou comme brise-vents, en particulier Prosopis chilensis et Casuarina equisetifolia.

La composition herbacée paraît riche quoique difficile à caractériser. Les espèces les plus communes sont Schoenefeldia gracilis, Andropogon pinguipes (sur les pentes), Cenchrus biflorus, Aristida stipoides, Pennisetum pedicellatum, toutes des graminées, Leptadenia hastata, Borreria ssp., Waltheria indica, Centaurea perrottetii, Indigofera secundiflora, Indigofera linearis et plusieurs autres espèces non graminéennes.

Unité cartographique Vd2

Cette unité couvre les vertisols du plateau de Bargny qui eux-mêmes recouvrent les sols glaiseux, argilo-calcaires. Sur le plan de la physionomie, cette formation est une savanne arbustive dense qui comprend des zones presque uniquement composée d'Acacia seyal (lequel favorise les sols glaiseux). Adansonia digitata (baobab) apparaît être le principal associé, quoique poussant de très dispersée, il peut parfois former des groupes relativement denses. Les autres espèces associées moins communes sont Acacia adansonii, Zizyphus mauritiana et Dicrostachys glomerata. De nombreuses espèces herbacées sont présentes, il s'agit communément de Aristida stipoides, Andropogon gayanus, Schoenefeldia gracilis qui pousse bien sur sols compacts, Tephrosia linearis, Centaurea perrottetii et Indigofera astragalina.

Les terres servent essentiellement de pâturages pour le bétail, quoiqu'au cours des dernières décennies de vastes superficies aient été défrichées pour faire place à la culture du mil et du sorgho. Les pâtures sont en général de bonne qualité mais limitées par la couverture relativement dense en Acacia seyal et par les pluies peu abondantes des dernières années.

Unité cartographique V10

Cette unité se développe à l'est et à l'ouest de Rufisque sur les sols du plateau de Bargny similaires à ceux de l'unité précédente. La formation végétale consiste en une savane arbustive fortement dégradée qui a été soumise pendant plus d'un siècle à une intense pression humaine et animale. Cette unité est une variante de l'unité Vd2 et lui est semblable en composition: Adansonia digitata y est la seule espèce d'arbre dispersée parmi une quasi monoculture de Acacia seyal.

Les espèces arbustives qui sont associées sont Dicrostachys glomerata, Zizyphus mauritiana, Acacia senegal et Tamarix senegalensis (une halophyte poussant dans les dépressions). Schoenefeldia gracilis est l'espèce dominante de graminées à laquelle sont communément associées Andropogon ssp. et Aristida stipoides. Le reste du tapis herbacé est formé par de nombreuses espèces non graminéennes Sesbania leptoclada, Corchorus trilocularis, Leptadenia hastata, Indigofera astragalina et Centaurea perrottetii.

Les terres ont essentiellement le même usage que celles de l'unité Vd2, quoique la culture du mil ou du sorgho y soit plus rare.

Unité cartographique VS8

Cette unité couvre la majeure part de la moitié nord de la presqu'île soit les dunes côtières stabilisées et doucement vallonnées. La physionomie est celle d'une savane arbustive et arborée quoique la strate herbacée puisse se transformer en une steppe sur les dunes moins stables du bord de mer. Cette formation a une origine essentiellement anthropique et est continuellement défrichée pour faire place aux cultures. Des arbres de moindre taille souvent rachitiques constituent la strate supérieure très clairsemée composée de Acacia albida, de Elaeis guineensis (dans les dépressions hydromorphes interdunaires), de Mangifera indica, introduit pour ses fruits, et de quelques arbres de grande taille très dispersés, en particulier Adansonia digitata et Ficus elasticoides. Introduit dans les années 1940 Casuarina equisetifolia sert de brise-vent. La strate arbustive couvre 5 à 15% du sol tandis que les arbres ne couvrent que 1 à 5%. Les espèces arbustives dominantes sont Maytenus senegalensis, Piliostigma reticulatum et les formes juveniles Acacia albida. De nombreuses espèces Sahéliennes et Soudanaises sont présentes en tant qu'associées; il s'agit de Annona senegalensis, Guiera senegalensis, Parinari macrophylla (qui devient plus fréquent vers le nord), Balanites aegyptiaca, Zizyphus mauritiana et Commiphora africana.

La strate herbacée forme généralement un tapis continue pendant la saison des pluies. Eragrostis tremula et Cenchrus biflorus y sont les graminées dominantes tandis que Leptadenia hastata et Waltheria indica sont les espèces non graminéennes dominantes.

Par ordre d'importance les principales cultures sont le mil, le sorgho, les arachides en alternance avec une ou plusieurs années de jachère. Les arbres fruitiers, en particulier les manguiers sont aussi cultivés. Parce que les sols sont sableux et qu'ils ont une faible teneur matière organique, les eaux de pluies traversent rapidement la surface et les pâtures sont de mauvaise qualité.

Unité cartographique B2

Cette unité est centrée sur la réserve botanique de Noflaye juste au nord de Sangalkam. Physiographiquement, cette unité correspond aux dépressions interdunaires à sols hydromorphes (niayes) et aux dunes stables doucement vallonnées qui les entourent. L'association biologique unique composant la végétation des niayes a été protégée de la

déforestation et des autres activités humaines. Cette unité est essentiellement une mosaïque des unités P1 et VS8 quoique la niaye ait une flore particulièrement riche. L'espèce d'arbre dominante est Elaeis guineensis dont le taux de mortalité s'est accru de façon alarmante pendant les années de sécheresse. Les espèces associées les plus communes Khaya senegalensis, Dialium guineense, Ceiba pentandra, Antiaris africana, Lonchocarpus sericeus, Lannea reticulata, Adansonia digitata et Landolphia heudelotii. La strate arbustive est encore plus diverse, avec de nombreuses espèces appartenant à toutes les régions bioclimatiques de l'Afrique occidentale. On peut se référer à l'unité P1 pour quelques-unes des espèces les plus communes composant les strates herbacées et arbustives.

Unité cartographique BV3

Cette unité correspond au périmètre de reboisement de Mbaou qui couvre les dunes côtières stables et atténuées. Cette formation boisée d'origine artificielle est composée d'arbustes et d'arbres de moindre taille. La strate arbustive atteint 2 m de haut en moyenne et couvre environ 40% du sol. Anacardium occidentale ou anacardier (noyer de cashew) est la seule espèce d'arbre dominante et constitue une importante source de noix à haute valeur commerciale. Le service des Eaux et Forêts a largement utilisé cette espèce pour le reboisement des dunes actives et comme brise-vent. Les autres espèces d'arbres utilisées dans cet effort de reboisement sont Casuarina equisetifolia (importé d'Océanie), Mangifera indica et Eucalyptus sp. Un certain nombre d'espèces arbustives associées caractéristiques de l'unité voisine VS8 sont aussi présentes entre les rangs de Anacardium occidentale. Il s'agit de Maytenus senegalensis, Commiphora africana, Parinari macrophylla, Piliostigma reticulatum, Acacia ataxacantha, Acacia albida, Balanites aegyptium, Macrosphyra longistyla, Crataeva religiosa, et quelques autres espèces moins communes. La strate herbacée est composée principalement de Aristida stipoides, Andropogon gayanus, Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium, Tephrosia purpurea, Tephrosia lupinifolia, Borreria chaetocephala, Hibiscus asper, Sclerocarpus africanus et d'autres.

5.1.4.4 Domaine Agricole du Centre-Ouest (Région Sahélienne)

A. Caractéristiques Générales

L'environnement agricole du centre-ouest, ou troisième domaine de la Région du Sahel comprend la partie nord du Bassin des Arachides c'est-à-dire les régions administratives de Louga, Diourbel et Thiès. Le principal critère d'identification de cet environnement est l'intense activité agricole (Schéma National d'Aménagement du Territoire, 1984). L'homme, à travers son activité agricole, a complètement transformé le paysage naturel et a été la cause d'une dégradation considérable des sols. La culture des arachides depuis le début du XIX^e siècle a joué un rôle majeur dans cette transformation quoique cette culture ait été de plus en plus remplacée par le mil au cours des dernières années.

La région correspond à un ancien erg. Plusieurs périodes de formation dunaire se sont succédées depuis le Quaternaire Inférieur et

ont façonné l'actuel paysage, doucement vallonné. D'une manière générale, les sols brun-rouge et bruns occupent les dunes aplaties stables tandis que les sols à colluvions, bruns et les sols hydro-morphes occupent le fond des dépressions entre les dunes.

Pas un seul reste des forêts couvrant autrefois cette région n'a été épargné. Les arbres qui n'offraient pas d'intérêt agricole ont été éliminés. La végétation a pris un aspect de pseudo-steppe arbustive sur la majeure partie de la région agricole au nord et de savanne arborée sur toute la Zone de Transition Sahélo-Soudanaise. Le paysage est dominé par deux espèces d'Acacia, Acacia raddiana au nord et Acacia albida au sud. Acacia albida est protégé par les agriculteurs et il en résulte une quasi monoculture d'arbres comme il n'en existe aucune autre au Sénégal. Les autres espèces d'arbres éparpillées sur la région comprennent Adansonia digitata (baobab), Tamarindus indica, Balanites aegyptiaca et Parinari macrophylla. Toutes ces espèces ont été épargnées, largement parce qu'elles produisent toutes un fruit comestible. Les champs en jachère sont souvent envahis par des arbustes comme Guiera senegalensis qui domine la strate arbustive et Combretum glutinosum. Ces champs sont la préférence des graminées telles que Cenchrus biflorus et Aristida adscensionis qui sont toutes deux broutées par les troupeaux.

B. Types de Couverture

Unité cartographique A13

Cette pseudo-steppe arbustive occupe les sols latéritiques peu profonds du plateau de Thiès. La strate arbustive ligneuse n'est pas très haute et est dominée par les acacias (Acacia seyal, Acacia ataxantha, Acacia adansonii) tandis que Euphorbia balsamifera abonde autour des champs abandonnés. Leur sont associés Boscia senegalensis, Boscia angustifolia et Combretum micranthum. Quelques arbres sont dispersés sur l'ensemble de l'unité. Il s'agit surtout de Adansonia digitata et de Borassus aethiopicum au nord. Les sols latéritiques supportent quelques espèces annuelles: Digitaria venetina, Dactyloctenium aegyptium et Indigofera suffruticosa.

La pression humaine et animale sur ces terres marginales a entraîné des dégradations sévères de la couverture forestière qui fut autrefois aussi dense que celle des bois et les fourrés formant la "Forêt Classée" de Thiès. Cette région sert de pâture marginale pour les quelques villages Peul dispersés sur le plateau de Thiès.

Unités cartographiques AE10 et AE10

Le type de couverture végétale qui prévaut dans le nord du Bassin des Arachides est une pseudo-steppe arborée et arbustive clairsemée (AE10). Elle occupe les sols sableux ferrugineux d'un ancien erg qui s'étend de la région de Trarza en Mauritanie au Saloum.

Quelques vestiges, très rares, de la couverture végétale originale se maintiennent. Les agriculteurs wolof ont systématiquement depuis 1885 défriché tous les sols "dior" pour faire place à la culture, et ils ont ainsi créé les paysages les plus déboisés de tout le Sénégal.

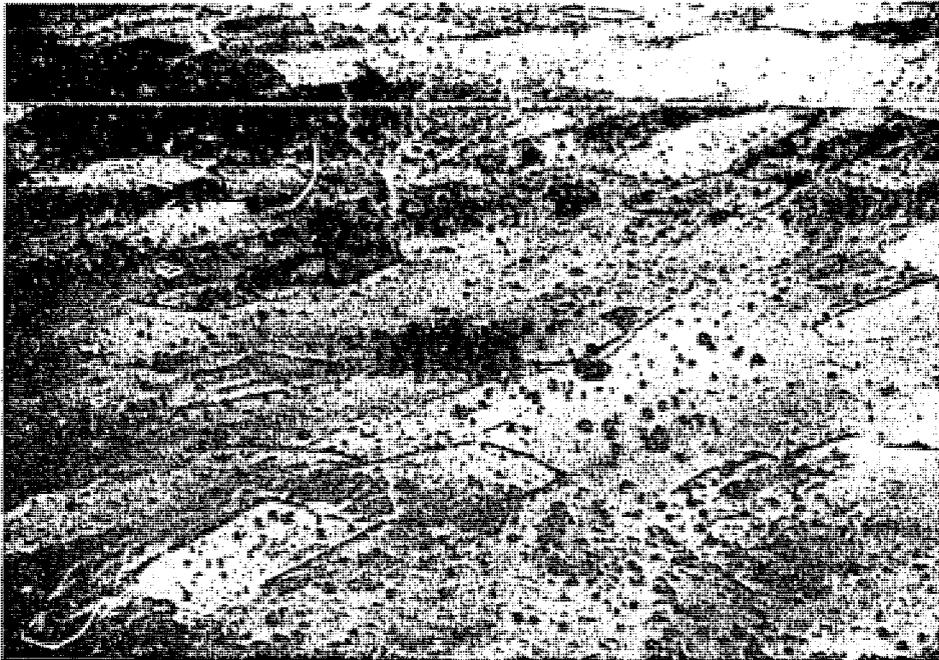


Fig. 5.10. Une vue aérienne des pseudo-steppes arbustives et arborées clairsemées du nord du Bassin des Arachides entre Kébémér et Lompoul. Les champs plus sombres sont des jachères tandis que les champs de teintes plus claires correspondent aux cultures d'arachides et de mil de la saison précédente. Altitude 700 m; 27 avril 1984.



Fig. 5.11. Herbage estival temporaire à la fin de la saison des pluies à 15 km à l'ouest de Kébémér (unité AEc10). Les nombreux arbustes dominés par *Guiera senegalensis* subviendront aux besoins de la plupart des animaux domestiques une fois que les herbes auront disparu.

Une vue aérienne (Fig. 5.10) donne un exemple de la mosaïque de champs en friche, de champs de mil et de cacahuètes, ces cultures exposant les sols à l'érosion éolienne.

La végétation originale ressemblait aux savannes arbustives qui couvrent aujourd'hui le Ferlo sableux vers l'est. Les seuls restes de cette strate arborée qui aient été épargnés sont les Acacia raddiana avec une forme typique en parasol, qui dominent et les Balanites aegyptiaca, espèce résistante. Acacia albida est d'autant plus fréquent que l'on descend vers le sud. Quelques autres espèces leur sont associées quoique de façon très dispersées, Tamarindus indica, Ficus ssp., Adansonia digitata et Parinari macrophylla à l'ouest. Les arbustes sont surtout présents dans les champs en jachère et sont de plus en plus remplacés par Guiera senegalensis, espèce omniprésente qui peut survivre sur des sols pauvres et sableux. Combretum glutinosum est aussi une espèce associée aux cultures et est très commun. Les autres espèces présentes sont Boscia senegalensis, Combretum aculeatum et Maytenus senegalensis.

La couverture herbacée est dominée par les espèces annuelles, c'est-à-dire Cenchrus biflorus, Aristida adscensionis et Eragrotis ssp. De nombreuses espèces herbacées non graminéennes poussent au milieu des graminées. Il s'agit (entre autres) de Tribulus terrestris, Zornia glochidiata et Borreria stachydea.

L'unité AE10 est une variante de l'unité AEcl0. Cette région fut seulement récemment défrichée pour laisser place aux cultures (depuis le début des années 1900) et est un peu plus densément boisée. Le pourcentage de sol couvert par les arbres atteint 3 à 5% tandis qu'il n'est que 1 à 2% pour l'unité AEcl0. La culture du mil et de l'arachide constituent les deux utilisations dominantes.

Ces dernières années, les pluies réduites et erratiques ont rendu les cultures difficiles sinon impossibles. Une nouvelle politique agricole a découragé la culture des arachides dans la région de Louga.

Les éphémères pâtures estivales qui occupent les champs en jachère sont en général de bonne qualité en années normales à pluvieuses. Le fourrage luxuriant et vert jaunit rapidement en septembre et constitue un foin sec qui alimente le bétail pendant la première moitié de la saison sèche. Les graminées sont le plus souvent surpâturées et le bétail se rabat sur Guiera senegalensis et les autres arbustes qui leur permettent de survivre jusqu'à la saison suivante (Fig. 5.11).

Unité cartographique AE11

Cette couverture végétale se développe sur les dunes côtières stabilisées ayant un relief plus prononcé que les dunes de l'unité précédente (AEcl0). Le paysage végétal est une pseudo-steppe arbustive et arborée dans un cadre agricole. Elle s'étend de l'ouest de Louga au nord de Tivaouane parallèlement à la côte. Encore moins d'arbres parsèment le paysage (1 à 2% de sol couvert) que dans l'est et ceux-ci sont souvent rabougris (en moyenne 5 m de haut) et en forme de drapeau. Acacia albida et Parinari macrophylla sont les deux

espèces dominantes. Balanites aegyptiaca and Acacia raddiana sont dispersés sur la moitié nord de cette unité. Les espèces arbustives sont relativement denses et couvrent 5 à 10% du sol; elles atteignent en moyenne 1 m de haut. Guiera senegalensis est présent sur l'ensemble de l'unité en particulier sur les champs en jachère sur sols sableux. Annona senegalensis est aussi commun. Sont associés Piliostigma reticulatum, Zizyphus mauritiana et Combretum aculeatum. Cenchrus biflorus et Aristida stipoides sont les deux espèces dominantes de la couverture graminéenne. Plusieurs espèces herbacées non graminéennes sont aussi présentes, notamment Mitracarpus scaber et Tephrosia purpurea.

La topographie vallonnée et la faible capacité de rétention en eau des sols ont découragé les cultures intensives, bien que la forte densité de population rurale présente à l'est ait conquis cette région agricole marginale. Les champs en jachère qui restent dans cet état pendant plusieurs années couvrent la majeure partie du sol.

La région est bien adaptée à une activité de pâturage à condition que le développement herbacé n'ait pas été ralenti ni limité par des précipitations insuffisantes.

Unité cartographique E2

Cette couverture végétale occupe les dépressions interdunaires de l'ancien erg continental du nord du Bassin des Arachides. Les sols retiennent mieux l'humidité que ceux de l'unité AEcl0 qui les entoure, et sont par conséquent intensément cultivés. La formation végétale est une pseudo-steppe arborée et peut être considérée comme une sous-division de l'unité AEcl0. Les espèces ligneuses la composant sont les mêmes que celles de l'unité AEcl0, mais la strate arbustive est relativement plus clairsemée (2 à 5% de la couverture). Euphorbia balsamifera est utilisé comme barrières pour délimiter les champs (Fig. 5.12). Guiera senegalensis est l'espèce prédominante dans les zones en jachère. Les autres associés sont Annona senegalensis et les jeunes Acacia albida. Pour la composition de la flore herbacée et les utilisations qu'il est fait de ces terres, se reporter à l'unité AEcl0.

Unité cartographique V8

Cette savanne arbustive située au nord de Sébikhotane occupe un terrain doucement vallonné formé de dunes fixées côtières. Les arbres occasionnels sont Acacia albida, Tamarindus indica, Ficus gnaphalocarpa et Khaya senegalensis. La strate arbustive prévaut et couvre 10% du sol. Les espèces dominantes sont Guiera senegalensis et Piliostigma reticulatum. Sont associés Annona senegalensis, Boscia senegalensis et Capparis tomentosa. La strate herbacée est dominée par des espèces annuelles dont Eragrostis tremula et Pennisetum pedicellatum.

Quelques vergers et quelques cultures maraîchères, dispersés, sont présents sur les sols dans les fonds de cuvettes. Sont cultivées des mangues, des agrumes et divers légumes. Le mil, le niébé et le manioc sont cultivés en cultures non irriguées.



Fig. 5.12. Vue aérienne illustrant l'utilisation de *Euphorbia balsamifera* en tant que clôtures vivantes pour délimiter les champs. Il faut remarquer que la plupart des cultures occupent les dépressions interdunaires (unité E2). Région de Louga; altitude 700 m; 27 avril 1984.

Les pâtures éphémères estivales qui couvrent les pentes et les zones plus élevées sont de bonne qualité si les pluies sont suffisamment abondantes.

Unité cartographique V9

Cette couverture végétale se développe sur les latérites ferrallitiques recouvrant les grès du massif de Ndiass. L'actuelle savanne arbustive était recouverte par une forêt guinéenne il n'y a pas très longtemps. Ceci est confirmé par la présence d'un grand nombre d'espèces reliques. Certains de ces restes ont été classés (Forêt de Popenguine, Forêt de Ndiass, Forêt de Sébikhotane).

Deux types de couvertures végétales sont présents sur le plateau de Ndiass, une zone boisée relativement dense composée d'espèces arbustives (BV2) et une savanne arbustive relativement clairsemée (V9). L'unité V9 correspond aux régions qui ont été défrichées pour laisser place aux cultures. Il s'agit en général des pentes et des talwegs du plateau disséqué.

Les espèces arbustives dominantes sont Combretum micranthum, Zizyphus mauritiana, Boscia senegalensis et aussi plusieurs espèces d'acacia, Acacia ataxacantha, Acacia macrostachya et Acacia albida. Plusieurs autres arbustes d'origine Sahélienne, Soudanaise et même Guinéenne sont aussi présents. Les espèces ligneuses couvrent 5 à 20% du sol. En règle générale les arbres sont dispersés. Les deux espèces les plus communes sont Acacia albida et Adansonia digitata en association avec quelques espèces reliques autour des villages, telles Parkia biglobosa, Celtis integrifolia et Ceiba pentandra. Mangifera indica est cultivé pour ses fruits.

Les graminées annuelles dont Pennisetum pedicellatum et Eragrostis tremula prévalent. La principale utilisation de ces terres est agricole. Mil, sorgho, manioc, niébé et quelques arbres fruitiers (mangues, citrus) sont cultivés.

Unité cartographique VS10

Cette formation est un mélange de savanes arbustives et arborées, restes d'une forêt d'acacia dense qui couvrait les vertisols à l'est de Ibbour. Les arbustes couvrent 10 à 30% du sol et les espèces dominantes sont Combretum micranthum, Piliostigma reticulatum et Guiera senegalensis (un envahisseur récent). Sont aussi associés, Acacia seyal qui est communément rencontré sur les vertisols, et Combretum aculeatum.

Les quelques arbres épars présents sont dominés par Acacia seyal, Acacia albida et Adansonia digitata et à l'occasion sont aussi présents Ficus exasperata et Anogeissus leiocarpus; cette dernière espèce a beaucoup souffert de la sécheresse.

Les champs en jachère qui couvrent une vaste superficie sont envahis par les espèces annuelles, notamment Aristida adscensionis et Schoenefeldia gracilis. La culture du mil prédomine car les sols sont trop compacts pour la culture de l'arachide.

Unité cartographique S1

Cette couverture végétale recouvre le piedmont à l'ouest de la falaise de Thiès, composé de sols hydromorphes reposant sur des roches calcaires. Elle consiste en une savanne arborée composée de trois strates d'espèces ligneuses: la strate la plus haute comprend seulement des Adansonia digitata (baobabs), la strate intermédiaire est dominée par Acacia seyal présent en unités presque pures. Quelques associés moins communs sont Acacia senegal et Acacia adansonii. La strate arbustive est aussi envahie par Acacia seyal avec à l'occasion Ximenia americana, Feretia apodanthera et Acacia ataxacantha.

Les pâturages éphémères de l'été sont essentiellement composés d'espèces annuelles dont Schoenefeldia gracilis et Aristida adscensionis. Le potentiel des herbages est bon si les précipitations sont suffisantes. Par ailleurs les feuilles de l'espèce dominante Acacia seyal (arbre ou arbuste) sont recherchées par la plupart des ruminants.

Unité cartographique S2

Il s'agit de la principale couverture végétale du Bassin des Arachides; elle s'étend sur la majeure partie de la région de Diourbel, à l'est de la région de Thiès et au nord de la région de Fatick. Les sols "dior" qui forment la majeure partie de l'unité tirent leur origine des sables constituant l'erg quarternaire récent. La part orientale de cette unité se confond avec les sols ferrugineux du "Continental Terminal".

Le paysage a subi une transformation totale depuis le début du XIX^e siècle lorsque la culture de l'arachide a été introduite. Aujourd'hui, une savane arborée d'origine anthropique ou savane-parc couvre cette région agricole densément peuplée. Cent cinquante ans de défrichement et de culture intensive ont laissé quelques rares traces de la forêt naturelle originelle. Il est difficile de reconstruire la physionomie et la composition d'origine puisque la plupart des régions boisées d'aujourd'hui ne sont pas des restes de la forêt originelle. La formation actuelle et sa composition sont complètement attribuables à l'activité humaine.

L'arbre caractéristique de cette région et le seul qui y domine, est Acacia albida. Bien que cette espèce soit presque une monoculture, elle ne faisait pas partie des forêts originelles (Giffard, 1974). Au contraire, elle a été associée à toutes les vieilles civilisations agraires de l'Afrique occidentale. Elle est propagée par les ruminants et protégée par les agriculteurs pendant les premiers stades de sa croissance. Son cycle de croissance est unique en ce que, à l'inverse de la plupart des autres espèces, elle conserve ses feuilles pendant la longue saison sèche et ne les perd qu'au début de la saison pluvieuse.

Avec le début du siècle, un pseudo-climax boisé s'est mis en place et caractérisait cette région. Combretum glutinosum domine, il est accompagné de quelques arbres épars Anogeissus leiocarpus, Cordyla pinnata, Khaya senegalensis, Bombax costatum, Pterocarpus erinaceus et Sterculia setigera (Giffard, 1974). Ce pseudo-climax ressemble aux groupements actuellement présents à l'est dans les "Terres Neuves" des départements de Kaffrine et Tambacounda. Alors que la plupart des ces espèces ont disparu du Bassin des Arachides, un certain nombre d'espèces typiques, Sahéliennes et Soudanaises se sont maintenues dans les champs. La partie nord de cette couverture végétale a un aspect Sahélien qui progressivement devient Soudanais à mesure que l'on progresse vers le sud vers le fleuve Saloum. Toute limite cartographique séparant les zones de type Sahélien des zones de types Soudanais serait arbitraire et même artificielle en raison de cette transformation graduelle presque imperceptible.

Les associés les plus communs de Acacia albida dans les portions les plus nordiques de cette unité sont Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana et Tamarindus indica. Plus au sud (en particulier au sud de la route Thiès-Diourbel) les associés les plus communs sont Anogeissus leiocarpus, Diospyros mespiliformis, Ficus gnaphalocarpa (dans ou près des villages) et Mitragyna inermis (dans les dépressions). Adansonia digitata se rencontre partout. La hauteur moyenne de la strate arborée est 8 m; elle couvre 1 à 5% du sol. La densité est de 4 à 6 arbres à l'hectare. Le chiffre a diminué lentement au cours des dernières décennies.

Quelques espèces arbustives maigres sont les seuls restes ayant survécu au défrichement et à la culture des arachides et des céréales. Guiera senegalensis, un petit arbuste Soudano-Sahélien qui envahit rapidement les sols sableux épuisés, domine partout (Fig. 5.13). Les autres associés les plus communs sont Piliostigma reticulatum, Combretum micranthum, et les formes jeunes de Acacia albida et Balanites aegyptiaca.

Les champs en jachère et abandonnés ont été envahis par un mélange hétérogène d'espèces Sahéliennes et Soudanaises. Il n'a pas été possible de déterminer quelles sont les espèces indigènes à cette région. Les espèces dominantes, Eragrostis tremula et Cenchrus biflorus, sont toutes deux recherchées par les ruminants. Les autres associés, communs, sont Aristida adscensionis et Schyzachyrium exile. Deux envahisseurs omniprésents sont Mitracarpus scaber et Cassia obtusifolia (anciennement Cassia tora). Ces espèces herbacées non graminéennes sont rarement pâturées et poussent sur les sols les plus infertiles. Les autres espèces de cette catégorie qui sont communément présentes comptent Hibiscus asper, Corchorus tridens, Alysicarpus ovalifolius et Leptadenia hastata. Pendant la saison des pluies le paysage subit une frappante transformation (Figs. 5.14 et 5.15). La couverture luxuriante verte dépasse souvent 80 cm de haut en années normales à pluvieuses.



Fig. 5.13. *Guiera senegalensis*, un petit arbuste de type Soudano-Sahélien envahit rapidement les jachères sur sols sableux épuisés et domine sur l'ensemble du Bassin des Arachides; 6 km à l'est de Diourbel.



Figs. 5.14 et 5.15. Prises du même endroit, ces deux photographies montrent le contraste frappant entre les végétations des saisons sèche et humide. *Acacia albida* domine: Il faut remarquer qu'il perd ses feuilles pendant la saison des pluies et qu'il les garde pendant la saison sèche; Est de Ndangalma.



Unité cartographique Sd3

Cette unité est présente dans la partie nord de l'unité S2 (Sahélo-Soudanaise) à l'ouest de Mékhé. Elle occupe les dépressions peu profondes interdunaires sur les sols glaiseux et sableux moins bien drainés. La capacité de rétention en eau de ces sols est quelque peu meilleure que celle des sols des hauteurs et la savanne arborée y est plus dense. Elle constitue une variante de l'unité S2.

Acacia albida prédomine. La formation prend un aspect Sahélien en raison des espèces: Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana et le toujours présent Adansonia digitata. La composition arborée diffère de façon significative de celles des couvertures végétales environnantes, par la présence de Acacia seyal, qui préfère les sols plus lourds. En moyenne 5% du sol est couvert, et la hauteur moyenne atteint 6 à 8 m. Une strate arbustive épineuse où dominent les jeunes Balanites aegyptiaca, Acacia albida et Acacia seyal couvre 5 à 10% du sol. La couverture herbacée ne diffère pas significativement de celle de la couverture de S2.

Les principales activités sont la culture du mil et du sorgho (cultures prédominantes) et des arachides. La densité des champs en friche par comparaison à celle de l'unité S2 est haute.

Unité cartographique Sc4

Ce type de couverture est une variante moins dense de celle de l'unité S2, il occupe essentiellement les terrains modérément vallonnés de l'erg quaternaire récent dans le voisinage de Tyilmakha et Touba. Il consiste en une savane arborée clairsemée dont la strate arborée couvre en moyenne 1 à 2%. Acacia albida est dominant; Acacia raddiana prévaut plus que dans l'unité S2 et est associé à Balanites aegyptiaca. Les autres espèces comprennent Combretum glutinosum et Tamarindus indica. La strate arbustive est dominée par Guiera sénégaleensis qui envahit les champs en jachère. Les associés les plus communs sont Piliostigma reticulatum, Combretum aculeatum, les jeunes Acacia albida et Balanites aegyptiaca. La strate arbustive couvre de 0% dans les champs cultivés à 20% du sol dans les champs en friche ou abandonnés. La couverture herbacée varie en qualité et pourcentage couvert d'année en année en fonction du niveau des précipitations. Les espèces annuelles co-dominantes sont Eragrotis tremula et Cenchrus biflorus. Les espèces herbacées non graminéennes sont Mitracarpus scaber, Corchorus ssp., Hibiscus asper et Cassia ssp.

La culture intensive des arachides et du mil/sorgho est la règle, ces dernières cultures se sont développées en 1985. L'exploitation des arbres pour l'énergie et la construction a entraîné un manque critique de bois et ont réduit la densité des arbres à 5-6 à l'hectare. Aucune des forêts originelles n'a survécu.

Unité cartographique S5

Ce type de couverture est une variante de l'unité S2, qui s'en distingue par la présence de sables d'origine éolienne recouvrant les vertisols d'une petite dépression (région Bambey). Cette variation dans la nature des sols se reflète dans la communauté végétale par la présence d'une espèce indicatrice, Acacia seyal, et par le relativement grand nombre de représentants de l'espèce Adansonia digitata qui préfère les sols dérivés de la sous-couche marleuse. Acacia albida demeure l'espèce dominante de cette savane d'origine anthropique, de même que Guiera senegalensis celle des friches sableuses qu'il continue à envahir. Combretum micranthum est l'autre espèce caractéristique de cette unité. Les autres espèces arbustives sont Bauhinia rufescens, Piliostigma reticulatum et Maytenus senegalensis. La couverture herbacée continue présente à la fin de la saison des pluies est un mélange d'espèces de types Sahélien et Soudanais à savoir: Eragrostis tremula, très commun, Aristida adscensionis, Schoenefeldia gracilis (graminée), Cassia obtusifolia, Mitracarpus scaber, Corchorus trilocularis et Hibiscus asper (herbacée non graminéenne).

La culture du mil et du sorgho prévaut sur celle des arachides surtout ces dernières années. Les champs en jachère sont pâturés par les troupeaux locaux.

Unité cartographique S6

Cette unité se rencontre le long de la route Thiès-Tivaouane, sur les sols brun-rouge recouvrant la couche de latérite à environ un mètre dessous de la surface. Elle définit la frontière occidentale de la très étendue unité S2. La communauté végétale se caractérise par la présence de Borassus aethiopium, palmiers (Fig. 5.16) qui formaient une forêt relativement dense jusqu'au début voire le milieu du XX^e siècle. Trois espèces dominent la strate arborée: Borassus aethiopium, qui caractérise l'unité, Acacia albida qui atteint ici la limite occidentale de son extension et Adansonia digitata qui présente une densité de peuplement anormalement élevée. Les autres espèces caractéristiques de l'unité appartiennent à la famille des figuiers; il s'agit de Ficus gnaphalocarpa, Ficus platyphylla, et Ficus iteophylla. La couverture arbustive consiste en formes juvéniles de Borassus aethiopium, Acacia albida et Boscia senegalensis. La strate herbacée de cette savane arborée est dominée par Eragrostis tremula (sur les sols sableux), Pennisetum pedicellatum (en zones ombragées) et Eragrostis ciliaris.

Unité cartographique S7

L'unité S7 recouvre la zone de transition entre les sols rocailloux, rouges et ferrugineux du plateau de Thiès et les sols sableux ferrugineux de Bassin des Arachides. La couverture de latérites, superficielle ou présente juste en dessous de la surface, limite la densité de peuplement et la diversité de la savane arborée d'origine anthropique qui constitue la couverture végétale. Celle-ci bien que difficile à cartographier, varie entre savane arbustive



Fig. 5.16 Restes d'une palmeraie dense composée de Borassus aethiopicum (palmier à rhum) qui a été surexploité pendant des décennies. Elle marque la limite ouest du Bassin des Arachides entre Thiès et Tivaouane (unité S6).

caractérisée par Guiera senegalensis à l'ouest et une savanne arborée dominée par Acacia albida à l'est. Les espèces d'arbres qui lui sont associés, comptent Parinari macrophylla, une espèce de petite taille conservée pour ses fruits et le omniprésente Adansonia digitata (baobab). Guiera senegalensis, le plus commun parmi les arbustes du Bassin des Arachides, forme une couverture végétale relativement dense (jusqu'à 20%) dans les champs à l'abandon qui occupent une vaste superficie de l'unité. Les arbustes caractéristiques de l'unité sont Combretum micranthum (connu localement sous le nom de quinquiliba) et les formes juvéniles de Acacia albida. Eragrostis tremula et Cenchrus biflorus dominent les champs en jachère de l'est, tandis que Dactyloctenium aegyptium et Aristida ssp., préfèrent les sols peu profonds et rocaillieux à proximité de la falaise de Thiès.

Au mieux les sols sont marginaux pour la culture, quoique la partie est de cette unité soit utilisée pour la culture des arachides et du mil. Les sols rocheux supportent un pâturage de qualité moyenne à pauvre.

Unité cartographique S8

Cette unité est une variante de l'unité S2. Elle en diffère par sa topographie, presque plate et presque totalement dépourvue de dépressions. Comme pour l'unité S2, la végétation est une savane d'origine anthropique dominée par Acacia albida couvrant 1 à 5% du sol. Située en bordure est du Bassin des Arachides cette communauté végétale est de plus caractérisée par la présence de Combretum glutinosum dans les étages ligneux supérieurs et inférieurs qui est l'indice d'un défrichement plus récent et d'une culture moins intensive des sols sableux. Cette unité a à la fois un aspect Sahélien dû à la présence de Balanites aegyptiaca et un caractère Soudanais du fait de Cordyla pinnata. Les espèces associées sont Adansonia digitata, Anogeissus leiocarpus et la forme limite occidentale de Sterculia setigera. Guiera senegalensis prédomine sur les sols sableux, de même que les graminées et en particulier Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus et Schizachyrium exile. Les espèces herbacées non graminéennes comptent Mitracarpus scaber, un envahisseur peu appétissant, Zornia glochidiata qui est au contraire très recherché par les animaux, et plusieurs autres.

Les utilisations des terres de cette unité sont similaires à celles de l'unité S2, quoique la culture soit moins intensive et bénéficie de plus longues périodes de jachère.

Unité cartographique S10

L'unité S10 est le correspondant cultivé de l'unité S1. Elle occupe le piedmont de la falaise de Thiès à proximité du Mont Rolland. A l'exception de Adansonia digitata qui forme la "forêt des baobabs", tous les composants originels de la végétation ont été détruits. Acacia albida qui a été introduit au moment de la mise en culture de la région y co-domine. Les quelques associés épars sont Tamarindus indica, Borassus aethiopium et Anacardium occidentale. De très

nombreux arbustes forment la strate inférieure; il s'agit de Bauhinia rufescens, Zizyphus mauritiana, Feretia apodanthera et Calotropis procera. Les espèces annuelles sont Pennisetum pedicellum (très commune) et Aristida adscensionis. L'espèce perenne Andropogon gayanus est aussi commune.

Le mil et le sorgho sont les deux principales cultures.

Unité cartographique S11

Cette petite unité recouvre la plaine alluviale de la Somone où se sont formés des sols profonds hydromorphes et comprend l'extrémité sud de la forêt des baobabs, laquelle est parallèle à la falaise de Thiès. Adansonia digitata est présent en groupes presque purs ayant une densité d'environ 5 individus à l'hectare. La strate arbustive est très clairsemée et comprend quelques Combretum aculeatum, Piliostigma reticulatum et Acacia seyal, dispersés dans les dépressions argileuses. Cassia obtusifolia et Panicum sp. dominant la strate herbacée. Les terres sont utilisées pour la culture de mil et du sorgho et comme pâtures pour le bétail.

Unité cartographique S21

Cette unité occupe les vallées fossiles près de Khombole et Tataguine. Les sols y sont hydromorphes et recouvrent des sables d'origine alluviale. La végétation est une variante de celle de l'unité S2. Acacia albida et Balanites aegyptiaca sont les deux espèces dominantes, leurs deux associés caractéristiques sont Acacia seyal et Anogeissus leiocarpus. Guiera senegalensis, Maytenus senegalensis et Acacia seyal sont les principales espèces composant la strate arbustive. De nombreuses espèces herbacées de type Sahélien et Soudanais sont présentes, en particulier Schoenefeldia gracilis et Chloris prieurii (dans les régions très découvertes), Aristida adscensionis, Eragrostis tremula et sont aussi présentes des espèces non graminéennes telles Cassia obtusifolia, Leptadenia hastata et Borreria verticillata.

Unité cartographique S22

Cette savane arborée se rencontre dans la vallée fossile du Sine sur des sols similaires à ceux de l'unité S21. La strate arborée est composée de l'espèce dominante Acacia albida, de Adansonia digitata et de Balanites aegyptiaca. Combretum glutinosum est présent à l'est de la région de Diourbel. La strate arbustive comprend l'omniprésent Guiera senegalensis, espèce dominante, et Piliostigma reticulatum qui forme une couverture plus dense que celle des terrains voisins (10 à 20% du sol est couvert). L'association Eragrostis tremula/Cenchrus biflorus domine la strate herbacée.

L'utilisation des terres est essentiellement la même que dans l'unité S2, le mil est la culture dominante.

Unité cartographique B1

Cette savane boisée ne se rencontre que dans les limites du centre agronomique de Bambey. Elle a été protégée pendant des décennies des dépravations humaines et animales par une clôture, et de ce fait la couverture boisée est relativement dense. Acacia seyal domine et la strate arborée et la strate arbustive. La plupart des arbustes et des arbres de petite taille sont de type Sahélien. Les espèces associées sont Guiera senegalensis, Combretum aculeatum, Combretum micranthum, Balanites aegyptiaca, Acacia senegal et Ximenia americana. Ces espèces couvrent environ 30% du sol. Les espèces annuelles communes sont Digitaria vellutina, Aristida stipoides et Chloris priurii. Les espèces herbacées non graminéennes les plus fréquentes sont Merremia aegyptiaca et Indiogofera astragalina.

Unité cartographique B11

Cette unité est limitée aux quelques vallées fossiles de la région de Thiès, là où l'humidité élevée des sols a permis le développement d'une savane boisée relativement dense. La végétation originelle a été remplacée par les arbres fruitiers, en particulier Mangifera indica. Les autres arbres fruitiers sont Citrus nobilis, Anacardium occidentale et Cocos nucifera. L'introduction des espèces d'Eucalyptus est récente. La strate arbustive est très clairsemée et comprend essentiellement Guiera senegalensis. Les graminées sont Chloris priurii et Dactyloctenium aegyptium. De nombreuses espèces herbacées non graminéennes sont présentes; Ipomaea aegyptiaca et Cassia obtusifolia sont les plus fréquentes quoiqu'il faille des données supplémentaires pour déterminer quelles sont les espèces dominantes.

La faible profondeur de la nappe aquifère limite les possibilités de cultures maraîchères. Les parcelles sont irriguées manuellement à partir de puits peu profonds (Fig. 5.17).

Unité cartographique BV1

Cette unité comprend la "Forêt Classée" de Thiès qui couvre toute la partie ouest du plateau de Thiès (sols rouges, ferrugineux et sols rocheux surmontant des latérites) et de la falaise de Thiès (pentes rocheuses avec des affleurements calcaires et latéritiques). La végétation correspond à une savane boisée et en a la diversité, bien que la couverture de graminées soit discontinue et que les espèces arbustives dominent les quelques arbres épars. Nous la décrivons donc comme savane boisée à arbustes quoique certains auteurs aient employé le terme "fourrés". La strate ligneuse couvre 20 à 50% des sols. Les arbustes et les arbres de petite taille la dominent, ils appartiennent aux espèces suivantes: Acacia ataxacantha, Acacia seyal (sur les sols glaiseux), Combretum micranthum et Boscia senegalensis. Les arbres associés typiquement Sahéliens sont Grewia bicolor, Zizyphus mauritiana, Boscia angustifolia et Ximenia americana. Quelques baobabs occasionnels (Adansonia digitata) et des petits Acacia seyal émergent au dessus de la strate arbustive. Les espèces herbacées annuelles

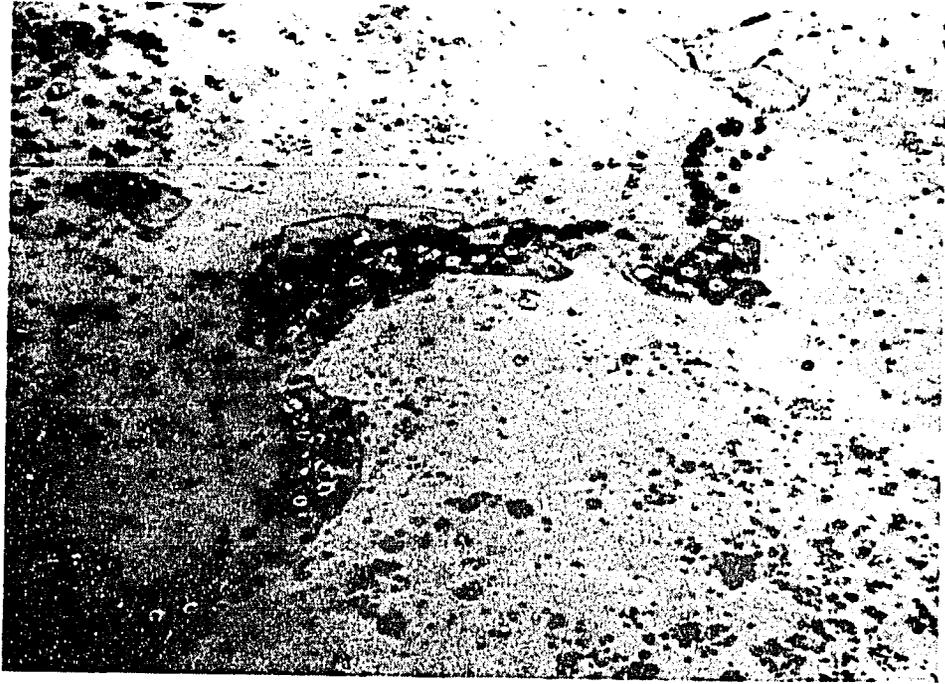


Fig. 5.17 Vue d'une étroite vallée près de Noto (unité 811). Il faut remarquer la série de puits peu profonds utilisés pour irriguer les jardins. Altitude 700 m; 27 avril 1984.

dominent la couverture herbacée, en particulier Digitaria velutina et Dactyloctenium aegyptium, toutes deux fort appétissantes pour les animaux. Cassia obtusifolia est l'espèce dominante sur sols argileux.

Avant que la ville de Dakar ne se développe, cette unité était probablement recouverte par une forêt de type Soudanais comme en témoignent quelques espèces reliques. La forêt a été surexploitée pour fournir du bois à la capitale et aujourd'hui ne subsistent que des bois dégradés composés d'arbustes, ayant un aspect Sahélien. Bien que cette zone soit une forêt classée et protégée, son potentiel en bois autre que de chauffage est très limité. La couverture herbacée constitue un bon pâturage pendant la saison des pluies, quoique la quantité de fourrage soit très limitée par le couvert ligneux dense et par la mauvaise qualité des sols rocaillieux.

Unité cartographique BV2

L'unité BV2 est une savane boisée à arbustes qui occupe en association avec l'unité V9 sols ferrallitiques latérisés du massif de Ndiass. L'unité BV2 est présente surtout sur les pentes et les hautes terres de ce plateau, tandis que les terres à plus basse altitude ont été défrichées à des fins de culture.

L'espèce arbustive dominante est Acacia ataxacantha et son principal associé est Combretum micranthum qui se rencontre de façon typique sur les sols latéritiques jusqu'en Guinée. Les espèces associées les plus fréquentes sont Boscia senegalensis, Boscia angustifolia, Grewia bicolor (qui se développe souvent sur les termitières), Feretia apodanthera et Dichrostachys glomerata. Les arbres, restes de la forêt Soudanaise qui occupait jadis ce plateau, appartiennent aux espèces suivantes: Albizzia zygia, Adansonia digitata, Parkia biglobosa (très rare) ainsi que Sclerocarya birrea qui provient du Sahel. Se développant au milieu des nombreuses espèces herbacées non graminéennes, les Panicum sp., (graminées) dominant.

Comme la forêt classée de Thiès, cette formation arbustive est le résultat de la surexploitation de la forêt initiale. Son unique potentiel aujourd'hui est la fourniture de bois de chauffage. Les pâturages sont marginaux du fait de la densité de la strate arbustive et de la discontinuité de la couverture herbacée morcellée.

Unité cartographique N

Ce type de couverture correspond à des zones où la végétation a complètement été éliminée pour faire place à une agriculture mécanisée. Cette unité occupe deux régions principalement: l'une à l'ouest de Dealé à Darou Ndiaye et l'autre au Centre Agricole Expérimental de Boulel.

Unité cartographique Cr

Cette unité correspond aux mines à ciel ouvert de la région de Thiès. Ces mines ont causé l'élimination totale de la végétation de

type AE11, en particulier à la mine de phosphates de Taïba. Comme il ne s'agit pas d'une unité végétale, elle a été classée en tant que "autres zones".

5.4.1.5 Le Domain Pastoral

A. Caractéristiques Générales

Le Domain Pastoral peut être défini par un critère anthropique à savoir l'élevage. Il se distingue nettement de l'environnement précédent qui est fortement cultivé et de celui de la Vallée du fleuve Sénégal qui est différent sur les plans géomorphologique et pédologique. La limite sud de cet environnement est assez vague car la transition entre la région Sahélienne et la région Soudanaise est graduelle aussi bien sur le plan de l'utilisation des sols que du climat et de la végétation. Le Domain Pastoral, tel qu'il a été défini dans le Schéma national d'aménagement du territoire (1984), envahit en partie la région Soudanaise. Ce chapitre ne traite que de la partie de cet environnement comprise dans la région Sahélienne en incluant la Zone de Transition Sahélo-Soudanienne.

La plupart de la région repose sur les sables du "Continental Terminal". Au nord-ouest d'une ligne passant par Yaré-Lao, Lagbar et Linguère, les grès sont recouverts par des dépôts sableux qui forment une pénéplaine doucement ondulée. Des sols brun-rouge de fertilité faible couvrent les anciennes dunes, tandis que des sols ferrugineux se sont développés sur les sables du "Continental Terminal" plus au sud. Cette région est connue sous le nom de Ferlo sableux. A l'est de la ligne Yaré Lao-Linguère, les dépôts sableux disparaissent au profit de sols gravillonnaires et d'affleurements de latérites. Cette région correspond au Ferlo latéritique. A cet endroit, la pénéplaine s'élève à une altitude moyenne de 90 m. Elle est disséquée par un ancien réseau hydrographique.

La végétation herbacée du Domain Pastoral couvre le sol d'une façon plus ou moins continue à l'apogée de son développement. En années relativement humides, les graminées composées surtout d'espèces annuelles peuvent atteindre 1 m de haut quoique les moyennes des années antérieures à la sécheresse se situent entre 60 et 80 cm. Les espèces ligneuses sont disséminées sur toute la région et varient en densité en fonction du climat, des sols, de la géomorphologie et de la pression due aux animaux. Sur le plan physiologique, la végétation du Ferlo sableux est une pseudo-steppe arbustive, tandis que celle du Ferlo latéritique est plutôt une savanne arbustive. Alors que les arbustes de 4 m de haut au plus dominent la strate ligneuse, plusieurs espèces d'arbres en raison du climat Soudanais plus humide s'élèvent au dessus de la strate arbustive. A travers presque tout le Ferlo sableux on rencontre des petites dépressions dans les régions plus basses de la pénéplaine. Elles servent de collecteurs aux eaux de pluie et forment des mares temporaires en années humides. Souvent elles supportent une végétation relativement dense proche d'une savane boisée. Les dépressions sont en général de forme allongée et dessinent des bandes connues en Afrique occidentale sous le nom de

"savane tigrée" (Fig. 5.18). L'actuel aspect de la végétation est largement la conséquence des activités humaines notamment l'élevage qui ont sévèrement tronqué la couverture végétale, en particulier autour des points d'eau. L'aridité sévère qui a sévi au cours de la dernière décennie et demi, a accéléré la dégradation de la couverture végétale, causant le rabougrissement et même la mort des espèces ligneuses réduisant de façon drastique la biomasse herbacée. La sécheresse a aussi eu un effet sur la composition floristique et de nombreuses espèces mésophyles ont commencé à disparaître.

Le Ferlo sableux dans le nord et l'est du Domaine Pastoral est dominé par des espèces d'acacia, Acacia raddiana et Balanites aegyptiaca qui sont fortement affectés par l'homme et les feux. Cette dernière espèce parvient à survivre en dépit de l'exploitation humaine grâce à sa capacité à se reproduire et à se multiplier rapidement. Mis à part Balanites aegyptiaca, la strate arbustive est généralement dominée par Acacia senegal (dans la région du lac de Guiers), par Boscia senegalensis et Zizyphus mauritiana. Les graminées les plus communes sont Cenchrus biflorus, Schoenefeldia gracilis et Dactyloctenium aegyptium.

Vers le sud, dans le domaine de transition Sahélo-Soudanais, des arbres et arbustes de l'espèce Combretum glutinosum appartenant à la région Soudanaise commence à apparaître tandis que Acacia raddiana disparaît dans la plupart des régions. Acacia seyal en association avec Combretum glutinosum domine les sols argileux et vaseux des plus basses situations géographiques. A l'ouest d'une ligne passant par Linguère et Podor, une population dispersée d'arbres de l'espèce Sclerocarya birrea devient importante; cette espèce est une preuve vivante de l'existence d'une période antérieure plus humide.

Le Ferlo latéritique dans l'est et le sud-est est caractérisé par des populations relativement denses de Pterocarpus lucens, souvent rencontrées en unités relativement pures. Plusieurs autres espèces leur sont associées, Acacia seyal, Combretum micranthum, Combretum nigricans et Adenium obesum (le "petit baobab du chacal"). La strate inférieure est dominée par Loudetia togoensis qu'on rencontre en général sur les sols gravillonnaires.

B. Les Types de Couverture

Unité cartographique Acl

Cette pseudo-steppe arbustive clairsemée couvre les terres légèrement vallonnées dérivées des dunes d'un erg. Les sols sont des sables peu différenciés, ferrugineux. Cette unité s'étend du nord-est au sud-ouest entre Kadia et Guèye Kadar dans le Ferlo sableux.

Tandis que les arbustes et les arbres de petite taille dominent la strate arborée, quelques arbres épars sont néanmoins présents. Les principales espèces sont Sclerocarya birrea, Combretum glutinosum et Balanites aegyptiaca. Parmi les espèces arbustives et d'arbres de petite taille on compte toutes les espèces précédentes (toutes



Fig. 5.18. Vue aérienne de la savane tigrée constituée de formations végétales denses poussant dans les dépressions interdunaires du Domaine Pastoral au sud ouest de Linguère. Altitude 700 m; 8 août 1984.

communes) plus Commiphora africana, Boscia senegalensis, Guiera senegalensis (très commun) et Acacia seyal dans les régions peu élevées. Les espèces annuelles dominantes sont Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium, Digitaria lecardii, Eragrostis tremula et Aristida adscensionis. Les espèces herbacées non graminéennes les plus communes sont Zornia glochidiata, Alysicarpus ovalifolius et Tribulus terrestris.

Les pâturages estivaux temporaires produisent un fourrage d'excellente qualité à condition que les précipitations soient suffisantes.

Unité cartographique Ac2

Ce type de couverture borde la moyenne vallée du fleuve Sénégal, le long de la route Haïré Lao-Moré Fôndé. Le niveau de dégradation d'origine humaine et animale et résultant de la pauvre qualité des sols est frappant (Fig. 5.19). Ce qui reste de la végétation est de type arbustif clairsemé, pauvre sur le plan floristique, et occupe les sols argileux peu profonds à horizons gravillonnaires. Les quelques arbres épars appartiennent généralement à l'espèce Balanites aegyptiaca. La population arbustive est composée de l'espèce dominante Balanites aegyptiaca, de Zizyphus mauritiana et de Acacia seyal qui disparaît graduellement. Les principales espèces de graminées sont Dactyloctenium aegyptium et Eragrostis tremula, elles sont associées aux espèces herbacées non graminéennes suivantes: Tribulus terrestris, Leptadenia hastata et Indigofera senegalensis.

La couverture herbacée est discontinue en raison des sols érodés, compacts et gravillonnaires. Ces dernières années, les précipitations ont été insuffisantes et n'ont permis que le développement de quelques rares graminées rabougries. Même en années plus pluvieuses les pâtures sont d'une qualité moyenne à pauvre.

Unités cartographiques Ac3 et Acm3

Ces unités correspondent au type majeur de couverture présent au nord du Ferlo sableux. Elles occupent les restes d'un erg. Les sols sont dégradés, brun-rouge et sont composés de sables argileux d'origine éolienne.

Comme la plupart du Ferlo sableux, cette pseudo-steppe arbustive clairsemée, parsemée de mares temporaires résulte d'une longue période de pression exercée par l'homme et les animaux sur la végétation. La plupart des pâturages ont été cultivés à un moment ou à un autre, ce qui a grandement réduit la couverture boisée (Fig. 5.20). Pendant les siècles cette zone a servi de passage d'accès au fleuve pour des troupeaux de ruminants qui ont aussi participé à sa dégradation. La sécheresse récente a laissé les sols à nu et il s'en est suivie une érosion éolienne sévère. Des changements profonds dans la couverture boisée ont eu lieu au cours des 30 dernières années (De Wispelaere, 1981). La densité des espèces composant la strate ligneuse a fortement décru sur les hauteurs de ce paysage légèrement

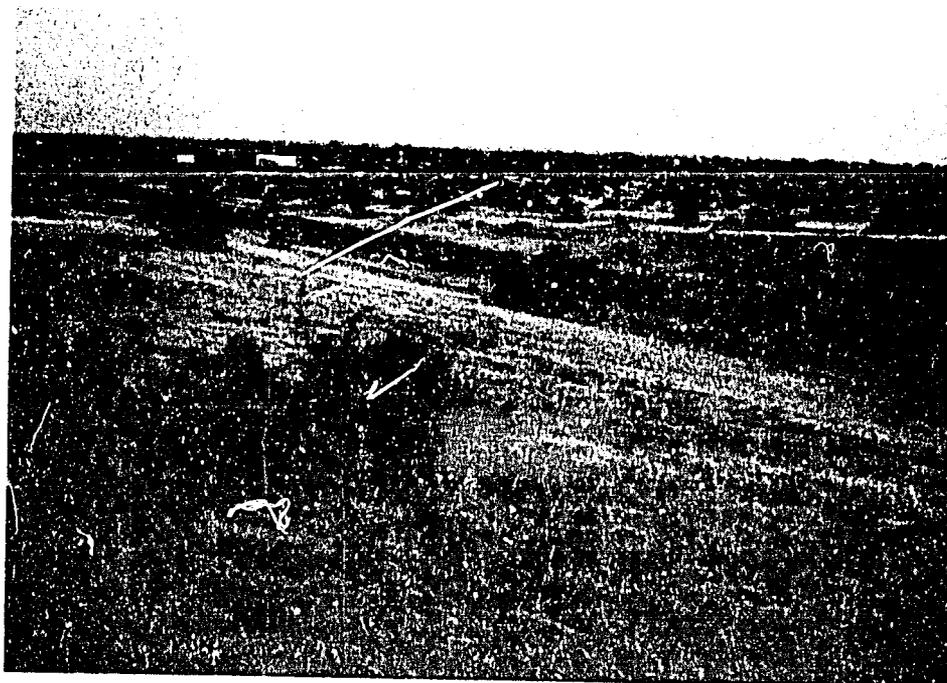


Fig. 5.19. Cette pseudo-steppe arbustive clairsemée occupe les diéris bordant la vallée du fleuve Sénégal près de Horé Fôndé. Cette formation est pauvre sur le plan de la composition floristique, une conséquence des pressions exercées par l'homme et les animaux.



Fig. 5.20. Une pseudo-steppe arbustive clairsemée au nord du Ferlo sableux à 24 km au sud de Ndioum. La végétation se rassemble dans les dépressions. La sécheresse, les pressions d'origine humaine et animale ont toutes contribué à la réduction de la couverture végétale.

vallonné, tandis que dans les dépressions la densité restait relativement élevée. Le contrast entre ces dépressions boisées et les hauteurs dénudées est particulièrement frappant vu d'avion (Fig. 5.18).

Les arbres de grande et petite taille qui dominent dans les unités Ac3 et Acm3 (correspondant aux hauteurs) sont Balanites aegyptiaca et Acacia raddiana, tous deux très dispersés. Les petits arbres et les arbustes appartiennent aux espèces précédentes ainsi qu'aux suivantes: Boscia senegalensis (commun), Acacia senegal (source de la gomme arabique) et Calotropis procera. Les espèces associées moins communes sont Zizyphus mauritiana et Combretum aculeatum que l'on rencontre surtout dans les dépressions. La végétation herbacée était pratiquement absente à l'époque de nos observations. D'après les travaux de J. Valenza et A. Diallo (1972), la strate herbacée est composée de Chloris prieurii, Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium et Schoenefeldia gracilis (moins commun) en association avec des espèces non graminéennes, telles Alvsiacarpus ovalifolius, Zornia glochidiata. Sur les sols les plus argileux, dominent Aristida adscensionis et Eragrostis ciliaris.

Le potentiel majeur de cette unité est de servir de pâturages, mais cette activité est sévèrement limitée par les précipitations insuffisantes et erratiques. En 1984, par exemple, le niveau de productivité de cette unité était bien inférieur à 100 kg de biomasse herbacée à l'hectare, d'après une circulaire du "Projet Pilote d'Inventaire et Surveillance Continue des Ecosystèmes Pastoraux Sahéliens".

Unité cartographique Ac4

Cette pseudo-steppe arbustive clairsemée couvre la majeure partie de l'erg précédent, qui s'étant aplani au cours des siècles s'est transformé en une pénéplaine avec des crêtes et des gouttières larges et allongées. L'unité Ac4 est généralement présente sur les sols sableux à argileux d'origine éolienne, et couvre les pentes et les hauteurs du sud du Ferlo sableux.

La majorité de la végétation est protégée des pratiques culturales puisque une grande partie de ce type de couverture est située à l'intérieur de la Réserve Sylvo-Pastorale des Six Forages. Cette réserve de même que d'autres réduit l'agriculture à une activité de subsistence pour les bergers qui cultivent quelques cultures alimentées par les eaux des pluies et l'a limitée à l'exploitation des herbages. Une série de pare-feu traversent cette zone. Ils ont été introduits afin de protéger les pâturages contre les feux de brousse, qui sont souvent le fait de la main humaine (Fig. 5.21). Au cours des trente dernières années, l'environnement s'est considérablement transformé du fait de la présence des troupeaux toute l'année. Ce changement est particulièrement perceptible autour des points d'eau, le piétinement constant, le surpâturage et le prélèvement des branches des arbres ont causé une dégradation qualitative et quantitative de la couverture végétale.



Fig. 5.21. Une pseudo-steppe arbustive clairsemée présentant quelques arbres épars (*Sclerocarya birrea*, *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum*) dans la Réserve Sylvo-Pastorale des Six Forages, unité Ac14.



Fig. 5.22. Un exemple de végétation relativement dense se développant dans les dépressions interdunaires collectrices des eaux de pluies. Réserve Sylvo-Pastorale des Six Forages, unité Acm5.

Les rares arbres épars sont de règle. Ils sont dominés par des Sclerocarya birrea, Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum. Les arbustes et les arbres de petite taille appartiennent aux espèces précédentes en plus de Guiera senegalensis, un intrus commun à toutes les zones perturbées. Leur sont associés Boscia senegalensis, Acacia senegal, Calotropis procera et Terminalia avicennoides. La végétation herbacée est composée des graminées Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus et Dactyloctenium aegyptium et des espèces non graminéennes, Alysicarpus ovalifolius, Zornia glochidiata et Borreria radiata. Les espèces ligneuses couvrent 2 à 3 % du sol, les arbres atteignant 5 à 7 m et les arbustes 1 à 3 m.

Beaucoup des espèces citées ci-dessus ont disparu des régions dégradées autour des points d'eau. Les espèces plus résistantes et celles qui sont moins appétissantes, comme Boscia senegalensis, Zizyphus mauritiana, Guiera senegalensis (un intrus), Balanites aegyptiaca (résistant au feu) et Combretum glutinosum (très rarement recherché par les animaux) quant à elles subsistent.

Unité cartographique Ac5

Cette unité est présente en association avec la précédente (Ac4) dans les vastes dépressions interdunaires allongées de la péninsule du Ferlo sableux. Les sols sont des limons compacts et sableux. Entre les dépressions interdunaires on rencontre une multitude de petites dépressions, dont certaines sont inondées pendant la saison des pluies. Les communautés végétales sont formées d'espèces complètement différentes de celles poussant sur les hauteurs. Dans les dépressions s'est développée une couverture boisée dense, semblable à une savanne boisée tandis que les sols compacts entre ces dépressions (mais toujours dans les interdunes) sont couverts par une steppe arbustive clairsemée (Fig. 5.22). Les arbres dans ces mares temporaires sont essentiellement des Balanites aegyptiaca (une espèce présente dans tout le nord du Ferlo), des Acacia seyal, des Adansonia digitata (qui apparaissent relativement géants dans ce groupement), des Acacia adansonii et Sclerocarya birrea. Les arbustes et les arbres de moindre taille dominent la strate ligneuse et sont des Boscia senegalensis, Balanites aegyptiaca, Guiera senegalensis et Calotropis procera (tous communs), ou des Zizyphus mauritiana, Commiphora africana et Grewia bicolor (associés). La strate herbacée est communément composée de Schoenefeldia gracilis, Eragrostis tremula, Alysicarpus ovalifolius et Zornia glochidiata.

Les dépressions boisées sont généralement moins dégradées par les animaux et l'homme que les zones plus élevées. Les pâturages sont de bonne qualité sur les bords des dépressions et de mauvaise qualité sur les limons compacts entre les dépressions.

Unité cartographique Ac6

Cette pseudo-steppe arbustive, très clairsemée, couvre les dunes demi-actives relativement récentes de la bordure sud de la vallée du fleuve Sénégal entre Podor et Ndioum. La strate arborée et arbustive

est composée de représentants très dispersés de Acacia raddiana, Balanites aegyptiaca et Acacia senegal (1% du sol est couvert). Les pâturages éphémères de l'été sont caractérisés par des espèces poussant dans des champs en jachère ou abandonnés, à savoir Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium, Eragrostis tremula (graminées) et Leptadenia hastata, Tribulus terrestris (espèces non graminéennes) (Valenza et Diallo, 1972).

Cette unité a été fortement dégradée au cours des décennies de pression humaine et animale. Il en a résulté la réduction des espèces d'acacia tandis que Balanites aegyptiaca devenait plus répandu.

Unité cartographique A9

Cette formation végétale dégradée occupe le piedmont et les buttes entre la vallée du fleuve Sénégal et le Ferlo latéritique dans le voisinage de Ouro Sogui. Les sols bruns subarides varient en texture d'argiles sableuses à sables argileux. La végétation est une steppe arbustive en général très clairsemée résultant d'une série de mises en culture et d'exploitation pour le bois de chauffage.

Les espèces arbustives très dispersées sont dominées par Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum et comptent pour associés Acacia seyal, Acacia raddiana, Capparis decidua et Zizyphus mauritiana. Les espèces herbacées sont typiquement celles trouvées dans les champs abandonnés à savoir Schoenefeldia gracilis, Cenchrus biflorus, Zornia glochidiata et Tribulus terrestris.

Le pâturage est de valeur limitée du fait d'un tapis herbacé discontinu et maigre, des précipitations faibles et inconstantes et de la disparition rapide des graminées et des espèces non graminéennes tout de suite après les pluies.

Unité cartographique Acl0

Cette unité est une pseudo-steppe arbustive clairsemée présente sur les dunes récentes qui empiètent sur les sols latéritiques du Ferlo latéritique. Cette unité s'étend de Linguère à Tiaski vers le nord-est.

La portion sud-ouest de cette unité a été sujette à la fois au surpâturage et à la surexploitation du bois par la population de Linguère. Nombreuses sont les espèces originelles qui ont été remplacées par Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum, le premier étant tolérant aux feux et prolifique, le second étant une espèce résistante rarement consommée par les ruminants. Dans le nord-est, ce groupement est aussi dominé par les espèces précédentes mais compte aussi un plus grand nombre d'autres espèces associées, Gulera senegalensis, Acacia raddiana, Terminalia avicennoides, Maytenus senegalensis, Combretum micranthum, Combretum aculeatum, Feretia apodanthera, Boscia senegalensis et moins fréquemment Sclerocarya birrea.

La strate herbacée varie aussi en fonction du schéma annuel des précipitations et de l'intensité des pressions animales et humaines.

On rencontre fréquemment Cenchrus biflorus (recherché par les ruminants en dépit d'épines irritantes), Aristida stipoides, Tephrosia purpurea, Alysicarpus ovalifolius, Indigofera aspera ainsi que de nombreux autres associés moins communs.

Cette pâture varie en qualité d'une région à l'autre mais est en générale moyenne à bonne.

Unité cartographique AE1

Ce type de couverture est une extension sud-ouest de l'unité Acl et se rencontre sur les mêmes associations de sols à savoir terrains vallonnés dérivés des dunes d'un erg stabilisé avec quelques sables ferrugineux pauvrement différenciés. Des pluies quelque peu plus abondantes ont permis la mise en place d'une pseudo-steppe arbustive et arborée dont les espèces d'arbres dominantes sont Sclerocarya birrea, Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum. Les espèces vestiges de la savane arborée dense ayant existé autrefois sont Sterculia setigera, Terminalia avicennoides et Adansonia digitata. La strate arbustive est dominée par Combretum glutinosum et Guiera senegalensis. Les associés sont Terminalia avicennoides, Boscia senegalensis, Sclerocarya birrea et Commiphora africana. La strate herbacée comprend Eragrostis ciliaris, Eragrostis tremula, Schoenefeldia gracilis, Cenchrus biflorus, Zornia glochidiata, Tribulus terrestris et Indigofera ssp.

Cette pâture de bonne qualité offre plus de fourrage que son équivalent du nord-est.

Unité cartographique AE2

Ce groupement végétal est présent sur les dunes stabilisées d'un erg relativement récent de part et d'autre de la vallée du Ferlo. Les sols sont du type brun-rouge, subarides, ferrugineux. La végétation consiste en une pseudo-steppe arbustive et arborée dont la strate arborée est dominée par Balanites aegyptiaca, Combretum glutinosum et par un plus petit nombre de Sclerocarya birrea. Guiera senegalensis domine la strate arbustive. Les espèces associées aux espèces ligneuses varient en nombre d'une zone à l'autre. Il s'agit de Sterculia setigera (qui atteint là sa limite nord), de Acacia radiana, Terminalia avicennoides, Acacia senegal et Zizyphus mauritiana.

Cette formation serait essentiellement le résultat des activités humaines, notamment le prélèvement du bois de chauffage et le surpâturage. Balanites aegyptiaca dont la présence témoigne de l'intervention humaine a presque remplacé toutes les espèces indigènes dans certaines zones.

La strate herbacée varie aussi fortement en fonction du niveau d'activité humaine et animale (Valenza et Diallo, 1972). Les espèces dominantes sont Cenchrus biflorus, Aristida stipoides, Aristida adscensionis et Dactyloctenium aegyptium pour les graminées tandis que Zornia glochidiata, Tephrosia purpurea et Indigofera aspera sont les

espèces non graminéennes les plus fréquentes. La composition floristique peut changer d'une année à l'autre, en particulier en fonction des extrêmes de précipitations si caractéristiques de la région Sahélienne. Les variations floristiques sont aussi dues à la situation topographique: la végétation des dépressions interdunaires tend à être plus dense que celle couvrant les dunes, et Sclerocarya birrea y est plus fréquent tandis que Combretum glutinosum devient plus rare.

Unité cartographique AE3

Cette unité est peu étendue et se rencontre dans les vallées fossiles interdunaires du nord du Ferlo bordées par l'unité Acm3. Elle consiste en une pseudo-steppe arborée et arbustive présente sur les sols compacts, sableux et argileux recouvrant un horizon gravillonnaire. Cette unité se distingue nettement sur les images Landsat de par sa relativement faible réflectance. Acacia raddiana est la seule espèce dominante de la strate arborée, quoique Balanites aegyptiaca soit fréquent. Les arbres forment un couvert relativement dense et couvrent jusqu'à 15% du sol. Les arbustes et les arbres de moindre taille appartiennent aux deux espèces dominantes Boscia senegalensis et Acacia raddiana et aux espèces associées Acacia senegal, Zizyphus mauritiana et Piliostigma rufescens. L'association strate herbacée-strate arborée vue d'avion a un aspect qui lui a valu le nom "savane tigrée" et qui résulte de la microtopographie. Les espèces de graminées les plus communes sont Chloris prieurii, Dactyloctenium aegyptium tandis que les espèces non graminéennes dominantes sont Alysicarpus ovalifolius et Tribulus terrestris.

Les effets de la sécheresse ont accentué la différence entre la végétation relativement dense occupant les dépressions et la végétation clairsemée couvrant les hauteurs. Les zones d'une altitude légèrement moindre gardent leur couverture relativement dense, tandis que les zones plus élevées se dénudent, étant incapables de maintenir suffisamment d'humidité dans les sols pendant la longue saison sèche. Les pâtures éphémères sont de qualité médiocre à mauvaise surtout quand on considère les faibles quantités de biomasse produites sur ces sols.

Unité cartographique AE4

Cette pseudo-steppe arbustive et arborée occupe les sols stables d'un erg récent presque totalement plat au sud-ouest du lac de Guiers. Les sols ferrugineux mal différenciés proviennent de matériaux sableux ayant une origine éolienne. La couverture boisée varie de modérément clairsemée à relativement dense (couvrant 5 à 15% du sol) et est dominée par Acacia raddiana et Balanites aegyptiaca à la fois pour la strate arbustive et la strate arborée. Les autres espèces d'arbres qui leur sont associées sont Acacia seyal (dans les zones interdunaires peu élevées), Combretum glutinosum, Acacia albida (en bordure des zones cultivées à la limite sud de cette unité) et quelques Adansonia digitata épars. Les espèces arbustives qui leur sont le plus fréquemment associées sont Acacia senegal, Combretum glutinosum,

Combretum aculeatum, Zizyphus mauritiana et dans certaines zones, Boscia senegalensis. La fréquence élevée de Acacia raddiana, espèce indigène à cette région, témoigne d'une dégradation plus faible du groupement végétale.

La couverture herbacée est essentiellement composée de Cenchrus biflorus, Aristida stipoides, Tephrosia purpurea et Indigofera aspera espèces toutes typiques de sols sableux dérivés de dunes. Ces espèces constituent d'excellentes pâtures si les précipitations sont suffisantes, soit plus de 400 mm par an.

Unités cartographiques AE5 et AEc5

L'unité AE5 occupe la majeure partie de la pénéplaine plane ou légèrement ondulée située à l'ouest du lac de Guiers. Une pseudo-steppe arbustive et arborée dense s'est développée sur les sols compacts sableux et argileux bien différenciés et légèrement lessivés de cette unité. La strate arborée est dominée essentiellement par Balanites aegyptiaca et Adansonia digitata, très dispersé. A l'extrême nord, en bordure de la vallée du fleuve Sénégal, Balanites aegyptiaca et Acacia raddiana co-dominent, bien que plus au sud cette dernière espèce soit quasi absente. La strate arbustive est aussi essentiellement composée de Balanites aegyptiaca auquel sont associés, Boscia senegalensis (très fréquent), Zizyphus mauritiana, Acacia senegal et Commiphora africana. La strate herbacée est composée en majorité de Schoenefeldia gracilis, Chloris priurii, Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus, Dactyloctenium aegyptium (toutes des graminées), Alysicarpus ovalifolius, Tribulus terrestris (deux espèces non graminéennes très recherchées par les ruminants) et Polycarpha linearifolia (Valenza et Diallo, 1972).

L'unité AEc5 est une variante de l'unité AE5 et est le résultat de la culture du mil en alternance avec 2 à 6 années de jachère qui permettent la mise en place d'une pseudo-steppe arbustive et arborée. Balanites aegyptiaca est présent en moindres quantités tandis que Boscia senegalensis reste très fréquent et que Guiera senegalensis devient conséquent. Les graminées dominent sur les sols sableux cultivés, il s'agit essentiellement de Eragrostis tremula, Dactyloctenium aegyptium et Cenchrus biflorus (Schoenefeldia gracilis est généralement absent). Les vieilles friches (5 à 6 années) sont caractérisés par un plus grand nombre de Balanites aegyptiaca.

Unité cartographique AEc6

Cette formation, une pseudo-steppe arborée et arbustive, est mitoyenne de l'unité AE4, elle occupe les hauteurs d'un paysage de dunes plus accidentés. Ces dunes sont stables et recouvrent des séries de dunes plus anciennes présentes entre St. Louis et le lac de Guiers. La composition floristique est essentiellement celle de l'unité AE4, bien que la densité de la strate boisée soit moins élevée (1 à 3% contre 5 à 10% pour l'unité AE4).

Les pâturages sont de bonne à excellente qualité, si les précipitations sont suffisantes. Ils disparaissent toutefois rapidement après la fin des pluies.

Unité cartographique AE7

Cette unité végétale couvre une vaste portion de l'ouest du pays Djolof, au bord nord-est du Bassin des Arachides. Le paysage légèrement vallonné dérive d'un erg dont les dunes ont été aplanies au cours des siècles. Les sols sont brun-rouge et subarides et recouvrent des sables. Cette pseudo-steppe arbustive et arborée couvre de 2% (dans les champs en jachère) à 10% du sol. Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana, Combretum glutinosum et Adansonia digitata dominent la strate supérieure; Acacia seyal est présent à l'occasion dans les zones moins élevées. La strate arbustive et arborée de moindre taille ne se distingue pas vraiment de la strate arborée proprement dite et comprend les trois premières espèces citées ci-dessus en tant qu'espèces dominantes, en association avec quelques Acacia senegal et Acacia seyal épars. Le tapis herbacé est composé de Cenchrus biflorus (souvent le signe de la présence d'un important cheptel), Eragrostis tremula, et d'espèces non graminéennes telles Alysicarpus ovalifolius, Zornia glochidiata et Borreria radiata (Mosnier, 1967).

Ces pâturages sont de bonne qualité pendant la courte saison des pluies bien que de 1970 à 1985 la germination et la croissance aient été réduites. Par ailleurs, la superficie couverte par cette unité a diminué comme de plus en plus de terres sont incluses dans les zones de cultures du Bassin des Arachides. Avec la disparition presque totale de la couverture herbeuse, les animaux commencent à consommer les feuilles des arbres et des arbustes. Il en a résulté une sévère réduction de la biomasse ligneuse. Balanites aegyptiaca qui peut rapidement récupérer des dégâts causés par les coupes et la consommation animale est devenu l'espèce dominante des zones fortement dégradées.

Unité cartographique AE8

Cette pseudo-steppe arborée et arbustive est présente dans le paysage doucement vallonné formé sur les dunes d'un ancien erg. Elle se situe entre Dara et Linguère, au sud de dunes plus fortement prononcées le long de la vallée fossile du Ferlo. Des variations dans la vallonnement donne naissance à une formation tigrée marquée par des zones boisées relativement denses dans les dépressions allongées. Même sur les hauteurs, les arbres sont quelque peu plus denses que dans les types plus dégradés de couvertures au nord et à l'ouest. La diminution des dépôts sableux éoliens du nord au sud s'accompagne d'une transition graduelle des espèces dominantes, de Acacia raddiana et Balanites aegyptiaca (au nord) à Sclerocarya birrea, Combretum glutinosum et Acacia albida sur les sables argileux au sud vers Afé. Les espèces d'arbustes les plus communes sur les sols plus sableux du nord comptent Boscia senegalensis, Balanites aegyptiaca auxquels sont associés Guiera senegalensis, Grewia bicolor, Acacia senegal et Acacia seyal. Les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les

dépansions comprennent Combretum micranthum, Dalbergia melanoxylon et Acacia ataxacantha. Les graminées comptent Schoenefeldia gracilis, Digitaria lecardii et Eragrostis tremula. Zornia glochidiata souvent domine les hauteurs tandis que Cassia obtusifolia domine dans les dépansions.

La principale utilisation des terres est l'élevage, quoique la culture des arachides et du mil se soit vite généralisée sur les sols plus sableux (cette augmentation des cultures est très visible sur les comparaisons multisaisonnères de l'imagerie Landsat).

Unité cartographique AET

Ce type de couverture est limité à la basse vallée fossile du Ferlo entre Mbeuleukhe et K. Momar Sar. Plusieurs types de formations végétales sont présents selon la position topographique et le type de sol.

Les pentes des vallées comportent souvent des dunes alluviales, en associées à une pseudo-steppe arbustive et arborée composée de Balanites aegytiaca (dominant), Acacia seyal, Acacia adansonii et Acacia senegal. La végétation herbacée est dominée par Schoenefeldia gracilis et Chloris priurii.

Les zones plus élevées de la plaine d'inondation correspondent à des sols hydromorphes qui se sont développés sur des alluvions hétérogènes; elles supportent une pseudo-steppe clairsemée, composée de Acacia seyal (dominant), de Acacia adansonii et essentiellement des mêmes graminées dominantes, citées ci-dessus.

Le fond du lit du fleuve est caractérisé par des sols salins, hydromorphes qui forment une mosaïque de petites tannes souvent dépourvus de végétation. La couverture végétale est très hétérogène. La strate boisée, quand elle est présente, est composée de Tamarix senegalensis (une espèce halophile). Echinochloa colonum, Sporobolus marginatus et Diplachne fusca poussant sur les sols moins salins (Mosnier, 1967).

Le potentiel primaire de cette vallée est de servir de pâturage quoique cette activité soit limitée aux pentes et aux terrains plus élevés.

Unité cartographique Ec3

Ce type de couverture occupe la moyenne vallée du Ferlo, en amont et en aval de Linguère. Comme dans l'unité précédente, la végétation est très hétérogène et varie selon la physiographie et les conditions édaphiques. Des bosquets d'arbres très denses (couverture entre 10 et 20%) sont dispersés à l'intérieur de cette pseudo-steppe assez clairsemée. Les espèces ligneuses dominantes sont Acacia raddiana et Balanites aegyptiaca et quelques espèces Soudanaises, telle Celtis integrifolia. Les graminées les plus communes sont Chloris priurii,

Dactyloctenium aegyptium tandis que diverses espèces de Eragrostis, Zornia glochidiata et Tribulus terrestris dominent les espèces non graminéennes.

Les pâturages sont généralement de bonne qualité (Figs. 5.23 et 5.24); des mares temporaires formées dans les dépressions fournissent l'eau nécessaire aux troupeaux jusqu'au milieu de la saison sèche.

Unité cartographique Vc3

Cette unité est présente en association avec l'unité Vd4 dans le Ferlo latéritique sur les dépôts sableux qui bordent plusieurs des vallées fossiles. Le plus souvent elle est associée aux villages Peul, parce que les sols sableux sont mieux adaptés à la culture de subsistance (mil) que les sols latérisés. La présence animale, humaine, les feux fréquents ont produit une savane arbustive dégradée très clairsemée largement dominée par Combretum glutinosum et Guiera senegalensis. Les quelques associés restant sont Balanites aegyptiaca (résistant au feu), Acacia seyal et Acacia senegal. Le surpâturage est un problème fréquent qui entraîne la disparition du tapis herbacé au début de la saison sèche. Les graminées, Schoenefeldia gracilis, Aristida adscensionis et Eragrostis tremulus prédominent et Zornia glochidiata domine les espèces non graminéennes.

Ces pâturages ont une meilleure qualité que ceux de l'unité mitoyenne Vd4, mais sont limités en superficie.

Unités cartographiques Vd4 et Vdm4

L'unité Vd4 est la plus étendue de toutes les unités du Ferlo latéritique. Avec la disparition des sables à l'est du Ferlo occidental, les sols ferrugineux deviennent plus gravillonnaires et les latérites affleurent en surface ou juste en dessous. Les latérites recouvrent les grès du "Continental Terminal", formant un plateau d'environ 90 m d'altitude, coupé par un réseau fluvial fossile (voir unités VS17, VScl8 et SB5).

La formation végétale majeure dans le Ferlo latéritique est une savane arbustive dense qui constitue un groupement écologique à Pterocarpus lucens (un petit arbre de la famille des Papillonacées) et à Loudetia togoensis (de la famille des graminées). Ces deux espèces sont caractéristiques des sols cuirassés ferrugineux de la zone sahélienne. Les espèces d'arbres les plus communes dans ce groupement végétal sont Adansonia digitata (toujours présent mais peu fréquent) et Combretum glutinosum (assez commun). La strate arborée n'est jamais très haute et atteint en moyenne 6 m, couvrant 5% du sol. Les arbres de moindre taille et les arbustes dominent la couverture ligneuse, atteignant 2 à 4 m de haut et couvrant 15 à 20% du sol. Les espèces associées à l'espèce dominante Pterocarpus lucens sont en général Combretum micranthum, Combretum glutinosum, Grewia bicolor (souvent poussant sur les termitières), Guiera senegalensis, Feretia apodanthera, Combretum nigricans et Adenium obesum (jamais fréquent). La strate herbacée peut avoir 50 cm à 1 m de haut à la fin de la



Figs. 5.23 et 5.24. Une vue des saisons sèche et pluvieuse dans la vallée du Ferlo à l'ouest de Linguère. Les herbages sont de bonne qualité mais temporaires. La couverture herbeuse disparaît très vite après les dernières pluies lorsque la pression exercée par les animaux est sévère. Les 9 mai 1982 et 27 septembre 1982; unité Ec3.



saison pluvieuse et est communément composée de Loudetia togoensis, Andropogon ssp., Schoenefeldia gracilis, Elionurus elegans, Aristida adscensionis, toutes des graminées et Pandiaka heudelotii, Zornia glochidiata et Polycarpaea ssp, pour les espèces non graminéennes.

Ces pâtures sont bonnes à médiocres pendant la saison des pluies. La graminée dominante Loudetia togoensis est rarement consommée et la couverture herbeuse est discontinue en raison des sols rocailleux et gravillonnaires et de l'abondance des termitières; elle disparaît rapidement au début de la saison sèche (Figs. 5.25 et 5.26), souvent le résultat des feux de brousse.

Variante de l'unité Vd4, l'unité Vdm4 est présente dans les larges dépressions sur sols compacts et hydromorphes. Elle correspond à une savane arbustive dense quoique la densité de la strate arbustive lui donne l'aspect d'une savane boisée. Acacia seyal y domine sur sols argileux tandis que Anogeissus leiocarpus, Mitragyna inermis et Acacia ataxacantha se développent sur les sols hydromorphes (Valenza et Diallo, 1972). Quand les sols latéritiques sont présents près de la surface, la composition floristique ressemble à celle de l'unité Vd4.

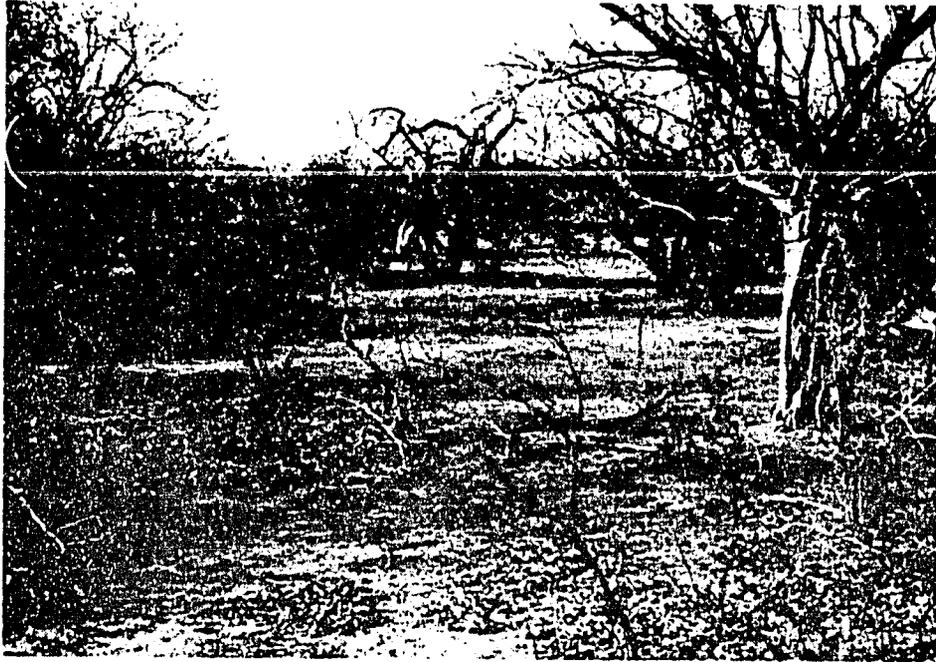
Unités cartographiques V5, Vc5 et Vd5

L'unité V5 et ses variantes Vc5 et Vd5 occupent les pentes de raccordement entre le "Continental Terminal" et la vallée du fleuve Sénégal. Les sols sont des argiles sableuses qui résultent de la dégradation des grès à l'ouest et les dépôts éoliens sableux y sont fréquents.

La végétation varie d'une savane arbustive claire (Vc5) à une savane arbustive relativement dense (Vd5) où dominent les membres de la famille des Combretacées: Combretum glutinosum et Combretum nigricans sont les deux espèces dominantes, associées à Combretum micranthum, à Pterocarpus lucens présent en groupements serrés sur les sols pierreux en bordure du plateau du Ferlo, et à Grewia bicolor généralement associé avec les termitières. L'unité Vc5 est essentiellement la conséquence des pressions humaines et animales; Combretum glutinosum y prédomine tandis que les autres associés deviennent rares.

Le tapis herbacé est riche au plan floristique (Valenza, 1977) et est dominé par Eragrostis tremula, Ctenium elegans, Andropogon pseudapricus (plus fréquent dans le sud), Borreria ssp. et Polycarpaea linearifolia.

Les pâturages sont généralement excellents et sont très productifs si les précipitations sont suffisantes. Les espèces perennes telles celles de la tribue des Andropogon constituent un fourrage tout au long de l'année.



Figs. 5.25 et 5.26. Vues en saison sèche et pluvieuse de la savane arbustive constituée de *Pterocarpus lucens* couvrant le Ferlo latéritique près de Yonofère. Les 6 mars 1984 et 26 septembre 1982; unité Vd4.



Unités cartographiques V6 et Vc6

L'unité V6 et sa variante l'unité Vc6 forment une large bande qui correspond à la partie nord du Ferlo latéritique. Les sols sont pierreux, ils recouvrent des latérites et présentent des dépôts sableux en de nombreux endroits. Cette formation est une savane arbustive, un peu plus clairsemée que celle de l'unité Vd4 qui la borde au sud. La composition floristique en diffère par la présence moins fréquente de Pterocarpus lucens et par la disparition de l'espèce de graminée dominante, Loudetia togoensis, sur sols latéritiques au sud. La strate arborée de petite taille (5 à 6 m de haut) est composée de Pterocarpus lucens, Combretum glutinosum et de Adansonia digitata dont les représentants sont très dispersés. Les arbustes et les arbres de moindre taille forment la majeure partie de la biomasse ligneuse; ils appartiennent aux espèces, Pterocarpus lucens, Combretum glutinosum, Guiera senegalensis, Boscia senegalensis, Commiphora africana (toutes communes) et aux espèces associées moins fréquentes, Feretia apodanthera, Grewia bicolor, Acacia senegal, Combretum aculeatum et Balanites aegyptiaca. Les graminées les plus communes sont Schoenefeldia gracilis, Aristida adscensionis, Eragrostis sp. et Pennisetum pedicellatum. La composition peut varier d'une année à l'autre en fonction des feux, de l'abondance des précipitations et de l'intensité du pâturage.

Ces pâtures sont d'une qualité médiocre, les sols étant peu profonds, pierreux et manquant d'eau pendant la saison sèche.

L'unité Vc6 recouvre les pentes de raccordement entre le plateau du Ferlo et la vallée du fleuve Sénégal à proximité de Thilogne. Il s'agit d'une savane arbustive moins riche au plan floristique que celle de l'unité V6 dans laquelle Balanites aegyptiaca devient l'espèce dominante à mesure que l'on s'éloigne vers l'est. La plupart des espèces associées précédemment citées disparaissent, tandis que Zizyphus mauritiana et Guiera senegalensis se maintiennent. La composition du tapis herbacé est essentiellement la même que celle du tapis de l'unité V6, quoique certaines espèces associées aux zones de culture soient également présentes (Eragrostis tremula notamment).

Unité cartographique Vcml3

Les parties moyenne et supérieure de la vallée du Ferlo diffèrent de la partie inférieure du fait de la présence de centaines de dépressions dans le fond de la vallée qui permettent le développement de groupements denses de mésophytes et d'hydrophytes. Cette unité se situe entre Loubel Lana et Ranérou. Dans l'ensemble, le couvert végétal du fond de la vallée et de ses pentes correspond à une savane arbustive dominée par Combretum glutinosum et caractérisée par les espèces d'arbres suivantes: Acacia seyal sur les pentes argileuses et Pterocarpus lucens sur sols peu profonds présentant des couches gravillonnaires près de la surface. Les espèces arbustives qui leur sont associées sont: Acacia seyal, Dichrostachys glomerata, Combretum aculeatum, Zizyphus mauritiana et Boscia senegalensis. La composition végétale sur sols hydromorphes dans les dépressions du fond de la

vallée est totalement différente. Sont présents pour les arbres, Anogeissus leiocarpus et Mitragyna inermis et pour les arbustes en association généralement avec les termitières, Combretum micranthum, Feretia apodanthera et Grewia bicolor. L'ensemble de ces espèces ligneuses souvent donne des formations denses variant de la savane boisée à la forêt claire.

Le tapis herbacé est très pauvre quantitativement et qualitativement (Valenza et Diallo, 1972). Panicum sp., Aristida adscensionis et Chloris sp. sont fréquents sur les pentes argileuses, tandis que Andropogon pinguipes et Pennisetum pedicellatum se rencontrent dans les zones boisées ombragées.

Unité cartographique VS1

Cette savane arbustive et arborée, très étendue se rencontre au nord de Tiel et comprend la Réserve Sylvo-Pastorale d'Oldou Débokol, celle de Lindé Sud et la forêt de Lindé Est. Des sols ferrugineux se sont développés à partir des dunes continentales aplanies à l'ouest et à partir des grès sous-jacents à l'est. Au fur et à mesure que les horizons sableux disparaissent cette unité fait place aux types de couvertures caractérisant le Ferlo latéritique à l'est. Cette unité est comprise dans le domaine Sahélo-Soudanais et les arbres y sont plus hauts (6 à 8 m) et plus nombreux en réponse à l'augmentation des précipitations annuelles par comparaison aux couvertures de type Sahélien. L'aspect d'ensemble de cette strate boisée est Sahélien: Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum y co-dominent et sont associés à Sclerocarya birrea (sur sables argileux), Acacia raddiana (dans le nord-ouest plus sableux) et quelques espèces Soudanaises telles Sterculia setigera et Adansonia digitata sont aussi présentes.

Les arbres de moindre taille et les arbustes forment une couverture plus dense (15% en moyenne) que celle des arbres. L'omniprésent Guiera senegalensis y domine en association avec deux autres espèces elles aussi omniprésentes Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum. Les espèces caractéristiques sont Combretum micranthum, Grewia bicolor, Acacia seyal et Acacia ataxacantha (sur les sols argileux et les argiles sableuses). Le tapis herbacé est composé de Cenchrus biflorus (dans le nord ouest plus sableux), de Schoenefeldia gracilis, Andropogon pseudapricus et Eragrostis tremula dans les champs à l'abandon. Zornia glochidita, Tephrosia linearis et Cassia obtusifolia sont les principales espèces herbacées non graminéennes.

Les pâtures sont de bonne qualité, quoique les espèces annuelles disparaissent rapidement pendant la saison sèche. Cette région est sujette aux feux de brousse.

Unité cartographique VS2

Cette savane arbustive et arborée est présente au sud de la précédente unité et comprend la plus grande partie de la Réserve Sylvo-Pastorale de Doli, celle de Sab-Sabré et celle de Bem-Bem. Ce type de couverture prend un aspect plus Soudanais les arbres devenant

plus nombreux. A l'ouest les sols se sont formés à partir de dépôts sableux éoliens et quaternaires et vers l'est évoluent vers des sables marneux et des sols marneux. Les espèces Sahéliennes qui sont présentes dans cette unité atteignent ici la limite sud de leur zone d'extension. Il s'agit de Acacia senegal, Boscia senegalensis, Commiphora africana et Grewia bicolor, tandis que les espèces Soudanaises deviennent communes. La strate arborée couvre 3 à 5% du sol et atteint en moyenne 6 à 8 m de haut. Les espèces dominantes sur les sables "dior" sont Combretum glutinosum, Sterculia setigera et Balanites aegyptiaca avec quelques Adansonia digitata épars. Dans les dépressions formant des mares temporaires dominent Mitragyna inermis, Anogeissus leiocarpus et Acacia seyal. Plus à l'est sur les sables marneux et les sols marneux, Balanites aegyptiaca disparaît et de nouvelles espèces apparaissent: Bombax costatum (fortement caractéristique de la zone Soudanaise), Lanea acida, Sclerocarya birrea et Anogeissus leiocarpus.

La strate arbustive est plus dense que la strate arborée (couvrant 10 à 20%) et comprend Guiera senegalensis, Combretum glutinosum et Grewia bicolor (tous dominants). Sur les sols "dior" leur sont associés Balanites aegyptiaca, Dichrostachys glomerata et Acacia senegal. Sur les sols moins profonds de l'est, les espèces associées sont Combretum nigricans, Combretum micranthum, Feretia apodanthera, Boscia senegalensis, Acacia macrostachya et Adenium obesum. Les graminées les plus fréquentes comptent Schoenefeldia gracilis, Dactyloctenium aegyptium, Eragrostis tremula sur les sols "dior", et Andropogon gayanus et Andropogon auplectens à l'est.

La principale utilisation des terres est le pâturage par le bétail. Cette activité s'est accrue ces dernières années comme les bergers Peul et Maure ont abandonné les pâtures de type Sahélien très appauvries et sont descendus vers le sud. Les pâturages sont de bonne qualité en particulier sur les sols plus sableux quoiqu'ils soient sujets aux feux de brousse qui détruisent les espèces annuelles.

Unité carographique VSm3

Il s'agit d'une variante de l'unité VS1, qui en diffère par la présence de nombreuses dépressions interdunaires supportant des couverts boisés relativement denses. Les espèces les plus communément rencontrées dans ces dépressions hydromorphes sont Dalbergia melanoxylon, Mitragyna inermis (espèce dominante la strate arbustive), Zizyphus mauritiana, Boscia senegalensis, Combretum micranthum et Acacia ataxantha. La couverture herbacée est principalement composée de Schoenefeldia gracilis, Digitaria lecardii, Cassia obtusifolia et Zornia glochidiata. Cette couverture est discontinue et de courte taille, mais parce qu'elle se développe avant que ne le fasse la végétation sur les hauteurs, elle constitue une importante source de fourrage après la saison des pluies.

La végétation couvrant les pentes et les hauteurs est essentiellement la même que celle de l'unité VS1.

Unité cartographique VS4

Cette unité est localisée entre Fadiara et Orkadiéré sur les pentes douces de la vallée du fleuve Sénégal au plateau du Ferlo. Cette pseudo-steppe arbustive et arborée occupe les sols bruns, subarides et sableux qui sont favorables au bon développement d'une végétation herbacée dense et relativement continue. La composition floristique est pauvre car la région a à plusieurs reprises été défrichée pour faire place aux cultures. Combretum glutinosum et Balanites aegyptiaca composent presque la totalité de la strate boisée en association avec quelques Sterculia setigera et Sclerocarya birrea occasionnels, témoins d'un climax antérieur savane boisée. Les quelques espèces arbustives qui leur sont associées sont Piliostigma reticulatum, Acacia seyal, Zizyphus mauritiana et Guiera senegalensis. Les espèces annuelles sont celles que l'on rencontre communément sur terrains sableux et dans les champs abandonnés: Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus, Schoenefeldia gracilis, Zornia glochidiata, Alysicarpus ovalifolius, Tribulus terrestris, Sclerocarpus africanus etc... Ce groupement herbacé constitue l'un des meilleurs pâturages le long de la vallée du fleuve Sénégal. Même pendant la saison sèche la vigueur de cette couverture apparaît très distinctement sur les images Landsat.

Unité cartographique VSc9

Ce type de couverture est une variante de celui de l'unité VS2. Il s'en distingue par la présence de champs cultivés et en jachère le long de la vallée fossile de Mboune au voisinage de Vélingara. La végétation est une savane arbustive et arborée claire qui se développe sur les sols colluviaux argilo-sableux des pentes de la vallée. Balanites aegyptiaca y prédomine car cette espèce se resème rapidement après les défrichements. Les associés comptent Combretum glutinosum qui envahit les anciens champs, Anogeissus leiocarpus, Adausonia digitata, Tamarindus indica et Diospyros mespiliformis (strate arborée). Les arbres de moindre taille et les arbustes comprennent Acacia senegal et Piliostigma reticulatum (très communs), Zizyphus mauritiana, Feretia apodanthera, Acacia seyal et Acacia ataxacantha, Combretum micrathum et Grewia bicolor sur les termitières encore fonctionnelles ou abandonnées.

Les espèces annuelles telles Eragrostis tremula et Schoenefeldia gracilis et les espèces perennes telles Andropogon ssp. poussent sur sols pauvres sujets à l'érosion. Le surpâturage existe à l'occasion dans les champs en jachère du fait de la situation de cette unité à proximité de puits et de villages permanents.

Unité cartographique VS17

Ce type de couverture est limité aux nombreuses vallées fossiles qui découpent le Ferlo latéritique et qui sont comprises dans le domaine Sahélo-Soudanais. Les sols argileux et hydromorphes souvent érodés le long des pentes de ces vallées sont recouverts par une savane arbustive et arborée (Fig. 5.28). Le fond des vallées est

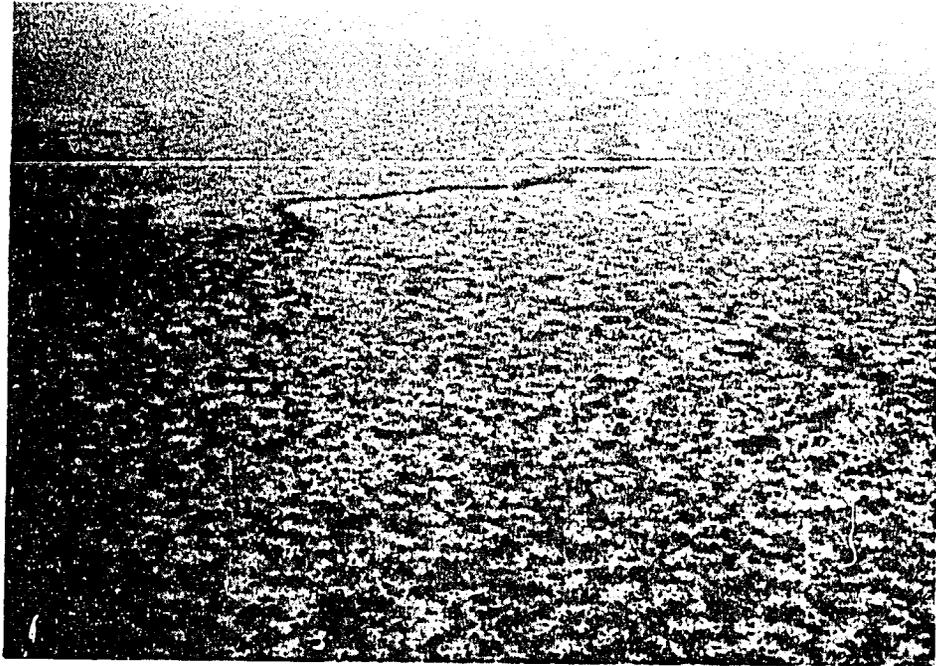


Fig. 5.27. Vue aérienne de la savane arborescente dominée par Pterocarpus lucens occupant le Ferlo latéritique dans le voisinage de Revane. Il faut noter les vallées fossiles densément boisées et l'état morcellé de la couverture; ce dernier résulte de la présence de petites dépressions et de termitières mortes. Altitude 600 m. 8 août 1984.



Fig. 5.28. Canaux densément boisés d'une vallée fossile du Ferlo latéritique à l'est de Mboile. Unité VS17; altitude 600 m; 8 août 1984.

densément couvert de savanes arborées, de savanes boisées ou même de forêts claires. Les strates boisées sont dominées par Balanites aegyptiaca, Acacia seyal, Combretum glutinosum et Anogeissus leiocarpus avec de nombreuses espèces associées d'origine Soudanaise ou Sahélienne: Boscia senegalensis, Pterocarpus lucens, Acacia senegal et Zizyphus mauritiana y sont les plus communs et sont associés à Piliostigma reticulatum, Guiera senegalensis, Feretia apodanthera et Dichrostachys glomerata.

Le tapis herbacé est dominé par Schoenefeldia gracilis, Chloris priurii et Elionurus elegans, tandis que Zornia glochidiata est l'espèce non graminéenne la plus commune. Sont aussi associées Indigofera ssp. et Borreria stachydea.

Cette pâture a atteint divers stades de dégradation, les pentes érodées sont particulièrement pauvres. Le tapis herbacé est parfois discontinu, se développant par morceaux. La principale source de fourrage est constituée par le sous-bois des fonds de vallées. L'importance du couvert herbacé varie considérablement en fonction de la position topographique et des sols. Il s'agit essentiellement de pâturages de saison des pluies.

Unité cartographique Vsc18

Ce type de couverture se rencontre dans le même environnement physiographique que celui de l'unité précédente (VS17), mais la végétation y est plus discontinue et pousse sur des sols fortement érodés et peu évolués. La composition floristique y est aussi plus pauvre et les espèces plus résistantes d'origine Sahélienne y prévalent. Les espèces d'arbres dominantes sont Combretum glutinosum, Adansonia digitata et Balanites aegyptiaca tandis que Sclerocarya birrea, Acacia seyal, Acacia senegal et Anogeissus leiocarpus sont des associés communs. Acacia senegal et Anogeissus leiocarpus sont les espèces associées les plus fréquentes. Les arbustes et les arbres de moindre taille sont Balanites aegyptiaca, Acacia senegal, Combretum glutinosum, Guiera senegalensis et Grewia bicolor (tous communs), Acacia seyal, Boscia senegalensis, Combretum micranthum et Feretia apodanthera (assez communs). Mitragyna inermis est une hydrophyte caractéristique, de même que Anogeissus leiocarpus.

Sur les pentes, les espèces annuelles poussant par paquets tendent à dominer. Il s'agit de Eragrostis tremula, Schoenefeldia gracilis, Cenchrus biflorus et Dactyloctenium aegyptium. Les espèces perennes telle Andropogon pseudapricus se rencontrent dans le fond des vallées.

Ces pâtures sont dans un état plus avancé de dégradation que celles de l'unité précédente. Le fourrage concentré aux fonds des vallées est en général consommé toute au long de la saison estivale pluvieuse.

Unité cartographique VS19

Ce type de couverture correspond à une mosaïque des unités A9 et VSc18. Comme l'unité VSc18 il s'agit d'une vallée fossile (près de

Matam) où les sols hydromorphes recouvrent les sols gravillonnaires du fond de la vallée et où les pentes de vallées sont fortement érodées. Tandis que l'étroite bande de végétation qui recouvre le fond des vallées correspond essentiellement à la végétation de l'unité VScl8, la communauté végétale occupant les pentes est dégradée et correspond à la celle de l'unité A9 (une steppe arbustive discontinue avec quelques zones éparses cultivées).

Les pâtures sont de très mauvaise qualité sur les sols érodés et peu évolués des pentes; les espèces annuelles y poussent par paquets épars. Le tapis herbacé dans le fond de la vallée a tendance à se développer avant celui poussant sur les hauteurs et constitue une source précoce de fourrage de juin à juillet.

Unité cartographique SB5

Ce type de couverture se rencontre dans le même cadre physiographique que ceux des unités VS17 et VScl8; il est associé à la couverture V6 du plateau latéritique. Il a tendance à former des couverts plus denses dans le fond des vallées fossiles et souvent correspond à une savane boisée ou même à des formations plus denses telles forêts claires et des fourrés. Les pentes sont moins érodées que celles des trois unités précédentes, et des dépôts récents sableux recouvrent les graviers sous jacents.

Les espèces ligneuses du fond de la vallée riche sur le plan floristique, sont en général des mésophytes et des hydrophytes; il s'agit de Anogeissus leiocarpus, Mitragyna inermis, Piliostigma reticulatum, Adansonia digitata, et Acacia seyal pour les arbres, de Zizyphus mucronata, Acacia ataxacantha, Commiphora africana, Zizyphus mauritiana, Boscia senegalensis, Combretum glutinosum, Cadaba farinosa, Feretia apodanthera, Stereospermum kunthianum, Grewia bicolor, Combretum micranthum, Balanites aegyptiaca, Dicrostachys glomerata, Acacia senegal et d'autres pour les arbustes.

Le tapis herbacé est en général qualitativement et quantitativement pauvre; il est composé des graminées annuelles Pennisetum pedicellatum, Schoenefeldia gracilis, Digitaria lecardii et Eragrostis tremula (sur les sols sableux), et de quelques espèces perennes, Andropogon pinguipes et Andropogon ssp.

Unité cartographique F1

Cette forêt claire à acacias est une formation unique qui couvre les "Diéri", soit les pentes douces et le plateau le long de la vallée du Sénégal au nord de la plaine d'inondation (nord du Ferlo). Cette forêt semble être un reste d'une formation jadis très étendue qui bordait la vallée. Acacia nilotica et Acacia rad'iana co-dominent, le premier sur les sols hydromorphes peu élevés. Les quelques espèces ligneuses qui leur sont associées, sont Balanites aegyptiaca, Zizyphus mauritiana et Acacia senegal. Il y a peu ou il n'y a pas de sous-strate; la sécheresse ou le surpâturage pourraient en être la cause.

Comme les arbres sont abattus pour servir de bois de chauffage ou à la construction, les acacias sont remplacés par Balanites aegyptiaca, un envahisseur plus résistant.



5.4.2 La Région Phytogéographique Soudanaise

La Région Phytogéographique Soudanaise, située au sud du Sahel est le domaine de la savane, de la savane boisée et des forêts sèches. Elle occupe les zones comprises entre les isohyètes 700 et 1500 mm et son centre correspond aux zones comprises entre les isohyètes 900 et 1200 mm (Adam, 1966). Au Sénégal, cette région est représentée par une vaste superficie délimitée au sud par une ligne passant juste au nord de Mbour et de Bakel et au nord d'une ligne qui suit approximativement le cours inférieur de la Casamance (carte 5.2). J.G. Adam (1966) divise la Région Soudanaise en trois domaines. Le Domaine Soudano-Sahélien, qui fait la transition et correspond aux zones comprises entre les isohyètes 700 et 900 mm, le Domaine Central Soudanais, et le Domaine Soudano-Guinéen, qui marque la transition et correspond aux zones situées entre les isohyètes 1200 et 1500 mm.

La Région Soudanaise couvre près de 2/3 du Sénégal et est caractérisée par des précipitations réparties sur 5 à 6 mois, dont 3 (juillet, août et septembre) de pluie assurée. Comme pour la Région Sahélienne, les pluies ont lieu pendant les mois les plus ensoleillés de l'été, soit de juin à octobre. Bien que la Région Soudanaise soit souvent définie par la moyenne annuelle des précipitations, d'autres critères doivent être pris en compte. A. Aubreville (1938) identifie 80 espèces ligneuses comme étant caractéristiques de cette région. Les espèces Sahéliennes encore présentes dans le Domaine Soudano-Sahélien, ont tendance à disparaître au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans le Domaine Central Soudanais. Ces espèces sont Acacia senegal, Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Commiphora africana et Grewia bicolor. Les graminées annuelles de courte taille composant les steppes et les savanes de la Région Sahélienne font place graduellement aux hautes graminées perennes de la tribue des Andropogonées qui composent essentiellement les savanes Soudanaises. Ces savanes présentent toujours un élément ligneux (arbres, forêts, etc...). Au sud de l'isohyète 900 mm, les espèces d'arbres caractéristiques de la Région Soudanaise dominent. Il s'agit de Cassia sieberiana, Daniellia oliveri, Oxytenanthera abyssinica, Khaya senegalensis et Terminalia macroptera (Giffard, 1974).

D'après J. Trochain (1940) la végétation du climax originel du Domaine Soudano-Sahélien était probablement une savane arborée xérophile d'où étaient exclues les espèces du Domaine Soudano-Guinéen. Aujourd'hui, aucune des formations présentes dans ce secteur n'est conforme à ce climax. Les populations humaines ont profondément modifié la composition et la structure la végétation en particulier du Bassin des Arachides. A l'est, soit dans la majeure partie du Sénégal Oriental, la pression humaine est moins intense mais les feux de brousse jouent un rôle prépondérant de modificateur de la végétation. Bien que de nombreux arbres et espèces herbacées du climax originel se soient maintenus beaucoup ont disparu. J. Trochain (1940) considère l'actuelle végétation du Domaine Soudano-Sahélien comme formée d'une série de savanes arborées (pseudo-climax) dominées par les Combretacées sur sols sableux et de savanes boisées dominées par Acacia seyal sur sols argileux. Ces deux formations végétales ne sont

557



MARYNETE

pas toujours clairement séparées car de nombreuses variations des facteurs édaphiques, géologiques, climatologiques et humains les affectent en permanence et modifient leurs compositions floristiques.

Au sud du 14^{ème} parallèle, les savanes boisées et les forêts claires des Domaines Central Soudanais et Soudano-Guinéen se substituent aux savanes plus clairsemées de la Zone Soudano-Sahélienne. La transition est graduelle et difficile à définir. La limite sud de cette zone fait place à la Région Guinéenne caractérisée par des formations boisées encore plus denses.

Les formations secondaires actuelles des savanes arborées clairsemées aux forêts sèches denses représentent les divers stades de dégradation de la forêt originelle sèche Soudanaise. Les principales caractéristiques en sont la diminution de la densité des arbres, la présence d'un étage arbustif dominé par la famille des Combretacées et l'existence d'une savane continue à hautes graminées.

Les formations Soudanaises et Soudano-Guinéennes ont tendance à être plus homogènes sur le plan de la physionomie et de la composition floristique que les formations plus au nord. S'il est vrai que les précipitations, les facteurs édaphiques et hydrologiques et l'activité humaine sont la cause de nombreuses variations minimes (nuances) dans la composition et la répartition des associations végétales, il n'en demeure pas moins que ces mêmes forêts originelles soudanaises infiltrées par les mêmes espèces Guinéennes qui ont jadis couvert la totalité de cette vaste région. Le paysage actuel de plaines et de plateaux est uniformément recouvert par les formations boisées sèches Soudanaises (Pélissier, 1966). Ces formations sont relativement monotones, conséquence partielle de leur complexité botanique qui elle-même résulte de la richesse de leur composition floristique. En fonction d'observations sur le terrain très détaillées, J. Trochain (1940) a conclu qu'aucune des espèces d'arbres présentes dans cette région ne domine. Si une espèce semble dominer dans une zone donnée, une autre prévaut dans la zone voisine quoique les conditions écologiques y soient apparemment similaires. J. Trochain considère difficile de définir des groupements ligneux élémentaires et il conclut que la savane boisée Soudano-Guinéenne est une formation végétale couvrant une vaste superficie qui ne peut être scindée en sous unités de surfaces plus réduites. En résumé, la composition floristique extrêmement hétérogène des formations observées sur le terrain est liée à la structure homogène des paysages végétaux actuels (Pélissier, 1966). La composition floristique reste remarquablement constante indépendamment de la densité de la formation qu'il s'agisse de savane arborée ou de forêt sèche dense. Contrairement à ce qui est observé pour les forêts humides de l'Afrique équatoriale et les forêts de la Basse Casamance il ya peu de différence entre les compositions floristiques des associations originelles ou primaires et celles des associations actuelles ou secondaires.

La plupart des formations contemporaines naturelles sont considérées comme un climax adapté aux feux de brousse. Ceux-ci, d'origine naturelle ou humaine, détruisent plus de 80% des formations

boisées Soudanaises chaque année, limitant le développement d'un sous bois qui reste très clairsemé et favorisant le développement d'espèces plus résistantes au feu. A. Aubreville (1949) a formulé l'hypothèse selon laquelle les feux de brousse alliés aux défrichements des terres ont favorisé l'implantation de la savane aux dépens de la forêt Soudanaise. Les graminées qui remplacent aujourd'hui l'ancien sous bois étaient jadis limitées aux berges des cours d'eau, aux sols alluvionnaires, aux sommets rocaillieux, aux affleurements rocheux, etc...

Les plaines et les plateaux de la Région Soudanaise sont sillonnés par de nombreuses vallées peu profondes dont les associations végétales riches et variées interrompent la monotonie des forêts sèches couvrant les hauteurs. La plupart des espèces hydrophyles trouvées dans ces vallées sont typiques de la Région Guinéenne car l'humidité favorable des sols permet à ces plantes de survivre dans les conditions relativement sèches du climat Soudanais.

Plusieurs formations azonales se rencontrent dans cette vaste région, en particulier le long des côtes, de la Gambie et en bordure des estuaires du Saloum. Une autre formation azonale couvre les "bowe", région où les latérites affleurent et forment une cuirasse dure et presque impénétrable qui réduit fortement les possibilités de croissance des racines et ne permet que le développement de formations très claires, éparpillées à travers tout le sud-est du Sénégal.

Quatre milieux éco-géographiques ont été reconnus pour la Région Soudanaise au Sénégal (Schéma national d'aménagement du territoire, 1984). L'un de ces quatre milieux, le Domaine Agricole du Centre Ouest, se rencontre à la fois dans la Région Soudanaise et la Région Sahélienne et a été décrit dans la section traitant du Sahel. Les trois autres sont: la zone orientale de transition, la région du socle et la Casamance. Les types de couvertures représentés sur la "Carte du Couvert Végétal" et celle de "l'Occupation et de l'Utilisation du Sol" sont décrits ci après par environnement écogéographique.

5.4.2.1 Le Domaine Agricole du Centre-Ouest (soudanais).

A. Caractéristiques Générales

Cette section est consacrée à la part du Bassin des Arachides située dans la Région Soudanaise, c'est-à-dire au sud d'une ligne passant approximativement au nord de Ilbour, puis par Gossas et Ibar. Elle englobe tout le Sine Saloum, la zone d'expansion agricole vers l'est et les formations azonales des estuaires du Saloum.

Comme il a été mentionné plus haut, la transition entre les associations végétales Sahéliennes et Soudanaises est presque imperceptible. Néanmoins les caractéristiques de la végétation Soudanaise deviennent de plus en plus nettes à mesure que l'on progresse dans la moitié sud de cette zone agricole. Des précipitations plus régulières, une moindre épaisseur des dépôts sableux du Quaternaire et une plus faible profondeur de la nappe phréatique tempèrent l'aridité de la saison sèche et prolonge le cycle végétatif au delà de la saison des pluies (Pélissier, 1966).

Comme la moitié nord de cette zone agricole, la partie sud contient une savane arbustive et arborée d'origine anthropique qui ne présente que quelques traces des forêts originelles. Les quelques groupements restant indiquent que cette forêt était dominée par une série de grands arbres du type Soudanais tels que Khaya senegalensis, Pterocarpus erinaceus, Anogeissus leiocarpus, Adansonia digitata, Cordyla pinnata et Parkia biglobosa (Pélissier, 1966). Le sous-bois était probablement dominé par Combretum glutinosum et Acacia seyal, deux arbres de moindre taille qui ont succédé à la forêt une fois que celle-ci eut été détruite par le feu et les défrichements pour faire place aux cultures.

La partie est de cette zone est formée d'une mosaïque de surfaces agricoles récemment défrichées et de forêts sèches (dans le département de Kaffrine). Au fur et à mesure que l'on va vers l'est et que l'on pénètre dans la partie orientale de la zone de transition, les forêts sèches occupent des superficies de plus en plus vastes tandis que les "Terres Neuves" ou les terres nouvellement mises en culture occupent moins de 10% du sol. Les forêts sèches qui sont désormais limitées aux zones marginales sur les hauteurs, reflètent encore la diversité et la richesse de la composition des forêts du climax Soudanais. Les feux de brousse qui traversent ces savanes boisées chaque année pendant la saison sèche ont décimé la strate arborée.

Caractérisée par sa géomorphologie, la zone des estuaires du Saloum est incluse en tant que sous zone dans cet environnement écogéographique. Le Saloum et son affluent majeur le Sine sont des cours d'eau lents qui alimentent une large vaseuse soumise à l'influence des marées où se sont développées d'épaisses formations de mangroves parsemées de tannes. La présence des eaux de mer et la salinité des sols s'opposent à tout développement agricole.

B. Les Types de Couvertures

Unité cartographique VII

Cette unité est une formation fortement dégradée qui consiste en une savane arbustive entre Kaolack et Guinguineo. Il s'agit d'une variante de l'unité VdSi2 (présente au nord et à l'est) qui en diffère par une très faible densité en peuplements d'arbres. Les quelques arbres qui ont échappé à la hache sont essentiellement Cordyla pinnata et Adansonia digitata avec quelques autres associés tels Balanites aegyptiaca, Tamarindus indica et Anogeissus leiocarpus et Mitragyna inermis dans les dépressions de faible profondeur qui marquent un paysage par ailleurs plutôt plat. La strate arbustive qui prédomine dans les champs en jachère et à l'abandon comprend deux espèces dominantes, Guiera senegalensis et Piliostigma reticulatum et quelques espèces associés de type Sahélien et Soudanais à savoir Heeria insignis, Icacina senegalensis, Grewia bicolor, Zizyphus mauritiana et Combretum glutinosum. Les principales espèces de graminées sont Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus et Schizachyrium exile. Les

espèces herbacées non graminéennes les plus communes sont Mitracarpus scaber, Cassia obtusifolia (dans les dépressions légères), Hibiscus asper et Zornia glochidiata.

Les sols sableux sont pauvres en matière organique et ne permettent la croissance que d'une pâture de pauvre qualité seulement utilisable pendant et juste après la saison des pluies.

Unité cartographique Vd12

Occupant le nord-est du département de Kaffrine cette variante de l'unité VdS12 s'en distingue par une savane arbustive relativement dense, par une utilisation intensive des terres et par des sols plus lourds argileux formés à partir des grès du "Continental Terminal". La composition floristique est semblable à celle de la portion sud de l'unité VdS12, sauf que la densité de la strate boisée y est plus élevée (15 à 20%) et qu'elle est essentiellement composée d'arbres et d'arbustes de moindre taille.

Cette unité est une forme dégradée de la savane arbustive et arborée du Domaine Pastoral, l'avoisinant à l'est, et fait la transition entre les formations présentes à l'est et la savane arbustive et arborée d'origine anthropique qui couvre le Bassin des Arachides. L'utilisation des terres se divise entre le pâturage et la culture du mil, du sorgho et des arachides.

Unité cartographique VS11

Bordant à l'est la mangrove de Joal-Fadiout, cette unité occupe les dépôts sableux doucement vallonnés des dunes aplanies de l'intérieur. Au plan de la physionomie, c'est une savane arborée et arbustive qui comprend des palmeraies dans les zones les moins élevées, (notamment les réserves forestières de Joal et Samba Dia). L'espèce d'arbre caractéristique de l'unité est Borassus aethiopium ou ronier, un palmier natif de la Région Soudanaise qui est largement utilisé comme matériau de construction et le tissage et dont la sève sert à faire un vin de palmes. Adansonia digitata est aussi natif de la région et il y est très fréquent. Les espèces associées sont Parinari macrophylla, Ficus gnaphalocarpa et dans la partie nord de l'unité Acacia albida et Acacia seyal. Les palmeraies peuvent être très denses et couvrent jusqu'à 50% du sol. Les espèces arbustives dominantes sont Piliostigma reticulatum, Acacia senegal, Guiera senegalensis et Combretum glutinosum. Les espèces herbacées les plus communes sont Aristida stipoides, Aristida adscensionis, Cassia obtusifolia et Alysicarpus ovalifolius.

La culture du mil et des arachides constitue la principale utilisation des terres. Les pâturages y sont de qualité médiocre à bonne dans les champs en friche ou les vieux champs.

Unité cartographique VdS12

Ce type de couverture occupe la majeure partie de l'est du Bassin des Arachides; il correspond à une région d'expansion agricole relative-

vement récente (1910 à 1940). Cette unité pénètre profondément dans la zone Sahélo-Soudanaise (à l'est de Mbaké et Touba) de même que dans la zone Soudano-Sahélienne (au nord de Kaffrine). Comme l'unité S2, cette unité prend un aspect Sahélien vers le nord et se modifie graduellement en descendant vers le sud pour inclure quelques caractéristiques Soudanaises. Il se pourrait que des études sur le terrain supplémentaires divisent cette unité en deux sous-unités.

Les sols sableux se sont formés à partir des dunes continentales aplanies. Il y a de nombreuses dépressions qui sont le plus souvent parallèles à l'alignement des dunes.

Une des principales caractéristiques de cette unité qui la distingue de l'unité S2 (l'avoisinant à l'est) est la quasi absence de Acacia albida omniprésente dans le Bassin des Arachides. De plus, les champs ont tendance à être plus grands et la culture y est moins intensive faisant place à des champs en friche et des champs à l'abandon plus nombreux. Ce modèle d'utilisation des terres permet le développement d'une couverture arbustive dense qui elle-même évolue en une savane arbustive et arborée anthropique.

Le secteur Sahélo-Soudanais de cette unité est dominé également par Combretum glutinosum et Balanites aegyptiaca, tous deux des arbres de moindre taille (5 à 6 mètres de haut); les espèces associées sont Adansonia digitata, Prosopis africanus et Acacia raddiana (à l'extrême nord). Dans le secteur Soudano-Sahélien, Combretum glutinosum reste présent, tandis que les espèces caractéristiques dominantes sont Sterculia setigera et Cordyla pinnata. Sont associés Anogeissus leiocarpus (dans les dépressions), Adansonia digita, Pterocarpus erinaceus et Sclerocarya birrea. La strate arbustive est composée principalement de Guiera senegalensis et Combretum glutinosum, partout présents. Les espèces associées caractéristiques de la partie nord, sont Balanites aegyptiaca et Feretia apodanthera; Zizyphus mauritiana et Piliostigma reticulatum sont présents sur l'ensemble de l'unité; les associés de la partie sud sont Heeria insignis, Acacia seyal (dans les zones peu élevées), Grewia bicolor et Dicrostachys glomerata.

La hauteur de l'ensemble de la strate arborée varie entre 6 et 8 mètres et couvre en moyenne de 1 à 2% du sol. La hauteur moyenne de la strate arbustive est 1 m tandis que 10 à 20% du sol est couvert dans les friches. La couverture arbustive dans les champs cultivés est en général minimale.

Pendant la saison des pluies les graminées et les espèces herbacées non graminéennes forment un tapis continu dans les champs incultes, seulement interrompu par les termitières. Les graminées les plus communes sont Eragrostis tremula, Schizachyrium exile, Pennisetum podicellatum et Andropogon gayanus. Les espèces herbacées non graminéennes les plus communes sont Mitracarpus scaber, Cassia obtusifolia, Hibiscus asper, Zornia glochidiata, Borreria chaetoccephala, Indigofera astragalina, Tephrosia linearis et Corchorus tri-dens. Les pâtures sont généralement de bonne qualité et la plupart sont protégées des feux de brousse par une mosaïque de champs cultivés. Mil, sorgho et arachides sont les principales cultures.

Unité cartographique VS13

Cette savane arborée et arbustive d'origine anthropique, est une variante de la formation couvrant la majeure partie de l'ouest du Sine Saloum. Elle se situe au sud de Kaffrine et Birkelane et a été cultivée (essentiellement la culture des cacahuètes) depuis la fin du XIX^e siècle. La forêt Soudanaise très étendue qui occupait jadis cette unité a pratiquement disparu; quelques-uns des vieux arbres, épars qui subsistent dans les champs sont peut-être des vestiges de cette forêt. Cette unité diffère de l'unité VS15 présente à l'ouest, par ses cultures plus intensives et la présence de Sterculia setigera, espèce caractéristique de la Région Soudanaise. Cordyla pinnata et Sterculia setigera sont les deux espèces dominantes; toutes deux conservées de façon sélective pour leur valeur commerciale et comme source de nourriture. Les espèces associées les plus communes sont Tamarindus indica, Sclerocarya birrera et Lannea acida. Bombax costatum est présent ce qui correspond à la limite occidentale de sa zone de distribution. La strate arbustive qui envahit les champs est composée principalement des espèces Combretum glutinosum et Heeria insignis en association avec Guiera senegalensis, Terminalia avicennoides et Hexalobus monopetalus. Les graminées, Schizachyrium exile, Pennisetum pedicellatum et Andropogon gayanus sont associées aux espèces herbacées non graminéennes telle Borreria chaetocephala, Tephrosia linearis, Cassia obtusifolia et Indigofera astragalina.

Unité cartographique VS14

Cette unité représente l'extension orientale du Bassin des Arachides dans les savanes boisées du Domaine Pastoral de la partie est de la région du Saloum. Cette expansion agricole a eu lieu pour sa plus grande part depuis 1940; les conditions les plus favorables à l'agriculture se rencontrent dans des vallées peu profondes et larges là où les sols sableux et hydromorphes sont présents.

Les terres cultivées ont des caractéristiques similaires à celles de la région du Saloum moyen bien que Cordyla pinnata, l'espèce d'arbre dominante du Saloum moyen, soit remplacé par Bombax costatum et Sterculia setigera qui tous deux co-dominent. Les espèces associées sont Lannea acida, Pterocarpus ericaneus, Sclerocarya birrea, Adansonia digitata, Prosopis africana, Ficus ssp., et Combretum glutinosum.

Les arbustes les plus communs sont Guiera senegalensis et Combretum glutinosum, tandis que Piliostigma reticulatum, Zizyphus mauritiana, Acacia macrostachya, Gardenia triacantha, Heeria insignis, Strophanthus sarmentosus, Strychnos spinosa, Feretia apodanthera, Ximania americana, Dicrostachys glomerata, Hexalobus monopetalus et d'autres espèces moins communes se rencontrent fréquemment dans les forêts avoisinantes.

Le tapis herbacé dans les champs en friche et en jachère est dominé par Pennisetum pedicellatum, Schoenefeldia gracilis, Schizachyrium exile, Andropogon gayanus et Andropogon amplexans. Les

principales espèces herbacées non graminéennes sont Cassia obtusifolia, Indigofera astragalina, Asparagus africanus et Borreria chaetoccephala. Le couvert herbeux est en général minimal ou absent dans les champs cultivés.

La zone agricole pénètre profondément dans la zone pastorale, laquelle est habitée par des peuplades Peuls plus ou moins sédentaires, dont les troupeaux sont la cause de modifications de la couverture herbacée du fait du piétinement et du surpâturage. Les espèces annuelles remplacent les espèces perennes de la famille des Andropogonées. Les pâtures sont généralement de bonne qualité, le fourrage dans les champs en friche se maintenant jusqu'à ce que la saison sèche soit bien avancée (les feux sont relativement rares dans cette unité).

Unité cartographique VS15

L'unité dominant le centre de la région du Sine Saloum elle se situe entre les fleuves Saloum et Gambie. La végétation consiste en une savane arbustive et arborée anthropique (Fig. 5.29) caractérisée par la prédominance de Cordyla pinnata, une espèce relique de la forêt qui jadis couvrait cette région jusque vers le milieu et la fin du XIX^e siècle. Aujourd'hui, seules quelques forêts protégées subsistent: forêt de Fathala, forêt de Baria, de Djilor, de Ngayène...).

La physiographie de cette région est basse, elle est presque plate; elle est formée de sols sableux peu évolués qui se sont développés à partir des dépôts dunaires recouvrant les sables.

La strate arborée est largement dispersée sur l'ensemble des champs et couvre de 1 à 5% du sol; elle atteint une hauteur moyenne de 8 à 10 m. La densité en arbres à l'hectare est estimée à 3 à 5 individus. Cordyla pinnata est l'espèce dominante, les associés les plus communs étant Anogeissus leiocarpus et Pterocarpus erinaceus. Sterculia setigera et Bombax costatum deviennent plus fréquents à mesure que l'on s'avance vers l'est. Plusieurs membres de la famille des figuiers (Moracées) sont généralement présents autour des villages, en particulier Ficus glumosa, Ficus platyphylla et Ficus gnaphalocarpa qui donne un fruit comestible. Les espèces associées moins communes sont Prosopis africanus, Sclerocarya birrea, Lanea acida, Parkia biglobosa et Tamarindus indica.

La strate arbustive peut être dense dans les champs en friche et peut couvrir jusqu'à 30% du sol; sa hauteur moyenne est de l'ordre de 1 à 2 m. Combretum glutinosum est omniprésent, de même qu'il l'est dans la plupart des paysages déboisés de type Soudanais. Les espèces caractéristiques les plus communes sont Heeria insignis (une espèce qui fréquemment envahit les champs en friche de la Région Soudanaise), Acacia macrostachya (caractéristique des bois arbustifs de type Soudanais), Dicrostachys glomerata (trouvé sur une variété de sols) et Securidaca longipedunculata (aussi une espèce native des

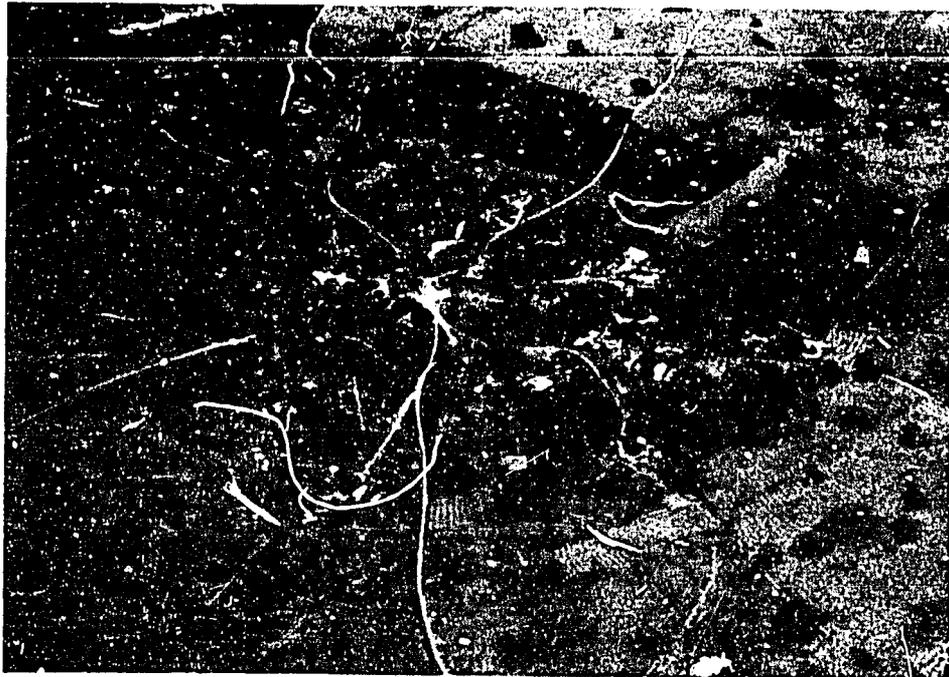


Fig. 5.29. Vue aérienne des régions cultivées en arachides, mil et coton au sud du Nioro du Rip. Unité VS15; altitude 600 m; 8 août 1984.

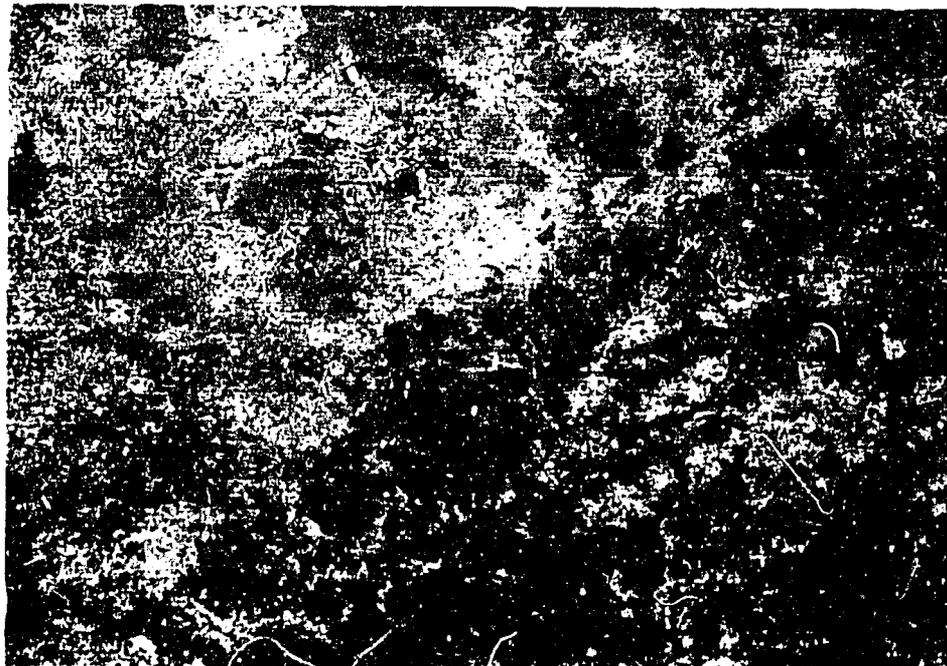


Fig. 5.30. Une portion d'une image Landsat sur la bande 5 couvrant la majeure part du Département de Kaffrine. Les terres agricoles (unité VS16) reconnaissables à leurs teintes plus claires et à leur texture moutonnée envahissent rapidement les savanes boisées (plus sombres et de texture plus homogène). Le fleuve Gambie est visible au centre. 2 janvier 1979; échelle au 1:1 000 000^e.

forêts sèches de type Soudanais); Guiera senegalensis, une espèce qui envahit les sols sableux épuisés est aussi fréquent. Les espèces associées moins communes sont Piliostigma reticulatum, Feretia apodanthera, Zizyphus mauritiana, Cassia sieberiana et Annona senegalensis.

Pendant la saison pluvieuse, la strate herbacée forme un couvert continu dans les champs en jachère ou en friche. Ces champs sont rarement laissés incultes suffisamment longtemps pour permettre aux graminées de la tribue des Andropogonées de devenir dominantes. Néanmoins, Andropogon gayanus est commune. Pennisetum pedicellatum co-domine avec Eragrostis tremula. Les espèces herbacées non graminéennes les plus communes sont Hibiscus asper, Mitracarpus scaber, Cassia obtusifolia, Tephrosia linearis, Borreria chaetocephala, Indigofera astragalina et Zornia glochidiata.

Le plus souvent les terres sont utilisées pour la culture des arachides (la principale culture apportant une rente), du mil (la principale culture vivrière) et du coton au sud et à l'est (culture introduite dans les années 1960).

Unités cartographiques VS16 et VdS16

Ces types de couverture correspondent à l'extension orientale des cultures du Bassin des Arachides dans les savanes boisées de la région est du Sine Saloum et dans le département de Tambacounda. Cette région est caractérisée par une mosaïque de vallées basses et larges qui sont généralement occupées par les deux types de couvertures végétales, savanes anthropiques arborées et arbustives caractérisant ces deux unités. Les plateaux sont en général recouverts par les vestiges de ce qui fut jadis une forêt sèche de type Soudanais. Les analyses préliminaires multi-temporelles des images Landsat indique que les unités VS16 et VdS16 sont en voie d'extension rapide au détriment de la savane boisée (B5) des hauteurs (Figs. 5.30, 5.31 et 5.32).

Cordyla pinnata domine de même qu'il le fait à l'ouest; ces deux types de couverture diffèrent de celui de l'unité VS15 présente à l'ouest de par la présence de nombreuses espèces associées, qui sont presque aussi fréquentes que Cordyla pinnata. Il s'agit de Sclerocarya birrea, Anogeissus leiocarpus, Sterculia setigera, Pterocarpus erinaceus, Bombax costatum et Combretum glutinosum. Ces espèces reflètent la relativement riche composition des forêts Soudanaises où aucune espèce ne domine.

Combretum glutinosum est omniprésent dans les champs en jachère et en friche. Les espèces arbustives les plus communes qui lui sont associées, sont Acacia macrostachya, Piliostigma reticulatum, Zizyphus mauritiana et Dicrostachys glomerata. Les espèces associées moins fréquentes sont les formes juvéniles de Sclerocarya birrea, Combretum micranthum, Grewia bicolor sur les termitières, Guiera senegalensis (moins commun à l'est), Heeria insignis, Feretia apodanthera, Terminalia macroptera, Combretum nigricans et Hexalobus monopetalus.



Figs. 5.31 et 5.32. Vues en saison sèche et pluvieuse des terres agricoles du Département de Kaffrine à l'est de Koungheul. *Cordia pinnata* y est l'arbre dominant. Les champs qui se succèdent de l'avant plan à l'arrière plan sont dans l'ordre des jachères des cultures d'arachides et de mil. 13 février 1984 et 15 août 1984.



Un couvert herbacé relativement haut (50cm à 1m) se développe dans les champs en jachère. Il est composé d'espèces annuelles et perennes: Panicum sp., Pennisetum pedicellatum, Schoenefeldia gracilis, Andropogon gayanus, Andropogon amplexans et Eragrostis tremula. Les espèces herbacées non graminéennes constituent une large fraction de la couverture herbacée; il s'agit de Cassia obtusifolia, Hibiscus asper, Borreria chaetocephala, Sesbania pachycarpa, Tephrosia linearis, Asparagus africanus, Stylochiton hypogaeus et Crinum sp.

La principale utilisation des terres est la culture des arachides en particulier à l'ouest, tandis que le mil, le sorgho et le coton sont cultivés vers la frontière gambienne. L'élevage est aussi une activité importante. Les pâtures sont généralement de bonne qualité, produisant un fourrage presque tout au long de la saison sèche.

Unité cartographique S9

Cette unité occupe les sols bruns hydromorphes et les sols calcimorphes à l'est de Mbour. La physionomie est celle d'une savane arborée anthropique comme pour la plupart des savanes du Bassin des Arachides. Acacia albida est comme au nord l'espèce dominante; cette unité est caractérisée par une forte densité en Adansonia digitata et par la présence d'espèces qui en général poussent sur les sols hydromorphes dans les dépressions, à savoir Acacia seyal, Anogeissus leiocarpus, Borassus aethiopicum et Diospyros mespiliformis.

Guiera senegalensis, un intrus présent partout est l'espèce dominant les arbustes et les arbres de moindre taille. Les espèces associées caractéristiques sont Piliostigma reticulatum, Combretum micranthum, Acacia seyal, Acacia senegal et Combretum aculeatum.

La plupart des graminées sont annuelles, il s'agit essentiellement de Eragrostis tremula, Aristida adscensionis et Schoenefeldia gracilis et des omniprésentes, Cassia obtusifolia et Mitracarpus scaber dans les champs en jachère; Alysicarpus ovalifolius et autres sont fréquents sur les sols hydromorphes plus lourds.

Le mil et le sorgho sont les deux utilisations principales, suivies par la culture des arachides.

Unité cartographique Sc12

Cette unité est située au sud du plateau de Thiès, à proximité de Mbour et Tasset Ouolof. Les sols sableux ferrugineux trouvés dans la majeure partie du nord du Bassin des Arachides recouvrent les marnes et les calcaires de l'Eocène qui forment un bas plateau. Cette végétation très dégradée est caractérisée par une savane arborée anthropique. La pression humaine exercée par le centre urbain de Mbour et les villages des alentours ont presque épuisé les ressources en bois. Essentiellement deux espèces d'arbres ont été épargnées: Adansonia digitata qui est dominant sur sols calcaires et Acacia albida. Le premier doit sa survie au fait que son bois mou et

spongieux est généralement inutilisable, bien que son écorce, ses feuilles et ses fruits aient eux des usages bien connus. A l'occasion, Sclerocarya birrea, Balanites aegyptiaca, Mangifera indica (cultivé pour ses fruits autour des villages) et Tamarindus indica sont associés à ces deux espèces. Les arbres couvrent moins de 1% du sol avec en général 1 à 3 individus à l'hectare.

La couverture arbustive est plus dense couvrant 5 à 10%. Elle est dominée par Guiera senegalensis et est composée de Combretum micranthum, Acacia seyal, Acacia senegal, Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum.

Eragrostis tremula domine sur les sols sableux en association avec de nombreuses autres espèces annuelles à savoir Chloris prierii, Aristida stipoides, Schizachyrium exile, Digitaria vellutina, Cenchrus biflorus et pour les espèces herbacées non graminéennes, Hibiscus asper, Indigofera ssp., Mitracarpus scaber et Cassia obtusifolia.

Les champs en jachère et en friche sont très nombreux; les principales cultures sont les arachides, le mil, le sorgho. La pression animale est très élevée et contribue à l'appauvrissement de cette savane qui devient de plus en plus clairsemée.



Fig. 5.33. Les pertes de terres ayant un potentiel agricole au profit des termitières est très visible d'en haut. La région montrée ici à l'est de Mbour est actuellement utilisée comme un herbage. Il faut remarquer les nombreux troupeaux.

Unité cartographique Sd13

Cette savane arborée relativement dense est limitée à deux petites régions au nord-ouest de Sandiara. Les sols sont semblables à ceux de l'unité S9. Adansonia digitata domine la strate arborée. Quelques Acacia albida épars et près des villages quelques Mangifera indica et Ficus gnaphalocarpa sont également présents.

La couverture arbustive est relativement dense (10 à 20%). Piliostigma reticulatum (typiquement Soudanais) y prévaut; les formes juvéniles de Acacia albida et Acacia seyal sont aussi présentes. Les espèces herbacées sont essentiellement celle de l'unité S9.

Les champs à l'abandon sont nombreux et une strate arbustive dense s'y est développée; la principale culture est le mil.

Unité cartographique S14

Cette savane arborée anthropique se rencontre au voisinage de Gandiaye, sur les sols sableux et ferrugineux dans un paysage doucement vallonné. De nombreuses dépressions allongées différencient cette unité du type de couverture dominant le Bassin des Arachides; elles conviennent à la fois aux plantes mésophyles et hydrophyles. Sur les hauteurs, la végétation est similaire à celle de l'unité S2: Acacia albida et Adansonia digitata sont les deux espèces dominantes. Toutefois Acacia seyal domine dans les dépressions et forme souvent des fourrés. Dans les zones peu élevées on trouve aussi souvent Acacia ataxacantha, Tamarindus indica et Terminalia macroptera.

Les graminées, telles Eragrostis tremula, Eragrostis ciliaris, Cenchrus biflorus et Aristida adscensionis sont présentes sur l'ensemble de l'unité tandis que Cassia obtusifolia domine dans les dépressions et que Mitracarpus scaber envahit les champs sableux.

Ces dernières années surtout, la culture du mil et du sorgho a prévalu sur celle des arachides.

Unité cartographique ST

Ce type de couverture recouvre la partie basse de la Tataguine jusqu'à la vallée fossile de Khombole. Il s'agit d'une mosaïque des unités S21 et T1. On renvoie à ces deux unités pour le détail des descriptions.

Unité cartographique SB4

Ce type de couverture est présent dans la zone des estuaires du Saloum sur les dépôts côtiers récents non soumis à l'influence des marées. Les sols hydromorphes sur les hauteurs de ces îles sont recouverts par une savane arborée et boisée entourée par une steppe herbacée poussant sur des sols quelque peu salés. Les arbres et les arbustes de type Soudanais ou même Guinéen ont envahi les hauteurs. Là les arbres les plus caractéristiques de la région Soudanaise sont

Prosopis africana, Terminalia macroptera, Adansonia digitata et Parinari macrophylla. Les espèces de type Guinéen sont Detarium senegalensis, Elaeis guineensis, Daniellia oliveri et Ceiba pentandra. L'arbuste dominant est Parinari macrophylla, il est associé à Maytenus senegalensis et Landolphia heudelotii.

La couverture herbacée est caractérisée par Schizachyrium compressum sur les parties basses des îles, et par Chloris prieurii, Cenchrus biflorus et Aristida stipoides sur les hauteurs sableuses. De nombreuses légumineuses herbacées sont présentes, notamment Tephrosia linearis, Indigofera ssp. et Alysicarpus ovalifolius.

Ces espèces constituent le plus souvent des pâtures de mauvaise qualité où les graminées deviennent rapidement lignifiées. En fait la plupart de ces espèces sont indésirables dans une pâture.

Unité cartographique B3

Cette savane boisée à acacias est essentiellement limitée aux forêts classées de Nianing et de Balabougou au sud de Mbour. Elle s'est développée sur les vertisols qui recouvrent les dépôts marneux. Ces sols favorisent le développement d'une quasi monoculture d'Acacia seyal, seule espèce dominante dans ces forêts classées. Quelques arbustes sont présents, notamment Ximenea americana. Le tapis herbacé est continu pendant la saison des pluies sauf là où se trouvent les termitières. Chloris robusta paraît être la graminée dominante et est associée à Aristida adscensionis et Chloris Prieurii. Cassia obtusifolia est l'espèce herbacée non graminéenne dominante.

Bien que la pression exercée par les animaux soit très élevée, les pâtures sont seulement de qualité médiocre. Nombreux sont les animaux qui préfèrent les feuilles et les fruits secs de Acacia seyal au tapis herbeux qui sèche très rapidement en octobre.

Unité cartographique B4

Ces savanes boisées qui couvrent aujourd'hui moins de 20% de la partie occidentale du Sine Saloum, sont les seuls restes de ce qui fut jadis une vaste forêt sèche de type Soudanais. Ces formations se sont en général maintenues sur les sols hydromorphes et les vertisols des plaines et des bassins peu élevés. Elles ne sont pas les véritables représentants d'un climax boisé antérieur qui avait jadis colonisé les hauteurs, parce que la plupart de ces savanes boisées sont présentes dans les champs abandonnés.

Sur le plan floristique, ces savanes boisées sont plus pauvres que leurs équivalents orientaux. Combretum glutinosum, présent partout, domine et la strate arborée et la strate arbustive. Les espèces caractéristiques d'arbres les plus communes sont Sterculia setigera, Cordyla pinnata, Lannea acida et Anogeissus leiocarpus. Les espèces associées moins fréquentes sont Bombax costatum, Sclerocarya birrea et Acacia seyal (fréquent dans les cuvettes). Les arbustes le plus souvent associés, sont Combretum nigricans, Heeria insignis (dans les zones

dégradées et clairsemées), Guiera senegalensis, Dicrostachys glomerata, Feretia apodanthera, Acacia macrostachya, Securidaca longipedunculata, Acacia seyal et Anogeissus leiocarpus. Les arbres couvrent 20 à 40% du sol et atteignent 6 à 8 m de haut; les arbustes couvrent également 20 à 40% mais ne sont hauts que de 1 à 3 mètres.

La couverture herbacée est dominée par les Andropogonées en particulier Andropogon amplexans et Andropogon gayanus; Pennisetum pedicellatum est aussi commun; les espèces non graminéennes rencontrées sont Borreria chaetocephala, Borreria stachydea, Cassia obtusifolia, Sida alba et Asparagus africanus.

Les feux annuels généralement détruisent la couverture herbacée ainsi qu'un certain nombre d'arbustes. Les pâtures sont relativement pauvres.

Unité cartographique B6

Comme les savanes boisées de l'unité B4, cette unité représente les quelques restes dispersés de ce qui fut jadis une vaste forêt sèche de type Soudanais. Elle couvre l'extrême sud-ouest du domaine agricole et pénètre dans le nord-ouest de la Gambie. Les savanes boisées sont moins dégradées que celles de l'unité B4. Elles reçoivent aussi plus de pluies et l'aridité de la saison sèche est tempérée par la proximité de l'océan. Elles se maintiennent bien dans le périmètre des forêts de Fathala, Sangalo, Patako, Baria et Saboya, et des arbres de grande taille de type Soudanais ou Guinéen s'y développent suivant des densités approchant celles d'une forêt sèche. La forêt de Fathala est aussi caractérisée par des "pseudo-galeries" formées par des espèces périguinéennes qui gardent leurs feuilles pendant la saison sèche. Ces galeries sont parmi les plus septentrionales du continent africain (Dupuy et Verschuren, 1982).

Les arbres caractéristiques sont Khaya senegalensis, Cordyla pinata, Bombax costatum, Pterocarpus erinaceus, Lannea acida, Combretum glutinosum. Les quelques associés moins fréquents sont Hannoa undulata, Daniellia oliveri, Prosopis africanus, Detarium microcarpum, Adansonia digita, Anogeissus leiocarpus et Ficus platyphylla.

La strate arbustive relativement riche est dominée par Combretum glutinosum et est caractérisée par de nombreuses espèces dont aucune ne domine, à savoir Acacia macrostachya, Heeria insignis, Securidaca longipedunculata, Ximenia americana, Detarium microcarpum, Hexalobus monopetalus, Hannoa undulata et Albizzia malacophylla.

La couverture herbeuse est dominée par de hautes graminées en particulier Andropogon gayanus, Pennisetum pedicellatum et Pennisetum subangustum. Les espèces non graminéennes nombreuses poussent parmi les graminées. Il s'agit de Borreria chaetocephala, Borreria stachydea, Cissus rufescens, Anchomanes difformis et Asparagus africanus.

Les pâtures sont d'une qualité médiocre, les graminées se lignifiant rapidement après avoir atteint leur maturité et étant souvent détruites par les pratiques de brûlis annuel.

Unité cartographique BV4

Cette savane boisée à arbustes se rencontre au voisinage de Birkelane et comprend la forêt de Birkelane. La majeure part de cette formation était autrefois cultivée. Elle s'est développée sur des sols sableux ferrugineux de chaque côté dans la vallée supérieure du Saloum.

Les arbres présents dans cette formation sont petits et dispersés. Les espèces dominantes sont Cordyla pinnata, Tamarindus indica et Balanites aegyptiaca; les quelques associés, épars sont Acacia seyal et Mitragyna inermis dans les dépressions, Adansonia digitata, Acacia senegal, Anogeissus leiocarpus, Combretum glutinosum et Sterculia setigera.

Une strate arbustive dense caractérise cette formation; elle est constituée des espèces envahisseuses typiques de sols sableux antérieurement cultivés. Combretum glutinosum, Piliostigma reticulatum et Guiera senegalensis sont tous communs, tandis que Balanites aegyptiaca et Zizyphus mauritiana sont dispersés.

Les graminées les plus communes sont Schoenefeldia gracilis, Schizachyrium exile et Eragrostis tremula. Les espèces non graminéennes sont Zornia glochidiata, Cassia obtusifolia, Crinum sp. et Borreria sp.

La principale activité est celle du pâturage par les troupeaux locaux. Les pâtures sont d'une qualité médiocre et souvent sujettes au surpâturage.

Unité cartographique BV5

Cette unité comprend les forêts classées de Kassas et Sanian au nord et à l'est de Kaffrine. La meilleure définition que l'on peut donner de ces formations est de les décrire comme une savane boisée à arbustes, forme dégradée de la savane boisée qui couvrait autrefois le Domaine Soudano-Sahélien. Elle s'est implantée sur des sols sableux ferrugineux qui deviennent de moins en moins profonds à mesure que l'on avance vers l'est où des horizons gravillonnaires apparaissent à ou près de la surface. Tandis que la strate arbustive caractérise cette unité, quelques arbres en émergent; il s'agit de Sterculia setigera, espèce dominante, de Lanuca acida, présent partout, et de quelques Anogeissus leiocarpus, Bombax costatum et Acacia seyal.

Combretum glutinosum et Guiera senegalensis, omniprésents dominent la strate arbustive et des arbres de moindre taille qui a 1 à 2 m de haut en moyenne. Les associés les plus communs sont Combretum nigricans et Grewia bicolor. Acacia macrostachya, Dicrostachys glomerata, Combretum micranthum et Maerua angolensis sont présents mais dispersés.

Composée de plusieurs espèces de Andropogon, de Aristida adscensionis, Zornia glochidiata et Borreria ssp., le couvert herbacé est

fortement pâturé. Ces pâtures sont de bonne qualité sur les sols sableux, pauvres sur les sols gravillonnaires.

Unité cartographique I1

Les mangroves caractérisent cette formation située dans les zones d'estuaires et de deltas soumis aux marées. Elle occupe surtout les estuaires du Saloum, mais se rencontre également le long de la Gambie, de la Casamance et même près de l'embouchure du Sénégal (décrite précédemment). Cette formation peut correspondre à un couvert végétal continu formé d'arbres et d'arbustes (Fig. 5.34). Elle est presque uniquement composée de trois espèces, appartenant à deux familles; les Rhizophoracées sont représentées par deux espèces: Rhizophora racemosa, qui peut atteindre 20 mètres de haut et qui pousse sur les sols argileux des berges, des estuaires et des canaux, et Rhizophora mangle qui forment des colonies plus étendues quoique moins hautes. Les Verbenacées sont seulement représentées par une espèce, Avicennia africana, ou mangrove blanche qui se développe sur des sols plus élevés au-dessus des deux espèces précédentes.

Bien que la quantité de biomasse produite soit élevée, cette végétation n'est pratiquement jamais consommée par les ruminants. De nombreuses mangroves ont péri du fait de la sécheresse et de la salinité croissante des sols. Leur déclin est particulièrement visible près de Foundiougne et en remontant le fleuve. Ce problème est spécialement aigu autour de Kaolack et en basse Casamance où les feux ont réduit en cendres la végétation déséchée.

Unité cartographique T1

Cette unité ne présente que peu ou pas de couvert végétal. Ces zones plates, connues sous le nom de tannes, sont caractérisées par des sols hydromorphes et halomorphes irrégulièrement inondés. Elles sont éparpillées sur l'ensemble des zones des estuaires du Sine et du Saloum. Là où la teneur en sel est élevée, il n'y a pas de végétation. En d'autres endroits, les halophytes herbacées ont envahi ces tannes qui sont localement appelés "tannes herbeux". Quelques graminées (Chloris priurii) poussent sur sols plus sableux. Les halophytes généralement correspondent à Philoxerus vermicularis, Sesuvium portulacastrum et Hygrophila senegalensis. Au nord le long du Sine, Tamarix senegalensis (arbuste) fréquemment délimite les tannes.

Ceux-ci ont peu de valeur économique et près de Kaolack ils sont utilisés comme sources de sel.

Unité cartographique X

Cette unité n'a que très peu ou pas de végétation. Elle peut être décrite comme une vasière dénudée ou slikke; cet environnement est trop saturé d'eau et trop salin pour permettre à tout espèce, à l'exception des mangroves, de se développer. Les mangroves, il fut un temps, ont occupé la plupart de ces sols hydromorphes et halomorphes



Fig. 5.34. Vue aérienne des estuaires du Sine Saloum au nord de Toubakouta. Des mangroves denses dominant au premier plan (unités M et SB4). Altitude 500 m; 17 septembre 1984.

mais leur disparition a été accélérée par la sécheresse récente et sa résultante, l'augmentation de la salinité des sols.

Unité cartographique P2

Cette unité formée sur les sols hydromorphes argileux sujets à des inondations saisonnières de la vallée du Bao bôlon correspond à une prairie marécageuse où dominent les halophytes en petits taches. Seulement deux espèces ont été observées par notre équipe: Philoxerus vermicularis qui domine, et Heleocharis mutata.

La principale activité ayant une valeur économique pratiquée en association avec ce type de couverture est la pêche pour une consommation locale pendant la saison des hautes eaux (de juillet à novembre).

5.5.2.2 La Zone Orientale de Transition

A. Caractéristiques Générales

Cette région fait la transition entre d'une part le Domaine Agricole du Centre-Ouest (Bassin des Arachides) et d'autre part le relief accidenté de l'est du pays. Elle assure aussi la transition entre le domaine pastoral et les régions peu peuplées du socle (Schéma national d'aménagement du territoire, 1984).

Cette région se situe dans les Domaines Soudano-Sahélien et Soudanais; les précipitations sont en général suffisantes pour lui conférer un potentiel agricole considérable. Les terres cultivées s'accroissent rapidement. Connues sous le nom de "Terres Neuves", ces terres sont redistribuées dans un effort de transfert des populations pour diminuer la pression exercée sur le Bassin des Arachides.

Les sols appartiennent à deux grands groupes: les sols gravillonnaires des plateaux et les sols plus riches ferrugineux des vallées. Dans la bande nordique de type Soudano-Sahélien, les savanes arborées et arbustives du Ferlo latéritique disparaissent graduellement comme des savanes boisées et arborées plus denses apparaissent. Pterocarpus lucens, si commun dans le Ferlo latéritique disparaît au profit des nombreuses espèces Soudanaises, telles Bombax costatum Sterculia setigera, Anogeissus leiocarpus et Acacia macrostachya. Les savanes boisées deviennent de plus en plus denses à mesure que l'on progresse vers le sud et que l'on pénètre dans le Domaine Soudanais.

Les graminées annuelles du Domaine Sahélien font place aux graminées perennes du Domaine Soudanais, en particulier Andropogon amplexans et Andropogon pseudapricus. Cette couverture herbacée dense alimente chaque année les feux de brousse lors de la saison sèche, qui sont devenus si fréquents que nulle part les associations végétales ne peuvent être considérées comme primitives (Pélissier, 1966).

L'homogénéité du couvert boisé naturel où nulle espèce ne peut être considérée comme dominante est caractéristique de cette unité. Les

activités humaines, notamment les feux et les cultures qui sélectivement protègent ou détruisent certaines des espèces du groupement originel (Pélissier, 1966), contribuent à la modification des formations végétales naturelles et concourent à la création de nouveaux paysages. Ces nouvelles formations sont très visibles sur l'imagerie Landsat et par conséquent l'impact humain sur la végétation naturelle est contrôlable.

B. Les Types de Couvertures

Unité cartographique VdS5

La savane arborée et arbustive dense qui constitue cette unité, correspond à la forêt classée de Mbégué, qui a été complètement encerclée par les zones agricoles du Bassin des Arachides au cours des dernières décennies. Les sols sableux se sont formés dans des dunes continentales atténuées et des dépressions interdunaires nombreuses orientées nord-est/sud-ouest.

La végétation composant cette forêt est très dégradée (Fig. 5.35). Le surpâturage, les feux de brousse répétitifs et la sécheresse récente ont prélevé leur dû sur cette formation déjà pauvre floristiquement. Les dégâts causés par le surpâturage sont particulièrement sévères autour du puits (forage) de Khelkom Diaga où il ne reste que très peu de la végétation naturelle.

Les arbres de petite taille dispersés sur l'ensemble de l'unité sont des Balanites aegyptiaca (espèce dominante), des Sterculia setigera, Lanea acida, Combretum glutinosum et des Adansonia digitata. Les espèces moins communes sont Acacia seyal (dans les dépressions), Combretum nigricans, Anogeissus leiocarpus et Bombax costatum qui couvrent de 1 à 5% du sol en général et de 10 à 30% dans les mares. La strate arbustive très réduite est dominée par Guiera senegalensis lequel est associé à Combretum glutinosum, Balanites aegyptiaca, Grewia bicolor et Zizyphus mauritiana. La couverture herbacée est composée de Cenchrus biflorus, Eragrostis tremula, Schizachyrium exile, Schoenefeldia gracilis et sont toutes des graminées, et de Mitracarpus scaber, Zornia glabra, Cassia obtusifolia, Alysicarpus ovalifolius et Borreria sp., pour les nombreuses espèces non graminéennes.

Les pâtures sont d'une qualité moyenne à bonne, quoique le surpâturage, les feux et la sécheresse les aient souvent détruites.

Unité cartographique VS6

Ce type de couverture fait la transition entre la savane arbustive du Ferlo latéritique et les savanes arborées ou boisées du sud. Située à l'est de Ben-Bem, cette savane arborée et arbustive occupe les sols sableux bien drainés d'un paysage doucement vallonné.

Les quelques arbres présents à savoir Bombax costatum, Pterocarpus erinaceus et Combretum glutinosum et à l'occasion quelques Sterculia setigera sont dispersés sur l'ensemble de l'unité. L'arbuste dominant



Fig. 5.35. Un paysage montrant une végétation dégradée dans la Forêt Classée de Mbégué. Le surpâturage, les feux de brousse répétés et la sécheresse ont prélevé leur dû sur la végétation. 13 km au nord est de Mbégué;

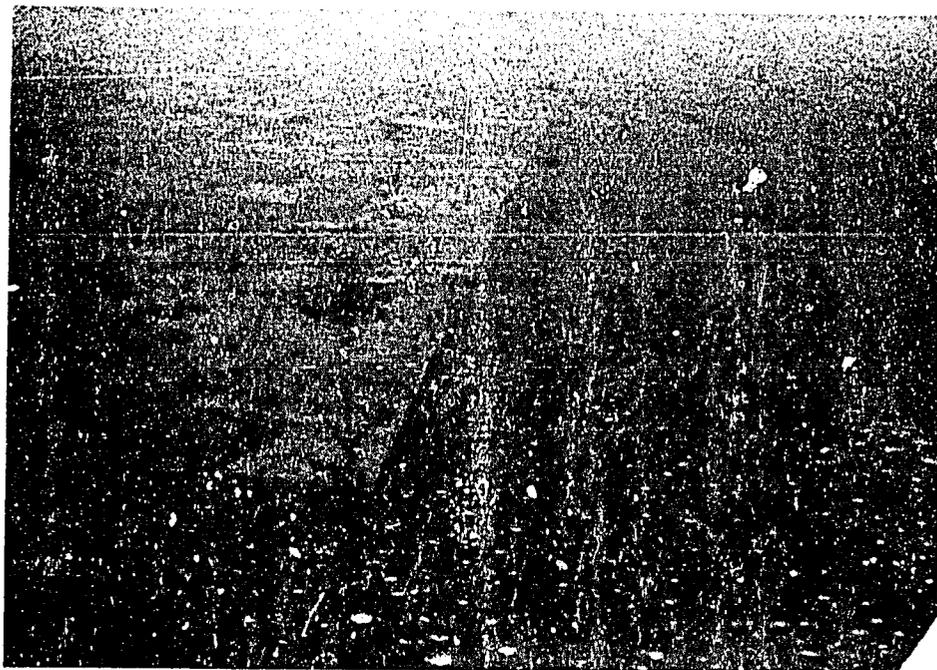


Fig. 5.36. Vue aérienne d'une limite nette entre les savanes arborées et arbustives denses de la Forêt Classée de Mbégué (à droite) et les terres cultivées du Bassin des Arachides (à gauche). Dans les autres régions, les cultures empiètent sur les forêts classées et les réserves. Il faut noter la présence des termitières (à l'avant plan) et des dépressions boisées. Altitude 700 m; 29 octobre 1983.

est Guiera senegalensis, fréquent sur sols sableux; les arbustes caractéristiques sont Grewia bicolor, Feretia apodanthera, Strychnos spinosa et Grewia mollis.

Les graminées annuelles dominent cette unité. Il s'agit de Schoenefeldia gracilis, Aristida adscensionis et Andropogon amplexans. Zornia glochidiata, Mitracarpus scaber et Borreria sp. composent les espèces non graminéennes.

Cette pâture est de bonne qualité, quoique les graminées fines soient souvent remplacées par des graminées annuelles plus grossières qui sont moins recherchées par le bétail (Fotius et Valenza, 1966). De plus ces graminées grossières alimentent les feux de brousse qui deviennent plus destructeurs.

Unité cartographique VS7

Part du Domaine Soudano-Sahélien, cette savane arborée et arbustive correspond à la limite sud-est du Ferlo latéritique. Pterocarpus lucens domine sur les sols latéritiques comme il le fait au nord. Cette unité est toutefois plus riche sur le plan floristique que l'unité Vd4. Elle est composée de Combretum glutinosum, Combretum nigricans, Sterculia setigera, Bombax costatum et Lanea acidia. Ces arbres couvrent 3 à 5% du sol, tandis que les arbustes couvrent 10 à 15%. Ils sont dominés par Guiera senegalensis, Combretum micranthum, Pterocarpus lucens et Grewia bicolor. Sont associés Boscia angustifolia, Acacia macrostachya et Combretum glutinosum.

Loudetia togoensis et Elionurus elegans forment une couverture herbeuse discontinue, faisant la transition entre une steppe et une savane. Les espèces non graminéennes composant cette couverture herbeuse sont très variables, les principales espèces étant Borreria radiata, Borreria chaetocephala, Cassia nigricans et Zornia glochidiata.

Cette unité correspond essentiellement à une pâture de saison humide qui vieillit rapidement. Sa valeur est pauvre en raison de la forte proportion de Loudetia togoensis, une espèce qui n'est généralement pas consommée.

Unité cartographique VdSm20

Cette savane arbustive et arborée dégradée est limitée à la vallée fossile qui traverse la partie nord de la forêt classée de Mbégué. Il s'agit d'une variante de l'unité VdS5, quoique les sols soient hydromorphes et semblables à ceux rencontrés dans les dépressions interdunaires de l'unité VdS5.

Balanites aegyptiaca et Combretum glutinosum dominent la strate arborée; parmi les hydrophytes on trouve Mitragyna inermis; les associés les plus fréquents sur sols hydromorphes sont Anogeissus leiocarpus, Lanea acidia et Acacia seyal. La couverture herbacée est similaire à celle de l'unité VdS5 quoique Cassia obtusifolia y soit plus abondante et que Sphaeranthus senegalensis soit présent sur les sols les moins élevés périodiquement inondés.

Unité cartographique VS21

Cette unité se situe dans la partie supérieure de la région drainée au nord de Goudiri. Les savanes arborées et arbustives qui couvrent les pentes et le fond des vallées sont fortement dégradées par rapport à leur forme originelle. Les sols sableux, ferrugineux, lessivés sont sujets à l'érosion; la végétation discontinue ressemble à une steppe arbustive et arborée. Les activités humaines de type agricole sont une autre cause de dégradation de la couverture naturelle, en particulier près des villages.

D'après J. Valenza (1977) les arbres dominants sont Terminalia macroptera (commun sur les sols compacts des vallées), Cordyla pinnata (protégé de façon sélective par les êtres humains) et Combretum glutinosum. Les associés sont Sclerocarya birrea, Lanea acidia, Sterculia setigera et Pterocarpus erinaceus. Guiera senegalensis et Combretum glutinosum forment la strate arbustive, en particulier dans les friches.

Dans les jachères récentes dominant Pennisetum ssp. tandis que Andropogon gayanus ne s'installe qu'après 4 à 5 ans de jachère (Valenza, 1977).

Les pâtures sont de bonne qualité sur les meilleurs sols et fournissent un fourrage tout au long de l'année.

Unité cartographique S15

Cette savane arborée créée par l'activité humaine correspond aux "Terres Neuves" ou aux terres nouvellement mise en culture dans le département de Tambacounda. Ces zones correspondent le plus souvent aux meilleurs sols ferrugineux du fond des vallées. Cette unité constitue la zone orientale d'expansion de l'unité VdS16. Elle est typique de la plupart des zones agricoles du Sénégal: les nombreux arbres sont maintenus de façon sélective dans les champs, en particulier Cordyla pinnata et Pterocarpus erinaceus qui co-dominent. Les autres arbres sont Combretum glutinosum, Parkia biglobosa, Terminalia macroptera, Lanea acidia et Sterculia setigera. De nombreuses autres espèces moins communes rendent cette unité plus riche au plan floristique que la végétation présente à l'ouest. De même que dans les savanes boisées avoisinantes (unité B5) la strate arbustive est très hétérogène. Combretum glutinosum y domine; parmi les nombreux associés on compte Acacia macrostachya, Cassia sieberiana, Dichrostachys glomerata, Zizyphus mauritiana, Piliostigma reticulatum, Piliostigma thonningii, Guiera senegalensis, Terminalia macroptera, Annona senegalensis et d'autres.

Les principales graminées sont Eragrostis tremula et Pennisetum pedicellatum tandis que Andropogon gayanus et Andropogon amplexans prévalent dans les vieilles jachères. Les espèces non graminéennes sont celles composant la végétation naturelle environnante, à savoir Borreria chaetocephala, Pandiaka heudelotii, Asparagus africanus, Corchorus ssp. et bien d'autres.

La principale culture est le mil, suivie par celle des arachides et du coton à l'approche de la frontière avec la Gambie. Les champs restent généralement en jachère sur plusieurs années.

Unité cartographique SB1

Cette large unité s'étend vers l'ouest depuis la Réserve Sylvo-Pastorale du Sine Saloum jusqu'à la bordure est de "Continental Terminal". Au plan de la physionomie elle varie d'une savane arborée à une savane boisée au sein du Domaine de transition Soudano-Sahélien. Les sols sont argileux et ferrugineux et dérivent des grès du "Continental Terminal".

J. Trochain (1940) décrit cette végétation comme un péniclimax où dominant Combretum glutinosum et Combretum nigricans, qui présente un faciès édaphique caractérisé par une abondance d'arbres, Bombax costatum, Sterculia setigera et Lanea acida, et d'arbustes, Guiera senegalensis, Acacia macrostachya et Feretia apondanthera. Presque 50 ans plus tard nous avons observé les mêmes espèces en abondance quoique la densité de ces espèces ait probablement diminué. Sterculia setigera co-domine actuellement avec Combretum glutinosum. Sont aussi présents Adansonia digitata (présent partout mais pas en abondance), Anogeissus leiocarpus et Mitragyna inermis (aux abords des mares), Sclerocarya birrea, Pterocarpus lucens (là où les latérites affleurent) et à l'occasion Cordyla pinnata. Les arbres couvrent 5 à 15% du sol, et les arbustes 10 à 30%. Les arbustes le plus fréquemment associés sont Grewia bicolor (souvent sur les termitières), Adenium obesum (jamais abondant), Cardenia triacantha et Combretum micranthum.

Les principales graminées sont annuelles, il s'agit de Schoenefeldia gracilis, de Aristida stipoides et de Pennisetum pedicellatum, quoique à l'origine la végétation climax ait probablement été composée d'espèces perennes telles Andropogon gayanus dont la disparition est probablement le résultat de l'action conjuguée des feux de brousse, du surpâturage et des cultures. Les espèces non graminéennes communes sont Borreria chaetocephala, Asparagus africanus, Crinum sp., Pandiaka heudelotii et Tephrosia ssp.

Les pâtures sont en général de bonne qualité et fournissent du fourrage tout au long de l'année. Elles sont toutefois sujettes aux feux de brousse.

Unité cartographique SB2

Cette unité constitue l'expansion orientale de l'unité précédente (SB1) et en diffère par sa composition floristique qui varie suivant la répartition des sols pierreux et des latérites à ou près de la surface. Au plan de la physionomie, cette unité varie d'une savane arborée à une savane boisée suivant la densité de la strate ligneuse.

Les arbres couvrent 10 à 15% du sol et atteignent 8 à 10 mètres de haut. Comme dans l'unité précédente, les espèces dominantes sont Combretum glutinosum et Sterculia setigera. Pterocarpus lucens y est toutefois un associé caractéristique. Parmi les autres arbres

fréquemment présents, on compte Bombax costatum, Combretum nigricans et Lanea acida. Les Combretacées, en particulier Combretum glutinosum, Combretum nigricans et Combretum micranthum forment la majorité de la strate arbustive. Les arbustes communément associés sont Guiera senegalensis, Boscia angustifolia, Boscia senegalensis, Grewia bicolor, Maerua oblongifolia, Feretia apodanthera, Acacia macrostachya et Adenium obesum.

Andropogon pseudapricus et Andropogon pinguipes sont les graminées grossières dominantes; Loudetia togoensis est aussi commune de même que Elionurus elegans et Schoenefeldia gracilis. Les principales espèces non graminéennes sont Lepidagathis anobrya (fréquent sur les sols gravillonnaires), Pandiana heudelotii, Borreria chaetocephala, Borreria stachydea et Borreria radiata.

Les pâtures sont généralement de mauvaise qualité, en raison des graminées grossières et de l'abondance d'espèces peu appétissantes.

Unité cartographique SB6

Cette formation occupe les vallées fossiles comprises dans le Domaine Soudano-Sahélien de la Zone de Transition. Les sols hydromorphes dans ces vallées larges et peu profondes supportent une formation variant à la fois en structure et en composition. La végétation souvent dégradée et très clairsemée des pentes correspond à une steppe arbustive. Il peut aussi s'agir d'une savane arborée. Le fond des vallées est en général recouvert par une savane boisée ou parfois même une forêt claire. Mitragyna inermis et Anogeissus leiocarpus caractérisent cette unité. Tandis qu'aucune espèce ne semble dominer, les espèces associées sont nombreuses: Combretum glutinosum, Piliostigma thonningii, Acacia seyal, Acacia senegal, Acacia nilotica (là où des inondations ont lieu par intermittence) et Balanites aegyptiaca. Les arbustes les plus communs sont Combretum glutinosum et Guiera senegalensis, dominant dans les zones dégradées, Acacia seyal, Zizyphus mauritiana, Piliostigma reticulatum, Boscia senegalensis, Grewia bicolor, Combretum micranthum, Mitragyna inermis et Dicrostachys glomerata. Pennisetum pedicellatum, Elionurus elegans et Loudetia togoensis et des espèces non graminéennes communes, Zornia glochidiata et Alysicarpus ovalifolius.

La qualité des pâtures est aussi variable que la formation. Les surfaces dégradées où pousse Loudetia donnent un maigre fourrage, tandis que les zones où dominent Schoenefeldia et Zornia sont relativement de bonne qualité. Il s'agit alors généralement de pâtures de saison humide (Valenza, 1977).

Unité cartographique B5

C'est la principale formation de la Zone de Transition; elle englobe les Domaines Soudano-Sahélien et Soudanais. Elle s'étend du département de Kaffrine jusqu'au bord est du plateau de "Continental Terminal". La végétation climax avant que l'intervention humaine ne devienne conséquente, était probablement une forêt claire sèche, qui a été remplacée par l'actuelle savane boisée (Fig. 5.37) laquelle



Fig. 5.37. Une vue prise au sud de Toubéré Bafal (au nord de Tambacounda) qui montre des savanes boisées occupant les hautes terres (unité B5) et couvrant la majeure part de la Zone de Transition. Les plus grands arbres visibles sur cette photographie sont des Bombax costatum.

serait un péniclinax dominé par Combretum glutinosum et Combretum nigricans (Trochain, 1940). Ce dernier reconnaît des espèces caractéristiques qui jadis formaient une association hétérogène où nulle ne dominait; il s'agit de Bombax costatum, Combretum nigricans, Pterocarpus erinaceus, Sterculia setigera, Lannea acida, Crossepterix ferrifuga, Strychnos spinosa, Acacia macrostachya et Feretia apodanthera. Ces espèces sont encore présentes sur l'ensemble de cette vaste unité. La partie occidentale de cette formation est encore plus dégradée et plus pauvre en composition. Cordyla pinnata, Adansonia digitata (rarement commun), Sclerocarya birrea (atteignant ici la limite sud de sa zone d'extension) et Anogeissus leiocarpus (souvent dans les dépressions) sont associés aux espèces précédemment citées.

La strate arbustive est très hétérogène. Acacia macrostachya est peut-être la plus fréquente des espèces caractéristiques. Combretum glutinosum, présent dans toute la région, domine. Hexalobus monopetalus, Ximeria americana, Combretum nigricans, Heeria insignis (dans les formations plus dégradées), Feretia apodanthera, Dichrostachys glomerata, Strychnos spinosa, Guiera senegalensis, Combretum micranthum et Ostryoderris stuhimannii (vers le sud-ouest) comptent parmi les autres espèces fréquemment associées.

Le tapis herbacé est principalement composé de graminées annuelles de la tribue des Andropogonées essentiellement et de quelques espèces perennes. A l'ouest les espèces dominantes sont Pennisetum pedicellatum, Schoenefeldia gracilis et Andropogon gayanus. A l'est Andropogon pseudapricus, Pennisetum subangustum et Elionurus elegans deviennent de plus en plus abondants. Les espèces non graminéennes contribuant à l'hétérogénéité de la couverture herbeuse sont Borreria chaetocephala, Borreria stachydea, Asparagus africanus, Cassia nigricans, Lepidagathis anobrya, Pandiaka heudelotii, Crinum sp., Sida alba et Cassia obtusifolia.

Ces savanes boisées sont d'abord utilisées comme pâtures. Elles sont aussi fortement exploitées pour la production de bois de chauffage et de charbon de bois à la fois clandestinement et légalement. Cette activité a tendance à réduire le nombre des Anogeissus leiocarpus et des Pterocarpus erinaceus ce qui fait que Sterculia setigera et Bombax costatum ne sont pas exploités.

Il y a de nombreuses traces de villages abandonnés et de champs en friche sur les sols plus profonds des plateaux. Ces sites sont caractérisés par la présence d'Adansonia digitata. Aujourd'hui ces terres boisées sont envahies par l'avancée des "Terres Neuves" nouvellement conquises à l'agriculture.

Unité cartographique Bd9

Cette savane fortement boisée se situe entièrement à l'intérieur du Domaine Soudanais central, soit au sud et à l'est de Tambacounda. La morphopédologie est similaire à celle de l'unité précédente B5. Il s'agit de plateaux dont les sols gravillonnaires recouvrent des cuirasses ferrugineuses.

La végétation y est moins dégradée par les activités humaines que celle de l'unité B5. Ceci est en parti dû à la plus faible densité de population. Moins de 10% des terres de cette unité ont été défrichées pour faire place aux cultures. Les précipitations annuelles y sont aussi plus abondantes (1000 à 1200 mm par an, chiffre antérieur à la sécheresse) et permettent l'implantation d'un couvert boisé riche sur le plan floristique où aucune espèce ne domine. Peut-être la partie la mieux conservée de cette formation Soudanaise est la forêt protégée de Diambour ainsi que la partie nord du Parc National du Niokolo Koba. Bien qu'en moyenne il s'agisse d'une savane fortement boisée, la densité de la strate ligneuse peut varier depuis la forêt claire sèche jusqu'à la savane arborée en fonction des défrichements et des feux. La formation du climax initial était une forêt sèche de type Soudanais, dont la composition ne différait probablement pas significativement de l'actuelle composition.

La strate arborée est caractérisée par les espèces suivantes: Bombax costatum, Sterculia setigera, Pterocarpus erinaceus, Lanea acida, Combretum glutinosum, Cordyla pinnata, Combretum nigricans, Terminalia macroptera et Ostryoderris stuhlmannii. Ces arbres forment une association hétérogène où nulle espèce ne domine. On rencontre moins fréquemment Prosopis africanus, Combretum geitonophyllum, Entada africana, Detarium microcarpum, Anogeissus leicarpus et Daniellia oliveri. Les arbres couvrent de 30 à 40% du sol en moyenne et atteignent 10 à 12 m de haut.

La strate arbustive et des arbres de moindre taille est aussi hétérogène et est composée de Hexalobus monopetalus, Acacia macrostachya, Strychnos spinosa, Combretum glutinosum, Combretum nigricans, Terminalia avicennoides, Terminalia macroptera, Annona senegalensis, Piliostigma thonningii, Vitex madiensis, Ostryoderris stuhlmannii et Ximenia americana. Parmi les espèces associées moins communes on compte Combretum geitonophyllum, Grewia lasiodiscus, Crosseterix febrifuga, Baissea multiflora, Feretia apondanthera, Gardenia ternifolia et Securidaca longipedunculata. Les arbustes et arbres de moindre taille ne couvrent que 15 à 25% du sol avec des hauteurs variant entre 2 et 4 m.

La couverture herbacée correspond à une haute savane composée de graminées où domine Andropogon gayanus. Ses principales associées sont Andropogon amplexans, Pennisetum subangustum et Pennisetum pedicellatum. De nombreuses espèces non graminéennes parsèment les graminées, notamment Asparagus africanus, Monechma ciliatum, Borreria chaetocephala et Pandiaka heudelotii.

Le fourrage produit par ce couvert herbacé est utilisé au mieux pendant la saison des pluies. Sa valeur nutritive devient nulle après la sénescence tandis que les graminées plus grossières se lignifient. De plus des feux de brousse, d'origine naturelle ou humaine parcourent plus de 80% de cette unité.

Unité cartographique Bdl2

Cette unité couvre les basses vallées larges de la moitié nord de la Zone de Transition qui coupent les hauteurs où domine la savane boisée de type B5. Les sols sont en général sableux et colluviaux et ils présentent des concrétions. Une végétation plus dense et plus riche que celle des hauteurs s'y développe (Fig. 5.38).

La physionomie de cette région est celle d'une savane très boisée composée d'une grande variété d'arbres et d'arbustes de type Soudanais formant un mélange hétérogène. La strate herbacée est également variée et les *Andropogonées* y dominent.

Les arbres les plus communs sont *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia macroptera*, *Combretum glutinosum* (qui a tendance à dominer dans les zones perturbées), *Bombax costatum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Lanea acida*, *Sterculia setigera* et *Cordyla pinnata*; *Mitragyna inermis* (dans le fond des vallées), *Adansonia digitata* et *Piliostigma thonningii* sont présents mais moins fréquents. Les arbres ont en moyenne 10 à 15 mètres de haut et couvrent 25 à 40% du sol.

La strate arbustive est plus riche et est composée de *Piliostigma reticulatum*, *Pterocarpus erinaceus* (forme juvénile), *Feretia apodanthera*, *Combretum glutinosum* (qui a tendance à dominer dans les zones dégradées), *Combretum nigricans*, *Terminalia macroptera*, *Strychnos spinosa*, *Dicrostachys glomerata*, *Mitragyna inermis*, *Combretum lecardii*, *Zizyphus mauritiana*, *Ximena americana* et bien d'autres.

Plusieurs genres herbacés appartenant à diverses familles sont mélangés aux Graminées. Il s'agit de *Indigofera hirsuta*, *Indigofera suffruticosa*, *Sida alba*, *Borreria* ssp., *Tephrosia* ssp., *Ipomaea* ssp., *Cassia obtusifolia* et d'autres encore. *Andropogon gayanus* est la principale graminée pérenne. Parmi les espèces annuelles de plus petite taille, on compte *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum subangustum*, *Panicum* sp. et *Eragrostis* ssp.

Ces pâtures sont en général de bonne qualité car elles comportent de nombreuses espèces très appétissantes. Paître est possible tout au long de l'année, sauf aux endroits où les feux ont détruit la végétation.



Fig. 5.38. Un exemple de savanes boisées denses (unité Bd12) occupant les vallées peu profondes de la moitié nord de la Zone de Transition (au nord de Tambacounda). La composition floristique est plus riche que celle des communautés couvrant les hauteurs et il n'y a pas d'espèces dominantes nettes.

Unité cartographique BF4

Equivalent méridional de l'unité précédente, cette unité occupe des vallées larges et peu profondes des affluents de rivières permanentes telle le Nieri Ko. La formation varie entre une savane boisée et une forêt selon le degré d'intervention humaine. Comme précédemment toutes les strates sont des mélanges très hétérogènes d'espèces de type Soudanais. L'unité Bd9 domine sur les hauteurs.

La composition est similaire à celle de l'unité Bd9, bien que Anogeissus leiocarpus, Piliostigma thonningii, Terminalia macroptera et Mitragyna inermis soient plus fréquents et plus denses.

Les pâtures sont de bonne qualité tout au long de l'année, quoique des incendies éliminent en général la strate herbeuse. Compte tenu des faibles densités de populations humaine et animale le niveau de broutage est très faible en comparasion de celui observé dans les vallées du nord et de l'ouest.

5.4.2.3 La Région du Socle

A. Caractéristiques Générales

Les principaux critères de différenciation de cette région sont liés à son relief et sa géologie. Elle se distingue des régions voisines par ses formations anciennes datant du Précambrien et du Paléozoïque qui forment un paysage de plateaux et de collines entaillés par un important réseau hydrographique (Schéma national d'aménagement du territoire, 1984). Le complexe géologique et les sols divers formés à partir de différents types de roches ont entraîné l'implantation de groupements végétaux distincts. Quatre types de groupements végétaux ont été définis (Chauvel, 1967):

1. Les plateaux cuirassés sont en général recouverts par une végétation ligneuse maigre essentiellement composée de Combretacées.
2. La végétation sur les pentes moyennes à abruptes est caractérisée par une grande diversité. La densité décroît du haut des pentes vers le bas des pentes.
3. La végétation sur les pentes peu accentuées est toujours très claire et dominée par Combretum glutinosum, Acacia dudgeoni et Maytenus senegalensis.
4. Dans les zones basses (cuvettes ou dépressions) la distribution des espèces ligneuses reflète le niveau de saturation en eau du sol.

Les savanes boisées et les forêts claires sèches Soudanaises constituent les principaux types de végétation couvrant les plateaux et les collines. Suivant la géomorphologie, les sols et l'intervention humaine, diverses autres formations sont aussi présentes.

La région s'étend sur les trois Domaines de la Région Soudanaise: le Domaine Soudano-Sahélien, le Domaine Soudanais central, et le Domaine Soudano-Guinéen.

La composition floristique est typique de la végétation de type Soudanais, c'est-à-dire très hétérogène sans espèces dominantes nettes sur les hauteurs. De nouvelles espèces, rares dans la Zone de Transition Orientale deviennent fréquentes. Au sud, la composition prend un aspect plus Soudano-Guinéen comme les espèces de la Zone Guinéenne deviennent plus nombreuses en particulier sur les sols hydromorphes des vallées.

B. Types de Couverture

Unité cartographique All

L'unité occupe les plaines basses, adjacentes à la vallée du fleuve Sénégal à proximité de Bakel. La végétation est une steppe arbustive à

épineux qui s'est développée sur une gamme de sols peu évolués, subarides formés à partir de quartzites et de schistes. La composition est pauvre, conséquence probable de la surexploitation animale et humaine (Valenza, 1977). La strate arborée est en général très claire et le tapis herbacé est discontinu. Les espèces d'arbustes dominantes (les arbres sont quasi absents) sont Acacia seyal et Balanites aegyptiaca. Leur sont fréquemment associés Acacia senegal, Feretia apodanthera, Zizyphus mauritiana, Combretum glutinosum, Guiera senegalensis et Dicrostachys glomerata.

Les principales espèces herbacées sont Schoenefeldia gracilis, Aristida adscensionis, Chloris prierii (graminées), Zornia glochidiata Cassia mimosoides et Cassia obtusifolia (espèces non graminéennes).

Tandis que ces espèces sont en général appétissantes, la faible densité du tapis herbeux limite son utilisation en tant que pâture. Cette unité ne peut servir de pâture que pendant la saison des pluies.

Unité cartographique Al6

Cette steppe arbustive est localisée sur les buttes éparses et les collines résiduelles à proximité de Bakel et Kidira. Les sols sont en général des lithosols de divers types de roches qui présentent des débris latéritiques.

La végétation est semblable à celle trouvée sur les sols latéritiques du plateau du "Continental Terminal". La couverture boisée est uniquement composée d'arbustes quoique Sterculia setigera et Combretum glutinosum émergent à l'occasion au-dessus de la strate des arbustes et arbres de moindre taille. Les arbustes dominants sont Pterocarpus lucens et Balanites aegyptiaca auxquels sont associés des arbustes de type Sahélien et Soudanais à savoir Acacia macrostachya, Acacia seyal, Boscia angustifolia, Grewia bicolor, Combretum nigricans, Feretia apodanthera, Adenium obesum et Commiphora africana.

Les graminées sont le principal composant du tapis herbacé. Il s'agit de Andropogon pseudapricus, Andropogon gayanus, Loudetia togoensis, Schoenefeldia gracilis, Schizachyrium sanguineum, Elionurus elegans et Pennisetum pedicellatum. De nombreuses espèces non graminéennes leur sont associées: Cassia nigritana, Monechma ciliatum, Cassia mimosoides, Lepidagathis anobrya, Urginea nigritana, Zornia glochidiata et Asparagus africanus.

La composition est riche en espèces recherchées par les ruminants. Alors que le terrain très accidenté protège ce tapis herbeux des incendies, il en limite d'autant l'utilité en tant que pâturage (Fig. 5.39). Seulement les pentes plus basses sont pâturées.

Unité cartographique AE13

Cette unité occupe la basse vallée de la rivière Falémé. Elle est composée de couverts herbacé et boisé variables qui constituent une steppe arbustive à arborée. Les sols dérivent d'alluvions et sont argileux.

La strate arborée est dominée par trois espèces qui se rencontrent fréquemment sur les sols compacts hydromorphes, à savoir Terminalia macroptera, Acacia seyal et Anogeissus leiocarpus. Cette unité diffère de celle de la vallée du Sénégal du fait de l'absence de Balanites aegyptiaca. Les autres espèces associées sont Combretum glutinosum, Sclerocarya birrea, Borassus aethiopicum et Adansonia digitata.

La strate arbustive de riche composition est dominée par Acacia seyal; Diospyros mespiliformis, Stereospermum kunthianum, Combretum glutinosum, Zizyphus mucronata; Guiera senegalensis (dans les friches) et Piliostigma reticulatum sont aussi présents.

Les principales graminées sont Andropogon gayanus, Schoenefeldia gracilis et Vetiveria nigriflora. Les espèces non graminéennes herbacées sont Borreria chaetocephala, Sclerocarpus africanus, Monechma ciliatum et Cassia obtusifolia.

Cette pâture est en général de mauvaise qualité; la quantité de biomasse produite est limitée et les graminées disparaissent rapidement pendant la saison sèche.

Unité cartographique Ed1

Cette steppe arborée représente l'extension sud de l'unité A11 (steppe arbustive); elle couvre les basses plaines qui descendent doucement vers le cours inférieur de la falémé. Les sols sont des lithosols et des sols hydromorphes argileux qui recouvrent des graviers et des latérites.

La végétation est plus riche et plus dense que celle de l'unité A11, car les précipitations annuelles moyennes y sont plus abondantes et l'intervention humaine plus limitée. Les arbres sont dominants quoique les arbustes soient aussi présents en groupes denses. Acacia seyal et Sterculia setigera co-dominent alors que Combretum glutinosum prévaut dans les formations dégradées. Sont associés Pterocarpus lucens, Lanea acida, Balanites aegyptiaca, Bombax costatum, Sclerocarya birrea, Anogeissus leiocarpus et Adansonia digitata. La strate arbustive est riche et hétérogène quoique Combretum glutinosum et Acacia seyal aient tendance à dominer. Les arbustes le plus fréquemment associés sont: Balanites aegyptiaca, Feretia apodanthera, Grewia bicolor, Combretum micranthum et Guiera senegalensis.

Le tapis herbacé, composé principalement de graminées est morcellé; la production de biomasse est toutefois suffisante pour fournir du fourrage tout au long de l'année. Les graminées les plus communes sont Andropogon pseudapricus, Schoenefeldia gracilis, Pennisetum pedicellatum et Loudetia togoensis. Parmi les espèces non graminéennes on compte Cassia nigriflora, Borreria ssp., Sclerocarya africana et Asparagus africanus.

La plupart de ces graminées sont fortement appréciées, conférant à cette pâture une bonne qualité.

Unité cartographique S17

Ce type de couverture correspond à une savane arborée d'origine anthropique qui succède aux défrichements de la végétation (unité BdH1) sur les hauteurs pour faire place aux cultures et à l'élimination de la végétation dans les vallées larges (unité BdF7). Cette unité occupe une surface très limitée et est associée à quelques peuplades dispersées sur l'ensemble du Sénégal Oriental. La plupart des zones cultivées entourent Kédougou et Fongolembi.

Beaucoup des arbres de grande taille ont été conservés dans les champs, le plus souvent à cause de leurs fruits ou de l'ombre qu'ils apportent. Il s'agit de Pterocarpus erinaceus, Ficus glumosa, Ficus platyphylla, Ficus gnaphalocarpa, Parkia biglobosa, Cordyla pinnata, Ostryoderris stuhlmannii et Terminalia macroptera. Des arbustes nombreux et variés se développent rapidement dans les jachères et les friches. Combretum glutinosum généralement domine et lui sont associés Cassia sieberiana, Ficus ssp., Parkia biglobosa, Jatropha curcas, Ancistrophyllum secundiflorum, Saba senegalensis, Piliostigma reticulatum, Acacia macrostachya, Terminalia avicennoïdes, Annona senegalensis, Combretum nigricans, Combretum micranthum et Ostryoderris stuhlmannii.

Les principales espèces herbacées sont Pennisetum pedicellatum, Andropogon pseudapricus, Borreria chaetocephala, Sclerocarpus africana, et Pandiaka heudelotii.

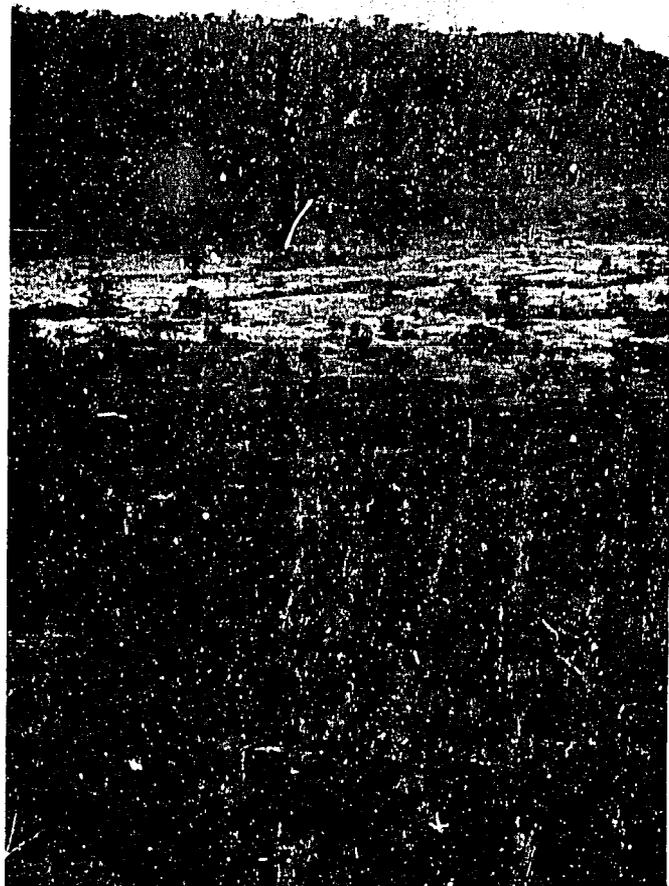


Fig. 5.39. Une vue de l'éparpillement des arbustes et des arbres de petite taille sur les collines et les buttes résiduelles entre Bakel et Kidira.

Unité cartographique B7

Cette couverture est une variante de celle de l'unité Bd8; elle couvre les collines formées à partir des grès plissés adjacents à la vallée de la Falémé. Les sols sont en général des lithosols et des sols gravillonnaires. La couverture ligneuse est légèrement moins dense que celle des plaines adjacentes, une conséquence de la faible aptitude des sols peu profonds à conserver leur humidité.

Cette savane boisée est caractérisée par Pterocarpus erinaceus, Pterocarpus lucens, Combretum nigricans, Sterculia setigera, Anogeissus leiocarpus, Combretum glutinosum, Adansonia digitata (rare), Bombax costatum, Lanea acida et Terminalia macroptera. Ces arbres couvrent 15 à 20% du sol et ont de 10 à 12 m de haut. L'étage arbustif est très hétérogène, quoique plusieurs espèces soient plus fréquentes: Combretum nigricans, Combretum glutinosum, Combretum micranthum, Strychnos spinosa. Feretia apodanthera, Grewia bicolor, Ximenea americana, Acacia polyacantha var. campylacantha sont présents mais moins fréquents.

Les graminées dominantes sont Loudetia togoensis (commune sur les sols gravillonnaires), Elionurus elegans, Andropogon pseudapricus et Pennisetum pedicellatum. Les espèces non graminéennes les plus fréquentes sont Borreria chaetocephala, Asparagus africanus et Hibiscus asper.

Les possibilités de pâturage y sont faibles à bonnes mais pratiquement limités à la saison des pluies.

Unité cartographique Bd8

Cette savane très boisée couvre les pentes et les plaines au nord de Dalafi; les sols peu évolués recouvrent des graviers et des latérites.

La strate arborée très hétérogène est caractérisée par Combretum nigricans, Bombax costatum, Combretum glutinosum, Sterculia setigera et Pterocarpus erinaceus. Les arbustes sont Strychnos spinosa, Grewia lasiodiscus, Dicrostachys glomerata, Hexalobus monopetalus, Piliostigma thonningii, Acacia macrostachya et Terminalia avicennoides. Les principales espèces herbacées sont Andropogon pseudapricus, Andropogon amplexans, Andropogon gayanus, Pennisetum subangustum, Borreria ssp., Sida alba et Urginea sp.

Alors que ce sous-bois forme un fourrage de bonne qualité pendant la saison des pluies, les graminées grossières deviennent peu appétissantes pendant la saison sèche.

Unité cartographique Bd10

Située dans le même complexe morphopédologique, cette unité continue l'unité précédente Bd8 au sud-ouest. L'influence des précipitations annuelles un peu plus abondantes sur la composition de la

végétation, est le principal facteur de différenciation des deux unités. Les espèces de type Soudano-Sahélien deviennent rares tandis que les espèces typiquement Soudanaises prévalent. Ces espèces caractéristiques sont Bombax costatum, Sterculia setigera, Daniellia oliveri, Pterocarpus erinaceus, Terminalia macroptera et Piliostigma reticulatum. Les arbustes et les espèces herbacées sont essentiellement celles composant l'unité Bd8, quoique plusieurs autres espèces additionnelles soient présentes, dont Daniellia oliveri et Oxytenanthera abyssinica.

Unités cartographiques B13 et Bd13

Ce type de couverture est associé aux vallées basses et larges qui se jettent dans la Falémé. La végétation est en général une savane boisée à épineux (B13) souvent dense (Bd13) qui pousse sur des sols compacts hydromorphes ou des vertisols. Ces vallées se rencontrent de Bakel jusqu'au milieu de la Falémé au nord de Kossanto. Les vallées du nord sont plus découvertes et lorsque la végétation y est dégradée, elle forme une steppe à arbustes épineux. Au sud les espèces de type Sahélien font place aux espèces de type Soudanais.

Acacia seyal est l'espèce dominante caractéristique des vallées septentrionales. Acacia senegal, Anogeissus leiocarpus, Adansonia digitata et Terminalia macroptera lui sont associés. Les acacias précédents et Zizyphus mauritiana, Piliostigma reticulatum (très commun), Combretum glutinosum, Combretum micranthum et Balanites aegyptiaca sont les arbustes les plus communs. Au sud les espèces d'acacias sont remplacées par Terminalia macroptera, Piliostigma thonningii et Mitragyna inermis.

Les graminées dominent la strate herbacée, en particulier Andropogon pseudapricus, Andropogon gayanus, Pennisetum pedicellatum et Schoenefeldia gracilis. Des espèces non graminéennes appartenant à divers genres sont associées aux graminées. Il s'agit de Zornia glochidiata, Hyptis specigera, Sida alba, Cassia obtusifolia, Ipomaea aegyptiaca, Monechma ciliatum, Jussiaea erecta, Sphaeranthus senegalensis et bien d'autres.

Cette unité est très variable en ce qui concerne la qualité du fourrage. Les pâtures sont en général bonnes pendant la saison des pluies, mais au nord les arbustes épineux denses rendent le tapis herbacé moins accessible.

Unité cartographique B14

Ce type de couverture couvre les collines, les montagnes peu élevées et les fortes pentes du Sénégal Oriental. Il est caractérisé par des lithosols recouvrant divers types de roches basiques et par des régosols bruns formés dans des matériaux parentaux variés. Les sols peu profonds et les conditions plus sèches tendent à limiter le développement de la formation végétale qui est plus clairsemée que celles des unités adjacentes. La composition ne diffère pas toutefois significativement des forêts Soudanaises hétérogènes couvrant les plaines et

les plateaux. Pterocarpus erinaceus (un peu moins commun que les autres), Terminalia macroptera, Sterculia setigera, Bombax costatum, Lannea acida (omniprésent mais non fréquent), Combretum glutinosum et Acacia dudgeoni sont les arbres caractéristiques. On trouve aussi quoique moins fréquemment Andansonia digitata, Cordyla pinnata, Parkia biglobosa, Steganotaenia araliacea et Acacia sieberiana. Les arbres couvrent 15 à 30% du sol et ont 6 à 10 m de haut. L'étage arbustif est très hétérogène. Les espèces les plus communes sont Combretum micranthum, Grewia mollis, Pterocarpus erinaceus, Strychnos spinosa, Dicrostachys glomerata, Combretum glutinosum, Acacia dudgeoni, Ximania americana, Hexalobus monopetalus, Anogeissus leiocarpus, Terminalia macroptera et Securidaca longipedunculata. Les grosses graminées du genre Andropogon dominant la strate herbacée en particulier Andropogon pseudapricus et Andropogon gayanus; Pennisetum subangustum, Andropogon amplexans et Cymbopogon giganteus sont présents mais moins fréquents. Parmi les nombreuses espèces non graminéennes, on trouve Lepidagathis capituliformis, Tephrosia ssp., Indigofera leptoclada, Corchorus olitorius et Sesbania leptoclada.

Les possibilités de pâtures sont plutôt limitées en raison du terrain accidenté et du peu d'appétence présentée par les graminées grossières après lignification. Les feux de brousse sont prédominants de novembre à mai.

Unité cartographique BdH1

Il s'agit du type de couverture dominant sur la majeure partie du Sénégal Oriental. Il consiste en un complexe de savanes boisées denses (Fig. 5.40) et de steppes herbacées clairsemées. Les dernières formations se développent sur les larges affleurements latéritiques dont les sols rouges et ferrugineux forment une cuirasse dure et impénétrable. Ces alios ferrugineux ou bowé limitent énormément le développement de la végétation ligneuse et sont couverts par des quantités variables de graminées pendant la saison des pluies. Des savanes boisées denses poussent sur les lithosols et les régosols de texture gravillonnaire qui souvent recouvrent les latérites.

Comme cela est typique de la végétation des forêts Soudanaises climax, ces savanes fortement boisées ont une composition hétérogène qui varie en densité en fonction de la structure du sol et de la profondeur à laquelle se trouve la cuirasse latéritique.

Les arbres sont typiquement Pterocarpus erinaceus (un peu moins commun que les autres), Bombax costatum, Lannea acida (omniprésent mais jamais très abondant) et Combretum glutinosum. Terminalia macroptera, Ostryoderris stuhlmannii, Combretum nigricans, Sterculia setigera, Afrormosia laxiflora, Cordyla pinnata, Acacia dudgeoni et Daniella oliveri (très localisé) constituent des associés largement dispersés. Les arbres couvrent 20 à 30% tandis que les arbustes ne couvrent que 15 à 20% du sol. Les arbres ont en moyenne 8 à 10 m de haut tandis que les arbustes n'ont que 2 à 4 m de haut. Combretum glutinosum a tendance à dominer un étage arbustif qui par ailleurs est très riche et très hétérogène sur le plan floristique. Les espèces

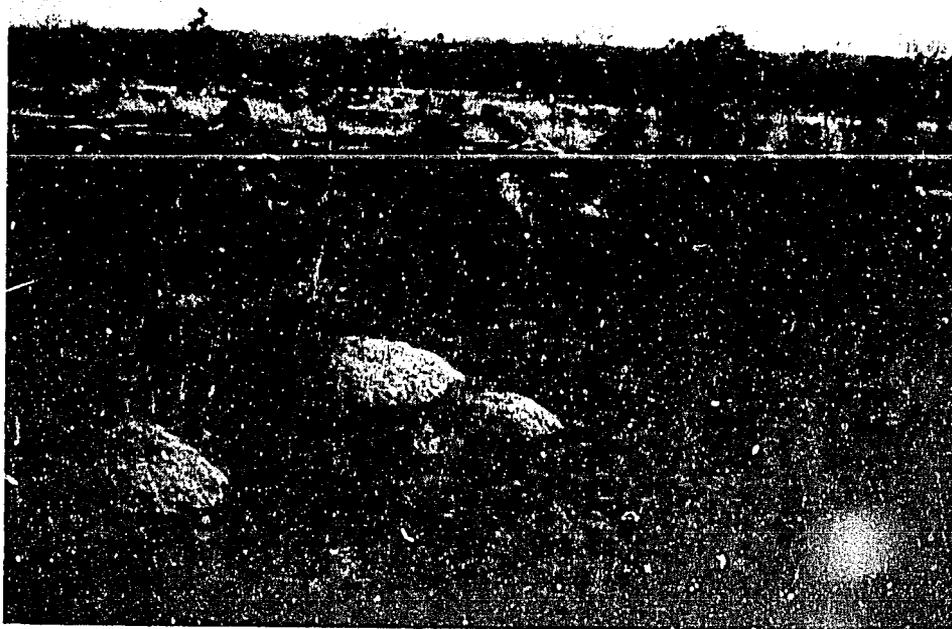


Fig. 5.40. Un exemple typique de bowal ou alios ferrugineux avec des termitières "champignon" près de Saraya au Sénégal Oriental. Ces surfaces sont couvertes d'une steppe herbacée mais leurs sols sont trop tassés pour la plupart des espèces ligneuses. Au loin l'on voit une savane boisée dense (unité BdH1).

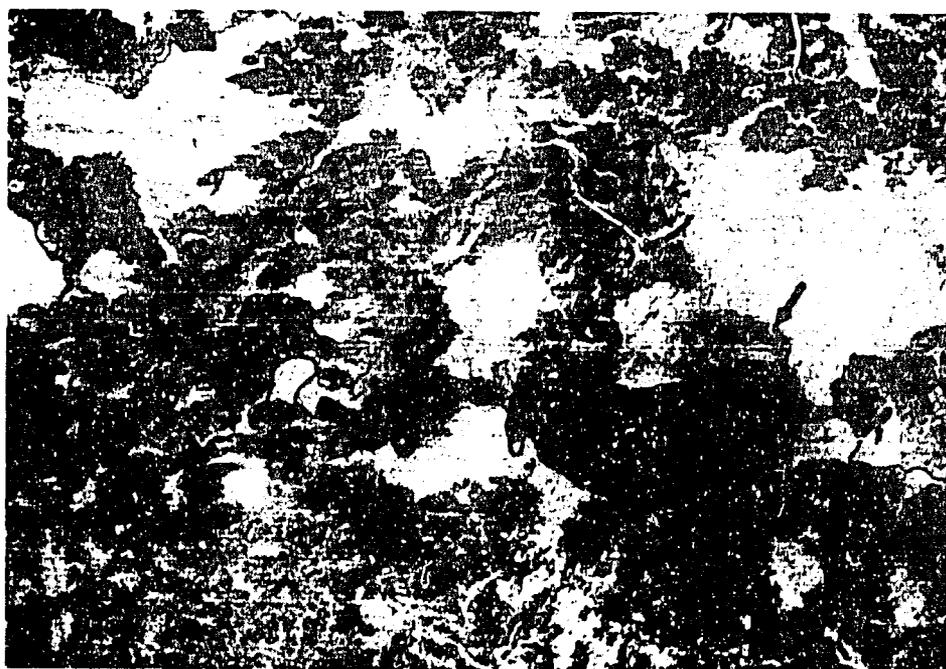


Fig. 5.41. Fraction d'une image Landsat, bande 7, couvrant la portion sud du Parc National du Niokolo-Koba (délimité par la Gambie). Les nombreuses taches noires correspondent aux régions où le sous bois de la savane boisée a brûlé. Les flèches indique l'emplacement d'un feu de brousse en voie de progression, un panache de fumée s'étend sur la gauche. Plus de 80% du sud du Sénégal brûle chaque année.

les plus caractéristiques sont Hexalobus monopetalus, Vitex madiensis, Strychnos spinosa, Lannea acida (juvénile), Pterocarpus erinaceus (juvénile), Bombax costatum (juvénile), Combretum nigricans, Combretum crotonoides, Hymenocardia acida, Acacia dudgeoni, Combretum micranthum, Ostryoderris stuhlmannii, Croseterix febrifuga et Annona senegalensis.

Le tapis herbacé qui au contraire des étages supérieurs n'est pas hétérogène est dominé par les grosses graminées. Les hautes plantes de la tribue des Andropogonées sont la règle, en particulier Andropogon amplexans, Andropogon pseudapricus et Andropogon gayanus tandis que dans certaines régions, indépendamment du type de sols, Ctenium villosum et Oxytenanthera abyssinica (bambou) forment des groupes denses; les nombreuses espèces non graminéennes qui forment un sous-étage herbacé plus court, sont Indigofera leptoclada, Tephrosia sp., Borreria ssp., Monechma ciliatum, Pandiaka heudelotii, Hibiscus asper, Asparagus africanus et Urginea sp.

Les bowé ou steppes herbacées s'étant développées sur les surfaces latéritiques cuirassées sont en général dépourvues d'élément ligneux. Des graminées et des espèces non graminéennes éparses peuvent pousser sur seulement les quelques centimètres de sol accumulés sur la cuirasse. Ces espèces sont Ctenium villosum et Andropogon pseudapricus et en particulier Lepidagathis capituliformis qui se rencontre exclusivement sur les bowé. La valeur en tant que pâturage des bowé est faible et est limitée à la saison des pluies.

Unité cartographique BdH2

Cette unité a une physionomie similaire à celle de l'unité précédente (BdH1). Elle en diffère par sa composition floristique et par ses sols qui ont tendance à être plus profonds et qui en général sont des vertisols hydromorphes reposant sur un horizon gravillonnaire.

Les strates arborée et arbustive sont hétérogènes et ont une composition un peu plus riche par comparaison à celle de l'unité BdH1. Daniellia oliveri, Vitex madiensis, Anogeissus leiocarpus et Ficus glumosa y sont plus fréquents. On renvoie à la description de l'unité BdH1 pour la liste des espèces d'arbres, d'arbustes ou herbacées caractéristiques.

Certaines régions ont été dégradées suite à l'intervention humaine. Les savanes arbustives et arborées où Combretum glutinosum devient dominant remplacent alors les savanes fortement boisées.

Les baobabs (Adansonia digitata) sont localement fréquents sur les collines à dolérites de la région de Ibel-Bandafassi. Cette unité est une importante source de bois de chauffage et de construction.

Unité cartographique BdF7

Ces savanes fortement boisées et ces forêts claires couvrent les sols hydromorphes argileux de la plus grande partie des réseaux hydrographiques du Sénégal Oriental. La végétation ripicole diffère de

façon significative de celle présente sur les hauteurs. Quelques espèces Guinéennes sont présentes et des espèces Soudanaises se rencontrent principalement sur les sols hydromorphes; elles forment un sous-bois plus dense.

Les espèces d'arbres caractéristiques sont Anogeissus leiocarpus, Pterocarpus erinaceus, Borassus aethiopicum, Lonchocarpus laxiflorus et Piliostigma thonningii. Mitragyna inermis, Celtis integrifolia, Daniellia oliveri, Bombax costatum, Diospyros mespiliformis, Elaeis guineensis, Khaya senegalensis et Terminalia macroptera sont présents mais moins fréquents. Les arbres couvrent en général 20 à 30% du sol. La composition de la strate arbustive est encore plus diverse; les formes juvéniles des arbres précédemment cités sont associées à Combretum glutinosum, Nauclea latifolia, Cassia sieberiana, Syzygium guineense, Ficus ssp., Combretum crotonoides et Acacia dudgeoni.

Comme sur les hauteurs, les grosses graminées en particulier Andropogon gayanus, Andropogon amplexans et Pennisetum subangustum dominent. Cassia obtusifolia est omniprésente sur les sols hydromorphes et constitue l'espèce non graminéenne herbacée dominante.

Cette unité est une importante source de bois et de fourrage et constitue aussi un habitat pour la vie sauvage dont la protection devrait être encouragée.

Unité cartographique G

Cette unité correspond aux forêts galeries de composition très variée et très riche. Elles occupent le fond des vallées profondes là où la nappe phréatique est présente à ou près de la surface. Cette formation est dense (les arbres couvrent 30 à 60% du sol) et crée un microclimat. Les arbres hydrophiles peuvent atteindre 30 m de haut. De plus des espèces Guinéennes sempervirens nombreuses sont présentes. Cette formation peut être distinguée des autres formations occupant des vallées sur l'imagerie Landsat grâce à la présence de cette biomasse toujours verte dans la strate arborée. Bien qu'aucune espèce ne paraît dominer, les espèces d'arbres caractéristiques sont Ficus capensis, Ficus gnaphalocarpa, Erythrophlaeum guineense, Piliostigma thonningii, Syzygium guineense, Elaeis guineensis, Khaya senegalensis, Parkia biglobosa, Terminalia macroptera, Ceiba pentandra et Cola cordifolia. Les arbustes sont Saba senegalensis, Mimosa pigra, Mitragyna inermis, Baisea multiflora, Nauclea latifolia et Raphia sudanica et d'autres.

Les graminées sont relativement rares sous l'épais couvert arbustif. Les quelques espèces qui sont présentes sont Panicum ssp., Andropogon gayanus (surtout sur les pentes) et Olyra latifolia. De nombreuses espèces herbacées non graminéennes, qui demandent à la fois de l'humidité et de l'ombre dominent cette strate herbacée; il s'agit de Lippia chevalieri, Hyptis suaveolens et plusieurs autres.

Unité cartographique FBH

Il s'agit d'une association complexe de forêts claires sèches, de savanes boisées et de steppes herbacées qui ont colonisé les sols gra-

villonnaires et sableux formés à partir des roches granitiques qui présentent souvent une cuirasse latérisée en surface (bowé). Cette unité se rencontre à l'extrême sud-est du Sénégal. La végétation est probablement proche de sa forme climax.

Cette unité est l'une des plus riches des forêts de type Soudanais, à la fois par la densité et la composition. La plupart des arbres ayant une valeur commerciale sont présents. Cette unité constitue aussi un important habitat pour la vie sauvage.

Les arbres caractéristiques sont Bombax costatum, Khaya senegalensis, Daniellia oliveri, Pterocarpus erinaceus, Vitex madiensis, Combretum glutinosum, Lannea acida, Azelia africana, Acacia dudgeoni, Afrormosia laxiflora, Parkia biglobosa, Terminalia macroptera et Cordyla pinnata. La couverture arborée varie entre 20 à 40% tandis que les arbustes couvrent 25 à 40% (si l'on exclut la végétation des "bowé").

L'étage arbustif est composé des formes juvéniles de nombreux arbres et de Hexalobus monopetalus, Grewia mollis, Combretum nigricans, Combretum crotonoides, Acacia macrostachya, Baissea multiflora, Hymenocardia acida, Strychnos spinosa, Securidaca longipedunculata, Detarium microcarpum et Ostryoderris stuhlmannii.

Pour les savanes boisées et les steppes herbacées des bowé la composition de la strate herbacée est similaire à celle de l'unité BdH1.

5.4.2.4 La Casamance

A. Caractéristiques Générales

L'originalité de la Casamance réside généralement dans son écologie particulière qui se démarque nettement de celle du reste du pays:

- humidité plus grande (précipitations généralement supérieures à 1000 mm; pluviosité utile égale ou supérieure à 120 jours; nombreux cours d'eau).
- végétation plus dense (appartenant aux régions Soudanienne et Guinéenne) quoique soumise aujourd'hui à de sévères défrichements.

L'enclave de la Gambia s'ajoute à cette région et présente un environnement écologique semblable à celui de la Casamance (Schéma national d'aménagement du territoire, 1984).

La majeure partie de la Casamance à l'exception du coin à l'extrême sud-est, est incluse dans les Domaines Soudanais et Soudano-Guinéen (Adam, 1966). Une large portion de la Casamance est couverte par une forêt claire sèche de type Soudanais et des forêts galeries bien définies au nord et à l'est. En Moyenne Casamance, les vallées deviennent plus larges et moins profondes et la végétation prend un aspect Guinéen en particulier comme Elaeis guineensis commence à dominer sur les berges. Dans les vallées humides une prairie marécageuse se développe et est souvent composée par du riz des marais.

La moitié nord de la Basse Casamance est extrêmement variée. La végétation de type Guinéen prévaut, une conséquence des précipitations plus abondantes et de la faible profondeur de la nappe phréatique. Les forêts sèches Soudanaises sont limitées aux hauteurs, là où la nappe phréatique est trop profonde pour influencer la végétation. De nombreuses formations azonales sont présentes, en particulier des mangroves qui ressemblent à celles des estuaires du Saloum. Elles couvrent les berges des fleuves Gambie et Casamance, jusqu'à 150 km à l'intérieur des terres pour la Gambie et aussi loin que Sédhiou en remontant la Casamance.

B. Les Types de Couverture

Unité cartographique VP

Cette unité couvre les plaines d'inondation de la Gambie et de la Koulountou. Elle consiste en une mosaïque de savanes arbustives, de savanes à hautes graminées sur les tannes et de prairies marécageuses dans les nombreuses zones temporairement inondées. Une étroite bande de végétation, dense, ripicole et sempervirens borde les berges (qui n'a pas été cartographiée séparément). Des espèces adaptées à un régime unique de courtes inondations suivies par des mois de sécheresse sont présentes (Fig. 5.42).

Les hautes graminées du genre Andropogon dominent dans les plaines d'inondation, en particulier Andropogon gayanus. Ses associées les plus communes sont Pennisetum subangustum et Pennisetum pedicellatum. Cette savane peut s'accompagner d'un étage arbustif dont la composition varie en fonction de la durée des inondations et de la persistance du taux d'humidité des sols. Elle comprend une gamme d'espèces allant du type Guinéen au type Sahélien. Combretum glutinosum est fréquent dans les zones dégradées par les feux. De nombreuses autres espèces sont présentes: Piliostigma reticulatum, Piliostigma thonningii, Mitragyna inermis, Cassia sieberiana, Dicrostachys glomerata, Saba senegalensis, et des formes juvéniles de Borassus aethiopium. Limitée aux berges la couverture arborée dense a une composition similaire à celle des forêts galeries. Les espèces caractéristiques sont Cola laurifolia, Borassus aethiopium, Erythrophlaeum guineense, Detarium senegalense, Garcinia livingstonii, Diospyros mespiliformis, Syzygium guineense, Diospyros elliotii et Christiana africana.

Les prairies marécageuses sont très diverses, elles varient en fonction de la profondeur des dépressions et de la durée des inondations. Elles sont dominées par les Cypéracées ou Graminées hydrophiles, dont Heleocharis plantaginea, Oryza ssp., Brachiaria mutica et Cyperus articulatus.

Cette unité constitue un important habitat de la vie sauvage, en particulier pendant la saison sèche quand les nombreux animaux sauvages se regroupent là pour consommer la végétation des prairies.

Unité cartographique S16

Cette savane arborée est le résultat du déboisement des forêts couvrant les plateaux et les vallées entrepris pour faire place à



Fig. 5.42. La végétation ripicole du fleuve Gambie forme une bande étroite et dense le long des berges. Localisation: Gué de Wassadou au nord du Parc National du Niokolo-Koba.

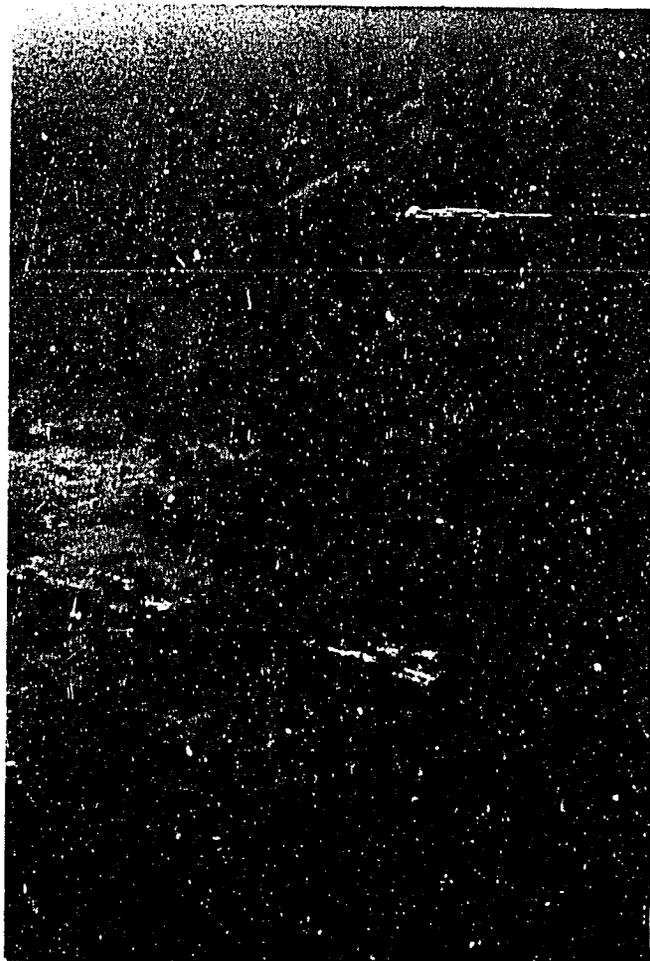


Fig. 5.43. Vue aérienne des terres cultivées (unité S16) au sein des forêts de Moyenne Casamance (unité BdF2). La forêt présentée sur cette photographie fait partie de la Forêt de Pata. Les terres cultivées sont en voie d'expansion rapide aux dépens des forêts occupant les hauteurs. Altitude 600 m; 17 septembre 1984.

diverses cultures (Fig. 5 43). Les champs cultivés sont en général situés dans les zones Soudanaises de la Haute et Moyenne Casamance. Comme dans d'autres régions, certains arbres sont préservés dans les champs. Dans les champs sur les plateaux, parmi les espèces restes de l'ancienne forêt, on compte Pterocarpus erinaceus (dominant), Parkia biglobosa, Prosopis africanus, Cordyla pinnata et Combretum glutinosum. Une gamme variée d'arbustes envahit les jachères et les friches. Les premiers rejets sont des Combretum glutinosum, ICACINA senegalensis et ANNONA senegalensis. Plus tard de nombreuses espèces composant les forêts Soudanaises apparaissent. Il s'agit de Piliostigma thonningii, Terminalia macroptera, Terminalia laxiflora, Daniellia oliveri, Dicrostachys glomerata et d'autres. Les graminées dominent la strate herbacée, les espèces des genres Andropogon et Pennisetum prévalent.

Les savanes arborées des vallées cultivées comprennent des espèces hydrophyles et mésophyles typiques de la région, à savoir Parkia biglobosa, Terminalia macroptera, Daniellia oliveri, Piliostigma thonningii, Ficus gnaphalocarpa, Cola cordifolia et Khaya senegalensis. La strate arbustive compte beaucoup de formes juvéniles des arbres précédemment cités. La strate herbacée est dominée par les genres Andropogon et Cyperus.

Aux cultures du mil et des arachides sur les plateaux s'ajoute celle du coton depuis le début des années 60. Le climat de la Haute Casamance est favorable à la culture du coton et la région fournit plus de la moitié de la production nationale de coton.

Unité cartographique S18

Comme l'unité précédente, cette unité résulte des activités de déboisement des forêts couvrant plateaux et vallées mises en oeuvre pour faire place aux cultures. Cette unité se situe essentiellement à l'intérieur du Domaine Soudano-Guinéen et est entourée par des forêts plus denses.

Les arbres épars qui se sont maintenus dans les champs sur les plateaux, sont des Parkia biglobosa, Khaya senegalensis, Ficus glumosa (dominants) et des Daniellia oliveri, Pterocarpus erinaceus, Cordyla pinnata, Terminalia macroptera, Adansonia digitata et Prosopis africanus. Les arbustes apparaissent dans les jachères et les friches. Il s'agit des espèces précédentes et en plus de Cassia sieberiana, Annona senegalensis, Dicrostachys glomerata, ICACINA senegalensis, Piliostigma thonningii, Guiera senegalensis et Lannea vellutina.

Le tapis herbacé est composé de Eragrostis tremula, Pennisetum subangustum, Pennisetum pedicellatum et Andropogon gayanus. Parmi les nombreuses espèces herbacées non graminéennes qui envahissent les jachères, on compte Alysicarpus ovalifolius, Sida alba, Hyptis suaveolens, Tephrosia linearis, Cassia obtusifolia et Sesbania pachycarpa.

Une association légèrement différente couvre les pentes peu élevées et les vallées. En plus des arbres précédents on trouve Ficus glumosa,

guineensis. La composition des étages herbacé et arbustif est aussi différente mais les données n'ont pas été rassemblées. Les champs sur les plateaux entretenus par les hommes, sont cultivés en alternance sous arachides et sous mil. L'introduction du coton et des variétés de riz non irriguées est récente. Les vallées sont réservées à la culture du riz où les femmes ont la responsabilité du repiquage, du désherbage, de la surveillance de l'inondation et de la récolte.

Unité cartographique SP

Ce complexe de savane arborée et de prairie marécageuse est situé dans la moyenne vallée du Soungrougrou; il couvre les sols hydromorphes à gley salé de la plaine d'inondation. Cette unité a un caractère unique dû au fait que de nombreux arbres ont été conservés dans les champs de riz. Ces arbres sont Mitragyna inermis (très commun), Khaya senegalensis, Elaeis guineensis, Parkia biglobosa, Aphania senegalensis et Lannea vellutina. Les arbustes et arbres de moindre taille sont Cordia nyxa, Piliostigma reticulatum, Nauclera latifolia, Saba senegalensis et d'autres associés.

Quelques espèces herbacées éparses poussent dans les champs de riz en jachère; il s'agit de Vetiveria nigritana, Imperata cylindrica, Alysicarpus ovalifolius et Hyptis specigera. La culture du riz est la seule pratiquée dans cette unité.

Unité cartographique SBd3

Ce complexe de savanes arborées et de savanes fortement boisées se situe à l'intérieur du bassin de l'Anambé en Haute Casamance. Il couvre les sols hydromorphes qui en général reposent sur des dépôts latéritiques. Le couvert végétal naturel a tendance à être dense pour la majorité de ce bassin, à l'exception des parties basses inondables où ne pousse qu'une savane arborée ou une savane herbacée. L'arbre le plus caractéristique est Daniellia oliveri qui croît en groupes relativement denses indépendamment, semble-t-il, du type de sol. Sont communément présents Terminalia macroptera, Parkia biglobosa, Pterocarpus erinaceus, Khaya senegalensis et Combretum glutinosum. Les arbustes sont Piliostigma reticulatum, Dicrostachys glomerata, Cardenia erubescens, Vitex madiensis, Hexalobus monopetalus et d'autres espèces associées moins communes.

Les espèces herbacées sont Andropogon gayanus, Andropogon amplexans, Borreria ssp. et Indigofera capitata.

Unité cartographique BdF1

Cette formation varie d'une savane très boisée à une forêt claire sèche. Elle couvre la plupart des secteurs nord de la Haute et de Moyenne Casamance. Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés, ayant une texture sableuse à argilo-sableuse qui recouvrent des graviers ou des latérites.

Sur les plateaux, cette forêt claire de type Soudanais est caractérisée par des groupements souvent denses de Oxytenanthera abyssinica (bambous) qui peuvent former des fourrés et qui dominent l'étage arbustif.

La végétation ligneuse couvre de 40 à 80% du sol, l'étage supérieur assurant environ la moitié du couvert. Les arbres caractéristiques le plus souvent associés sont Bombax costatum, Cordyla pinnata, Terminalia macroptera, Combretum glutinosum, Pterocarpus erinaceus, Prosopis africana, Burkea africana, Lanea velutina, Parkia biglobosa, Sterculia setigera. Lanea acida, Daniellia oliveri, Afrormosia laxiflora et Afzelia africana sont présents mais rarement fréquents. Dans le sous-bois ligneux on trouve Acacia macrostachya, Strychnos spinosa, Combretum nigricans, Combretum glutinosum, Combretum micranthum, Annona senegalensis, Hannoa undulata, Baissea multiflora, Hexalobus monopetalus, Ostryoderris stuhlmannii, Terminalia avicennoides et des formes juvéniles d'arbres.

Mis à part Oxytenanthera abyssinica, qui peut se présenter sous forme de bouquets denses localisés, Andropogon ssp. et Pennisetum subangustum dominant le couvert graminéen. Borreria ssp., Ipomaea ssp., Desmodium velutinum et Sida alba composent la strate herbacée non graminéenne.

Les pâtures peuvent être consommées tout au long de l'année quoiqu'elles soient souvent détruites par le feu. Cordyla pinnata, Pterocarpus erinaceus, Daniellia oliveri et Bombax costatum ont une excellente valeur commerciale. Ces arbres doivent cependant être protégés contre la surexploitation.

Unité cartographique BdF2

Cette unité va de la savane très boisée à la forêt claire sèche, et couvre les plateaux de la Haute et de la Moyenne Casamance qui ont en général des sols gravillonnaires et/ou peu profonds. Les arbres couvrent en général 30 à 50% du sol soit plus que les arbustes couvrant 20 à 30% du sol. Les arbres ont en moyenne 10 à 15 m de haut, les principales espèces caractéristiques étant Pterocarpus erinaceus, Terminalia macroptera, Bombax costatum et Cordyla pinnata. Sont associés Combretum glutinosum (omniprésent), Sterculia setigera, Lanea acida, Lanea velutina et Daniellia oliveri. La couverture arbustive tend à être dominée par la famille des Combretacées. Combretum glutinosum (dominant), Combretum nigricans, Combretum geitonophyllum, Combretum micranthum et Combretum crotonoides. Le sous-bois arbustif est aussi caractérisé par Vitex madiensis (commun), Terminalia macroptera, Strychnos spinosa, Hexalobus monopetalus, Annona senegalensis, Hymenocardia acida, Crosseterix febrifuga et Securidaca longipedunculata.

Dans les nombreuses dépressions dispersées à travers le plateau, poussent Mitragyna inermis, Saba senegalensis ainsi que d'autres espèces hydrophyles.

Le tapis herbacé est dominé par Pennisetum subangustum, Pennisetum pedicellatum, Andropogon amplexans et Andropogon pseudapricus.

Poussant au milieu de ces hautes graminées on trouve Borreria chaetoccephala, Cochlospermum tinctorium, Hyptis suaveolens et beaucoup d'autres.

Ces forêts représentent une importante ressource qui va en diminuant rapidement comme les déboisements à des fins agricoles et les dégradations par les incendies se font plus intenses.

Unité cartographique BdF3

Composée d'une savane boisée et d'une forêt claire sèche, cette unité côtoie à l'ouest les unités BdF1 et BdF2 sur les hauteurs du centre de la Moyenne Casamance. Les sols sont peu évolués, tropicaux, ferrugineux, lessivés. Elle est comprise à l'intérieur du Domaine Soudano-Guinéen et par conséquent les précipitations y sont plus abondantes que celles des unités précédentes (BdF1 et BdF2). Le groupement végétal s'est en général mieux conservé et peut être considéré comme un climax (Boudet et al, 1970).

L'étage supérieur est hétérogène. Pterocarpus erinaceus y devient moins commun qu'à l'est et Cordyla pinnata, Bombax costatum, Ostryoderris stuhlmannii, Combretum glutinosum, Azelia africana, Terminalia macroptera et Hexalobus monopetalus (qui est plus grand qu'à l'est) sont les associés les plus communs. Le sous-bois ligneux, un peu moins dense que la strate supérieure, est dominé par Combretum nigricans, les associés les plus communs étant Croseterix febrifuga, Acacia macrostachya, Grewia lasiodiscus, Lanea velutina, Vitex madiensis, Hexalobus monopetalus et les formes juvéniles des arbres précédemment cités. Les graminées dominent la strate herbacée de composition semblable à celle de l'unité BdF2.

Le déboisement est considérable, surtout de part et d'autre du marigot Soungrougou et les forêts sont en régression tandis que les cultures sont en expansion sur le plateau.

Unité cartographique BF5

Ce complexe de savanes boisées et de forêts couvre les sols hydro-morphes des vallées de la Haute Casamance. Au contraire des forêts galeries de cette région, le substratum en général perd son humidité pendant la saison sèche. Cette perte de l'humidité est apparente dans la végétation composée essentiellement d'espèces Soudanaises à feuilles caduques. Sur les images Landsat de la saison sèche ces formations se distinguent facilement des formations plus humides, toujours vertes des forêts galeries.

L'étage supérieur couvre de 20 à 40% du sol. Il est composé de Pterocarpus erinaceus, Terminalia macroptera, Daniellia oliveri, Khaya senegalensis, Parkia biglobosa, Bombax costatum, Terminalia laxiflora, et Ficus ssp. L'étage arbustif est moins dense et comprend Piliostigma thonningii, Mitragyna inermis (dans le fond des vallées), Acacia sieberiana, Terminalia ssp., Combretum glutinosum, Dicrostachys glomerata, Nauclea latifolia et Gardenia ternifolia. Oxytenanthera abyssinica peut être présent sur les pentes faibles souvent sous forme

de groupes denses. Andropogon gayanus et Pennisetum subangustum dominent l'étage herbacé. Parmi les nombreuses espèces non graminéennes présentes, on compte Tephrosia linearis, Indigofera ssp., Hyptis suaveolens et Cassia nigricans.

Ces formations sont en général les premières à être détruites par les hommes pour faire place aux cultures notamment celles occupant les vallées les plus larges. Les pâtures sont bonnes tout au long de l'année.

Unité cartographique BFh6

Cette unité se rencontre surtout en Moyenne Casamance, là où les vallées deviennent relativement larges et peu profondes et sont inondées périodiquement. Plusieurs formations peuvent être présentes; sur les pentes faibles plus élevées pousse une savane boisée qui ressemble à celle de l'unité BF5, tandis que les pentes moins élevées sont couvertes par une forêt ripicole humide et sempervirens. Entre la végétation ripicole bordant les vallées poussent les prairies marécageuses dont beaucoup ont été remplacées par des champs de riz (Figs. 5.44 et 5.45).

Les associations ripicoles ont un aspect Guinéen surprenant, avec des arbres atteignant 15 à 20 m haut. Peut-être le plus caractéristique de ces arbres est le palmier à huile, Elaeis guineensis, qui pousse le long des pentes des vallées peu élevées. Sont communément associés Erythrophlaeum guineense, Daniellia oliveri, Pterocarpus erinaceus, Parkia biglobosa, Terminalia macroptera, Syzygium guineense, Khaya senegalensis, Ficus gnaphalocarpa, Ficus glumosa, Detarium microcarpum, Anthostema senegalense, Cola cordifolia, Azzeria africana et Mitragyna stipulosa. Le sous-bois arbustif est encore plus riche sur le plan floristique, il est composé de Nauclea latifolia, Piliostigma thonningii, Ficus capensis, Syzygium guineense, Elaeis guineensis, Saba senegalensis, Terminalia avicennoides, Anthostema senegalense, Mimosa pigra, Icacina senegalensis et d'autres associés moins communs.

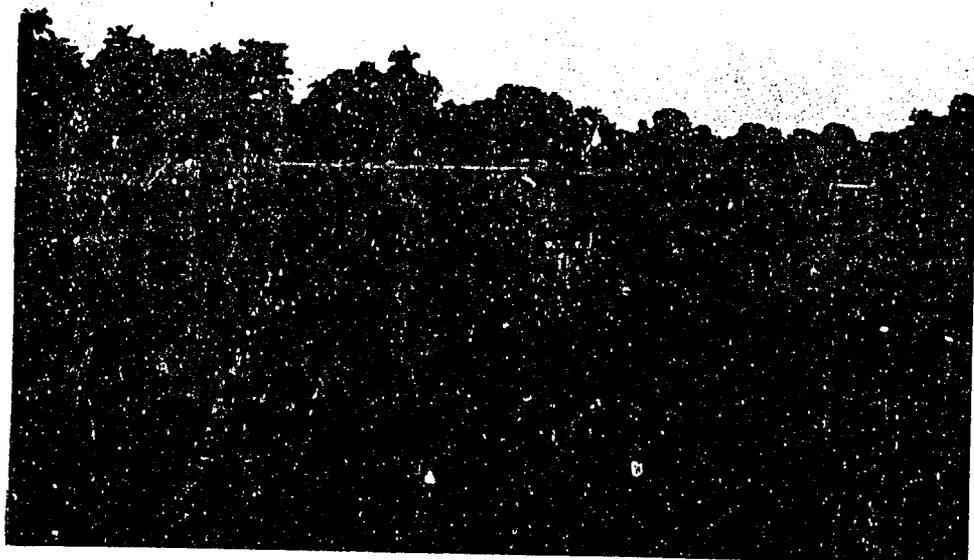
Le sous-bois herbacé est couramment dominé par Pennisetum subangustum, Andropogon gayanus et Vetiveria nigriflora. Les espèces herbacées non graminéennes sont Hyptis suaveolens, Hyptis specigera, Urena lobata et de nombreux autres genres.

Les fonds de vallées sont le domaine des plantes aquatiques et des graminées. Si les inondations saisonnières ont moins de 50 cm de profondeur, Brachiaria mutica et Echinochloa pyramidalis dominent. Si la profondeur de l'eau est plus élevée, alors Oryza longistaminata est présent (Boudet et al, 1970).

Les terres sont d'abord utilisées pour la culture du riz (paddy). Les prairies aquatiques fournissent un bon fourrage pour le bétail pendant la saison sèche. La majorité de la végétation ripicole observée, était bien dégradée, une conséquence de la surexploitation des ressources en bois.



Figs. 5.44 et 5.45. Vue en saison humide et sèche d'une large vallée, peu profonde, typique de Moyenne Casamance. Les berges sont bordées par une forêt humide sempervirens ripicole, où dominent souvent les palmiers tandis qu'une prairie marécageuse recouvre le fond de la vallée à moins qu'il ne soit cultivé en riz (saison pluvieuse). Il faut noter la disparition des grands arbres sur la gauche. Situation géographique: juste à l'est de Tanaff; 4 octobre 1982 et 23 mai 1984.



Unité cartographique F2

Cette forêt Soudano-Guinéenne domine sur les plateaux du sud de la Casamance, s'étendant depuis le socle précambrien à l'extrême est jusqu'au marigot Soungrougrou à l'ouest. Les précipitations annuelles varient entre 1300 et 1500 mm (avant la sécheresse) et les sols sont relativement denses et légèrement ferrallitiques, de texture sablo-argileuse à argilo-sableuse.

Cette formation végétale est de manière significative plus dense et plus haute que celles des régions boisées du nord, une conséquence directe des précipitations plus élevées. La végétation peut être considérée comme un climax aux endroits où les hommes n'ont pas sérieusement exploité ses ressources.

De grands arbres caractérisent cette formation. Les plus communs sont Cordyla pinnata, Bombax costatum, Parkia biglobosa, Combretum nigricans, Prosopis africana, Pterocarpus erinaceus (moins commun dans le sud-ouest), Daniellia oliveri, Terminalia macroptera et moins fréquemment on trouve Azelia africana, Ficus glumosa, Combretum glutinosum, Burkea africana et Albizzia ssp. Les arbres couvrent de 20 à 60% du sol et ont 15 à 20 m de haut. Le sous-bois arbustif couvre 20 à 30% du sol. Il a une composition floristique très riche. Les associés les plus communs sont Combretum nigricans, Terminalia macroptera, Lanea velutina, Holarrhena floribunda, Gardenia sp., Hexalobus monopetalus, Detarium microcarpum, Annona senegalensis, Hannoa undulata et Ostryoderris stuhlmannii.

Pennisetum pedicellatum, Pennisetum subangustum et Andropogon amplexans dominent là où les arbres sont plus clairsemés. Dans les zones plus ombragées, les graminées sont Paspalum auriculatum, Oplismenus burmannii et Schizachyrium brevifolium (Boudet et al, 1970). Associées aux graminées on trouve de nombreuses espèces herbacées non graminéennes, telles Aspilia africana, Dioscorea prehensilis, Commelina sp., et Ipomaea argentaureata.

Unité cartographique F3

Cette forêt claire sèche de type Soudano-Guinéen a colonisé les plateaux du nord de la Basse Casamance et le sud-ouest de la Gambie. Les sols sont relativement profonds, légèrement ferrallitiques et de texture argileuse à sableuse. Cette association diffère légèrement des forêts présentes sur le plateau à l'est par un aspect Guinéen plus accentué qui résulte en partie du climat maritime. La formation tend à être dense approchant celle d'une forêt dense et les ligneux couvrent de 70 à 80% (l'étage supérieur assurant 50 à 60%) de la couverture, les arbres ayant en moyenne 15 m de haut.

Tandis que nulle espèce ne domine, on a pu identifier les associés les plus communs: Daniellia oliveri, Hannoa undulata, Ostryoderris stuhlmannii, Pterocarpus erinaceus. Les associés moins communs sont Terminalia macroptera, Parkia biglobosa, Cola cordifolia, Detarium senegalensis, Erythrophlaeum guineense et Dialium guineense. Le sous-étage ligneux est très hétérogène, composé de Combretum nigricans,

Lanea velutina, Annona senegalensis, Hannoa undulata, Saba senegalensis, Acacia macrostachya et Cassia sieberiana.

Les grosses graminées dominent le sous-étage herbacé, en particulier Andropogon gyanus et Andropogon amplexans. Parmi les espèces non graminéennes herbacées on compte Asparagus africana, Smilax kraussiana, Commelina sp. et Desmodium velutinum.

Comme cela est typique des forêts Soudano-Guinéennes des plateaux, la plus grande partie de la couverture herbacée est brûlée pendant la saison sèche ce qui maintient cette formation dans un état beaucoup plus clairsemé que celui que l'on attend d'une formation climax.

Cette formation ne paraît pas représenter une végétation climax mais plutôt une formation secondaire. Il est difficile de déterminer si elle s'est développée sur les zones défrichées abandonnées depuis longtemps ou si elle représente une dégradation lente de la forêt climax.

Unité cartographique J

Cette forêt secondaire dérive des forêts composées d'arbres à feuilles persistantes qui jadis recouvraient la plus grande partie de la Basse Casamance. Pendant des siècles et en particulier au cours des dernières décennies, cette formation sur le plateau entre Bignona, Tionk Essil et Tabor a succombé sous la hache, les feux et la sécheresse. De nombreuses espèces Soudanaises ont envahi les zones défrichées, poussant à côté des espèces Guinéennes. Il en résulte une physionomie hétérogène qui présente des zones plus densément boisées pouvant correspondre à la forêt climax telle la forêt classée de Tendouk et des zones plus ouvertes correspondant à des formations secondaires qui se sont développées sur les anciens défrichements.

Les arbres caractéristiques de cette formation secondaire sont Daniellia oliveri, Ceiba pentandra, Erythrophlaeum guineense, Khaya senegalensis, Cola cordifolia, Parinari excelsa et Parkia biglobosa. Ils couvrent de 30 à 60% du sol tandis que le sous-bois ligneux couvre de 5 à 30%. Le sous bois est très hétérogène; il est formé de nombreuses espèces de Combretum et de Uvaria chamae, Elaeis guineensis, Moghania faginea, Cassia sieberiana, Hannoa undulata, Lanea acida, Lanea velutina et Afrormosia laxiflora.

La couverture herbacée est composée de diverses espèces annuelles et perennes, à savoir Andropogon sp., Pobeguinea arrecta, Olyra latifolia, Urena lobata, Hyptis suaveolens et Ipomaea azarifolia.

Au voisinage des villages de nombreux petits défrichements sont présents sur lesquels on cultive les arachides, le mil ou le riz. Les friches se sont souvent développées en fourrés impénétrables d'où émergent de grands arbres.

Unité cartographique Fh5

Cette forêt claire humide occupe les vastes vallées peu profondes du nord de la Basse Casamance et se développe sur des alluvions et

colluvions hydromorphes. Elle est bordée sur les hauteurs par les forêts sèches à caractère Soudanais qui forment une ceinture de végétation de chaque côté des vallées. Les fonds de vallées sont peu densément couverts; ils supportent des prairies marécageuses ou sont plantés en riz.

Sur les sols plus secs des pentes des vallées poussent de grands arbres de type Guinéen ou Soudano-Guinéen. Il s'agit de Daniellia oliveri, Khaya senegalensis, Pterocarpus erinaceus, Piliostigma thon-nigii, Elaeis guineensis (sur les pentes plus basses), Cola cordifolia, Terminalia macroptera, Prosopis africana, Ficus ssp. et Bombax costatum. Les arbres couvrent 40% du sol et les deux tiers sont des géants atteignant 15 à 25 m de haut. Les arbres de plus petite taille ont en général 5 à 10 m de haut et les arbustes constituent un quatrième étage ayant moins de 5 m de haut. Les strates sont composées de Acacia macrostachya, Saba senegalensis, Hannoa undulata, Annona senegalensis, Ostryderris stuhlmannii, Combretum micranthum, Allophyllus africanus et Ficus capensis.

L'étage herbacé comprends Andropogon giganteus, A. gayanus, Moghania faginea, Commelina sp. et Crinum sanderianum.

Les prairies marécageuses des fonds de vallées sont essentiellement semblables à celles décrites dans l'unité BFh6. Elles constituent une excellente pâture de saison sèche.

Unité cartographique T3

Cette unité occupe les prairies marécageuses de la Moyenne Casamance qui ont été remplacées en de nombreuses régions par des tannes ou zones plates salées dont les sols sont devenus de plus en plus salés au cours du dernier cycle de sécheresse.

Une couverture très clairsemée et discontinue, est formée des espèces halophyles Scirpus littoralis, Paspalum vaginatum, Phloxeris vermicularis et Sesuvium sp. (Adam, 1961).

La plupart de ces tannes sont et ont été utilisés pour la culture du riz bien que beaucoup aient été abandonnés à cause de la salinité croissante. De nombreuses digues ont été construites afin d'empêcher l'eau salée d'atteindre les paddies. Elles servent aussi à stocker l'eau de pluie.

Unité cartographique TP

Ce type de couverture correspond à une mosaïque de tannes présentant leur couverture discontinue d'halophytes, de prairies marécageuses qui occupent le fond des vallées et à un degré moindre de mangroves qui bordent les estuaires et les canaux. Il faut se référer aux unités T3, FhL et II pour les descriptions complètes.

Unité cartographique XP

Il s'agit d'un complexe de prairies marécageuses et de vasières dénudées qui ont très peu ou pas de végétation. La plus grande partie

de cette unité était récemment couverte de mangroves qui ont succombé à la sécheresse, à l'augmentation de la salinité et aux feux très dévastateurs.

Le tapis herbacé est le plus souvent composé de Paspalum scrobiculatum, Paspalum vaginatum, Oryza ssp., Heleocharis mutata, Sesuvium portulacastrum, Borreria verticillata, Philoxerus vermicularis et Scirpus maritimus. Les arbres et les arbustes sont généralement absents, quoique quelques restes des mangroves initiales subsistent à l'occasion dans les marais sujets aux marées. Mais ces individus sont ou fortement stressés ou morts.



Fig. 5.46. Vue aérienne d'une région à l'ouest de Séléki montrant un complexe de cultures de riz irriguées, de mangroves et de marécages dénudés soumis aux marées. Altitude 500 m. 17 septembre 1984.

5.4.3 La Région Phytogéographique Guinéenne

La vraie Région Phytogéographique Guinéenne se rencontre seulement à l'extrême sud-ouest du Sénégal, quoique les caractéristiques de cette région commencent à se manifester dans le Domaine Soudano-Guinéen avec l'apparition de Elaeis guineensis et le développement de forêts galeries ayant une affinité Guinéenne. C'est la zone des forêts denses composées d'arbres à feuilles semi-caduques. Leur zone d'extension a été réduite aux quelques communautés restantes suite aux défrichements généralisés entrepris pour faire place aux cultures de riz, manioc et des arachides.

Comme J.P. Adam (1966) l'a définie, la Région Guinéenne prévaut dans les zones recevant plus de 1500 mm de pluies par an; le centre de la Région Guinéenne correspond à un niveau de précipitations annuelles supérieur à 1800 mm.

Le Domaine Guinéo-Soudanais (1500 à 1800 mm) assure la transition; il s'étend approximativement au sud du cours inférieur de la Casamance tandis que le Domain Guinéen central commence au sud de Oussouye.

En dépit des fortes précipitations, cette région a une saison sèche clairement délimitée qui dure 7 à 8 mois et qui la distingue de la Région Equatoriale Africaine. La végétation luxuriante et dense de la Basse Casamance doit son existence en partie à l'eau douce souterraine présente juste sous la surface. A. Aubreville (1984) fait l'hypothèse que cette forêt demi-sèche à Parinari et Erythrophlaeum s'étendait jadis depuis l'océan jusqu'au marigot de Marsassoum. La plupart des formations forestières actuelles représentent des formes plus au moins dégradées ou reconstruites de la forêt primitive qui a été détruite par les feux et les déforestations (Pélissier, 1966).

La composition de ces groupements forestiers reliques ou reconstitués n'est jamais homogène, ni ne comprend de strate arborée clairement définie. Tandis que la hauteur moyenne est 18 à 20 m, les arbres les plus hauts peuvent atteindre 30 m. Le couvert forestier est généralement dense et fermé et possède un sous-bois hétérogène et luxuriant. Souvent peu développé l'étage herbacé est dominé par de graminées grossières non pyrophitiques.

Les palmeraies qui caractérisent les basses terres et les pentes de la Basse Casamance résultent de l'intervention humaine systématique et prolongée (Pélissier, 1966). Elles sont le résultat d'un système d'utilisation des terres dans lequel l'homme préserve et maintient de façon sélective des groupements relativement homogènes.

La végétation naturelle des estuaires et des marais soumis aux marées contraste avec la végétation du plateau par son homogénéité tant du point de vue de la structure que de la composition. Ces types azonaux correspondent aux mangroves et aux prairies.

5.4.3.1 La Casamance

A. Caractéristiques générales

Ce qui suit est une description des types de couverture qui sont présents dans les Domaines Guinéo-Soudanais et Guinéen dans l'environnement écogéographique de la Casamance (décrit précédemment comme faisant partie de la Région Soudanaise).

B. Types de couverture

Unité cartographique S19

Cette savane anthropique arborée couvre le bas plateau de la Basse Casamance. Elle se détache de la couverture forestière dense. Comme

pour la plupart des savanes arborées d'origine anthropique au Sénégal, ces régions correspondent à des champs en jachère et en friche et à des cultures (Fig. 5.47). Les sols sont légèrement ferrallitiques, variant des argiles sableuses aux sables argileux et recouvrant les grès du "Continental Terminal".

De nombreux arbres de grande taille ont été sélectivement conservés dans les champs en particulier ceux portant des fruits comestibles. Les arbres dominants sont Elaeis guineensis, Borassus aethiopium (limité à certains endroits), Parkia biglobosa, Ceiba pentandra et Acacia albida. Ces arbres couvrent 5 à 10% du sol. Dans les champs en friche, le couvert formé par les arbres de moindre taille et les arbustes devient très épais et très hétérogène. Les premières espèces colonisatrices des champs en jachère sont Guiera senegalensis, Icacina senegalensis et Borassus aethiopium. Les nombreux associés sont Cassia sieberiana, Combretum micranthum, Cnestis ferruginea, Newbouldia laevis, Annona senegalensis, Moghania faginea et Piliostigma thonningii.

Les espèces de graminées dominantes sont Andropogon gayanus, Cymbopogon giganteus et Eragrostis tremula. De nombreuses espèces herbacées non graminéennes envahissent les champs en jachère, dont Hyptis suaveolens et Chrozophora senegalensis. A l'inverse de la Région Soudanaise, les feux sont relativement rares dans cette région. Les animaux recherchent activement les champs en jachère qui ont une composition en espèces herbacées variée assurant un fourrage de bonne qualité tout au long de l'année. Le surpâturage n'est pas apparent ici comme il l'est au nord. Les cultures qui prédominent sont les arachides, le riz "montagnard" et le mil en tant que culture vivrière.

Unité cartographique S20

Cette savane anthropique arborée se rencontre le long de la côte de Basse Casamance, sur des sols peu évolués à texture sableuse. Les arbres épars qui ont été préservés dans les champs sont essentiellement des palmiers, soit Elaeis guineensis soit Borassus aethiopium. Acacia albida peut dominer dans les zones plus à l'intérieur de la région. Les autres associés sont Parkia biglobosa, Ceiba pentandra et Ficus gnaphalocarpa.

Les arbustes sont présents soit sous forme de quelques buissons dispersés au milieu des champs cultivés soit sous forme de fourrés dans les champs abandonnés. On trouve communément Guiera senegalensis (envahisseur précoce), Acacia albida, Moghania faginea, Borassus aethiopium, Bridelia micrantha, Afrormosia laxiflora et Landolphia heudelotii. Les graminées les plus communes sont Andropogon ssp., Ctenium villosum et Eragrostis sp. Parmi les nombreuses espèces non graminéennes herbacées, on compte Borreria verticillata, Ipomaea asarifolia, Cassia obtusifolia et Hyptis suaveolens.

L'utilisation des sols est similaire à celle de l'unité S19: riz "montagnard", arachides, mil et pâtures de bonne qualité dans les jachères.



Fig. 5.47. Une vue aérienne des hautes terres déboisées de la Basse Casamance où sont cultivés des arachides, du mil et du riz de montagne (unité S19). Altitude 400 m; 17 septembre 1984.



Fig. 5.48. Vue aérienne du complexe de forêts humides et de palmeraies qui bordent les vallées basses et larges de la Basse Casamance. Le riz est cultivé en champs irrigués. Situation: à l'est de Ziguinchor; altitude 300 m; 17 septembre 1984.

Unité cartographique FhL

Occupant les vallées basses et larges du sud de la Casamance cette unité est un complexe de palmeraies et de forêts humides claires. Les fonds de vallées sont en général découverts et supportent soit une prairie marécageuse soit une culture irriguée de riz (cf unité BFh6). Les palmeraies occupent généralement les bas de pentes et souvent dominent la végétation ripicole, une conséquence de siècles d'intervention humaine (Fig. 5.48).

Les espèces à feuilles caduques composant les forêts humides se mélangent communément aux palmiers (Elaeis guineensis). Il s'agit en général de Cola cordifolia, Khaya senegalensis, Parkia biglobosa et Erythrophlaeum guineense. Parmi les associés, on trouve Detarium senegalensis, Ficus capensis, Dialium guineense, Parinari excelsa et Morinda geminata. Les arbres couvrent de 40 à 60% du sol, tandis que le sous-bois ligneux hétérogène est relativement clairsemé (10 à 30%). Les principaux arbustes sont Newbouldia laevis, Nauclea lalifolia, Combretum micranthum, Cnestis ferruginea, Uvaria chamae, Cassia sieberiana, Dialium guineense et Voacanga africana.

L'étage herbacé est encore haut et dense. Les graminées, Oryza setiva, Brachiaria mutica, Imperata cylindrica et Pennisetum subangustum y dominant. Parmi les espèces non graminéennes, on trouve Echinochloa pyramidalis, Urena lobata et Hyptis ssp.

Les étroites bandes de végétation ripicole constituent une source abondante de produits forestiers et des pâtures de bonne qualité tout au long de l'année.

Unité cartographique FD

Il s'agit d'une formation de transition composée de forêts claires d'espèces à feuilles caduques et de forêts denses Guinéennes d'espèces à feuilles semi-persistantes. Elle couvre les bas plateaux au sud-est de Ziguinchor sur des sols légèrement ferrallitiques variant des sables argileux aux argiles sableuses. Les forêts déciduales sont du type F2 et sont limitées aux portions les plus élevées du plateau, là où l'eau souterraine est trop profonde pour avoir une influence sur la végétation. Les forêts denses à feuilles semi-persistantes occupent les parties basses du plateau, là où l'eau souterraine n'est pas suffisamment profonde pour ne pas être utilisée par les espèces ligneuses. La composition de la formation végétale est très hétérogène quoiqu'il ne s'agisse pas d'une végétation climax. Les arbres caractéristiques sont Daniella oliveri, Khaya senegalensis, Ceiba pentandra, Detarium senegalensis, Erythrophlaeum guineense, Parinari excelsa et Cola cordifolia. Ils couvrent de 60 à 80% du sol et en association avec le sous-bois arbustif qui couvre 20 à 40%, ils protègent le sol forestier de tout éclaircissement direct par les rayons solaires. Les arbres de moindre taille et les arbustes sont Elaeis guineensis (très commun à la périphérie), Saba senegalensis, Combretum micranthum, Albizia zygia, Voacanga africana et Gardenia sp.

L'étage herbacé n'est pas aussi développé que celui d'une savane. Les graminées sont Andropogon tectorum et Beckeropsis uniseta, et les espèces non graminéennes sont Dioscorea prehensilis, Crotalaria glauca et Commelina sp.

Il s'agit d'une des plus riches formations forestières du pays du point de vue de sa valeur économique considérable (en particulier pour une nation qui importe plus de 75% du bois de construction dont elle a besoin). Néanmoins, cette formation doit être protégée des déforestations abusives qu'elle a subies au cours des dernières années.

Unité cartographique LJ

Ce complexe de palmeraies et de forêts secondaires occupe les bas plateaux au sud et à l'ouest de Ziguinchor. Les forêts composées d'espèces à feuilles caduques présentes à l'est ont presque complètement disparu de la région et ont été remplacées par une formation dense formée d'espèces à feuilles semi-persistantes. La végétation a pendant des siècles été dégradée par les feux (qui sont encore fréquents mais ne sont pas aussi généralisés) et les déforestations. Elle a aussi été modifiée par une préservation sélective de certaines espèces en particulier Elaeis guineensis. Ce palmier à huile n'est plus confiné à la périphérie des vallées comme c'est le cas à l'est, il domine tous ces bas plateaux.

Les arbres associés qui dominent aussi sur ces bas plateaux sont essentiellement ceux trouvés dans les forêts denses de l'unité FD, auxquels s'ajoutent quelques Borassus aethiopicum épars. La composition en espèces arbustives est aussi similaire mis à part quelques espèces associées additionnelles, Malacantha alnifolia, Uvaria chamae, Tetracera alnifolia, Cnestis ferruginea et Landolpha heudelotii. Le couvert herbacé est très dense et est composé des espèces graminéennes Cymbopogon giganteus, Pennisetum subangustum et des espèces non graminéennes Abrus precatorius, Desmodium vellutinum, Commelina sp. et Cissus sp.

Cette formation pourrait s'être développée à partir de champs abandonnés comme semble l'indiquer la population dense de Elaeis guineensis et la densité relativement faible en grands arbres.

Unité cartographique Dh

Cette unité inhabituelle représente l'un des rares restes de la forêt humide Guinéenne sempervirens qui couvrait jadis la Basse Casamance. Elle est actuellement protégée et fait partie du Parc national de la Basse Casamance.

L'étage supérieur de cette forêt est sur les hauteurs dominé par une association hétérogène de grands arbres dont Parinari excelsa et Erythrophlaeum guineense ainsi que Anthocleista ssp., Albizzia ssp. et Antiaris africana.

Le sous-bois constitué d'arbres de moindre taille et d'arbustes ne paraît pas être un climax mais être plutôt en cours de réversion lente

vers son état original. Il contient de nombreuses espèces scudanaises (Schneider et Sambou, 1982) à savoir Tetracera alnifolia, Saba senegalensis, Uvaria thomasi, Combretum micranthum, Anthostema senegalensis, Pavetta corymbosa et Cnestis ferruginea. En raison du faible éclaircissement, le tapis herbacé est mal développé. Parmi les graminées on trouve Andropogon auriculata et Schizachyrium platyphyllum et parmi les espèces non graminéennes on rencontre Dioscorea hirtiflora et Abrus precatorius.

Le couvert de haute taille atteint 20 à 30 m en moyenne et les sommets s'entrecroisant la couverture est presque totale.

Unité cartographique I

Ce fourré colonise les dunes côtières qui se sont déposées le long du rivage Atlantique du sud-ouest de la Casamance. Autrefois il constituait probablement le sous-bois d'une forêt Guinéenne dense. Le couvert ligneux dense, de courte taille et presque impénétrable a en moyenne 2 à 4 m de haut, il est dominé par Malacantha alnifolia, Salacia senegalensis, Fagara leprieurii, Chrysobalanus orbicularis, Naucllea latifolia, Cnestis ferruginea, Landolphia heudelotii et d'autres associés moins communs.

Bien que cette formation ait à l'heure actuelle une utilité très limitée, P. Giffard (1974) indique que l'effort de reboisement pourrait être prometteur compte tenu des fortes précipitations, de la faible profondeur de la nappe phréatique et de la texture favorable des sols.

5.5 CARTE DE LA DEGRADATION DE LA VEGETATION

La carte de la dégradation de la végétation prend en compte plusieurs sources d'information, à savoir la carte du couvert végétal au 1:500 000^e, la carte de l'utilisation et de l'occupation des sols au 1:500 000^e, les données accumulées sur le terrain par l'équipe, les cartes de la répartition des populations humaines et animales, les données climatiques. La dégradation de la végétation telle qu'elle apparaît sur les cartes est définie en tant que réduction ou destruction de la production et de la productivité végétale au sein d'un écosystème. Elle prend la forme d'une réduction de la productivité de certaines plantes désirables, d'altérations de la biomasse végétale et d'une diminution de la diversité de la flore. La dégradation de la végétation en association avec celles des sols, des ressources en eau et animales contribue au processus de désertification qui correspond à une diminution du potentiel biologique total d'une région et qui se termine par la mise en place de conditions similaires à celles existant dans les déserts. La carte indique trois sources possibles de dégradation pour la végétation: 1) les dégradations d'origine climatique. Elles résultent de la période de sécheresse qui sévit au Sénégal depuis le début des années 1970. Trois niveaux de dégradation due au climat sont représentés: très sévère (au nord du Sénégal), sévère (Sénégal central) et modérée (au sud du Sénégal). Ces vastes zones sont mieux définies par la moyenne annuelle des précipitations lors de la période de sécheresse (1970-1984) exprimée en pourcentage de la

moyenne annuelle des précipitations avant la sécheresse (1930-1969). Ainsi dans le tiers nord du Sénégal, les précipitations pendant la sécheresse se sont élevées à moins de 60% de celles antérieures à la sécheresse. De plus l'analyse des données pluviométriques montrent que la distribution des pluies pour une saison donnée varie de façon très erratique d'une année à l'autre dans ce tiers nord ce qui accroît d'autant la pression exercée sur la végétation. Au Sénégal central, les précipitations postérieures à l'année 1970 s'élèvent à 60 à 70% des précipitations antérieures à cette même année. Dans le sud les précipitations sont en moyenne supérieures à 70% des précipitations de la période antérieure. Les pluies tendent à être tant spatialement que temporellement plus également réparties au sud. Les limites cartographiques entre les classes de dégradation d'origine climatique sont quelque peu arbitraires comme elles ont été établies à partir de ces pourcentages. Elles ne servent qu'à indiquer une variation dans la sévérité des conditions climatiques.

2) Dégradations causées par les activités humaines. Cette catégorie prend en compte toutes les perturbations d'origine anthropique subies par la couverture végétale. Les dégradations les plus directes causées par l'homme consistent en la destruction du couvert végétal soit du fait de la conversion des pâtures naturelles et des forêts en zones de culture non irriguées, soit du fait de l'exploitation des ressources forestières pour le bois de chauffage et la production de charbon de bois, soit du fait de la pratique de la terre brûlée pour les pâturages. Les effets à plus long terme et indirects correspondent à des modifications des zones peuplées, à la création de nouvelles zones de peuplement et à l'accroissement des densités de population.

Trois classes qualitatives de dégradations infligées par l'homme à la végétation sont représentées sur la carte: très sévère, sévère et modérée. Dans le cas "très sévère", des réductions dramatiques de la couverture végétale sont présentes. Elles sont presque toujours visibles sur les images Landsat comme la réflectance du sol augmente dans les bandes visibles. Les dégradations "sévères" sont moins visibles sur les images Landsat mais tout à fait nettes sur le terrain. En général les destructions du couvert végétal ne sont pas partielles. Les dégradations "modérées" ne sont pas directement observables sur l'imagerie Landsat quoique quelques indices, tels des feux de brousse puissent être présents. En général la destruction de la végétation est graduelle, montrant une lente évolution vers des formations de plus en plus clairsemées. Des signes de dégradations dites "modérées" sont visibles sur le terrain.

3) Dégradations induites par les animaux. Les dégradations résultant de la pression exercée par les animaux conduisent en général à un endommagement des pâtures soit en raison du surpâturage soit à cause du piétinement excessif du sous-étage herbacé. Le degré des dégradations infligées par les animaux dépend de plusieurs facteurs à savoir la composition des troupeaux, leurs tailles et le type de conduite de l'élevage adopté. Trois classes de sévérité sont représentées sur la carte: très sévère, sévère, modéré. Les critères

utilisés pour définir ces trois classes sont semblables à ceux utilisés pour définir les classes de sévérité des dégradations d'origine humaine.

Trois niveaux de gris (y compris le blanc) ont été utilisés pour montrer sur la carte les dégradations d'origine climatique tandis que des hachures permettent de représenter les différents degrés de dégradation due à l'action humaine ou animale. Diverses combinaisons de ces trois motifs peuvent avoir lieu pour une région donnée, montrant ainsi les principales causes de dégradation et leurs intensités respectives. Plus le motif résultant est sombre, plus la dégradation subie par la couverture végétale est intense.

La dégradation végétale a été évaluée dans le contexte de l'utilisation des terres. Les formations végétales clairsemées d'une zone agricole n'ont par conséquent pas été directement comparées aux formations voisines "naturelles", elles ont plutôt été comparées à celles d'autres régions agricoles. Par exemple, dans les régions cultivées où le couvert végétal et la productivité sont maintenus grâce à des techniques de conservation, la dégradation fut considérée comme minimale ou nulle. De même l'état d'une pâture a été comparé à celui des autres pâtures. Les dégradations d'origine humaine dues à l'extension des zones agricoles aux dépens de la végétation naturelle ne sont mentionnées que là où cette extension a eu lieu après 1972, date d'obtention des premières données Landsat.



Fig. 5.49. Portion d'une image Landsat en fausses couleurs composées de la Basse Casamance. Un certain nombre de types de végétation et d'utilisation des terres sont visibles à savoir: a) mangroves, b) agriculture sur les hautes terres, c) forêts secondaires à sous-bois brûlés sur les hautes terres, d) incendie en progression en Guinée-Bissau, e) tannes et f) complexe de forêts secondaires, de palmeraies et de forêts denses à espèces à feuilles persistentes. 21 février 1973.

ANNEXE C

DEFINITION DES TYPES DE VEGETATION

Les types de végétation présentés ci-dessous ont été définis suivant l'accord interafricain sur la nomenclature des Types de Végétation de l'Afrique Tropicale. Seulement les types trouvés sur la carte de la Végétation du Sénégal ci-jointe sont présentés ici. Les définitions sont empruntées à J. Trochain (1957), R. Letouzey (1969) et T. Monod (1956).

A. STEPPE

Formations herbeuses ouvertes parfois mêlées de plantes ligneuses qui généralement ne sont pas sur le parcours des feux de brousse. Constituées de graminées vivaces largement espacées n'atteignant pas 80 cm, à feuilles étroites, enroulées ou pliées, principalement basilaires et de plantes annuelles souvent abondantes entre les plantes vivaces.

B. PSEUDO-STEPPE

Quoiqu'il n'ait pas été adopté par l'accord interafricain nous utilisons ce terme pour décrire une formation ayant les caractéristiques d'une steppe mais dont la couverture herbeuse est plus ou moins continue et moins clairsemée que celle d'une steppe.

C. PSEUDO-STEPPE ARBUSTIVE ET/OU ARBOREE

Pseudo-steppe avec des arbres et/ou des arbustes dispersés.

D. STEPPE HERBACEE

Steppe sans arbre ni arbuste (ou ils sont pratiquement absents).

E. SAVANE

Formation herbeuse comportant un tapis de hautes graminées mesurant au moins 80 cm de haut en fin de végétation avec des feuilles planes en rosette ou réparties le long des tiges et des herbes et plantes herbacées non graminéennes de moindre taille; ces herbes brûlent ordinairement chaque année. Parsemant ce tapis graminéen on trouve en général arbres et/ou arbustes.

F. SAVANE ARBUSTIVE

Arbustes dispersés

G. SAVANE ARBOREE

Arbres et arbustes dispersés

H. SAVANE BOISEE

Arbres et arbustes formant un couvert généralement clairsemé.

I. SAVANE BOISEE ARBUSTIVE (terme non défini dans l'accord interafricain)

Une savane boisée où les arbustes dominent et les arbres sont assez rares.

J. FORET CLAIRE SECHE: FORET OUVERTE

Strate arborescente d'arbres à feuilles caduques de petite taille ou de taille moyenne dont les cimes sont plus ou moins jointives, l'ensemble du couvert demeurant clair; strate graminéenne parfois peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée et suffrutescente.

K. FORET GALERIE

Formation forestière dense qui longe un cours d'eau dans une région de savane, de steppe ou de prairie.

L. FORET DENSE HUMIDE

Peuplement dense multistrate constitué d'une strate supérieure de grands arbres; le tapis graminéen est généralement absent; s'il est présent il est formé d'espèces à feuilles larges.

M. FORET SECONDAIRE

Faciès de dégradation de la forêt dense humide sempervirens ou formée d'espèces à feuilles semi-caduques. Cette formation est le résultat des activités humaines du passé.

N. PALMIERAIE

Une formation à couvert généralement clair dont l'essence dominante est un palmier.

O. FOURRE

Type de végétation arbustive, fermée, sempervirens ou à feuille caduques, généralement peu pénétrable, souvent morcellée, à tapis graminéen absent ou discontinu.

P. MANGROVE

Forêt littorale dont la futaie sempervirens est constituée d'arbres et d'arbustes particuliers auxquels on réserve le nom général de palétuviers.

Q. PRAIRIES MARECAGEUSES

Peuplement d'espèces d'halophytes sur sols marécageux.

En plus des formations végétales décrites ci-dessus, les classes physiologiques suivantes donnant le pourcentage d'occupation assuré ont été utilisées pour définir quelques unes des formations en accord avec la classification ICITV (1976):

Pseudo-steppe arbustive	couverture ligneuse entre 2 et 20%
Pseudo-steppe arborée	(formations clairsemée: 2 à 5% et
Savane arbustive	formations denses: 15 à 20%)
Savane arborée	

Savane boisée	couverture ligneuse entre 20 et 50%
	savanes très boisées: 40 à 50%

Forêt claire	couverture ligneuse entre 50 et 80%
--------------	-------------------------------------

Forêt dense	couverture ligneuse supérieure à 80%
-------------	--------------------------------------

Enfin il a été décidé d'adopter pour valeur limite de la hauteur faisant la différence entre les arbustes et les arbres, 5 m de haut.

ANNEXE C

Exemple d'une feuille d'observation de terrain

Cette feuille d'observation de terrain est montrée ici comme exemple du type de données relevées sur le terrain en un site donné d'observation. Plus de 570 observations de terrain ont été effectuées au Sénégal. Les feuilles de données brutes ont été remises séparément à l'USAID/Dakar et à la DAT.

Les lettres codées qui suivent les noms d'espèces réfèrent aux classes d'abondance: TC (très commun), C (commun), P (présent), PC (peu commun) et R (rare).

Observation 470 Date 15 avril 84 Réditeurs G. TAPPAN; A. BOU RH

Lieu 2 km N de Saraya

Sol argileux, assez profond

Géomorphologie plateau assez plat : roches granitiques

Occupation du sol domaine forestier

Formation savane boisée

Strate Herbacée

Hauteur 50-100 cm Couverture 0-20% Remarques passage de feu

Graminées:

Andropogon implectans - C
Andropogon jayanus - C
Andropogon pseudopanicus - C
Pennisetum subangustum - C

Non Graminées:

Tephrosia sp - P
Walteria indica - P
Walteria lanceolata - P
Borreria chaetocepala - P
Asparagus africanus - P
Dioscorea prehensilis - P
Lepidagathis anobrya - P

Strate Arbustive:

Hauteur 2-4 m Couverture 30-40 %

Remarques très hétérogène; assez dense

Bombax costatum - P
Vitellaria paradoxa - P
Gardenia sp - P
Diospyros mespiliformis - C
Ximenia americana - P
Lansea acida - P
Entada africana - P
Detarium microcarpum - C
Anogeissus leiocarpus - P
Strychnos spinosa - P
Ptilostigma thonningii - P
Pterocarpus erinaceus - C
Hexalobus monopetalus - C
Hannona senegalensis - C
Acacia dudgeonii - C
Parkia biglobosa - P
Dstryoderris stuhlmanii - P
Combretum nigricans - P
Combretum glutinosum - P
Combretum micranthum - P
Hymenocardia acida - C
Securidaca longipedunculata - TC
Terminalia macroptera - P
Vitex madensis - P
Afrostromia laxiflora - P

Strate Arborée:

Hauteur 8-10 m Couverture 20 %

Densité iap. Remarques

Pterocarpus erinaceus - C
Anogeissus leiocarpus - P
Vitellaria paradoxa - P
Terminalia macroptera - C
Cordia pinnata - P
Bombax costatum - C
Acacia dudgeonii - P
Lansea acida - P
Combretum glutinosum - P
Combretum nigricans - P
Parkia biglobosa - P
Afrostromia laxiflora - P
Detarium microcarpum - P
Afzelia africana - P

5.6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABT Associates, Inc. (1984) Senegal agricultural sector policy analysis: Preliminary draft. Cambridge, MA. 105 p.
- Adam, J.G. (1956) "La végétation de l'extrémité occidentale de l'Afrique: La pointe des Almadies aux environs de Dakar." Bull de l'IFAN, Sér. A. 18(3):685-702.
- _____. (1959) "La flore des calcaires de Rufisque et Bargny." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 21(4):1160-176.
- _____. (1961) "Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de l'Afrique occidentale: La Basse Casamance; première partie." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 33(4):911-33.
- _____. (1961) "Elements pour l'établissement d'une carte des groupements végétaux de la presqu'île du Cap Vert." Bull. de l'IFAN, Ser. A. 23(2):399-405.
- _____. (1962) "Contribution à l'étude de la flore de la végétation de l'Afrique occidentale: La Basse Casamance; deuxième partie." Bull. de l'IFAN, Sér. 1. 25:116-53.
- _____. (1962) "Eléments pour l'étude des groupements végétaux de la presqu'île du Cap Vert (Dakar): La Série du massif de Ndiass." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 24(1):154-67.
- _____. (1965) "Généralités sur la flore et la végétation du Sénégal." Etudes Sénégalaises, CRDS-Sénégal. No. 9. Fas. 3. pp. 155-214.
- _____. (1966) "Les pâturages naturels et post-cultureux du Sénégal." Bull. de l'IFAN, Sér. A. (2):450-537.
- Arid Lands Information Center (1981) Environmental report on Senegal: Draft. Office of Arid Lands Studies, Univ. of Arizona, Tuscon. 105 p.
- Auberville, A. (1949) La Casamance: Contribution à la paléohistoire des forêts de l'Afrique tropicale. Paris: Société d'éditeurs géographiques maritimes et coloniales. 99 p.
- Audru, J. et IEMVT-LNERV (1966) Etude de pâturages naturels et des problèmes dans le delta. Etude Agrostologique No. 15. Deux tomes.
- Avenard, J.M. et al. (1971) Le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, No. 50. 391 p. et cartes.
- Berhaut, J. (1967) Flore du Sénégal, deuxième édition. Paris: Le Livre Africain. 485 p.
- Bertrand, R. (1972) "Morphopédologie et orientations culturelles des Régions Soudaniennes du Sine Saloum (Sénégal)." Agronomie tropicale. 27(11):1115-190.

- Bertrand, R. et Valenza, J. (1979) Evaluation des possibilités agricoles, pastorales et forestières des milieux naturels du Sénégal Oriental (carte au 1:500 000e). GERDAT-IRAT-IEMVT. Nîmes-Courbassac: Impression Delta Productions.
- Bille, J., et al. (1972) "Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional (Sénégal)." La Terre et la Vie, Méms. 1-7. 26:325-472.
- Boudet, G. (1970) Pâturages naturels de Haute et Moyenne Casamance. Etude agrostologique No. 27. 239 pp. et 1 carte au 1:200 000e.
- _____. (1980) Systèmes de production d'élevage au Sénégal: Etude du couvert herbacé. IEMVT. 48 p.
- Bourliere, F. (1978) La Savane sahélienne du Fété-Olé. Problèmes d'écologie: structures et fonctionnement des écosystèmes terrestres. Paris: Masson.
- Braudeau, E. Join, P., et Le Brusq, J.Y. (1982) Etude pédologique des forêts classées du centre-est du Sénégal. ORSTOM, Dakar. 69 p.
- Campredon, R., et al. (1982) "Essai de cartographie géologique automatisée dans un secteur sahélien: Influences des facteurs pédologiques et phytosociologiques." Bull. Soc. Géo. 24(1):9-12.
- Chauvel, A. (1967) Notice explicative carte pédologique du Sénégal au 1:200 000e: feuilles Kédougou et Kéniéba-Kossanto. ORSTOM, Dakar. 155 p.
- Clos-Arceuduc, M. (1956) "Etude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne: La brousse tigrée." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 28(3):677-84.
- Collinson, A. (1977) Introduction to world vegetation. London: George Allen and Unwin. 201 p.
- CTFT (1975) Mise en valeur des forêts de Basse et Moyenne Casamance: Inventaire forestier. Projet DP/SEN/71/522-1/FO. Nogent-sur-Marne. 94 p.
- CTFT-SCET INTERNATIONAL (n.d.) Plan de développement forestier: Phase 1: Diagnostic. Dir. des Eaux et Forêts Min. du Dév. Rural. 12 Tomes.
- Dalsted, K., ed., et al. (1982) Resource inventory of southwestern Mauritania. Remote Sensing Institute, Brookings, SD SDSU-RSI-82-03. 334 p.
- DAT, PNUD, DTCD (1984) Schéma national d'aménagement du territoire, version préliminaire. SEN 82.016.
- Diallo, A. et De Wispelaere, G. (1968) Etude agrostologique No. 23. 173 p.

- Diallo, A., et al. (1968) Pâturages naturels du Ferlo-Sud. Etude agrostologique No. 13. IEMVT-LNERV. 180 p. et 1 carte au 1:200 000^e.
- Dunsmore, J.R., et al. (1976) The agricultural development of The Gambia: An agricultural, environmental and socioeconomic analysis. Land Resource Division, Land Resources Study No. 22. Ministry of Overseas Development, Tolworth Tower, Sarbiton, Surrey, England. 450 p. and 4 maps.
- DuPuy, A. et Verschuren, J. (1982) "Note d'Introduction biologique sur le parc national du delta Saloum." Mém. de l'IFAN. No. 92. pp. 67-92.
- FAO-CTFT (1975) Mis en valeur de la Basse Casamance (République du Sénégal): Inventaire forestier. 296 p.
- Focius, G. et Valenza J. (n.d.) Etude des pâturages naturels du Ferlo Oriental (République du Sénégal). AGROST. No. 13. 180 p.
- Freeman, P.H. (1982) Land regeneration and agricultural intensification in Senegal's Groundnut Basin. USAID, Dakar. 29 p.
- Giffard, P. (1974) L'Arbre dans le paysage sénégalais. Dakar. 431 p.
- Hagen, R.T. (1982) Remote sensing applications to forestry in West Africa. CRTO, Ouagadougou. 10 p.
- IEMVT-ISRA (1977) Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou. Lab. Nat. d'Elevage et Recherch. Vét. Dakar-Hann. 119 p.
- IFAN (1982) Recherches scientifiques dans les parcs nationaux du Sénégal. Mém. No. 92. Dakar. 364 p.
- _____. (n.d.) Senegal-Gambie: Carte d'utilisation des sols au 1:000 000^e. Dept. de Géographie.
- IGN (1969) République du Sénégal: Carte routière et touristique au 1:500 000. Paris.
- _____. (1977) Atlas national du Sénégal. Paris. 147 p.
- _____. (1980) Sénégal: Carte au 1:1 000 000^e. Paris.
- _____. (n.d.) Cartes de l'Afrique de l'Ouest à 1:200 000^e. Feuilles des séries ND-28, ND-29 et NE-28. Paris.
- ISRA-LNERV (1980) Processus de dégradations. 65 p.
- Jeffreys, M.D.W. (1951) "Feux de brousse." Bull. de l'IFAN. 13(3):628-709.

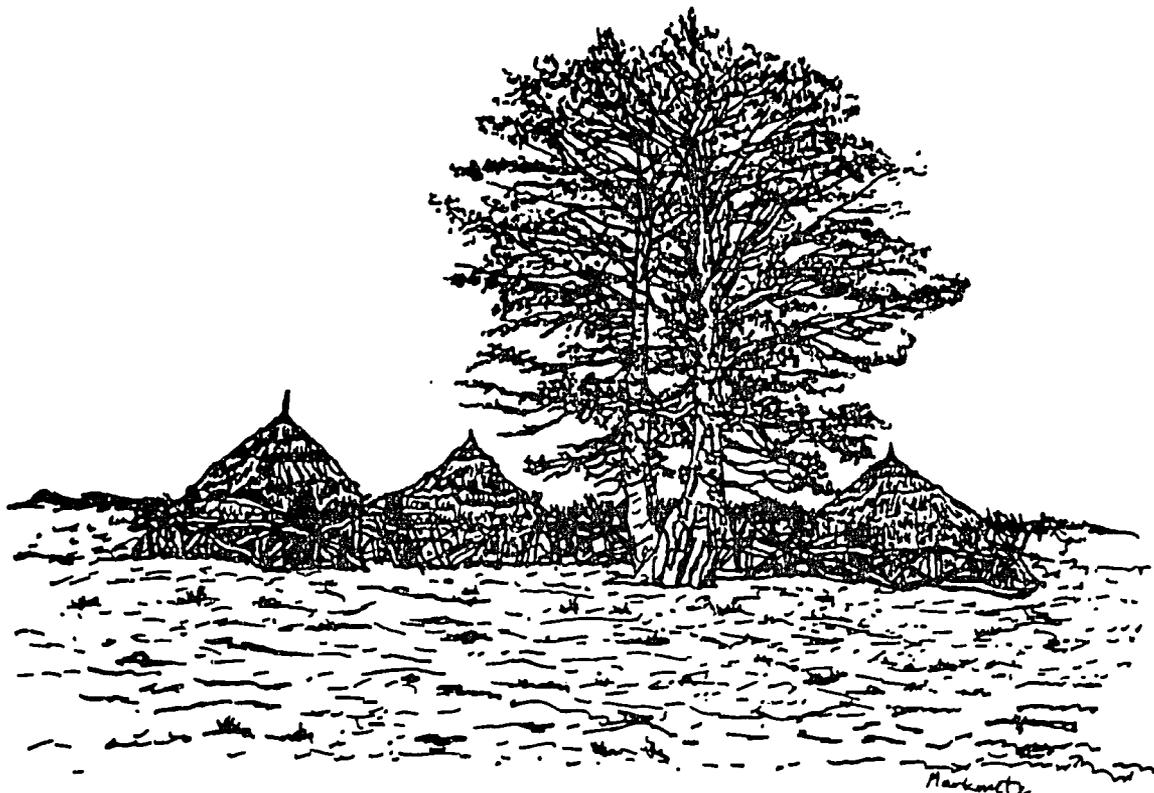
- Joint Operations graphic (ground) series 1501. (1966) Sheets ND-28, ND-29 and NE-29. 1:250 000 scale. Army Map Service, Washington, DC.
- Keay, R.W.J. (1959) "Derived savanna--derived from what?" Bull. de l'IFAN, Sér. A. 21(2):428-38.
- Khassoum, D. (1983) Etude du tapis végétal d'un écosystème sahélien: Estimations des potentialités et analyse des processus de dégradations. ISRA-LNERV. 65 p.
- Küchner, A.W. (1967) Vegetation mapping. New York: Ronald Press. 472 p.
- Letouzey, R. (1969) Manuel de botanique forestière: Afrique tropicale. CTFT, Marne.
- Lillesand, T. and Kiefer, R. (1979) Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley & Sons. 612 p.
- IAB technical notes. (1975) The Sahel: Ecological approaches to land use. Paris: Unesco Press. 99 p.
- Maignen, R. (1965) Notice explicative: Carte pédologique du Sénégal au 1:000 000^e. ORSTOM, Dakar-Hann.
- Marius, C. (1977) Notice explicative de la carte pédologique au 1:50 000^e; Iles du Saloum. ORSTOM, Dakar. 47 p.
- Michel, P., Naegele, A. et Toupet, C. (1969) "Contribution à l'étude biologique du Sénégal septentrional: Le Milieu naturel." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 31(3):756-839.
- Michel, P. (1973) Les Bassins des fleuves Sénégal et Gambie: Etude géomorphologique. Mém. ORSTOM, No. 63. Tomes I et II.
- Monod, T. et Schnell, R. (1952) Melanges botaniques. Mém. de l'IFAN, No. 18. Dakar. 334 p.
- _____. (1963) "Après Yangambi (1956): Notes de phytogéographie africaine." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 2:594-619.
- Mosnier, M. (1967) Etudes des pâturages naturels de Gallayel. Etude agrostologique. A6. 18. IEMVT-LNERV.
- Nelson, H.D. et al. (1973) Area handbook for Senegal. US Govt. Printing Office, Washington, DC. 410 p.
- Ndiaye, H.G. (1980) "Etude physiographique de la Casamance d'après les images Landsat." Comptes-rendus du séminaire de télédétection. 31 mars au 10 avril. Vol. 2. SERST/USAID. pp. 291-340.
- Ndiaye, P. (1980) "Végétation et faune." Atlas jeune Afrique du Sénégal. pp. 18-19.

- ORSTOM (1980) L'Arbre en Afrique tropicale: La fonction et le signe. Sér. Sci. humaines. Tome 17. Nos. 3 et 4. 320 p.
- Pélissier, P., et al. (1980) Atlas du Sénégal. Paris: Editions Jeune Afrique. 72 p.
- Pias, J. (1970) La Végétation du Tchad. T. and D. de l'ORSTOM. No. 6. Paris. 47 p. et cartes.
- Poupon, H. (1980) Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. T. et D. de l'ORSTOM. No. 115. Paris. 351 p. et cartes.
- Reining, P. (1978) Handboook on deserfication indicators. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC. 141 p.
- Roberty, G. (1962) Carte de la végétation tropical occidental à 1:1 000 000e.
- Sall, M. (1980) "Le Sénégal vu de Landsat." Comptes-rendus du séminaire de télédétection: 31 mars au 10 avril. Vol. 2. SERST/USAID. pp. 341-78.
- _____. (1985) Projet fixation des dunes: Rapport préliminair. USAID-Eaux et Forêts-Dépt. de Géographie. 13 p.
- Schneider, A. and Sambou, K. (1982) "Prospection botanique dans les parcs nationaux du Niokolo-Koba et de Basse Casamance." Recherches Scientifiques dans les parcs nationaux du Sénégal. Mém. de l'IFAN. No. 92. pp. 101-22.
- Seck, O., éd. (1977) Atlas pour l'aménagement du territoire. Dakar-Abidjan: Les Nouvelles Editions Africaines. 159 p.
- Shimwell, D. (1972) The description and classification of vegetation. Univ. of Washington Press. 322 p.
- Stancioff, A., Tappan, G. and Staljanssens, M. (1985) Final report of the mapping and remote sensing project. Remote Sensing Institute, Brookings, SD. SDSU-RSI-85-04. 70 p
- Terrible, M. (1975) Atlas de Haute-Volta: Essai d'évaluation de la végétation ligneuse. Centre Voltaïque de la Recherch. Sci. Bobo-Dioubasso: Imprimerie de la Savane. 69 p.
- Trochain, J. (1940) Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Mém. de l'IFAN, Paris. 433 p.
- _____. (1957) "Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. Bull. Inst. Et. Centrafri., Nouv. Sér. pp. 55-93.

- Valenza, J. et Diallo, A.K. (1972) Etude des pâturages naturels du nord Sénégal. Etude agrostologique. No. 34. IEMVT-LNERV. 311 p. et 3 cartes au 1:200 000^e.
- Valenza, J. (1977) Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou. Etude agrostologique. No. 50. IEMVT-LNERV. 119 p. et une carte au 1:200 000^e.
- Vanpraet, C.L. (1980) Système mondial de surveillance continue de l'environnement: Projet pilote sur la surveillance continue de la couverture forestière tropicale, Togo; Cartographie du couvert végétal et étude de ses modifications. Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture. UN 32/6.1102-75-005. Rome. 117 p.
- van Sleen, L.A., Sall, M. et Ndiaye, H.G. (1980) Comptes-rendus du séminaire de télédétection. Remote Sensing Institute, Brookings, SD. SDSU-RSI-80-04. Vols. I and II. 560 p.
- Villiers, A. (1957) "Aperçu sommaire sur le peuplement des niayes de la presqu'île du Cap Vert (Sénégal)." Bull. de l'IFAN, Sér. A. 19(1):333-45.
- Walter, H. (1979) Vegetation of the earth. New York: Springer Verlag, New York. 276 p.
- Weber, A.W. and Major, J.T. (1984) Report and recommendation on soil conservation and regeneration in the Groundnut Basin of Senegal (draft). International Institute for Environment and Development. 30 p.
- de Wispelaere, G. (1981) Systèmes de production d'élevage au Sénégal: Etude et cartographie de la végétation par télédétection. ISRA-LNERV-ACC. 51 p.
- Zante, P. (1984) Etude de reconnaissance des sols aux aptitudes forestières: Projet Louga. ORSTOM, Dakar-Hann. 38 p.
- Zonneveld, I.S. (1974) "On abstract and concrete boundaries: arranging and classification." Tatsachen und Probleme der Grenzen in der Vegetation. Verlag Von J. Cramer. 41 p.

CHAPITRE VI

RESUME, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS



CHAPITRE VI: CONCLUSIONS

6.1	Introduction.....	633
6.2	Résumé et Conclusions des Cartes Hydrogéologiques du Sénégal.....	634
6.2.1	Résumé de la Cartographie Hydrologique.....	634
6.2.2	Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie Hydrogéologique.....	634
6.2.2.1	Conclusions Résultant de la Cartographie Géologique.....	634
6.2.2.2	Conclusions Basées sur la Cartographie Hydrologique.....	635
6.3	Résumé de la Cartographie Pédologique du Sénégal.....	635
6.3.1	Résumé de la Cartographie Pédologique.....	635
6.3.2	Conclusions Tirées de l'Effort Cartographique de la Pédologie.....	636
6.4	Résumé et Conclusions de la Cartographie de la Végétation du Sénégal.....	638
6.4.1	Résumé des Cartes de la Végétation et de l'Utilisation des Terres.....	638
6.4.2	Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie de la Végétation.....	639
6.4.2.1	La Vallée du Fleuve Sénégal.....	640
6.4.2.2	La Grande Côte.....	640
6.4.2.3	La Région de Dakar.....	641
6.4.2.4	Le Domaine Agricole du Centre-Ouest.....	641
6.4.2.5	Le Domaine Pastoral.....	642
6.4.2.6	La Zone de Transition Orientale.....	644
6.4.2.7	La Région du Socle.....	645
6.4.2.8	La Casamance.....	645
6.5	Recommandations.....	647
6.5.1	Recommandations Basées sur l'Etude Géologique et Hydrologique Réalisée par le Projet.....	648
6.5.1.1	Recommandations Géologiques.....	648
6.5.1.2	Recommandations Hydrologiques.....	649
6.5.2	Recommandations Basées sur les Travaux Pédologiques Effectués par le Projet.....	650
6.5.3	Recommandations Basées sur l'Etude de la Végétation, de l'Occupation et de l'Utilisation des Sols Réalisée par le Projet.....	651
6.6	Références Bibliographiques.....	653

CHAPITRE VI

6.1 INTRODUCTION

Le présent rapport est le résultat des efforts conjoints du Remote Sensing Institute et de ses homologues sénégalais de la Direction de l'Aménagement du Territoire qui en association avec d'autres institutions et agences sénégalaises et certains individus ont tenté de satisfaire aux conditions de l'accord bilatéral demandant que des cartes de base donnant les ressources naturelles du Sénégal soient établies au moyen de la télédétection, que cette technologie soit enseignée au plus grand nombre possible de Sénégalais et que ce faisant, le projet amorce l'effort de création d'une institution pilote.

Quelle a été la cause de la mise en oeuvre d'un tel projet? On sait depuis au moins 10 ans que les techniques de télédétection peuvent aider à l'évaluation des ressources naturelles (Paul et Marscareñas, 1981). La sécheresse des années 70 a engendré une certaine inquiétude concernant le statut de l'environnement sénégalais et les rédacteurs du texte du projet espéraient que ce projet apporterait l'information nécessaire faisant cruellement défaut et répondrait à quelques unes des questions fondamentales concernant les ressources sénégalaises: La sécheresse a-t-elle affecté les nappes phréatiques et les ressources hydrologiques? Quels sont les types de sols du Sénégal? Quels sont les schémas d'utilisation des sols? Quels sols sont meilleurs producteurs? Quels sont les effets de la mise en culture sur les sols sénégalais? Quelles sont les limites imposées par l'érosion au développement agricole? Quels types de dégradation la végétation du Sénégal a-t-elle subi ou est-elle en train de subir? L'environnement boisé du tiers sud du Sénégal est-il en train de subir des stressés d'origine climatique ou humaine? Quelles sont les ressources minérales et en énergies fossiles du Sénégal?

C'était le but de ce projet de se consacrer entièrement à ces problèmes et de tenter d'apporter une réponse à ces questions grâce à l'utilisation de techniques de télédétection désormais bien établies. A notre avis le travail effectué de 1982 à 1985 adresse le problème des ressources naturelles sénégalaises et nous sommes convaincus que le présent rapport et les cartes qui lui sont associées contribuent de façon significative à la recherche de solutions aux nombreuses questions précédemment posées.

Cette section résume notre travail, donne nos conclusions ainsi que certaines recommandations qui nous le pensons pourraient se révéler utiles au développement du Sénégal et à l'amélioration des conditions de vie du peuple sénégalais.

6.2 RESUME ET CONCLUSIONS DES CARTES HYDROGEOLOGIQUES DU SENEGAL

6.2.1 Résumé de la Cartographie Hydrogéologique

1. Production d'une nouvelle carte polychrome au 1:500 000^e de la géologie et de l'hydrologie superficielle du Sénégal.
2. Production d'une carte hydrologique du Sénégal au 1:500 000^e montrant l'emplacement de certaines caractéristiques hydrologiques et donnant leur potentiel.
3. Production d'une carte tectonique du Sénégal au 1:1 000 000^e montrant les principales structures et les principales zones orogéniques et métallogéniques du Sénégal.
4. Production d'une carte des potentiels en ressources minérales en eau au 1:1 000 000^e, donnant la position des principales ressources en minerais, en eau et en combustibles fossiles ainsi que les régions considérées comme ayant un fort potentiel pour ces ressources.
5. Formation de plus de 100 personnes aux techniques de base d'utilisation de la télédétection pour la détection et la gestion des ressources géologiques et hydrologiques. Formation à long terme d'une personne aux détails d'utilisation de la télédétection pour les études hydrogéologiques.
6. Accroissement du niveau de connaissance de la télédétection d'une large communauté de Sénégalais qui maintenant constituent un pool de talents disponible pour la planification, la gestion et l'évaluation des ressources naturelles au moyen de la télédétection et qui par conséquent forment la base nécessaire à la création d'une institution.

6.2.2 Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie Hydrogéologique

6.2.2.1 Conclusions Résultant de la Cartographie Géologique

En nous basant sur les interprétations Landsat et notre activité de cartographie géologique nous formulons les conclusions suivantes:

- Le "granite" de Saraya a une origine métasédimentaire de même que la minéralisation de l'uranium qui lui est associée.
- La Série Mako est une séquence allogène qui représente l'une des nombreuses nappes de charriage imbriquées du Sénégal Oriental.
- Un certain potentiel pour l'or existe dans les dépôts lités de fer du Protérozoïque et les roches siliceuses du Sénégal Oriental.
- Un certain potentiel existe pour le chrome dans la Série Mako.

- Un potentiel en lignite, charbons bitumineux existe le long de l'axe Tiel-Tambacounda, en particulier dans les régions en relation avec une activité plutonique post-Paléozoïque.
- Une possibilité de concentrations d'origine biologique en métaux non précieux existe dans la Série Ségou-Madina Kouta.
- Un potentiel existe pour des métaux non précieux hydrothermaux et l'argent dans les roches calcaires du Birrimien pénétrées par des granites monzonitiques plus jeunes dans la région de Bandafassi-Ibel.
- Des possibilités pour des gisements de gaz et de pétrole existent dans les pièges paléozoïques de l'axe Tiel-Tambacounda et de la région Ross Bethio-Tivaouane.
- Des sources d'énergie géothermique sont possibles dans les régions post-Mésozoïques présentant une activité cratonique.
- Il est possible que des dépôts de type porphyre existent dans la Série Youkounkoun.

6.2.2.2 Conclusions basées sur la Cartographie Hydrologique

Sur la base des données hydrologiques, nous formulons les conclusions suivantes:

- Il y a des possibilités pour de nouvelles sources d'eau dans les sédiments de la rivière fossile Néogren.
- Le système hydrographique antérieur à celui du fleuve Sénégal actuel était orienté est-ouest et traversait le Ferlo et le Bassin des Arachides jusqu'à la fosse de Kayar.
- Dans certaines parties du Bassin Sédimentaire Sénégalais, la couche aquifère du Maestrichtien a une structure discontinue et serait par conséquent peu sensible à la salinisation sauf localement.
- La mesure des puits et la comparaison de ces données aux données déjà connues n'indiquent qu'une faible détérioration des conditions hydrologiques au Sénégal.
- Les provisions en eau au Sénégal sont suffisantes mais mal comprises, mal connues et exploitées de façon impropre.

6.3 RESUME ET CONCLUSIONS DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DU SENEGAL

6.3.1 Résumé de la Cartographie Pédologique

1. Production d'une nouvelle carte polychrome au 1:500 000^e donnant la géomorphologie, les sols et les associations de sols du Sénégal. Il s'agit de la première carte pédologique du Sénégal à cette échelle.

2. Production d'une carte des potentiels pédologiques au 1:500 000^e résumant les caractéristiques pédologiques, leurs possibilités, leurs limites et leurs relations vis-à-vis des autres facteurs de l'environnement. Il s'agit de la première carte qui établit le potentiel d'utilisation des sols à l'échelon national.
3. Production d'une carte de la dégradation des sols au Sénégal, au 1:1 000 000^e, montrant les régions subissant à l'heure actuelle une érosion et/ou un stress dus au vent, à l'eau, aux activités humaines, aux animaux ou à une dégradation chimique.
4. Formation de plus de 100 personnes aux applications de la télédétection lors de la cartographie des sols.
5. Accroissement du niveau de connaissance des scientifiques sénégalais concernant l'utilisation de la télédétection, d'où la création d'un groupe d'experts qui seront disponibles pour les projets futurs de télédétection au Sénégal.

6.3.2 Conclusions Tirées de l'Effort Cartographique de la Pédologie

Le mode de représentation choisi pour la carte d'aptitude des terres fait qu'une zone apparaîtra plus sombre si ses aptitudes sont plus défavorables, la densité des gris augmentant pour l'aptitude forestière et les hachures se resserrant pour les aptitudes agricole et pastorale. Seule exception: la classe inapte à l'agriculture ou au pâturage n'a pas été figurée pour ne pas charger la représentation.

L'utilisation de la carte est donc relativement aisée et elle peut facilement être comparée à la carte morphopédologique ou à la carte de dégradation des sols pour obtenir les informations pédologiques nécessaires.

Les aptitudes des diverses formations définies dans la légende peuvent être résumées comme suit:

- Les formations littorales sont généralement plus aptes au boisement de protection, les possibilités de pâturage y sont limitées et les possibilités agricoles sont soumises à des contraintes majeures: salinité, contrôle de la submersion.
- Les formations alluviales offrent des possibilités forestières mineures, les pâturages et la valeur agricole des terres y sont très variables.
- Les possibilités forestières des formations éoliennes sont aussi mineures, la valeur des pâturages est par contre souvent satisfaisante à bonne et les possibilités agricoles souvent réelles sont déterminées par les possibilités d'irrigation.
- La vocation urbaine de la Presqu'île du Cap Vert est déterminante pour les formations volcaniques récentes et déborde vers l'intérieur.

- Les formations sur grès du "Continental Terminal" offrent généralement des possibilités forestières mineures et pratiquement seule la Casamance est un cas réellement favorable. Les aptitudes pastorales et agricoles y sont aussi fort variables.
- Sur marno-calcaires paléocènes, les aptitudes forestières sont assez variables, les aptitudes pastorales moyennes et les aptitudes agricoles sont le plus souvent limitées.
- Le massif de Ndiass sur grès maestrichtien offre des aptitudes limitées en général sauf au point de vue agricole au fond des vallons.
- Au Sénégal Oriental le potentiel forestier est généralement limité sauf sur granites et sur roches ignées microgrenues. La valeur des parcours est assez variable, elle peut être plus souvent moyenne à bonne sur roches d'origine sédimentaire ou métamorphique. Les possibilités agricoles sont limitées à de rares cas favorables.

Les potentialités agricoles sont donc relativement limitées au Bassin Arachidier, aux abords du réseau hydrographique et des formations littorales, à la Casamance et à quelques stations favorables. L'aptitude conditionnelle est souvent assez bonne dans le Ferlo Nord; le Ferlo Boundou et le Sénégal Oriental sont les plus défavorisés.

La présence des forages du Ferlo a de fait des effets néfastes sur les sols à cause de l'effet de concentration des troupeaux autour des points d'eau et de l'accroissement consécutif du piétinement. Le problème majeur reste la signification sociologique des troupeaux résultant en une pression excessive sur les parcours.

Seules les forêts de la Casamance semblent pouvoir se prêter à une production forestière qui devra rester prudente. La plantation d'espèces non indigènes à croissance rapide comme le Gmelina arborea observé dans certaines zones n'est pas conseillée car elle est connue pour avoir des répercussions majeures sur l'évolution des sols.

Le problème de l'approvisionnement en bois de chauffage devrait être affronté par une politique d'îlots forestiers adaptée aux structures villageoises. Il est en fait possible de combiner cultures arbustives et production forestière d'une manière plus en équilibre avec le milieu par l'établissement d'une structure de type bocager dont les effets bénéfiques au point de vue écologique et conservation des sols sont réels mais il faut pour cela que les paysans perçoivent la plantation d'arbres comme faisant partie de leur système de culture. Ceci semble très important pour la région du Bassin des Arachides notamment, fortement dégradée par la surexploitation.

Il faut noter que les susceptibilités à l'érosion éolienne ou hydrique sont élevées à très élevées dans la majeure partie du pays et que quelle que soit leur situation les sols sont donc en majorité très fragiles. La fertilité est de plus très généralement carencée en

phosphore et en potassium et des fumures de fond sont indispensables. Les sols les plus fertiles chimiquement ont souvent des propriétés physiques rendant leur culture très difficile (sols vertiques, bruns eutrophes, régosols d'érosion sur roches basiques...) et sont d'extension très limitée.

La méthode d'irrigation la plus adaptée au nord du pays semble être en raison des textures plutôt légères l'irrigation par aspersion. C'est malheureusement une méthode qui demande un investissement et une technologie importants.

6.4 RESUME ET CONCLUSIONS DE LA CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION DU SENEGAL

6.4.1 Résumé des Cartes de la Végétation et de l'Utilisation des Terres

1. Production d'une carte en couleurs au 1:500 000^e de la couverture végétale du Sénégal. La carte a été établie à partir d'interprétations multitemporelles de l'imagerie Landsat acquise entre 1972 et 1981, des survols aériens effectués de 1983 à 1985 ainsi que des documents déjà disponibles. La physionomie et la composition floristique sont toutes données sur la carte. Une description détaillée de chaque unité cartographique est fournie dans le rapport.
2. Production d'une carte de l'utilisation et de l'occupation des sols en noir et blanc au 1:500 000^e. La carte montre les régions essentiellement utilisées pour la sylviculture, l'agriculture ou comme pâturages et les régions sans utilisation. A l'intérieur de chaque catégorie existent de nombreuses subdivisions. Cette carte a aussi été établie à partir des interprétations des images Landsat, des survols aériens, du travail de terrain et des documents déjà existants.
3. Production d'une carte de la Dégradation de la Végétation au Sénégal au 1:1 000 000^e en noir et blanc. Cette carte donne les causes principales de la dégradation encourue par la végétation et les degrés de sévérité pour chaque cause de dégradation. La carte prend en compte de nombreuses sources de données spatiales comme les images Landsat, les survols aériens, le travail de terrain, les cartes précédentes de la végétation et de l'utilisation des sols, les données climatiques, les cartes pédologiques et les autres documents disponibles.
4. Ce projet a apporté aux nombreux scientifiques et administrateurs sénégalais une idée générale des possibilités d'utilisation de la télédétection multitemporelle pour dresser l'inventaire de la végétation et de l'utilisation des sols. Cette exposition aux techniques de télédétection s'est réalisée sur le tas grâce à plusieurs séminaires organisés à propos de la télédétection.

6.4.2 Conclusions Tirées de l'Effort de Cartographie de la Végétation

La plus importante contribution fournie par cette étude de la végétation et de l'utilisation des sols vis-à-vis de la masse de documents déjà conséquente concernant ces deux sujets consiste essentiellement en les cartes qui tentent de donner un bilan actualisé et à l'échelle nationale de ces ressources superficielles qui ont une forte dynamique et qui sont fragiles. Nous avons tenté d'exploiter au mieux l'indispensable imagerie satellite, riche d'information qui était à notre disposition et nous avons aussi essayé d'incorporer dans nos observations de terrain les documents déjà existants de façon à produire des cartes détaillées mais lisibles. Aussi nous avons essentiellement consacré nos efforts à la conduite d'un inventaire rapide et systématique des divers types de végétation et d'utilisation des sols comprenant leur distribution géographique, une description qualitative de leurs compositions et une indication de leurs états. Compte tenu de la vaste superficie couverte par l'étude, du temps et de la main d'oeuvre limités disponibles pour les observations de terrain (un total de 3 mois pour couvrir environ 200 000 km²), de la diversité des types de couverture rencontrés et de l'échelle relativement petite des cartes finales, nous avons placé l'emphase sur la collecte des données et l'établissement d'un inventaire systématique plutôt que sur l'analyse des données. De ce fait, les observations de phénomènes tels que les relations sol, végétation, climat, animaux et hommes (c'est-à-dire l'écologie des ressources naturelles) et la succession dans l'espace des diverses communautés végétales de même que leur évolution (transformation) au cours du temps (c'est-à-dire la dynamique de la végétation) font largement défaut. Il est fortement recommandé de se servir de ces cartes de ressources et de l'information qui les accompagne comme :

- un inventaire de la végétation, des utilisations des sols, des couvertures des sols au Sénégal, donnant la répartition au sein du paysage des surfaces occupées par les divers types de couverture.
- un moyen d'analyser l'environnement naturel et les relations entre cet environnement, la végétation et les types d'utilisation des sols.
- un moyen d'évaluer le développement potentiel à l'échelle nationale.
- un moyen de planifier des actions futures en accord avec un plan optimal d'utilisation des terres.

Alors que l'on faisait l'inventaire de la végétation et des types de couverture et d'utilisation des terres, un certain nombre d'observations générales ont été faites, dont beaucoup dérivent des images Landsat et ont été vérifiées sur le terrain. Ces observations ont été regroupées suivant les environnements éco-géographiques traités dans la section 5.5. On peut les résumer comme suit :

6.4.2.1 La Vallée du Fleuve Sénégal

- Des valeurs accrues de la réflectance dans les bandes de l'imagerie Landsat entre 1972 et 1981 indiquent que les forêts riveraines d'Acacia nilotica (unité F4) sont soumises à un sévère stress. Des images prises à plusieurs dates pendant ou peu après la saison pluvieuse n'offrent que peu d'indices que l'inondation nécessaire à la survie de ces forêts s'est produite dans la vallée du fleuve Sénégal. Des observations sur le terrain confirment ce taux élevé de mortalité. Ces forêts dans de nombreuses zones ont été dégradées jusqu'à devenir une steppe arbustive et arborée.
- Les prairies marécageuses du Parc du Djoudj ont diminué en superficie, ceci est aussi une conséquence des bas niveaux d'eau du fleuve Sénégal. Cette diminution a sévèrement affecté l'habitat abritant la vie sauvage et a entraîné la diminution des populations d'oiseaux y hivernant.
- La sécheresse et les bas niveaux d'eau dans les rivières ont sérieusement réduit l'agriculture de subsistance totalement dépendante des eaux existant dans la vallée.
- Les zones irriguées semblent être les seules capables d'assurer une production agricole sur laquelle on puisse compter. Un fort accroissement de ces surfaces irriguées (en particulier la culture du riz) a été observé sur les images Landsat. La plupart de ces zones localisées entre Podor et Bakel étaient toutefois trop petites pour être représentées sur la carte au 1:500 000e.

6.4.2.2 La Grande Côte

- La majorité des efforts de reboisements anciens ou même récents le long de la Grande Côte ont été dégradés du fait de la pression humaine (perte de la couverture boisée, forte mortalité).
- De vastes mouvements d'expansion des dunes encore actives menacent les "niayes".
- Il y a eu perte de la couverture végétale et réactivation des sables autour de nombreux villages dans les dunes côtières partiellement stabilisées. Ceci est largement la conséquence de la forte pression de surpâturage exercée par le bétail et de la surexploitation des arbres comme combustibles. Le périmètre de la zone de dégradation autour de ces villages s'est accru ces dernières années.
- Une incursion des eaux de mer et la sécheresse sont à l'origine du fort taux de mortalité observé pour les hydrophytes des dépressions interdunaires ou niayes. Les espèces les plus durement atteintes sont celles du type Guinéen en particulier Elaeis guineensis.

- Les survols aériens montrent qu'il y a eu une diminution significative des cultures maraîchères dans les niayes comme le prouvent les nombreux champs à l'abandon. La réduction des précipitations et l'accroissement de la salinité en seraient la cause.

6.4.2.3 La Région de Dakar

- Les types de couverture végétale de la région de Dakar présentent des signes sévères de dégradation ayant trois origines: sécheresse, surpâturage et forte pression exercée par la population en cours d'accroissement.
- La forte augmentation de l'expansion urbaine (Pikine, Cambarene, banlieues de Dakar) apparaît clairement sur l'imagerie Landsat et les photographies aériennes. Il y a des signes de réductions significatives de la couverture boisée (ligneuse) sur la plupart des prairies et des zones de culture entourant ces zones urbaines.

6.4.2.4 Le Domaine Agricole du Centre-Ouest

- Aucun signe de l'existence d'une végétation naturelle originelle n'est apparu lors des interprétations des images Landsat ni sur les photographies aériennes prises par le projet de 1983 à 1984. Quelques espèces témoins d'une forêt de type Soudanais jadis très étendue ont été trouvées dans cette région, mais nulle part la couverture boisée ne reflète sa forme originelle.
- Des régions extrêmement dégradées, marquées essentiellement par l'élimination presque totale de l'étage arboré (ce qui correspond à de fortes valeurs du pouvoir réfléchissant dans les bandes visibles du Landsat) sont clairement visibles, en particulier au nord d'une ligne entre Mékhé et Darou Nousti. Ces régions contrastent fortement avec les formations plus denses (constituées principalement de Acacia albida) occupant certaines zones de la région de Thiès.
- La comparaison des photographies aériennes prises en 1978 et de celles prises par le projet entre 1983 et 1984 met en évidence une forte réduction des superficies laissées en jachère. La pression agricole s'intensifierait et s'accompagnerait de l'élimination des couvertures herbeuses et ligneuses associées aux jachères. De plus grandes superficies sont donc exposées à l'érosion éolienne pendant la longue saison sèche.
- L'analyse des images Landsat, des photographies aériennes et des données du terrain montre une réduction des superficies cultivées en arachides et un accroissement corrélatif des superficies en sorgho et en mil. Cette évolution est particulièrement nette pour les années 1982 à 1985. Bien que techniquement possible, aucune tentative n'a jusqu'à présent été faite pour quantifier les superficies cultivées par culture et les cultures par unité administrative au moyen de l'analyse des données Landsat.

- Il semble que les résidus de culture en particulier ceux des cultures d'arachide soient insuffisamment exploités. Ceci apparaît clairement lors des survols aériens et sur les images Landsat qui présentent la forte réflectance des sols sableux exposés dior.
- Bien qu'aucune analyse en profondeur n'ait été faite, des variations considérables de l'état des cultures d'une zone à l'autre (niveaux de biomasse produite, vigueur, santé...) ont été observées sur les images Landsat de la saison pluvieuse. Des études supplémentaires sont nécessaires pour relier ces variations aux conditions réelles sur le terrain.
- Le nord du Bassin des Arachides a plus particulièrement été sévèrement affecté par la sécheresse des quinze dernières années et est devenu une région à haut risque pour les cultures sans irrigation. Bien qu'une petite augmentation des surfaces cultivées se soit produite dans le Domain Pastoral depuis la première couverture de la région en 1972 par les satellites Landsat, le taux d'expansion agricole est en train de diminuer.
- De vastes étendues de champs abandonnés où les cultures ont été arrêtées en raison de l'infertilité croissante des sols sont visibles sur l'imagerie Landsat. Ces régions se rassemblent à l'est de Kaolack (unité VII).
- L'extension du Bassin des Arachides aux dépens du Département de Kaffrine se poursuit rapidement. Des zones cultivées empiètent même les bords des réserves forestières et pastorales en particulier la Réserve Sylvo-Pastorale de Diali, la R.S.P de Doli, la R.S.P. du Sine Saloum, la Forêt de Bandia, la Forêt de Pate, celle de Malem Niani et bien d'autres. Cet empiètement est bien visible sur les comparaisons multi-temporelles de l'imagerie Landsat.
- La dégradation et la mortalité des communautés de mangrove du Sine Saloum s'intensifient. Au nord et à l'est de Foundiougne ces communautés ont presque disparu tandis qu'au sud le long du Sine Saloum elles sont soumises à un stress considérable dû à l'accroissement de la salinité du sol. Le long de la rivière Diombos elles apparaissent relativement non stressées.

6.4.2.5 Le Domaine Pastoral

- La végétation du Domaine Pastoral, en particulier celle du nord du Ferlo est celle qui a été la plus sérieusement endommagée par la sécheresse des quinze dernières années. La moyenne des précipitations dans le tiers nord du Sénégal ne s'élève depuis 1970 qu'à 60% de celle des années 1930 à 1969.
- La sécheresse combinée au surpâturage a entraîné une réduction marquée de la couverture boisée en particulier dans les paysages occupant les hauteurs du Ferlo sableux. Au contraire, la

végétation dans les dépressions est restée relativement dense ce qui accentue l'aspect tigré de la brousse sahélienne.

- La sécheresse combinée au surpâturage et à l'abattage des arbres a complètement modifié la composition floristique des communautés végétales. Quand la couverture herbeuse ne suffit pas à l'alimentation du bétail, ce qui est souvent le cas, les animaux consomment essentiellement les espèces ligneuses. De ce fait, les espèces les plus appétissantes (Acacia seyal, Commiphora africana, Acacia senegal, etc...) diminuent en nombre tandis que les espèces moins appétissantes et plus résistantes à la sécheresse comme Boscia senegalensis et Calotropis procera augmentent en densité.
- On a observé de forts taux de mortalité pour certaines espèces, en particulier Sclerocarya birrea. Ils résultent essentiellement de la sécheresse. Par ailleurs on n'a trouvé qu'un très petit nombre d'individus jeunes pour cette espèce, Sclerocarya birrea et plusieurs autres espèces. Ceci indiquerait une évolution de la composition vers une communauté plus xérophyle.
- Presque tous les points d'eau du Domaine Pastoral apparaissent sur l'imagerie Landsat sous la forme de zones claires entourant un ou plusieurs points noirs. Les zones claires ayant un rayon de 3 à 10 km correspondent aux paysages fortement dégradés et dénudés entourant les points d'eau et les colonies humaines dispersées. La sécheresse, le surpâturage et le piétinement de la couverture herbeuse en sont les causes primaires. Avec la disparition de la couverture herbacée, le pâturage se porte sur les espèces ligneuses jusqu'à ce que presque toute la végétation ait disparu. La situation déjà sérieuse se complique d'une érosion des sols due au vent et à l'augmentation des eaux de ruissellement.
- Le pourcentage étonnamment élevé d'herbages occupés par les termitières est particulièrement net vu du ciel. Un examen préliminaire des photographies aériennes (1984) du Domaine Pastoral évalue en certains points à 50% la superficie maximale de sol occupée par les termitières (actives ou mortes).
- La germination et le développement de l'étage herbeux dépendent fortement de la distribution à la fois temporelle et spatiale et de la quantité des précipitations. Cette dépendance apparaît clairement sur les images Landsat de la saison humide. Le verdissement du couvert herbacé correspond bien aux régions ayant récemment reçu suffisamment de pluies.
- La qualité (composition floristique) d'un herbage donné peut varier d'une année à l'autre, conséquence d'un jeu complexe de variables écologiques. C'est pourquoi des observations échelonnées sur une ou deux années seulement ne doivent pas être considérées comme des vérités absolues.

- On a estimé qu'environ 20% des herbages du Domaine Pastoral brûlent chaque année pendant la saison sèche en dépit des programmes gouvernementaux pour réduire ces feux de brousse. Dans le Ferlo, quelques-uns incendies sont contenus par les pare-feux. Ces incendies non seulement détruisent l'important fourrage de la saison sèche mais aussi exposent les sols à l'action érosive du vent.

6.4.2.6 La Zone de Transition Orientale

- Les dégradations de la couverture végétales dues à l'homme ou aux animaux prévalent par rapport à la dégradation d'origine climatique.
- Bien que l'agriculture occupe moins de 20% des surfaces dans la portion occidentale de cette zone et moins de 5% dans la portion orientale, l'analyse multitemporelle des images Landsat montre qu'elle est en voie d'expansion rapide. Le déboisement systématique des savanes boisées occupant les hauteurs (unités B5 et Bd9) peut être facilement suivie à partir de l'imagerie Landsat. Les cartes de la végétation et de l'utilisation des sols donnent l'étendue des zones agricoles par rapport aux zones de végétation naturelle, telles qu'elles ont été délimitées en 1981, date de la couverture Landsat la plus récente dont nous disposons.
- Les dégradations dues au bétail sont devenues plus critiques dans les années 1980 comme les troupeaux qui traditionnellement restaient dans le nord du Ferlo sont descendus dans la présente zone à la recherche d'un meilleur fourrage. Les dégradations localisées autour des forages et des colonies humaines ne sont pas aussi graves que dans le nord du Ferlo. Néanmoins, la plupart des villages dans les vallées sont entourés par des zones fortement dégradées ayant de 0.5 à 3 km de rayon. La cause du déboisement est ici le défrichage pour faire place aux cultures plutôt que le surpâturage.
- Quoique non apparent sur les images Landsat, l'abattage des arbres pour fournir des matériaux de construction ou pour la production de charbon de bois menace l'existence des savanes boisées occupant les hauteurs. L'abattage a altéré l'hétérogénéité de la composition floristique, favorisant les arbres moins "utiles" aux dépens des espèces telles que Bombax costatum et Pterocarpus erinaceus.
- Les feux de brousse sont beaucoup plus généralisés qu'au nord. Environ 60 à 70% des terres seraient brûlées chaque année (estimations basées sur l'interprétation des données Landsat). Ces feux sont allumés par les agriculteurs, les bergers et les chasseurs. L'effet des feux sur la physionomie et la composition est considérable. Les espèces résistantes aux feux survivent tandis que les autres sont éliminées. Les espèces perennes sont plus résistantes que les espèces annuelles. La

densité de la couverture boisée est réduite par les feux annuels, favorisant ainsi le développement de savanes.

6.4.2.7 La Région du Socle

- Les ressources végétales de cette région sont restées relativement peu touchées en comparaison de celles du reste du pays. La couverture ligneuse a largement été épargnée en raison de la faible densité des populations humaines et du faible niveau de développement des infrastructures.
- Les pressions exercées par l'homme et les animaux y étant minimales (à l'exception des régions de Kédougou et Salémata) et la sécheresse y étant moins sévère, les plus grandes pertes subies par la ressource forestière sont dues aux incendies. L'analyse de l'imagerie Landsat montre que plus de 80% de cette région brûle chaque année. Il y a eu peu d'efforts faits pour limiter le nombre des feux de brousse. La situation est compliquée. Si des feux ne se produisent pas régulièrement, de vastes quantités de matériaux combustibles s'amoncellent qui peuvent causer une fois allumés des dégâts plus considérables aux arbres et aux arbustes que des feux plus petits et plus réguliers. Des études supplémentaires sont nécessaires.
- Variant en structure et en composition, la couverture végétale dépend fortement de la géomorphologie et des sols. A cause de la petite échelle de cartographie et du nombre limité de données sur le terrain, les groupements végétaux ont été regroupés suivant une mosaïque de types. La végétation des plateaux latéritiques, celle des bowé (alios ferrugineux) et des pentes douces ont été représentées par la même unité cartographique. La végétation des pentes des vallées et celle des talwegs sont elles décrites dans une autre unité. Des enquêtes supplémentaires sont nécessaires pour définir les unités cartographiques du sud-est sénégalais et pour établir leurs interactions avec l'environnement.

6.4.2.8 La Casamance

La végétation de la Casamance est sans aucun doute la plus riche du Sénégal et celle qui offre le plus grand potentiel en termes de ressources forestières. Cependant, au cours de notre effort de cartographie, il est devenu clair que ces ressources sont en voie de disparition rapide. Une analyse multitemporelle de l'imagerie Landsat de la Casamance indique que des modifications radicales de la couverture végétale sont en cours de réalisation à savoir:

- En Haute et en Moyenne Casamance, les cultures sous pluies ont augmenté de 30 à 50% de 1972 à 1979.
- Les forêts sur les plateaux de la Haute et de la Moyenne Casamance ont reculé de 10 à 15% au profit des zones cultivées pendant ces même années.

- Les forêts des plateaux et les forêts secondaires de la Basse Casamance ont perdu 15 à 20% en superficie entre 1973 et 1979. Les observations de terrain montrent que l'empiétement des terres cultivées sur les formations végétales naturelles s'est poursuivi au même taux au cours des années 1980.
- En basse Casamance, les cultures sous pluies ont augmenté de 15% entre 1973 et 1979. Ce chiffre est plus bas que ceux de Haute et Moyenne Casamance car le potentiel d'expansion est plus limité par les vastes formations des estuaires. De plus, les surfaces occupées par les cultures sous pluies étaient déjà très étendues en 1973; elles dépassaient déjà d'environ 15% les surfaces couvertes par les formations forestières et avaient plus que doublé ce pourcentage en 1979.
- L'activité humaine et l'accroissement de la salinité des sols ont causé une diminution significative des surfaces couvertes en mangroves, qui s'élève à 5 à 10%. Cette diminution des mangroves est particulièrement prononcée dans les régions de Bignona et Ziguinchor. On a aussi remarqué une augmentation correspondante des surfaces occupées par les tannes et les slikkes dans les estuaires de la Casamance.
- Les feux de brousse sont aussi généralisés dans les savanes boisées et les forêts sur les plateaux de la Casamance que dans la Région du Socle (Sénégal Oriental). Plus de 80% des interfluves sont brûlées chaque année. Contrairement au Ferlo ici peu d'efforts ont été faits pour limiter ces feux. Tandis que l'impact de ces feux sur la végétation herbacée et ligneuse est considérable des études supplémentaires sont néanmoins nécessaires pour définir le meilleur plan de contrôle des incendies.
- Les causes primaires de dégradation de la végétation en Casamance sont d'origine humaine. Les forêts à feuilles caduques ou demi-caduques qui jadis recouvraient la Casamance se réduisent actuellement aux quelques vestiges rencontrés sur les hautes terres du fait des défrichements systématiques au profit des cultures de riz, arachides, coton et manioc.
- Les effets de la sécheresse sur la végétation des hauteurs de la Casamance sont relativement modérés. Les formations qui ont le plus souffert sont celles occupant les basses terres et les estuaires. Parmi ces formations végétales, on compte les mangroves dont les forts taux de mortalité ont été aggravés par de mauvaises procédures de drainage qui ont entraîné une sévère acidification des sols.
- La culture traditionnelle du riz a aussi souffert de la sécheresse depuis 1970. Les pluies ont été insuffisantes pour éliminer l'accumulation des sels en surface et une diminution significative des cultures de riz est visible sur l'imagerie Landsat. La salinité explique en partie l'évolution vers

l'agriculture des plateaux et l'extension dramatique de l'agriculture sur ces plateaux aux dépens de la couverture boisée naturelle. Des analyses plus détaillées des images Landsat et des photographies aériennes sont nécessaires pour déterminer les taux de diminution des cultures de riz et d'expansion de l'agriculture sur les plateaux.

- Non seulement la couverture boisée et forestière a rétréci à une vitesse sans précédent mais elle a aussi été abîmée sur le plan de sa composition floristique par les feux et les activités d'abattage. Il en résulte une transformation des formations denses en formations plus clairsemées, qui n'a pu être quantifiée au moyen de l'analyse multi-temporelle des photographies aériennes.

6.5 RECOMMANDATIONS

Les grandes quantités de données nouvelles apportées par le projet nécessitent plus qu'une analyse rapide pour que des conclusions intéressantes puissent être tirées et des recommandations cohérentes puissent être formulées. Par ailleurs comme la plupart des données sont susceptibles de changer en fonction de leur propre dynamique, une certaine partie de cette information perdra sa valeur avant même que toutes les analyses nécessaires aient été faites, les conclusions tirées, les décisions correctes prises et certaines actions entreprises. Bien que nous présentions ici un certain nombre de recommandations, notre tâche et celle des agents au Plan sénégalais seraient facilitées si les données déjà publiées et celles que nous venons de rapporter étaient rassemblées sous un même format permettant de les analyser plus rapidement, plus précisément et suivant des méthodes statistiques et quantitatives. Une telle approche permettrait aux projets et analyses futurs d'être incorporés plus efficacement et analysés plus rapidement et d'une manière plus effective ce qui réduirait les risques d'erreur et de répétitions. C'est pourquoi notre première recommandation est que les informations présentées dans ce rapport, celles qui ont été antérieurement rassemblées et les données à venir soient toutes intégrées dans un système d'Information Géographique (GIS). Il a été montré qu'un tel système était un moyen rapide et efficace d'analyser de façon complète de larges quantités de données statistiques, descriptives et explicatives (sous forme de carte ou autre) dans diverses parties du monde dont le Sénégal (Cisse, 1984).

Quelles autres recommandations particulières pouvons nous formuler sans risque, à partir de notre travail conjointement aux recommandations faites précédemment dans le Schéma national d'aménagement du territoire (1984)? Nous avons précédemment mentionné que notre travail avait essentiellement consisté à réunir des données soit sur le terrain, soit à partir des interprétations Landsat. La présentation de ces données sous la forme des cartes jointes à ce rapport a par ailleurs exigé énormément de temps. Parce qu'en général un tel effort de cartographie n'est pas entrepris par ceux qui ont déjà rassemblé des données et servi à d'autres travaux divers, le temps disponible restant était insuffisant pour permettre aux auteurs d'analyser et d'intégrer

ces données puis d'établir des recommandations détaillées et justifiées. Avec ce clair avertissement nous pensons que nous pouvons présenter un nombre limité de recommandations ou plutôt de suggestions dérivées de notre expérience limitée et de nos conclusions.

6.5.1 Recommandations Basées sur l'Etude Géologique et Hydrologique Réalisée par le Projet

6.5.1.1 Recommandations Géologiques

A. Recommandations Pratiques ou Immédiates

- Evaluer le potentiel en or des séries sédimentaires plus étroitement associées avec les gisements de jaspe et de minéralité de fer du Sénégal Oriental.
- Evaluer le potentiel en chrome des séquences ultrabasiques de la Série Mako.
- Evaluer le potentiel en chrome du flanc est de l'anomalie de gravité de Oldou Debokol.
- Rechercher les accumulations de stromatolites et les dépôts associés, biologiquement enrichis en métaux de base de la Série Ségou-Madina Kouta.
- Rechercher des accumulations de métaux hydrothermaux non précieux dans les séquences calcaires des Séries Dialé et Daléma là où elles sont pénétrées de granites calco-alcalins post-orogéniques.
- Vérifier les potentiels en gaz et en pétrole du Sénégal et définir une nouvelle approche (légale et financière) pour le développement des ressources en hydrocarbures du Sénégal.
- Refaire la carte des régions précambriennes et paléozoïques du Sénégal Oriental au 1:50 000^e ou au 1:100 000^e afin de résoudre les nombreux problèmes stratigraphiques, structuraux et métallogéniques qui ont à l'heure actuelle un effet négatif sur le développement minéral à long terme.
- Grâce à la recherche, tenter de trouver des moyens d'utiliser les phosphates sénégalais d'une manière plus efficace et moins onéreuse.

B. Recommandations Moins Immédiates

- Etablir le potentiel en sulfures homogènes de la série granitique Kakadian.
- Etudier le potentiel pour des sources géothermales dans le Bassin Sédimentaire Sénégalais là où sont situées les anomalies

positives de gravité qui pourraient représenter des masses mésozoïques ou des masses intrusives plus récentes.

- Etudier le potentiel en gaz et en pétrole des plus épaisses sections paléozoïques du Sénégal qui correspondent aux anomalies négatives de gravité.
- Ré-évaluer les données magnétiques et gravimétriques pour améliorer la carte tectonique et atteindre une meilleure compréhension de l'histoire métallogénique et tectonique du Sénégal (projet de recherche).
- Etudier l'aspect et la profondeur du matériel constituant l'anomalie positive de gravité (50 à 60 millegals) orientée nord-sud qui traverse le Sénégal Oriental (projet de recherche).

6.5.1.2 Recommandations Hydrologiques

A. Recommandations Pratiques ou Immédiates

- Etudier le potentiel des rivières interprétées comme fossiles par les analyses Landsat, en particulier au niveau des villes et des villages situés sur ces caractéristiques.
- Diminuer la vitesse d'infiltration des eaux salées en empêchant le creusement de puits peu profonds dans le nord du Sine Saloum dans une zone distante de 0 à 10 km de l'estuaire et du cours d'eau Sine Saloum.
- Forer quelques puits profonds dans la couche aquifère du Maestrichtien de la zone précédente.
- Réaliser une campagne soigneusement planifiée pour évaluer le potentiel en eau de l'aquifère du Maestrichtien.
- Demander aux villes et aux villages (en particulier ceux du Bassin des Arachides) de fournir à la Direction de l'Hydraulique, si possible, une information concernant les puits dont ils disposent. Des formulaires simples accompagnés d'instructions sont à fournir par le canal des services de conseil agricole pour que la collecte des données soit organisée et que celles-ci puissent être analysées.
- Apporter un soutien à l'étude des couches aquifères du Paléocène et l'Eocène du Sénégal Occidental afin d'évaluer leurs potentiels.
- Une étude des possibilités d'utilisation de la couche aquifère du Maestrichtien doit être faite pour une irrigation limitée pour assurer le développement de vergers et de jardins maraîchers dans le Bassin des Arachides.

- Grâce aux services de conseillers agricoles, éduquer les populations afin qu'elles nettoient plus régulièrement les puits traditionnels.
- Apporter un soutien au développement d'un matériel léger et bon marché qui puisse servir de crépine dans les puits traditionnels. Un tel matériel pourrait augmenter la production des puits, les rendrait plus faciles et moins dangereux à nettoyer, allongerait leur durée d'utilisation et réduirait les risques d'accidents au moment du creusement des puits. On propose que ces crépines soient faites en plastique et soient produites sous forme de 3 éléments de 2 m de diamètre avec des extrémités à encoches pour assurer un joint étanche. Ces éléments doivent être fabriqués de façon à convenir aux puits conventionnels de 2 m de diamètre et si nécessaire doivent être perforés pour permettre à l'eau d'entrer. Les avantages présentés par le plastique par rapport au béton sont son faible poids et sa faculté à être transporté. De plus cette crépine peut être mise en place dans des puits déjà existants et permet l'exploitation de plus d'une couche aquifère à partir du même puits.
- Examiner les puits profonds (forages) du Ferlo de façon à évaluer leurs effets sur l'écosystème du Ferlo. La décision de ou de ne pas forer d'autres puits, et donc d'approvisionner ou non en eau un cheptel accru doit être basée sur ce type d'étude. Une solution de rechange serait à considérer s'il s'avère qu'un tel approvisionnement en eau supplémentaire exerce une trop forte pression sur la nappe aquifère du Maestrichtien. Cette solution consisterait à pomper les eaux du fleuve Sénégal pour les rejeter dans le système de cours d'eau du Ferlo à l'ouest de Kanel; ceci créerait une ceinture verte (voir 3.10.6 pour des explications plus détaillées) et allégerait les demandes exercées sur la couche aquifère profonde du Maestrichtien.
- Aider les villages à creuser un deuxième ou troisième puits, là où comme nous l'avons démontré dans notre étude, la sécheresse récente a asséché ou fortement appauvri les puits déjà existants.

6.5.2 Recommandations Basées sur les Travaux Pédologiques Effectués par le Projet

Les suggestions ou recommandations concernant l'utilisation des sols sont données dans le détail au niveau des descriptions de chacune des unités de sols. La Carte d'Aptitude des sols constitue par ailleurs une sorte de résumé de l'effort de cartographie des sols. Elle représente une intégration des caractéristiques et des descriptions des sols qui appartient à l'utilisation. Ce classement hiérarchique des unités combiné aux facteurs restrictifs limitant chaque unité définit le potentiel de chacune des unités et par conséquent son utilisation la plus recommandable.

Trois suggestions supplémentaires peuvent être envisagées. Lors de l'étude bibliographique, on a observé qu'un certain nombre de régions sénégalaises avaient reçu d'excellentes descriptions pour de nombreux sols tandis que d'autres n'avaient pas autant retenu l'attention. De plus en raison d'une dégradation récente de l'environnement due au manque de pluies ou à la surexploitation (cultures) certaines régions auraient besoin d'être étudiées plus en détail. C'est pourquoi nous recommandons que le Bassin des Arachides et les régions englobant les Terres Neuves soient compris dans un effort de cartographie des sols au 1:50 000^e ou 1:100 000^e.

Il serait par ailleurs du plus haut intérêt d'analyser les sols du Sénégal en particulier dans les deux régions mentionnées précédemment en vue d'établir leurs besoins en fumure. Finalement, tout travail de terrain additionnel devrait essayer d'évaluer les effets des assolements sur les sols des portions centrales et occidentales du Sénégal.

6.5.3 Recommandations Basées sur l'Etude de la Végétation, de l'Occupation et de l'Utilisation des Sols Réalisée par le Projet

Sans une évaluation en profondeur des quantités considérables de données spatiales amassées à propos de la végétation et de l'utilisation des sols, il serait prématuré de faire des recommandations particulières concernant la gestion optimale de ces ressources superficielles et dynamiques. Les recommandations d'ordre général que l'on peut faire sont les suivantes:

- On devrait plus porter l'accent sur la gestion multitemporelle des ressources superficielles et dynamiques fournies par la végétation et l'utilisation des sols en profitant des couvertures répétées de tout le Sénégal assurées par les images Landsat. Ceci permettrait aux spécialistes de ressources de contrôler de près des problèmes tels que les zones et les taux de déforestation, les effets des feux de brousse sur la couverture végétale, les taux de mortalité des forêts riveraines du fleuve Sénégal, les taux de mortalité des mangroves, les effets des forages sur les herbages du Sahel, etc... Ce contrôle pourrait représenter la première étape de renversement des effets de la dégradation et de la surexploitation.
- La multiplication par presque trois du pouvoir de résolution spatiale présentée par le satellite Landsat Thematic Mapper devrait servir à améliorer les statistiques agricoles et devrait aider à la prédiction des rendements. Bien que l'identification des cultures et l'estimation de l'état des cultures n'aient pas été réalisées au cours de la présente étude, l'expérience résultant des interprétations Landsat et de la collecte des données sur le terrain montre que l'identification et la différenciation des champs cultivés sous arachides, sorgho/mil et des champs en friche est possible mais qu'elles sont limitées par le pouvoir de résolution spatiale (80m) du système Landsat MSS. Le nouveau Thematic Mapper offre cependant une grande chance de pouvoir surmonter cette difficulté et il se

pourrait qu'il révolutionne les méthodes d'obtention des statistiques agricoles.

- On doit prêter plus attention aux effets des feux de brousse sur les herbages et les forêts. Une réduction de la fréquence des feux en particulier dans la moitié sud du Sénégal là où les mesures anti-feux sont actuellement limitées, pourrait aider à résoudre le problème critique du manque de bois de chauffage. Si on limite les feux, un épaississement des strates ligneuses se produit au cours du temps. Quelques unes de ces régions boisées pourraient alors sous contrôle être éclaircies par l'abattage d'un certain nombre d'arbres choisis et ramassage du bois mort. Le bois de chauffage pourrait alors être transporté jusqu'aux centres de distribution des régions où le manque de bois est sévère (Bassin Arachidier, la Région du Fleuve). Cette procédure allégerait aussi la pression exercée sur les couvertures boisées déjà dégradées du nord et de l'ouest.
- Une plus grande protection des forêts classées et des réserves sylvo-pastorales est nécessaire. Il apparaît clairement sur l'imagerie Landsat que l'expansion agricole empiète sur ces régions dites "protégées". Des régions à problèmes majeurs peuvent déjà être identifiées sur les cartes de la végétation et de l'utilisation des sols. Toutefois une analyse plus récente de l'imagerie Landsat et des photographies aériennes est nécessaire pour indiquer les régions en état de violation.
- Parmi les paysages les plus dégradés du point de vue des sols et de la végétation sont ceux qui entourent les forages. Ils apparaissent sous la forme de surfaces circulaires blêmes sur les images Landsat, indicatrices d'une sévère réduction de la couverture. Une régulation de l'utilisation de ces points d'eau devrait être mise en place afin de minimiser les dégradations encourues par les sols et la végétation d'autant plus que la tendance générale mène à une dégradation irréversible. Une fermeture périodique des forages est peut-être une solution. Elle implique une rotation du plan d'utilisation des points d'eau. Une autre possibilité consiste à contrôler l'accès aux forages grâce à un système de barrières qui permettrait à certaines zones de se régénérer. Les couloirs d'accès aux forages seraient temporaires et pourraient être changés d'une année à l'autre.
- Il y a un besoin urgent en recherches et expérimentations de méthodes pour réduire la surexploitation de la couverture boisée et pour encourager la régénération naturelle. Cette étude ne s'est pas intéressée à la recherche de solutions à apporter à ce problème, toutefois l'élimination de la couverture végétale ayant lieu actuellement sur une grande échelle, le surpâturage, l'abattage des arbres et les incendies étaient tous très apparents non seulement sur le terrain mais aussi sur les images Landsat.

- Les utilisateurs des résultats de ce travail de cartographie devraient également consulter l'abondante littérature existante, concernant les forêts, les herbages et les ressources d'utilisation des terres du Sénégal. Il existe de nombreuses études de valeur sur des sujets tels que la productivité des herbages, les diverses utilisations possibles des espèces herbacées et ligneuses, les résultats des efforts de reforestation, etc... Une intégration de toute l'information spatiale rassemblée par le présent projet aux résultats de toutes les autres études déjà faites devrait aboutir à l'établissement d'un plan optimal intégré d'utilisation des sols et de développement.

6.6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DAT, PNUD, DTCP (1984) Schéma national d'aménagement du territoire, version préliminaire. SEN.82.016.

Paul, C. and Mascarenhas, A. (1981) Remote sensing in development. Science 214(4517):139-45.