

BURKINA FASO

La Patrie ou la mort, nous vaincrons !

*Ministère des Enseignements secondaire,
Supérieur et de la Recherche Scientifique*

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

(IN.S.H.U.S.)

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

MEMOIRE DE MAITRISE

*ESSAI D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION A L'ETUDE
ET A LA CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES
A OURSI ET ABIDI (BURKINA FASO)*

Présenté et soutenu publiquement par

NDJAFI OUAGA HUBERT

*Année universitaire
1989 - 1990*

*Sous la Direction
de DA Dapola E.C.*

Table des matières

	<u>Pages</u>
Dedicace	
Remerciements.....	1
Avant-Propos.....	2
Introduction.....	3
<u>1ère partie</u> : Les images satellitaires SPOT.....	7
<u>Chapitre I</u> : Les généralités sur la télédétection.....	8
I.1. le système SPOT.....	8
I.2. La programmation.....	11
I.3. L'acquisition des données.....	11
<u>Chapitre II</u> : L'interprétation visuelle et le traitement numérique des images SPOT.....	16
II.1. L'interprétation visuelle des images SPOT.....	16
II.2. Le traitement numérique des images SPOT.....	16
II.2.1. La description du système périocolor 1000...	16
II.2.2. L'analyse numérique des images SPOT.....	17
II.2.3. La séquence.....	21
II.2.4. L'interprétation de la séquence.....	21
<u>2ème partie</u> : Exploitation de l'image SPOT du 04/09/1986 et Cartographie des formations superficielles du bassin versant de la mare d'Oursi (Oudalan).....	24
<u>Chapitre I</u> : Le cadre naturel du bassin versant de la mare d'Oursi	25
I.1. Les données climatiques.....	25
I.2. La géologie.....	27
I.3. L'approche géomorphologique de la région d'Oursi	30
I.3.1. Les collines crêtes et inselbergs.....	32
I.3.2. Les carapaces, cuirasses et reliefs cuirassés.	32
I.3.3. Le plateau Petoy-Gountouré.....	34
I.3.4. Les glacis.....	34

I.3.5. Le système dunaire.....	35
I.3.5.1. Le cordon dunaire septentrional.....	35
I.3.5.2. L'erg vif.....	35
I.3.5.3. Les dunes d'obstacles et placages sableux...	35
I.3.6. Le domaine de l'eau.....	36
I.3.7. La population de l'Oudalan.....	36
<u>Chapitre II</u> : La description des états de surface du bassin versant de la mare d'Oursi.....	39
II.1. Les états de surface de l'erg récent.....	39
II.2. Les états de surface de l'erg ancien.....	41
II.3. Les états de surface des jupes sableuses.....	41
II.4. Les états de surface des placages sableux sur glacis et interfluves.....	42
II.5. Les états de surface des massifs rocheux.....	43
II.6. Les états de surface des reliefs isolés.....	43
II.7. Les états de surface des glacis et interfluves pierreux.....	44
II.8. Les états de surface des glacis à gravillons ferrugineux.....	44
II.9. Les états de surface des glacis et interfluves nus sur sols bruns-nus.....	45
II.10. Les états de surface des glacis et inter- fluves arénacés.....	45
II.11. Les états de surface des buttes cuirassées...	46
II.12. Les états de surface des bas-fonds.....	46
<u>Chapitre III</u> : L'interprétation visuelle et numérique de l'image satellitaire SPOT du 04/09/1986.....	47
III.1. L'interprétation visuelle de l'image SPOT du 04/09/1986.....	47
III.1.1. L'analyse paysagique du bassin versant de la mare d'Oursi et la clé de l'interprétation	47
III.1.2. La cartographie.....	48
III.2. Le traitement numérique de l'image SPOT du 04/09/1986.....	49

III.2.1. Les résultats du traitement numérique au système péricolor 1000.....	49
III.2.2. L'interprétation des résultats numériques	64
<u>Chapitre IV</u> : Etude du géosystème de Tounti (Petoy-Gountouré) à partir de l'image SPOT du 04/09/1986.....	67
IV.1. La définition d'un géosystème et d'un géon....	67
IV.2. La méthode d'étude.....	67
IV.3. La description des géons : d'amont en aval....	68
<u>3ème partie</u> : Etude et cartographie des formations superficielles de deux bassins versants de la région de Bidi (Yatenga) d'après l'image SPOT du 04/10/1986.....	72
<u>Chapitre I</u> : Le cadre géographique de la région de Bidi.....	73
I.1. Le climat.....	73
I.2. La géologie.....	76
I.3. La géomorphologie.....	79
I.3.1. Les sommets d'interfluves.....	79
I.3.2. Les "pseudo glacis".....	81
I.3.3. Les bas-fonds.....	81
I.4. La végétation.....	82
I.5. La population de Bidi.....	84
<u>Chapitre II</u> : La description de deux petits bassins versants de la région de Bidi et la cartographie à partir de l'image SPOT du 04/10/1986.....	85
II.1. La description des unités paysagiques de Gourga et de Samniwéogo.....	85
II.1.1. Les états de surface des buttes et interfluves cuirassés.....	85
II.1.2. Les états de surfaces des croupes à indurations ferrugineuses.....	89
II.1.3. Les états de surface des croupes sur sols sablo-gravillonnaires.....	92
II.1.4. Les états de surface des pseudo-glacis arénacés.....	92
II.1.5. Les états de surface des pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens fins.....	97

II.2. La cartographie des formations superficielles à partir de l'image SPOT du 04/10/1986.....	101
II.2.1. La reconnaissance des unités paysagiques et la photo-interprétation de l'image satel- litaire SPOT du 04/10/1986.....	101
II.2.2. La cartographie des formations superficielles de Gourga et de Samniwéogo à partir de l'image satellitaire SPOT du 04/10/1986.....	102
II.3. L'organisation des paysages en géosystèmes....	102
II.3.1. Les géosystèmes des sommets d'interfluve....	104
II.3.2. Les géosystèmes de pseudo-glacis.....	104
II.3.3. Les géosystèmes de bas-fonds.....	105
II.4. L'utilisation humaine de l'espace et l'aménagement.....	105
II.4.1. L'aménagement de versants.....	106
II.4.2. L'aménagement du bas-fond de Bidi-Gourga....	107
<u>Chapitre III</u> : L'étude comparative des zones d'étude.....	108
III.1. L'environnement naturel d'Oursi et de Bidi et leur photo-interprétation.....	108
<u>Conclusion</u>	111
<u>Références bibliographiques</u>	114
<u>Annexes</u>	117

Liste des figures

	<u>Pages</u>
Fig. 1 - Carte de situation des zones d'étude.....	4
Fig. 2 - Proposition PEPS N° 149 Grille SPOT, Zone moyenne.....	12
Fig. 3 - Climatologie à la station de Djalafanka 1976-1983.....	26
Fig. 4 - Carte géologique du bassin de la mare d'Oursi.....	28
Fig. 5 - Carte topographique du bassin de la mare d'Oursi.....	31
Fig. 6 - Carte géomorphologique et géodynamique du bassin de la mare d'Oursi.....	33
Fig. 7 - Schéma d'évolution du bassin de la mare d'Oursi.....	37
Fig. 8 - Localisation des lignes et parcelles observées en 1986	40
Fig. 9 - Carte des formations superficielles du bassin de la mare d'Oursi.....	50
Fig. 10 - Représentation numérique des zones dans le plan des indices de brillance et de couleur.....	62
Fig. 11 - Représentation numérique des zones dans le plan des indices de brillance et de végétation.....	63
Fig. 12 - Géosystème de Tounti (Petoy-Gountouré).....	69
Fig. 13 - Pluviométries annuelles de 1920 à 1987.....	74
Fig. 14 - Climatologie à la station de Nayiri 1985-1989.....	75
Fig. 15 - Carte géologique de la région de Bidi.....	77
Fig. 16 - Esquisse géomorphologique des bassins versants de Gourga et de Samniwéogo (Région de Bidi).....	80
Fig. 17 - Carte des formations végétales des bassins versants de Gourga et de Samniwéogo de Bidi.....	83
Fig. 18 - Localisation de toposéquences et des transects observés sur les bassins versants de Gourga et de Samniwéogo (région de Bidi).....	86
Fig. 19 - Toposéquence S ₁	87
Fig. 20 - Surface à charges grossières (+ 40 %).....	88
Fig. 21 - Transect O ₃	90
Fig. 22 - Surface de type structurale.....	91

Fig. 23 - Toposéquence G ₂	93
Fig. 24 - Surface de type érosion.....	94
Fig. 25 - Transect D ₂	95
Fig. 26 - Surface de type décantation.....	96
Fig. 27 - Transect C ₃	98
Fig. 28 - Surface de type dessiccation.....	99
Fig. 29 - Surface de type cultivé.....	100
Fig. 30 - Carte des formations superficielles des bassins versants de Gourga et de Samniwéogo (Région de Bidi).....	103
Fig. 31 - Surface à forte activité faunique.....	126
Fig. 32 - Toposéquence G ₃	127
Fig. 33 - Transect C ₁	128
Fig. 34 - Toposéquence S ₃	129

Liste des tableaux

	<u>Pages</u>
Tableau I - Le spectre électromagnétique.....	9
Tableau II - Inventaire des principaux satellites d'observation de la terre.....	9
Tableau III - Instruments H R V.....	13
Tableau IV - Répertoire des disquettes ORSTOM.....	18
Tableau V - Position des images sur les disquettes ORSTOM.....	19
Tableau VI - Erg ancien.....	118
Tableau VII - Erg récent.....	119
Tableau VIII - Jupes sableuses.....	120
Tableau IX - Glacis à gravillons ferrugineux.....	121
Tableau X - Massif rocheux.....	122
Tableau XI - Placages sableux sur glacis.....	123
Tableau XII - Glacis pierreux.....	124
Tableau XIII - Fiche d'observation des états de surface.....	125

D E D I C A C E

"A ma grand-mère,

A mes feux parents qui ont orienté mes premiers pas
vers l'école, ce mémoire est le leur."

REMERCIEMENTS

Au terme de ces travaux, qu'il me soit permis de présenter ici ma reconnaissance à tous ceux qui, de près comme de loin, m'ont toujours apporté leur soutien matériel et moral pour mener à bien ce présent mémoire.

Toute ma sympathie et ma gratitude à mon Directeur de mémoire M. Da Dapola E.C. qui m'a confié à l'ORSTOM¹. Je le remercie pour la confiance et la considération qu'il m'a toujours accordées tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Mes remerciements vont à l'endroit de mon maître de stage M. Lamachère J.M. qui s'est investi pour me soutenir sur tous les plans et avec lequel j'ai effectué les travaux de terrain et le traitement numérique des images satellitaires SPOT, jusqu'à l'achèvement de ce travail malgré ses multiples occupations.

Aux responsables de la cartographie de l'ORSTOM qui m'ont aidé et prodigué des conseils pratiques pendant la confection des cartes, qu'ils en soient remerciés.

A tout le personnel de l'ORSTOM et à son Directeur J.C. Gautun, qui à différents niveaux, n'ont ménagé aucun effort pour faciliter mon séjour dans leur centre, j'adresse mes remerciements.

Enfin, à M. Bouland P. et Ribot F. du CRTO (Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou) qui m'ont permis de suivre un stage dans leur centre en vue de me familiariser au traitement numérique des images satellitaires, qu'ils trouvent ici également mes remerciements.

1. ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

AVANT-PROPOS

Depuis le lancement en janvier 1986 de SPOT², un Programme d'Evaluation Préliminaire SPOT (PEPS) a été initié en vue de l'exploitation de ces images. Ce programme s'est donné comme ambition le suivi et l'utilisation des données satellitaires SPOT, dans les différents domaines de la recherche.

Cette étude, dans sa première partie fait la présentation du système SPOT, de l'acquisition et du traitement informatique des images.

Les deux autres parties du travail sont consacrées à l'exploitation des images satellitaires pour l'étude et la cartographie des formations superficielles en zones sahéliennes et soudano-sahéliennes.

A Oursi, nous avons bénéficié d'une composition colorée d'images sur papier et des disquettes acquises dans le cadre du PEPS n° 149 et la recherche de la vérité terrain par des observations au sol cadre bien avec la prise de vue.

A Bidi par contre, nous n'avons disposé que d'une composition colorée d'images sur papier et une vérité terrain en décalage temporel avec la prise de vue, d'où des difficultés d'interprétation.

Tous ces facteurs constituent autant d'avantages que d'inconvénients, qui certes ont eu des répercussions sur la qualité de nos travaux.

Enfin, une brève étude comparative qui synthétise ces deux régions met fin à l'étude.

INTRODUCTION

Les graves bouleversements climatiques de ces deux dernières décennies écoulées et les répercussions socio-économiques qu'elles ont engendrées sur l'homme sahélien, ont sérieusement attiré l'attention de l'opinion africaine et internationale.

Au Burkina Faso, les régions septentrionales situées au nord du 12^e parallèle, durement éprouvées par les effets de la sécheresse, ont reçu un élan de solidarité et de nombreux projets de recherche et d'étude en vue de cerner le mécanisme de ces aléas, de les diagnostiquer et d'en préconiser d'éventuels remèdes.

Aussi différents moyens et techniques d'investigation du milieu naturel ont-ils été utilisés dans plusieurs domaines de la recherche. C'est dans cette optique que s'insère cette étude menée sur deux bassins versants au Burkina Faso : Oursi (Oudalan) et Bidi (Yatenga) (Fig. I p. 4). Les supports matériels de base utilisés pour notre étude sont les photographies aériennes et les imageries satellitaires SPOT.

Deux objectifs principaux retiennent notre attention à travers cette modeste contribution à l'oeuvre combien difficile que mènent les chercheurs pour la maîtrise du système de fonctionnement des milieux sahéliens et soudano-sahéliens.

1°) Utiliser les images satellitaires SPOT, pour l'étude des formations superficielles de ces régions.

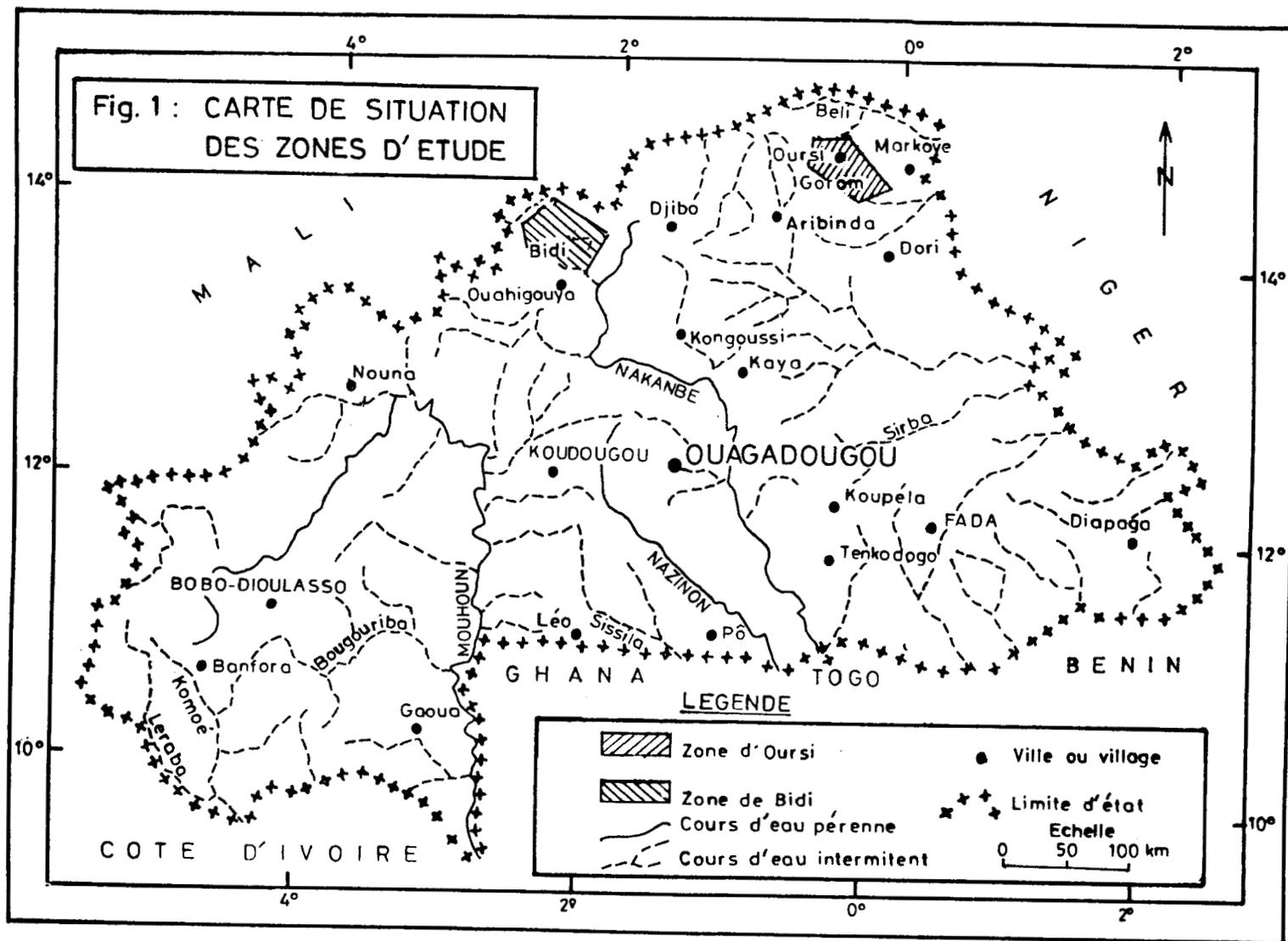
2°) Procéder à la cartographie de celles-ci à partir de l'interprétation visuelle et numérique des données de la télédétection.

Pour aborder notre thème, la stratégie d'approche s'est articulée autour de trois méthodes :

- La première méthode dite paysagique ou systémique de G. Bertrand 1968, consiste à étudier de manière globale les différents facteurs en présence dans une unité géomorphologique. Elle permet de procéder à une interprétation préliminaire des photographies aériennes et d'images satellitaires SPOT, en vue de recenser toutes les unités et sous-unités paysagiques.

La deuxième méthode consiste à décrire la surface du sol. Elle a été initiée par C. Valentin 1989 et développée par J.M. Lamachère dans la région d'Oursi (1988). La description des états de surface³ se fait par l'observation sur des transects ou des toposéquences découpées en transects longs de 500 m à 1 km, sur

3. Etat de surface : désigne une seule surface élémentaire, la juxtaposition de plusieurs ou un système de surfaces élémentaires c'est-à-dire un ensemble au sein duquel jouent les interactions (C. Valentin 1989 p. 18).



une bande de 10 à 20 m. Elle commence par un inventaire des principales surfaces élémentaires⁴.

Les observations se font sur des segments de longueurs variables, regroupant un petit nombre de surfaces élémentaires qui s'associent pour former un état de surface.

La description des états de surface à proprement parler prend en compte :

- le couvert minéral (nature et taux de recouvrement)
- le couvert végétal (nature et taux de recouvrement)
- le micro-relief
- l'activité faunique et méso-faunique
- l'érosion hydrique et éolienne
- l'action humaine

L'analyse préliminaire des documents photographiques permet de localiser les transects et les toposéquences dans le paysage, tout en évitant des situations particulières.

La troisième méthode fait appel au traitement numérique de l'image SPOT, réalisé par ordinateur (système péricolor 1000) au Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou (CRTO) d'après une méthodologie d'analyse mise au point à l'ORSTOM par M. Rakoto et B. Lortic, 1985 et qui permet de traiter les valeurs radiométriques contenues dans les pixels⁵.

Le traitement numérique effectué sur les images à partir des trois canaux SPOT permet par le biais du calcul de l'indice de végétation d'estimer le taux de recouvrement du couvert végétal (en %) et la phytomasse herbacée (en t/ha) en étalonnant les valeurs de l'indice de végétation sur des observations au sol judicieusement choisies. Il permet également de cartographier les formations superficielles par le truchement du calcul de l'indice de brillance et de l'indice de couleur des sols.

L'étude s'articule autour de trois grandes parties :

- La première partie est consacrée au satellite SPOT et aux possibilités d'acquisition des images pour les utilisateurs. Elle fait le point sur la technologie de la télédétection, en étudiant le système de fonctionnement du satellite SPOT, les conditions de programmation, l'acquisition des données au profit des utilisateurs. Elle se poursuit par l'interprétation visuelle et le traitement numérique des images SPOT d'où une méthodologie d'analyse et d'interprétation. Ici, l'interprétation visuelle permet de sortir la clé d'interprétation de l'image et d'opérer une classification thématique. Le traitement numérique des images

4. Surface élémentaire : désigne à un instant donné un ensemble homogène constitué par les éléments du couvert suivant : le couvert végétal, la surface du sol et les organisations pédologiques qui ont subi des transformations, sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques et anthropiques (C. Valentin 1989, p. 18).

5. pixel : la plus petite surface observée par le satellite au sol. 20 x 20 m en multibande et 10 x 10 m en panchromatique pour SPOT.

satellites aboutit à la discrimination et à la classification radiométrique des formations superficielles.

- Les deux dernières parties traitent respectivement de l'exploitation de l'image SPOT du 04/09/1986 du bassin versant de la mare d'Oursi et celle du 04/10/1986 de deux petits bassins versants de Bidi.

Pour ce faire, on a abordé le cadre naturel de chaque milieu, en étudiant les facteurs climatiques, la géologie, la géomorphologie, l'hydrologie, les aspects humains et les états de surface. Cet aperçu des phénomènes géographiques ouvre des perspectives quant à la reconnaissance des paysages sur les images et la cartographie des formations superficielles antérieurement décrites par simple interprétation visuelle.

Pour la région d'Oursi, le traitement informatique de l'image permet d'étayer la discrimination des formations superficielles et d'envisager l'étude d'un géosystème.

Enfin, une brève étude comparative des sites étudiés met fin à notre travail.

1ère partie : Les images
satellites SPOT

Chapitre I : Les généralités sur la télédétection

En terme général, "Télédétection" signifie acquisition d'informations sur un objet sans qu'il y ait contact avec celui-ci.

La télédétection appréhende les objets par leurs propriétés spectrales. La signature spectrale est l'ensemble des caractéristiques conditionnant l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la matière nécessaire et suffisante pour identifier une surface déterminée (Journal Officiel 1984).

L'onde électromagnétique émise ou réfléchiée par la portion de la surface terrestre exposée pendant le passage du satellite est la source fondamentale de l'information en télédétection. Aussi de nombreuses techniques (aéronautique, optique, électronique, informatiques etc...) interviennent dans l'acquisition, le traitement et le stockage des images de la terre.

L'utilisateur du produit de la télédétection n'est pas censé tout maîtriser, il est absolument indispensable de connaître les possibilités et les limites de cette science.

En télédétection, la connaissance de certaines notions de base en physique est très importante. Par exemple le spectre électromagnétique est continu depuis quelques Angströms (Å) à quelques mètres (tableau I).

La lumière naturelle (solaire) faite essentiellement de longueur d'onde émet dans tout le champ du spectre électromagnétique.

A chaque onde électromagnétique émise ou réfléchiée par un objet correspond une couleur. Dans cette large bande spectrale, le satellite est capable de détecter aussi bien dans le visible que dans l'invisible.

Une source de rayonnement d'ondes électromagnétiques se définit et se caractérise par sa luminance (brillance énergétique) et par émittance (radiance). Nous nous intéresserons au système SPOT.

I.1 Le système SPOT

C'est grâce à la coopération tripartite Belgique-France-Suède que le système SPOT (satellite Pour l'Observation de la Terre) a vu le jour. Il est entièrement conçu par le Centre National d'Etude Spatiale (CNES) et doté de stations terriennes réceptrices des données (la station mère est à Toulouse France).

Le satellite d'une dimension de 2 x 2 x 3,50 m a une masse de 1750 kg avec un panneau solaire long de 15,60 m. Il transporte à son bord les instruments RHV appelés Haute Résolution Visible. Ces appareils peuvent détecter au sol des objets de 10 x 10 m en

Tableau n° I : le spectre électromagnétique

	0,3A	3nm	0,38um		0,78um	3um	3um	15um	1mm	3m		
noms associés	rayons	rayons X	UV	visible			PIR	MIR	IRT	IRL	radars	ondes radios
				Bleu	Vert	Rouge						

Tableau n° II : Inventaire des principaux satellites d'observation de la terre

Satellites	Date lancement	Altitude en km	Répétitivité	Radio-mètre	Bande spectrale nm	Pixel m	Images km	Réception Afrique
Landsat 1 2 3	7/1972 1/1975 3/1978	907	18 j	MSS	4:500-600 5:600-700 6:700-800 7:800-1100	80	185	(plus d'émission)
Landsat 3	3/1978	907	18 j	RBV	Panchromatique 475-820	35	46	(idem)
Landsat 4 5	7/1982 4/1984	705	16 j	MSS	1:500-600 2:600-700 3:700-800 4:800-1100	80	185	MAS Palomas (Afrique Ouest) USA via TDRS
Landsat 4 5	7/1982 4/1984	705	16 j	TM	1:450-520 2:520-600 3:630-690 4:760-900 5:1550-2350 6:10400-12500 7:2080-2350	30 30 30 30 30 120 30	185	USA via TDRS
SPOT 1	1/1986	832	26 j (5)	HRV	XS1:500-590 XS2:610-680 XS3:790-890 P :510-730	20 20 20 10	60	Toulouse (F) ou Kiruna (S) avec enregistrement à bord
NOAA 7	1980	862	24 h	AVHRR	1:580-680 2:725-1000 3:3550-3930 4:10200-11300 5:11500-12500	1100 (4400)	2700	Lannion (F) USA
Météosat	1981	36000	30 mn	-	VIS: 500-1000 VDE: 5700-7100 IRT:10500-12500	2500 5000 5000	12500	Agrhymet CRODT Dakar

panchromatique (noir et blanc) ou/et 20 x 20 m en multibande de XS (couleur).

La plus petite surface observée au sol s'appelle pixel. Cette innovation technologique met SPOT au 1er rang des satellitaires d'observation de la terre.

Pour accomplir sa mission de collecte d'informations, le système SPOT est muni de trois bandes spectrales d'observation dans le visible et le proche infra-rouge. Ces bandes sont des canaux notés : XS₁, pour le canal 1, XS₂ pour le canal 2 et XS₃ pour le canal 3. Les longueurs d'ondes correspondant à ces canaux sont :

- XS₁ : 500-590 nm (en vert)
 - XS₂ : 610-680 nm (en rouge)
 - XS₃ : 790-890 nm (en bleu ou PIR)
- pour les bandes multispectrales
- P : 510-730 nm pour le panchromatique

Le satellite SPOT a une répétitivité de prise de vue allant de 26 à 5 jours suivant, la programmation. Elle permet de suivre des phénomènes localisés évoluant dans le temps et dans l'espace (cyclones, feux de brousse, production végétale, inondations...) ce qui est tout de même moins performant que NOAA qui a une répétitivité de 24 h.

Le satellite SPOT dispose de deux possibilités de visée :

- une visée verticale où les instruments R H V balayent sur une largeur de 117 km avec un recouvrement de 3 km pour deux images. Les dimensions d'une image sont de 60 x 60 km.

- une visée latérale ou oblique où le satellite couvre 950 km de large avec des images de 80 km de côté avec possibilités de vision sous stéréoscope pour deux images voisines. Il présente donc des qualités par rapport aux autres satellites d'observation de la terre (tableau II)

Le satellite SPOT gravite autour de la terre suivant une orbite circulaire décrite par le lanceur européen ariane. Son orbite est dite héliosynchrone c'est-à-dire que le satellite est quasi polaire, circulaire en fonction de l'altitude et de l'inclinaison du plan orbital. Le satellite Météosat placé à la verticale sur le golfe de Guinée a une orbite dite géostationnaire c'est-à-dire géographiquement fixe. Le vecteur du système SPOT est composé de deux parties essentielles.

- Une plate-forme standard multimission

Elle assure l'essentiel des services relatifs à l'accomplissement de la mission. Il s'agit :

- . du maintien précis de l'orbite du satellite,
- . de la stabilisation sur les axes de visée,
- . de l'alimentation énergétique,
- . de la télémessure de maintenance, de la télécommande

. de la programmation de la charge utile

- La charge utile

Elle est munie d'instruments d'observation de la terre indispensables au bon déroulement de la mission.

- . Les instruments H R V, (Tableau III)
- . L'ensemble des bandes magnétiques
- . La transmission vers les stations pour enregistrement des informations.

I.2. La programmation

Seule la station terrienne de Toulouse est habilitée et techniquement compétente à programmer les missions de prise de vue par le système SPOT.

Suivant la demande de la clientèle, les programmes sont chargés quotidiennement à bord du satellite SPOT. La mission se fait en programmant sur ordinateur les angles de visée des deux instruments R H V, le mode de fonctionnement (multibande ou panchromatique), les régions à photographier, le temps de prise de vue, le mode de fonctionnement et le déclenchement de la télémétrie... A noter que les deux instruments R H V fonctionnent indépendamment l'un de l'autre.

I.3. L'acquisition des données

A Toulouse, SPOT image détient un catalogue général des images satellitaires SPOT qui contient toutes les informations relatives aux images reçues et archivées par toutes les stations réceptrices de données.

Ce catalogue donne les renseignements suivants pour chaque scène : localisation (coordonnées géographiques, orientation etc...), mode d'acquisition (multibande, panchromatique, l'angle de visée, couple stéréoscopique etc...), qualité de l'image, identification de la scène...

Il est mis à la disposition des utilisateurs pour d'éventuelles commandes. Pour l'acquisition des données, l'utilisateur peut s'adresser directement à SPOT image ou passer par une station réceptrice locale ou encore par l'intermédiaire d'un centre de distribution d'images SPOT.

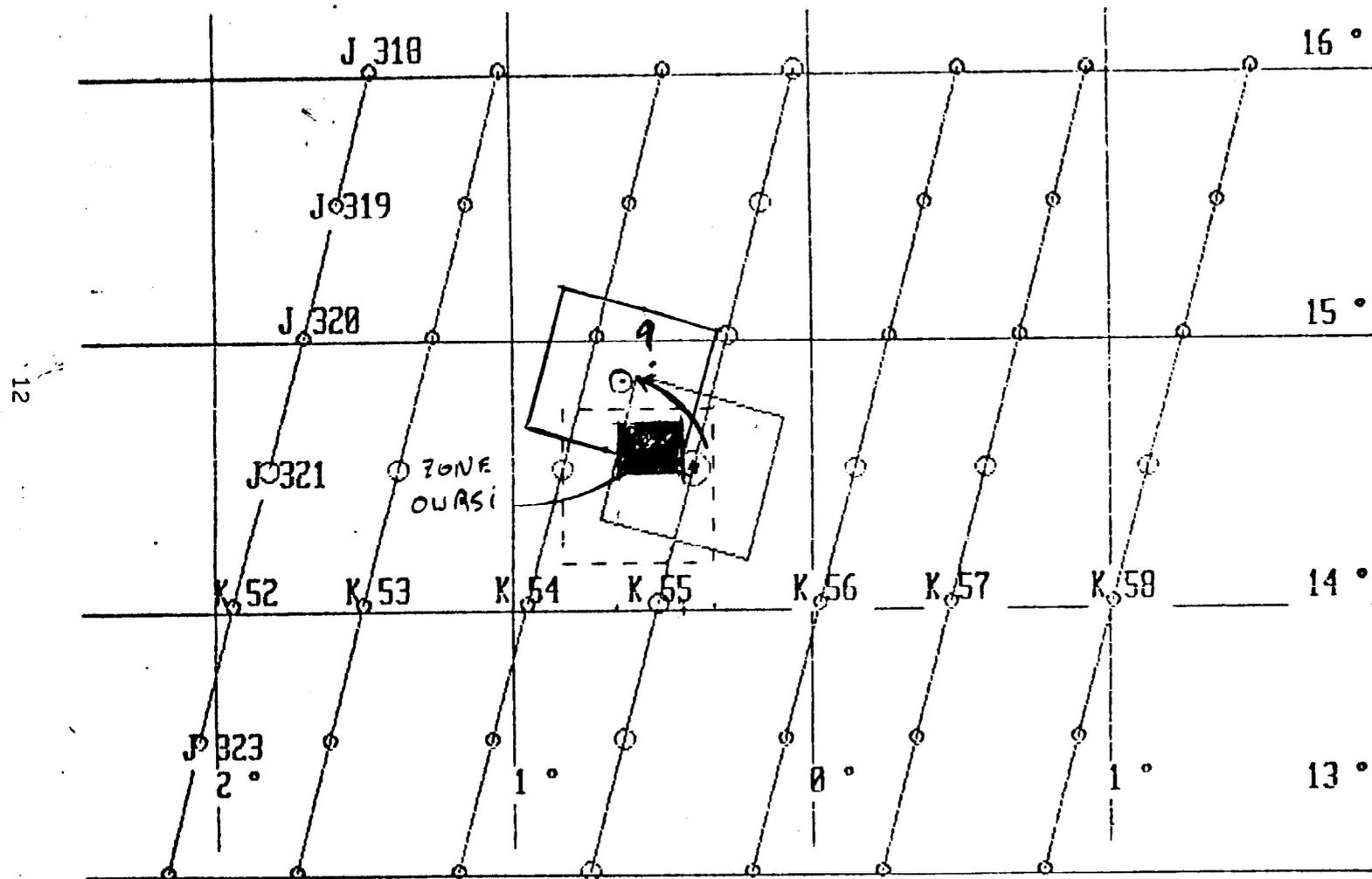
L'utilisateur adresse la commande en indiquant ces besoins. Pour ce faire, il doit définir la zone géographique à couvrir en se référant à la grille de référence SPOT. Celle-ci indique pour toute région du monde et pour chaque scène le n° de colonne K (comprenant 738 valeurs, de 1 à 738 inclus) et un n° de ligne J (fig. 2 p. 12).

Quand la latitude dépasse 51°5', le resserrement des traces de référence conduit à n'utiliser que 370 colonnes. Ceci n'est valable que pour les visées verticales.

PROPOSITION PEPS NO 149 GRILLE SPOT ; ZONE MOYENNE

FIG:2

K = 55 , J = 321 : LAT. = 14.52° LONGI. = 8.48°W



source: PEPS. n°149 , 1986

Tableau n° III : Instruments H R V

Caractéristiques de l'instrument L H V	mode multibande	mode panchromatique
bandes spectrales.....	500-590 nm	510-730 nm
.....	610-680 nm
.....	790-890 nm
champs de l'instrument	4,13°	4,13°
dimension de pixel sur une ligne	20 x 20 m	10 x 10 m
Nbre de pixels sur une ligne	3000	6000
Longueur d'une ligne balayée au sol en visée verticale	60 km	60 km
Codage du pixel	3 x 8 bits	6 bits DPCM (1)
Débits d'information	25 M bits/sec	25 M bits /sec

DPCM(1) : mode de compression de données qui permet de conserver 256 niveaux de gris.

Dans le cas des visées obliques, les centres de référence ne coïncident pas forcément avec les noeuds de la grille de référence précédemment définis. Ces scènes sont identifiées à l'aide de coordonnées (K J) du noeud le plus proche de leur centre.

Il est tenu d'indiquer pour chaque couverture, les caractéristiques et les contraintes générales de prise de vue notamment :

- le mode de prise de vue (multibande ou panchromatique)
- la période de prise de vue,
- l'angle de visée compris entre -27° et $+27^\circ$,
- le taux de recouvrement nuageux accepté allant de 0 à 2 % par quart d'image.

En fonction des besoins exprimés par l'utilisateur qui se traduisent en paramètres de programmation, SPOT image, avec l'aide des services techniques réalise une étude de faisabilité de la demande. Il s'agira de comprendre surtout les conditions géométriques de prise de vue (découpage de la zone à couvrir) et leur faisabilité (temps de réalisation en fonction des données climatiques sur la région considérée).

Quand les conditions sont favorables, un accord est passé entre le client et SPOT image explicitant les conditions techniques et financières de la réalisation du programme.

Dans le cas contraire, l'utilisateur peut décliner l'offre ou chercher un compromis avec SPOT image, en modifiant les paramètres de programmation.

SPOT image s'engage à partir de cet instant à programmer la mission d'acquisition des données. Selon les besoins et sur la demande du client, on fait subir aux images des paramètres des pré-traitements à deux niveaux.

Niveau 1 : corrections radiométriques et géométriques ne faisant pas intervenir de repères terrestres, ni de données relatives à la restitution d'altitude du satellite soit :

Niveau 1a : On effectue une égalisation des détecteurs suivant leurs étalonnages relatifs dans chaque bande spectrale. D'autres données liées à la géométrie de prise de vue ainsi que les étalonnages interbandes et absolus peuvent être fournies afin de permettre d'effectuer des traitements ultérieurs.

Niveau 1b : On apporte des corrections qui tiennent compte de la rotation et de la courbure de la terre de l'angle de visée et l'effet de traînée introduit par le déplacement du satellite. Ces opérations nécessitent un ré-échantillonnage des données.

Niveau 2 On s'intéresse aux corrections bidimensionnelles pour les repères terrestres des données géographiques connues afin de superposer entre elles (où à une carte) des scènes obtenues à différentes dates.

Les images acquises ne sont validées qu'après examen des imquettes "Quick look". Si le client est satisfait, SPOT image engage une procédure d'acheminement des scènes à l'état de bandes magnétiques ou de disquettes. En ce moment, il peut recevoir périodiquement ou sur sa demande un état d'avancement détaillé de son programme.

D'autres procédures urgentes d'acquisition des données existent par exemple en cas de catastrophes (cyclone, inondation, feux de brousse).

Chapitre II - L'interprétation visuelle et le traitement numérique des images SPOT

II.1. L'interprétation visuelle des images SPOT

On sait en effet que les objets au sol réfléchissent différemment le rayonnement solaire. Certains en reflètent de trop par exemple les sables et d'autres par contre en emmagasinent par exemple les corps noirs.

Ainsi en réfléchissant, ces objets permettent au satellite de capter cette énergie sous forme de longueur d'ondes dans les différents canaux. On réalise une composition colorée en combinant les trois canaux.

La photo-interprétation visuelle des scènes satellitaires consiste à substituer, une couleur à la réalité du terrain. Les données de terrain permettent de tirer les clés de l'interprétation visuelle des scènes satellitaires SPOT.

La phase d'interprétation visuelle des images SPOT nécessite une parfaite observation de terrain afin d'affecter les couleurs correspondantes.

II.2. Le traitement numérique des images SPOT

Il se fait par ordinateur suivant un programme pré-établi et permet de restituer sous forme de valeurs radiométriques le rayonnement des objets enregistrés par les instruments R H V. Ces valeurs obtenues servent à vérifier les différentes quantifications effectuées sur le terrain par le radiomètre portatif (recouvrement végétal, phytomasse herbacée...)
Il y a donc un rapport à établir entre les travaux de terrain et les mesures radiométriques faites par le satellite.

II.2.1. La description du système péricolor 1000

Le système péricolor 1000 est composé d'un écran, d'un clavier, d'une imprimante et d'un mémoire ordinateur. C'est un concept simple d'emploi conçu pour le traitement performant des images en télédétection, en astronomie, en météorologie, en thermographie, en physique nucléaire, en optique et enfin en contrôle qualité d'aspect.

L'écran permet de visualiser les opérations effectuées. Le clavier sert à composer le thème à traiter. La mémoire centrale se charge de mémoriser et de traiter les informations contenues sur les disquettes. Le résultat est archivé sur un papier par l'imprimante.

Un bit par définition est l'unité élémentaire de la mémoire d'un ordinateur. Le système péricolor 1000 est codé sur 8 bits ou un octet (codage de 0 à 255) pour chaque valeur radiométrique. On dit alors que le système péricolor 1000 fonctionne en mode S (8 bits). Il y a la possibilité de passer à 16 bits.

C'est cet appareil que nous avons utilisé pour le traitement numérique de nos images satellitaires SPOT au Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou (CRTO).

II.2.2. L'analyse numérique des images SPOT

Avant de procéder à la manipulation de l'appareil, l'opérateur doit disposer d'un certain nombre de documents relatifs à la région.

Il s'agit :

- . des disquettes sur lesquelles sont enregistrées les signatures spectrales de la zone d'étude,
- . une carte géomorphologique,
- . une carte de référence des disquettes,
- . et enfin une bonne connaissance du terrain "vérité terrain".

Nous avons utilisé les disquettes de l'ORSTOM pour le traitement numérique de ces scènes SPOT. Chaque disquette reproduit un extrait d'image sur l'écran de 5 x 5 km. Elle mémorise quatre pages ou cartes encore appelées plan-marqueurs représentant la capacité maximale du système péricolor à stocker les informations.(Tableau IVetV)

Le contenu de chaque plan-marqueur se présente comme suit :

- le plan (I), correspond à une image, soit 256 x 256 x 8 bits,
- le plan (J), correspond à une image, soit 256 x 256 x 8 bits,
- le plan (M), correspond à une image, soit 256 x 256 x 8 bits,
- un jet complet des paramètres (P) et des textes
- un contenu de la mémoire de séquence (S), soit 12960 octets
- le contenu de la carte d'extention de la mémoire vive (R)

Tableau n° IV : Répertoire des disquettes ORSTOM

Répertoire	
I ₁	canal 1 SPOT
J ₁	canal 2 SPOT
M ₁	plan-marqueur n°1
P	
S	
R	
I ₂	composition colorée n° 1
J ₂	canal 3 SPOT
M ₂	plan-marqueur n° 2
P	
S	
R	
I ₃	composition colorée n° 2
J ₃	libre
M ₃	plan-marqueur n° 3
P	
S	
R	
I ₄	composition colorée n° 3
J ₄	libre
M ₄	plan-marqueur n° 4
P	
S	
R	

Tableau n° V : Position des images sur les disquettes ORSTOM

C1 (carte 1)	I ₁	image du canal 1 SPOT
	J ₁	image du canal 2 SPOT
	M ₁	
	P	
	S	
	R	
C2 (carte 2)	I ₂	composition colorée n° 1
	J ₂	image du canal 3
	M ₂	
	P	
	S	
	R	
C3 (carte 3)	I ₃	composition colorée n° 1
	J ₃	
	M ₃	
	P	
	S	
	R	
C4 (carte 4)	I ₄	composition colorée n° 3
	J ₄	
	M ₄	
	P	
	S	
	R	

Comme précédemment dit, le système péricolor 1000 est un concept simple à manipuler. Dès sa mise en état de fonctionnement, le menu apparaît à droite de l'écran au bout de quelques secondes. Le menu offre des possibilités de manoeuvre à l'opérateur.

On peut commencer dès cet instant le traitement numérique des données spatiales suivant une procédure pré-établie.

On introduit une 1ère disquette contenant le programme histogramme bidimensionnel (histo-bidim) et la procédure correction. Ce programme existe aussi dans la mémoire centrale sur le disque dur.

On frappe sur la touche 6 du clavier, le contenu de la disquette apparaît à droite de l'écran. Il ne reste plus qu'à l'enregistrer dans la mémoire de l'ordinateur. Il est conseillé d'enregistrer avant tout le programme histo-bidim ensuite la procédure correction.

Le contenu de celle-ci est placé en carte 1. On la retire et on la remplace par une autre disquette contenant la mire de végétation et de brillance.

On frappe sur la touche 6 et le répertoire de celle-ci apparaît toujours au lieu indiqué de l'écran. On enregistre dans la machine ordinateur et on le place en carte 4. On peut vérifier si effectivement la mire est placée en carte 4.

Pour cela, il suffit de revenir au menu et on appelle la page traitement (la touche T). La touche D permet de retrouver la mire de végétation précédemment enregistrée.

Il faut constamment se rappeler que le contenu de chacune des deux disquettes est respectivement placé en carte 1 et 4.

Après cette manipulation préliminaire, on introduit une disquette reconnue sur la carte de référence des disquettes et contenant effectivement les signatures spectrales au sol enregistrées par le satellite SPOT. On frappe sur la touche 6 et le répertoire de la disquette apparaît.

Cette fois-ci, on s'attache à faire ressortir une composition colorée à partir de la combinaison des trois canaux SPOT. Il suffit de lire I₂ ou I₃ ou I₄. Nous utilisons I₂ dans notre procédure, mais on peut aussi pour des raisons visuelles faire le transfert des images I₃ ou I₄ en carte 2. Seule la page traitement (T) permet de mener de telles opérations.

Ensuite, on localise avec précision l'extrait de l'image sur les documents relatifs au terrain sus-cités à savoir l'image SPOT, autres appuis photographiques et les observations de terrain. On procède à la délimitation des zones homogènes c'est-à-dire présentant une signature spectrale plus ou moins homogènes.

A noter que l'aspect homogénéité des objets ou des surfaces du sol provient de leur réflectance radiométrique dans les trois canaux SPOT. C'est en cela que la composition colorée revêt un intérêt particulier pour dégager les zones homogènes.

Attention : La notion d'homogénéité ici ne signifie pas forcément que les objets sont identiques comme le prétend l'image.

A partir du menu, on appelle le curseur par la touche ⊙. Il apparaît au milieu de l'écran avec pour coordonnées

x = 128

Y = 128 en forme de croix selon le cas.

Il sert à dessiner toute figure géométrique sur l'extrait de l'image. On délimite autant de zones que la nécessité d'en faire se posait à nous en frappant sur la touche M (Marque). Après avoir délimité une zone, il convient toujours de vérifier si celle-ci est fermée (la touche 0). On répète la même opération jusqu'à la satisfaction totale. On relève au fur et à mesure les coordonnées du curseur dans chaque zone, puis on caractérise celle-ci. Ces coordonnées interviennent dans le traitement numérique de chaque zone.

Exemple : Une zone de glacis arénacé sur roche métamorphique à végétation herbacée et/ou arborée au sud du massif de Tin-Edjar.

Seule la vérité terrain et les documents existants permettent d'apporter de telles définitions et de caractériser chaque zone.

Il faut inscrire ces zones sur la disquette. Suivant notre méthode, nous les inscrivons sur le plan-marqueur 2 des disquettes ORSTOM.

Après toutes ces opérations combien complexes, mais qui répondent à une procédure de travail, on revient au menu et on appelle la séquence.

Une séquence par définition est un programme élaboré pour le traitement numérique des images SPOT. Pour notre étude numérique, on s'est contenté d'un programme mis au point au Centre de télédétection de l'ORSTOM à Bondy par M. Rakoto et B. Lortic 1985. Cette séquence est complétée en insérant tout simplement les coordonnées de chaque zone.

Une séquence peut être composée d'une ou de plusieurs sous-séquences, la nôtre n'en comprend que trois. Elles traitent successivement l'indice de brillance (IB), l'indice de végétation (IV) et l'indice de couleur des sols (IC).

Après avoir introduit toutes les coordonnées, on a le choix de numérisation (en histogrammes, en pourcentage ou en nombre de pixels). On a opté pour une numération en pourcentage de pixels.

Notre choix pour le traitement numérique de l'imagerie spatiale SPOT a porté sur les trois indices pour la simple raison que seuls eux reflètent le mieux les signatures spectrales des formations superficielles et ceux dans les trois canaux SPOT.

II.2.3. La séquence

Elle se présente comme suit :

```
"1UTAPK50/A-KBPB-KA+B"  
"2UHZPU"  
"3UTB=DUOCUUTAPC"  
"V TBPA=BTU"  
"A C1LI1"  
"B C1LJ1"  
"C C2LJ2"  
"T C1LM2C3LM3"  
"5 U6D"  
"D°5°T°B°C°1°2°5°B°C°V°3°2°5°A°B°3°2"  
"HUeX000/Y000/U°D"
```

II.2.4. L'interprétation de la séquence

Après vérification de la séquence, on la lance en frappant sur la touche H. Les sous-séquences sont lancées par la touche GS. L'opération est répétée jusqu'à ce que toutes les zones soient numériquement traitées.

Aussi peut-on interpréter la séquence entière de la façon suivante.

H = position du curseur dans la zone
D = disquette
J = position de lecture sur la disquette

T = traitement de la carte 1 par la lecture du plan-marqueur
 2 et de
 la carte 3 par la lecture du plan-marqueur 2.
 B = lecture du canal 2, placé en carte 1
 C = lecture du canal 3, placé en carte 2
 1 = traitement de l'image A et inversion de P et Q en A
 K50
 A-K
 inversion de P et Q en B
 B-K
 addition de (A-K) + (B-K) placé en A
 2 = Construction de l'histogramme et apparition en
 pourcentage des pixels pour les valeurs des canaux SPOT.

Fin de la 1ère sous-séquence et le résultat de l'indice de
 brillance (IB) dont la formule est :

$$IB = \frac{XS_3 + XS_2}{2} - 100$$

5 = position de lecture sur la disquette
 B = lecture du canal 2, placé en carte 1
 C = lecture du canal 3, placé en carte 2
 V = traitement de l'image B, permutation avec A de P et Q =
 B
 3 = traitement de l'image B = l'image D, lecture du canal 3,
 placé en carte 2, traitement de l'image A et inversion avec C de
 P et Q.
 2 = construction de l'histogramme et apparition en
 pourcentage des pixels pour les valeurs des canaux SPOT.

On aboutit à la 2è sous-séquence relative à l'indice de
 végétation (IV).

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

5 = position de lecture sur la disquette
 A = lecture du canal 1, placé en carte 1
 B = lecture du canal 2, placé en carte 1
 3 = traitement de l'image B = l'image D, lecture du canal 3,
 placé en carte 2, traitement de l'image A et inversion avec C de
 P et Q.
 2 = construction de l'histogramme et apparition en
 pourcentage des pixels pour des valeurs des canaux SPOT.

Troisième et dernière sous-séquence traitant l'indice de
 couleur des sols (IC)

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

Il est possible d'imprimer le pourcentage des pixels, pour cela il suffit de modifier le code "2" de la séquence comme suit : "2U32H2HZPUU". On a préféré utiliser l'intitulé "2UHZPU" afin de relever manuellement les données dans un tableau conçu à cet effet.

Les données des images satellitaires SPOT ont connu de nombreuses applications dans bien de domaines. Parmi ceux-ci, on peut citer entre autres l'hydrologie, la géologie, la géographie, les prospections minières, la cartographie...

L'utilisation des documents SPOT, appuyée par les travaux antérieurs a conduit à des résultats satisfaisants depuis le lancement du satellite SPOT₁ en 1986. Quelques uns de ces travaux ont été en partie présentés sous forme de communication au colloque international SPOT₁ à Paris en novembre 1987.

Pour notre part, nous nous proposons d'étudier et de cartographier les formations superficielles d'un bassin versant sahélien (Oursi) et de deux petits bassins versants soudano-sahéliens (Bidi) au Burkina Faso à partir des imageries satellitaires SPOT.

2ème partie : Exploitation de
l'image SPOT du 04/09/1986 et
cartographie des formations
superficielles du bassin versant
de la mare d'Oursi (Oudalan)

Chapitre I - Le cadre naturel du bassin versant de la mare d'Oursi

I.1 - Les données climatiques

Le bassin versant de la mare d'Oursi est situé dans la partie septentrionale du Burkina Faso entre 0°25'W et 0°35'W et 14°35'N et 14°40'N. Il bénéficie d'un climat de type sahélien dont le trait dominant reste marqué par deux grandes saisons :

- Une longue saison sèche 8 à 9 mois (octobre à mi-mai)
- Une courte saison des pluies 3 à 4 mois (mi-mai à septembre)

La durée de la saison des pluies est variable et cela en fonction du gradient climatique.

Barral, 1977 distingue quatre saisons en zone sahélienne.

- Une saison sèche et fraîche (novembre à mars) où les valeurs thermiques varient de 7°C à 37°C avec une hygrométrie relative d'environ 20 %. Les vents soufflent des secteurs N et NE (harmattan).

- Une saison sèche et chaude (mars à juin). Les maxima des températures excèdent 45°C en avril avec une remontée progressive de l'humidité de l'ordre de 30 %. Les vents conservent toujours les mêmes directions en début de saison, mais évoluent pour passer aux secteurs W et S W en fin de saison.

- Une saison humide (juin à octobre). La température redescend jusqu'à au moins 30°C environ et l'humidité par contre remonte pour atteindre 60 %.

- Une saison relativement chaude et encore humide (mi-septembre à mi-novembre). La température remonte et l'hygrométrie est relativement forte 20 à 30 %.

La saison des pluies reste sous l'influence du balancement saisonnier du front inter-tropical (FIT), qui matérialise le contact entre les masses d'air tropical humide et les masses d'air tropical sec.

Les mécanismes du fonctionnement du FIT sont bien connus, en attestent les travaux de (Comel, 1985 ; Des bois et al., 1988).

Les caractères des pluies sont dus en partie à un développement vertical des masses d'air nuageux souvent en lignes de grains.

Elles sont responsables de 75 à 80 % des précipitations enregistrées dans cette zone (Domergue et al. 1978). La pluviométrie se caractérise par une forte variabilité temporo-spaciale et quantitative.

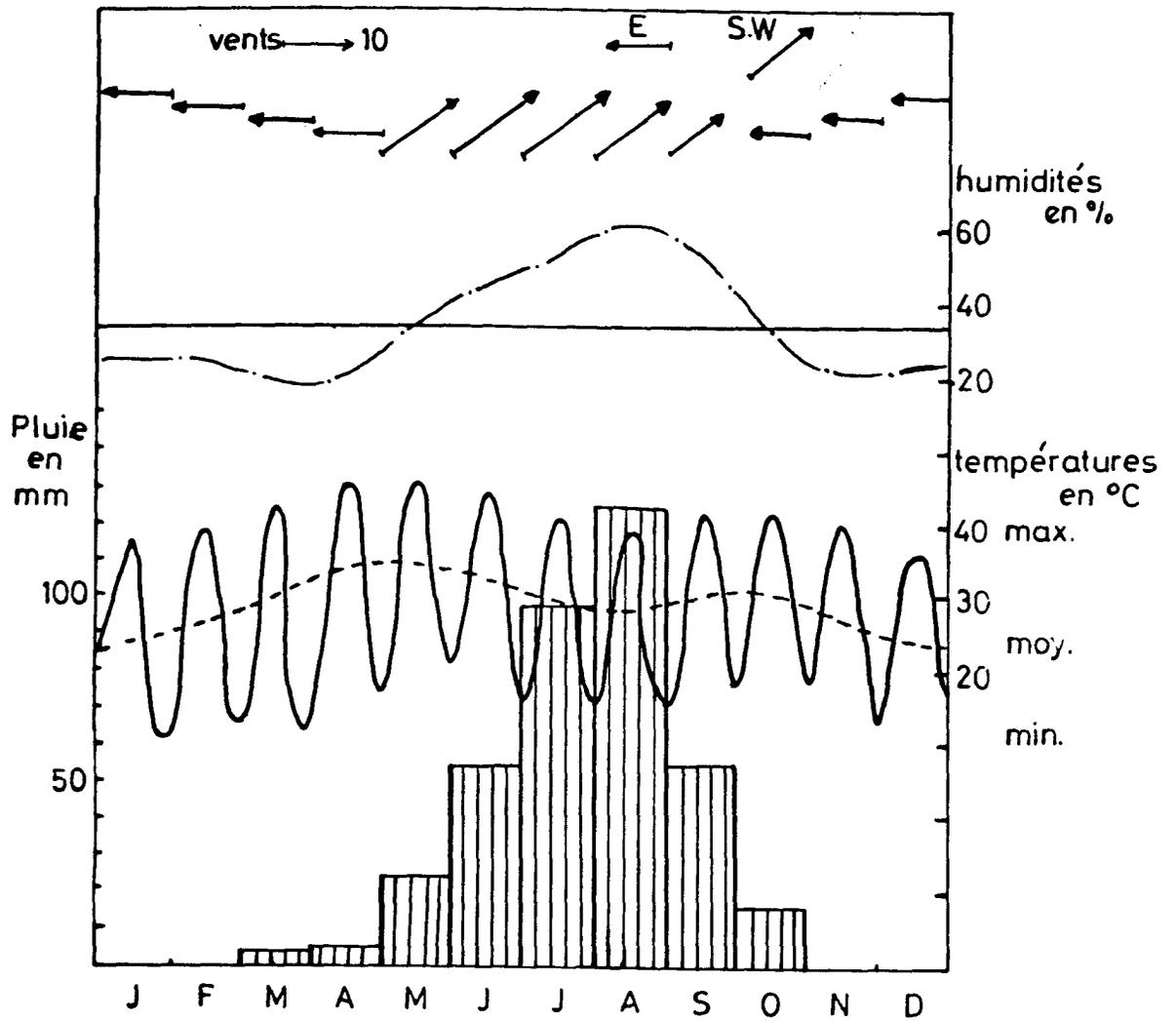


Fig. n° 3 CLIMATOLOGIE A LA STATION DE DJALAFANKA 1976-1983
(PEPS n° 149 Rapport intermédiaire NOV. 1989)

Aussi a-t-on observé en 1986 à Oursi, sur l'erg récent moins de 200 mm de pluie contre plus de 400 mm sur le glacis de Djalafanka distant d'environ 10 km (Yabré B. 5, 1988).

Le dépouillement statistique des données pluviométriques de certaines stations sahéliennes de 1968 à 1982 a permis de conclure à l'accentuation prolongée de la sécheresse pour cette période (Comel, 1985).

Cette hétérogénéité temporo-spatiale a conduit Chevalier P. et al. 1989, à noter trois types d'épisodes pluvieux au cours d'une même année.

- En début et fin de saison des pluies, les averses sont sporadiques et violentes suivies de vents de sables et matérialisent en même temps le passage du FIT.

- En milieu de saison, les lignes de grains s'étalent sur l'ensemble de la région et les pluies sont d'intensité moyenne.

- Enfin, de petites pluies fines et persistantes avec les volumes d'eau très réduits sont observables quelques fois en milieu de l'hivernage.

Ces différents facteurs climatologiques ont été analysés et représentés sous forme de graphique pour la station d'observation de Djalafanka 1976-1983 (fig. 3 p.26).

Cette brève analyse climatique permet d'appréhender et d'expliquer les processus de transformations du milieu bioclimatique.

I.2 - La géologie

Le document utilisé pour notre étude est la carte géologique de l'Oudalan au 1/200000è de J. Delfour et M. Jeambrun (1980). (Fig.4 p.28)

L'ensemble du bassin versant de la mare d'Oursi est bâti sur une armature géologique très complexe prise par différents mouvements tectoniques à des époques différentes.

Cette évolution a donné naissance à plusieurs unités structurales. Le socle est constitué des formations allant des périodes du précambrien inférieur au précambrien moyen.

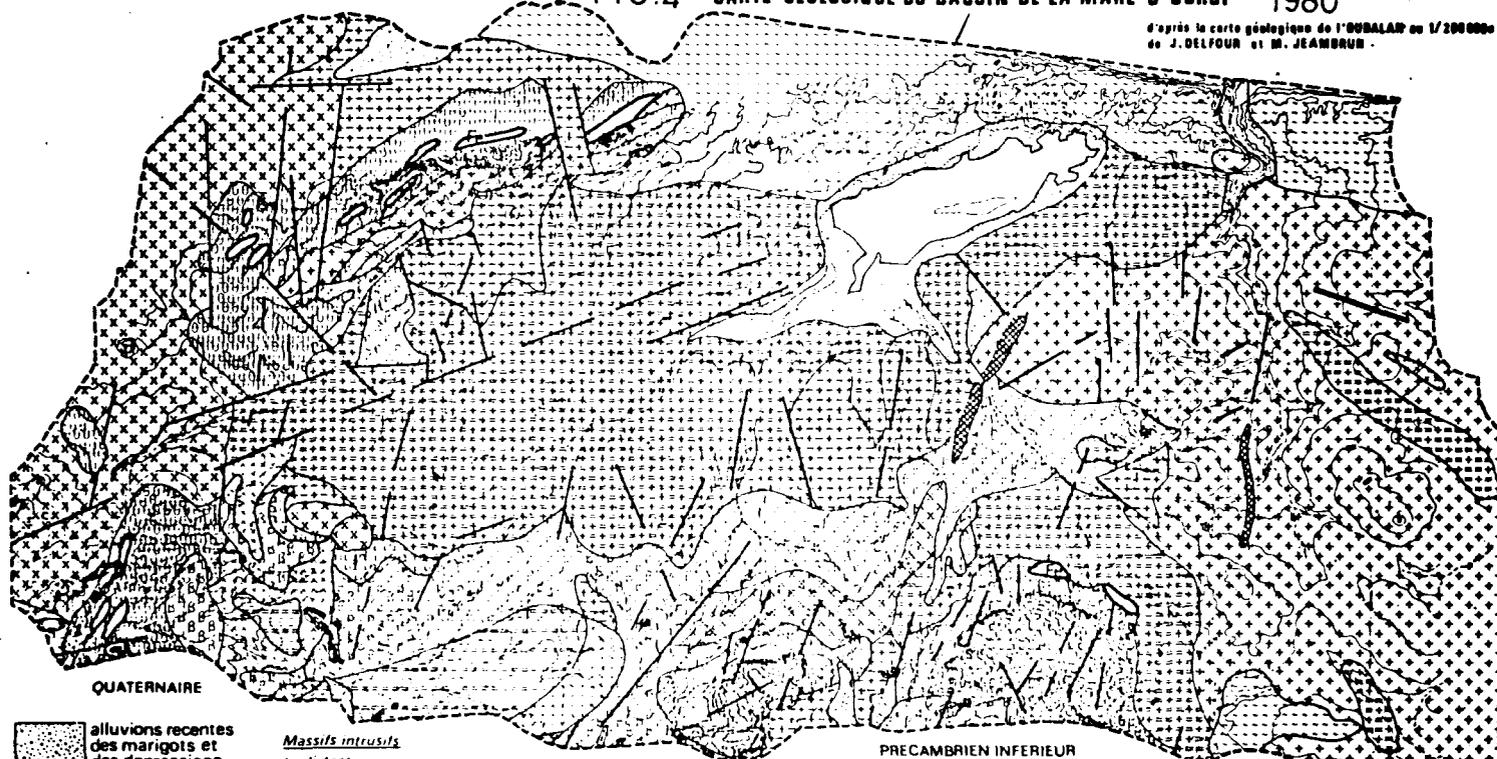
Tout le bassin repose sur ce socle surtout aux environs immédiats de la mare d'Oursi.

- Le précambrien inférieur (anté-birrimien) est représenté essentiellement de granites calco-alcalins. On en distingue deux types : les granites à biotite et amphibole (type Taïma) et ceux à biotite aplite et pegmatite.

Le 1er type de granite se développe en ceinture autour du massif de Kolel et affleure sous forme de filons sur le plateau Petoy-Gountouré.

FIG.4 CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE LA MARE D'OURSI 1980

d'après la carte géologique de l'OSALAN au 1/200 000 de J. DELFOUR et M. JEAMBRUN



QUATERNAIRE

alluvions récentes des marigots et des dépressions

dunes et recouvrement éolien

PRECAMBRIEN MOYEN

dykes et dolérites ou gabbros doléritiques

filons de quartz

Massifs intrusifs tardi-tectoniques

gabbros

magnétite en niveaux ou lentilles

Granites (tardi-tectoniques 2)

granites alcalins et granophyres (type Déou)

granites alcalins à calco-alcalins à grains moyens et à biotite (type Petoy-Gountoure)

Birimien inférieur

metavolcanites et métarhyolites

PRECAMBRIEN INFÉRIEUR (Ante-Birimien)

Formation de Gouba

quartzites à manganèse

schistes et micaschistes

Formation de Sikida

amphibolites et ortho-amphibolites

orthogneiss et migmatite à amphibole et biotite

Granites c.ite alcalins

granite à biotite aphte et pegmatite

granites à biotite et amphibole (type Taima)

0 2500m

Signes conventionnels

faille

magnétite

Le 2^e type de granite est dominant dans le secteur Centre-Ouest du bassin (région de Taïma) et presque tout autour de la mare d'Oursi. Il provient du craton primitif de l'anté-birrimien.

Ces deux types de granites sont formés de quartz engrénés ou en plages, de feldpaths potassiques (microlite) et de plagioclases calco-sodiques.

Outre ces granites calco-alcalins, le précambrien inférieur reste marqué par la mise en place des formations volcano-sédimentaires de Sikiday et de Gouba.

Les formations de Sikiday en bordure des granites calco-alcalins à biotite et amphibole sont de type amphiboles et ortho-amphiboles. D'autres de type orthogneiss et magmatite à amphibole et à biotite font écran entre les formations dunaires et le massif de gabbros (basique et ultra-basique) de Tin-Edjar.

Les formations volcano-sédimentaires de Gouba constituent les dernières formations géologiques du précambrien inférieur. Elles sont essentiellement faites de quartzites et quartzites à manganèse (au pied du massif de Gouba et de Tin-Edjar) et de schistes et de micaschistes (localisés entre les massifs méridionaux).

Nous retrouvons une formation géologique intermédiaire (le birrimien inférieur) mise en place entre les périodes du précambrien inférieur et moyen. Elle est constituée de métavolcanites et métarhyolites sous forme de filons en contre bas du massif de Gouba et de Kolel.

- Le précambrien moyen se caractérise par une orogénèse birrimienne. Cette période a permis l'émergence de part et d'autre de la précédente unité structurale déjà décrite, de roches plutoniques tardi et post tectoniques plus ou moins métamorphisées.

Il s'agit de granites alcalins à calco-alcalins et de gabbros.

Ces granites se subdivisent en deux types fondamentaux et forment la plupart des inselbergs et autres reliefs résiduels du bassin.

Le 1^{er} type est fait de granites alcalins à calco-alcalins, à grains moyens et à biotite (type Petoy-Gountouré). Ils restent la formation géologique dominante de cette période dans l'Est du bassin (tout le plateau Petoy-Gountouré).

Son faciès est semble-t-il intermédiaire entre les granites type Déou et ceux de Taïma. Il présente une hétérogénéité matérielle.

Le 2^e type est constitué de granite alcalins et granophyres (type Déou). Ils sont localisés à l'Ouest du bassin et affleurent en gros blocs massifs transgressant les formations anté-birrimiennes.

Les gabbros non-métamorphisés sont intrusifs à travers toutes les formations précédentes et peuvent donc être considérés comme tardi-tectoniques.

Cette période a connu également la mise en place des filons de quartz, de dolérites ou de gabbros doléritiques assez répandus dans le Centre et l'Est de la région d'Oursi.

A noter que les formations géologiques du précambrien sont masquées au nord de la mare d'Oursi par le cordon dunaire.

- L'ère quaternaire reste dominée par le phénomène d'ensablement. Cet ensablement est à l'origine de la formation du système dunaire et autres recouvrements éoliens du Sahel. Le système dunaire ferme le bassin par le nord et repose sur les formations géologiques antérieures. Il se retrouve par endroit sous forme de placages éoliens ou de jupes sableuses (localité de Petoy).

Le phénomène d'alluvionnement du quaternaire récent occupe les marigots et les dépressions (mare d'Oursi et de Tin-Edjar).

Ce sont donc ces formations géologiques modélées par les facteurs internes et externes (nature des matériaux et climat) qui constituent le paysage du bassin versant de la mare d'Oursi que nous nous proposons d'étudier.

I.3 - L'approche géomorphologique de la région d'Oursi

La topographie d'ensemble du bassin versant de la mare d'Oursi reste dominée par quatre grandes unités paysagiques (Fig. 5 p.31) : les massifs rocheux, les glacis, le système dunaire et le réseau de drainage. Cette cuvette est limitée :

- Au nord, par le cordon dunaire avec près de 320 m d'altitude et environ 20 à 30 m de dénivellation sur la mare d'Oursi.

- Au nord-est, se dresse le massif de Tin-Edjar (501 m) réparti en 4 ou 5 sommets.

- L'Ouest reste marqué par le massif granitique de Déou et d'autres reliefs résiduels (inselbergs, dômes et buttes peu élevées).

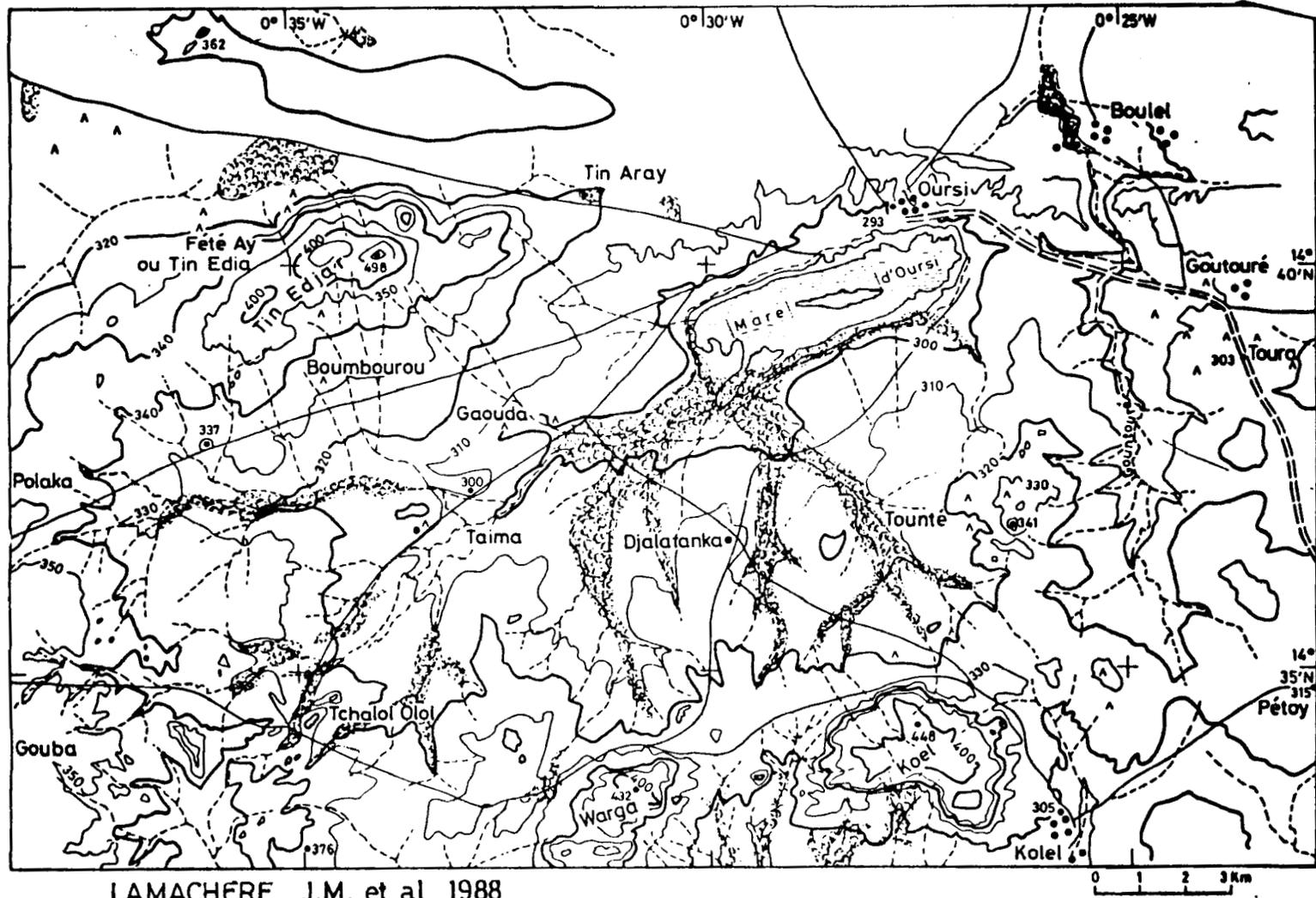
- Au Sud, un chapelet de collines (Kolel, Warga, crêtes, buttes cuirassées) limite le bassin.

- A l'Est, on a le plateau Petoy-Gountouré incliné du sud vers le nord.

La mare d'Oursi occupe le point le plus bas du bassin. Le réseau hydrographique est également bien fourni.

En effet, les cours d'eau prennent leur source depuis les massifs méridionaux et convergent vers la mare d'Oursi ; exception faite du marigot Gountouré. Le marigot Gountouré est

FIG.5 CARTE TOPOGRAPHIQUE DU BASSIN DE LA MARE D'OURSIS



encaissé dans le plateau oriental et s'y coule du sud vers le nord en décrivant de nombreuses sinuosités.

Bref de nombreux facteurs topographiques concourent à la délimitation du bassin et influencent sur la morphologie d'ensemble de ce milieu.

L'étude est faite à partir de la carte géomorphologique au 1/1000000^e extraite de la carte géomorphologique et géodynamique du bassin de la mare d'Oursi au 1/500000^e (F. Joly et Y. Dewolf 1980). (Fig. 6 p.33)

I.3.1 - Les collines, crêtes et inselbergs

Les collines sont essentiellement du gabbro. Elles ont un profil assez atténué à l'exception du massif de Tin-Edjar. Les versants sont souvent convexo-concaves et recouverts de boules de roche saine. Ils sont fortement altérés et cela a abouti à la formation des argiles et de limons en contre bas.

Deux formations superficielles affleurent à la périphérie des massifs : les piémonts argilo-sableux et les jupes sableuses au pied des collines. L'érosion linéaire affecte les versants recouverts de conglomérats de fragments rocheux hétérogènes fortement cimentés. Certaines cuirasses solides de versants protègent ces massifs.

Les reliefs isolés sont essentiellement des inselbergs et des crêtes. Ils ont des pentes abruptes et se débitent par diaclasage. Ils évoluent très peu sous le climat actuel. D'autres pointements rocheux divers complètent la série des reliefs isolés. Ils sont constitués de roches résistantes : filons de quartz, lentilles de magnétites...

Les produits de leur désagrégation alimentent les glacis. L'esquisse pédologique (J. Leprun, 1977) montre que les sols de ces reliefs sont non évolués à horizons indifférenciés. Ce sont des sols minéraux bruts où la végétation naturelle y est quasiment absente.

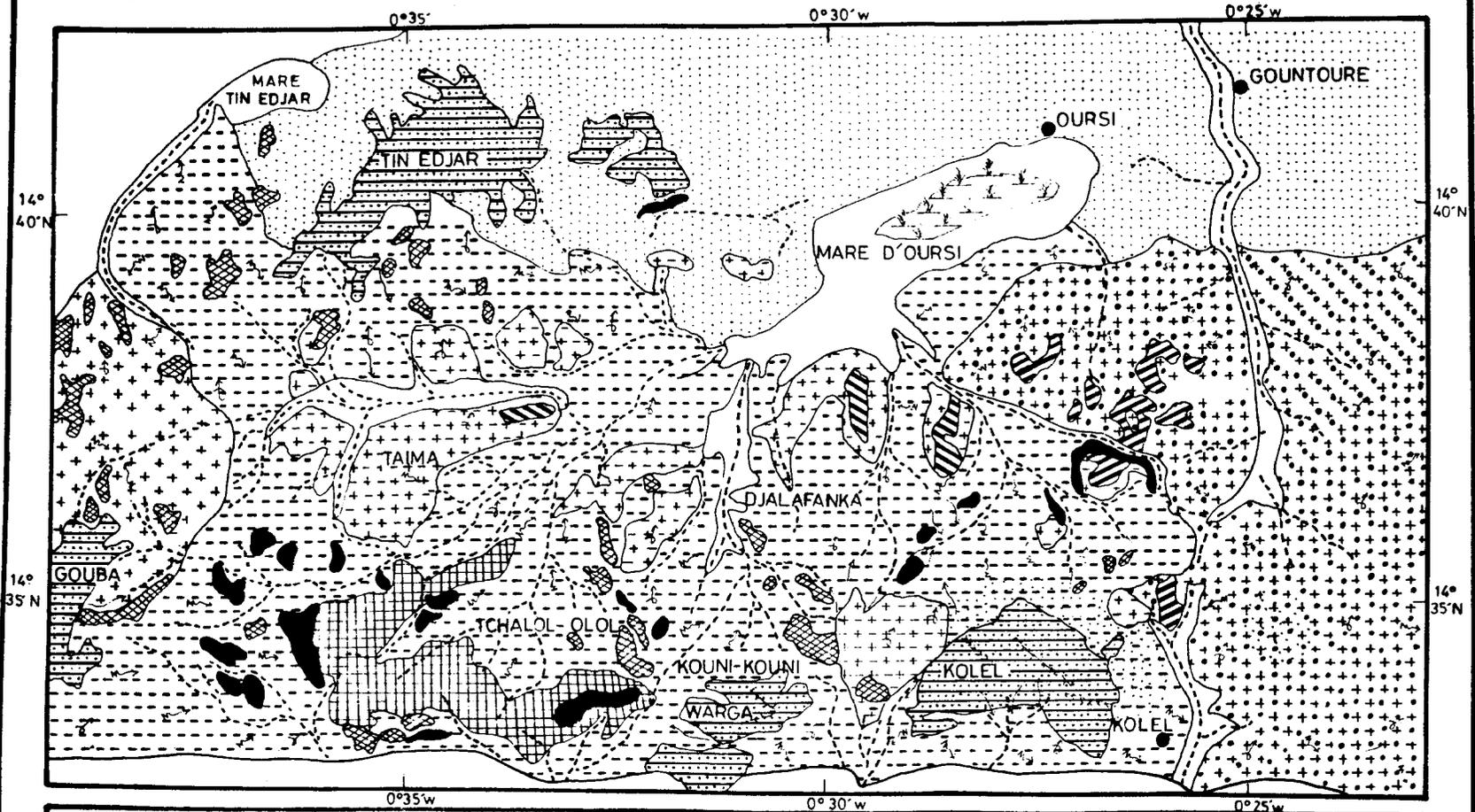
I.3.2 Les carapaces, cuirasses et reliefs cuirassés

Ils sont très répandus dans la zone d'étude et occupent les espaces entre les massifs de gabbros, les reliefs isolés et le fond du marigot Gountouré.

Toutes ces indurations sont la preuve d'une évolution morpho-dynamique non négligeable du bassin. Elles sont en partie responsables de la morphologie d'ensemble avec des formes variées : sommets plats, buttes cuirassées, certains versants (Canga), Cuesta, dépressions talwegs... et se développent sur des substrats divers. L'évolution à divers niveaux des granites, des gneiss, des roches basiques, des arènes et des colluvions aboutit à la mise en place d'une pédogénèse particulière. La genèse de cette dynamique reste incontestablement la pédogénèse ferrallitique (Leprun, 1977) liée aux fluctuations de la nappe phréatique, à l'accumulation et au concrétionnement d'éboulis.

CARTE GEOMORPHOLOGIQUE ET GEODYNAMIQUE DU BASSIN DE LA MARE D'OURSI

FIG: 6



FORMATIONS SUPERFICIELLES

- Massifs gabbros
- Granite type DEQU
- Granite type TAÏMA
- Granite type Pétoy-Gountouré
- Colluvions

LEGENDE

- Arènes granitiques type TAÏMA
- Arènes granitiques type Pétoy-Gountouré
- Roches métamorphiques
- Allorites sur roches métamorphiques diverses

DYNAMIQUE

- Cuirasses
- Sables éoliens
- Alluvions
- Végétation aquatique
- Cours d'eau
- Ruissellement diffus
- Ravinement
- Déflation éolienne
- Vallons encaissés
- Village

Echelle 0 1 2 3 4 km

D'après la carte géomorphologique et géodynamique du bassin de la mare d'Oursi de F. JOLY et Y. DEWOLF au 1/50 000^e 1980

On distingue deux types de cuirasses suivant leur faciès, leur extension et leur localisation d'après différents auteurs :

- Les cuirasses anciennes responsables de la topographie originale limitent l'occupation humaine.

- Les cuirasses et carapaces récentes.

Tout le modélé cuirassé est incisé par des talwegs. Topographiquement, les cuirasses anciennes forment les hauts glacis et les cuirasses et carapaces récentes les bas-glacis.

Aussi distingue-t-on nettement sur le bassin, les cuirasses anciennes ferralitiques et détriques, des cuirasses et carapaces récentes d'hydromorphie.

NB : - une carapace est la formation d'épaisses concrétions superficielles.

- une cuirasse est la concrétion du fer après le départ d'autres éléments chimiques.

I.3.3 - Le plateau Petoy-Gountouré

C'est une véritable pédiplaine résultant de la conlescence de pédiments entre les reliefs résiduels cristallins, développé sur granite. Son organisation superficielle résulte d'une arénisation pérenne du substrat granitique. Quelques pointements rocheux (Tounti) et des chaos ou blocs de granite dominant ce plateau. Les sols minéraux bruts très peu évolués supportent une végétation herbacée très insignifiante.

I.3.4 - Les glacis

Utilisés dans le sens topographique, ils représentent une grande part dans le paysage sahélien par leur étendue et leur organisation superficielle. Ils s'identifient par leur pente douce (1 %). Ils réceptionnent tous les produits et résidus rocheux démantelés par l'érosion des sommets et des versants des massifs et autres reliefs isolés.

Suivant leur nature lithologique, on distingue par exemple les glacis arénacés, les glacis sur roches métamorphiques... Ils couvrent plus de 60 % de notre zone d'étude et sont soumis à la dynamique pluviale actuelle. Il en résulte localement des creusements linéaires intenses et une fine sédimentation.

De nombreux types de sols y sont identifiés par J.C. Leprun (1977). Ce sont des sols bruns-rouges subarides peu différenciés pauvres en argiles limons sur les hauts glacis recouverts de sables éoliens. Il existe également des sols ferrugineux tropicaux lessivés à drainage limité reposant sur l'altération verticale des roches basiques de bas-glacis.

Quelques espèces végétales typiques y sont identifiées : *Schoenfeldia gracilis*, *Aristida adscensionis* pour les herbacées et *Acacias raddiana*, *Commiphora africa* pour les ligneux.

I.3.5 - Le système dunaire

Il influence sur la topographie, sur le réseau hydrographique et sur la diversification des sols dans la région d'Oursi. Ce complexe sableux est composé d'un vieux cordon dunaire, de l'erg vif, des dunes d'obstacle et de placages éoliens.

I.3.5.1 - Le cordon dunaire septentrional

Orienté Nord-Ouest avec une largeur de 2 à 3 km, rectiligne, émoussé, il constitue un véritable barrage à tout écoulement des eaux vers le nord. Il s'étale depuis le Niger jusqu'au Mali et est soumis aux activités agro-pastorales.

Les prospections pédologiques (J.C. Leprun, 1977) ont montré trois types de sols.

- Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés en profondeur et des sols ferrugineux tropicaux associés à des gravillons sur l'erg récent.

- Les sols bruns-rouges subarides peu différenciés pauvres en argiles et en limons sur l'erg ancien.

- Les sols bruns-subarides vertiques peu différenciés à sols modaux hydromorphes et gravillonnaires, localement sur des placages sableux éoliens.

Deux matériaux sableux sont également notés sur ce vieux cordon dunaire : un matériel sableux plus grossier pour le dépôt inférieur plus fin pour le dépôt supérieur.

Ces sols sont colonisés par des espèces végétales telles que *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* pour les herbacées et *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca* pour les ligneux.

I.3.5.2 - L'erg-vif

C'est un des aspects les plus marquants et pittoresques du système dunaire. Avec ces dunes, il est dénudé de végétation. Il provient d'activités récentes de remobilisation des formations éoliennes précédentes.

Localement, l'horizon B des paléosols enfouis apparaissent sous forme de fenêtres. L'erg vif est l'exemple type d'une unité paysagique évoluant indépendamment des autres, mais qui bénéficie de leur apport matériel.

De nos jours, il est l'expression vivante d'une reprise des activités éoliennes sur les formations sableuses précédentes.

I.3.5.3 - Les dunes d'obstacle et placages sableux

Ce sont des accumulations et des dépôts sableux édifiés par l'action du vent sur les piémonts sous forme de jupes sableuses suivant la pente.

Les sols présentent une discontinuité et de nombreux auteurs pensent qu'ils correspondraient à une époque d'occupation humaine d'une ancienne surface topographique. Ces formations sableuses recouvertes de végétation herbacée sont mises à profit pour les activités agro-pastorales.

I.3.6 - Le domaine de l'eau

Il reste marqué par la présence de la mare d'Oursi. Tout le réseau de drainage converge vers elle, sauf le marigot Gountouré. On assiste donc à un endoréisme parfait. Le marigot Gountouré est le seul cours d'eau principal sur le plateau Pétoy-Gountouré. Il traverse le cordon dunaire par une "cluse" avant de se jeter dans la mare de Ganadaouri hors du bassin d'Oursi.

Les versants de celui-ci sont dissymétriques et des concrétions ferrugineuses ont été observées au fond des vallées. Il n'existe pas entre le marigot Gountouré et la mare d'Oursi un exutoire à proprement parler comme le prétendent les hypothèses des divers auteurs. Il s'agit plutôt d'une dépression et non d'un chenal d'écoulement au pied du cordon dunaire où se concentre la végétation.

La dynamique actuelle constatée dans la région d'Oursi s'explique par le comportement des cours d'eau lié au déversement concentré et/ou diffus des eaux de ruissellement selon les pentes.

D'après J.C. Leprun 1977, les sols sont de types ferrugineux tropicaux. Ce sont des milieux à hydromorphie permanente ou intermittente où se développent des vertisols à argiles gonflantes et imperméables et des sols limoneux.

Ils supportent près de 80 % de la couverture végétale arborée et herbacée du bassin. On y rencontre des espèces telles que *Panicum laetum*, *Echinochoa colana* pour les herbacées, *Bauhinia rufescens*, *Ziziphus mauritania* pour les ligneux.

Le comblement progressif et l'assèchement continu de la mare nécessitent un aménagement de celle-ci en vue de sauvegarder la vie humaine et les activités qui s'y mènent.

La mare se différencie par des espèces végétales typiquement aquatiques : *A. nilotica*. Tout le bassin versant connaît une évolution géomorphologique en rapport étroit avec la dynamique ancienne ou/et actuelle (Fig. 7 , p.37). L'approche paysagique permet d'aborder la description des états de surface.

I.3.7 - La population de l'Oudalan

D'après le recensement de 1985, la population de l'Oudalan était estimée à 65 000 personnes recensées (INSD, 1978). En 1985, la province comptait 109 000 habitants (INSD, 1986).

La densité de la population selon ces mêmes renseignements est passée de 6,5 à 10,9 habitants/km² en 10 ans. Deux grandes communautés caractérisent cette population :

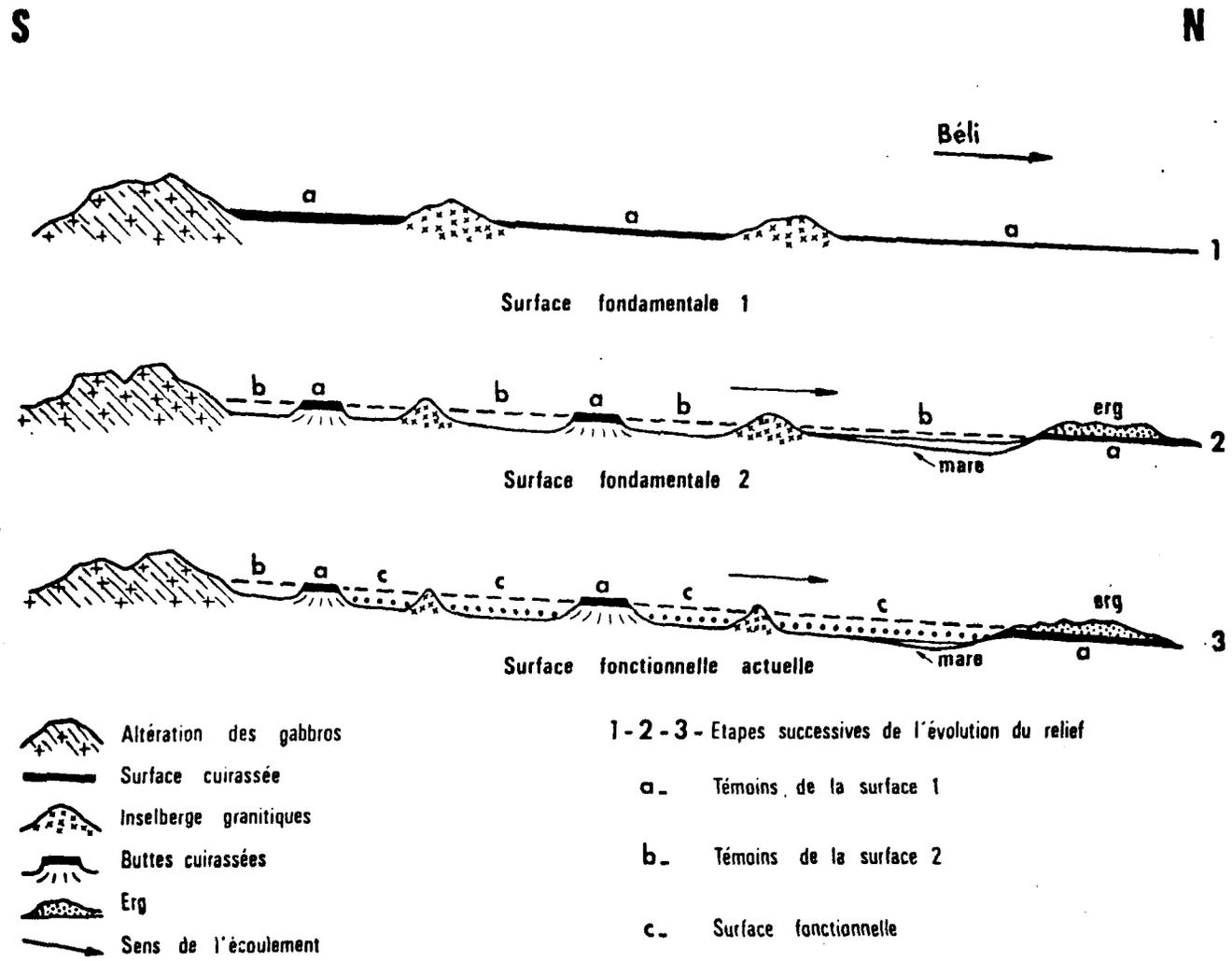


FIG:7 - Schéma d'évolution du bassin de la mare d'Oursi

JOLY F. et al, 1980

- Plus de 75 % de la population est composée de pasteurs nomades repartis dans deux principales ethnies :

- . les Kel Tamachek (Touareg et Bela)
- . les Peul (Djelbobè et Gaobè)

Cette population nomade est constamment en mouvement à la recherche de nouveaux pâturages pour les troupeaux et des points d'eau pour l'alimentation du bétail. C'est donc un élevage extensif pratiqué sur de grands espaces.

Le calendrier de l'exploitation des espaces pastoraux est saisonnier et pluriannuel selon la pluviométrie. De tant à autre, ces pasteurs pratiquent un peu l'agriculture pour compléter le manque à gagner.

- Le reste de la population s'est sédentarisé autour de gros villages (Déou, Oursi, Markoye). Les ethnies composant cette frange de la population sont les Songhaï, les Rimaïbé, les Haoussa et les Mossi.

Agricultrices pour la plupart, elles s'adonnent à la culture du mil sur les zones sableuses, du sorgho et même du maïs dans les dépressions argileuses humides (Chakib Malek, 1989).

Selon Milleville 1982, il y a une tendance à la saturation de l'espace à exploiter. Il confirme en cela les propos de Peretti M., 1977 qui estime que l'extension des surfaces cultivées entre 1955 et 1976 est de 75 % et qu'elle est fortement corrélée au rythme d'accroissement de la population estimée pour sa part à 64 % pour la même période.

Enfin une frange masculine de cette population est frappée d'une forte migration en direction des grandes villes de la côte africaine, en particulier vers Abidjan. Les départs s'effectuent tout juste après les récoltes et le retour probable en début des sémis.

Autrefois reconnus comme de véritables éleveurs (1/10^e du cheptel burkinabè), ces populations se sont reconverties en agro-pasteurs depuis les grandes sécheresses de 1972-1973 d'où la complexité dans la gestion et l'organisation de l'espace suivi de sa dégradation.

L'intérêt économique de la région est d'une importance telle qu'on pense à la recherche de solution visant à améliorer le système de production agro-pastorale et l'exportation du bétail vers les centres de consommation.

Chapitre II - La description des états de surface du bassin versant de la mare d'Oursi

Les observations de terrain ont été effectuées par J. M. Lamachère et al. 1986 sur plus d'une trentaine de transects (Fig. 8 ,p.40) selon une méthodologie mise au point par C. Valentin.

Les travaux de terrain associés aux mesures de ruissellement au simulateur de pluies au sol de 1 m² (Chevalier 1982, Albergel 1987) ont servi à définir des relations hydrodynamiques. A chaque état de surface élémentaire est attribuée une relation hydrodynamique (J.M. Lamachère 1988).

Une étude phytécologique a été réalisée sur le bassin par J.L. Devineau, L. Badiara 1986 en vue de l'estimation du recouvrement végétal et de la phytomasse herbacée.

Nous présentons ici ces résultats par unité paysagique, seule base de vérité terrain permettant de caractériser les formations superficielles dans le cadre de notre étude.

II.1. Les états de surface de l'erg récent

Les formations géologiques superficielles sont faites essentiellement de sables fins, de sables grossiers, et d'un complexe argilo-limoneux. Elles ont une épaisseur atteignant 4 m au maximum et reposant sur un paléosol rubéfié plus compact.

Les sols y sont bruns-rouges subarides peu différenciés pauvres en argiles et limons.

Le modelé d'ensemble est bosselé avec des niveaux de dénivellation d'environ 10 m. Il y a une présence remarquable de micro-reliefs et méso-reliefs. Le recouvrement herbacé atteint au moins 50 % alors que celui des arbustes et des arbres est de l'ordre de 2 à 5 %.

La biomasse herbacée est en moyenne de 0,1 à 0,5 t/ha. L'activité faunique est importante : des trous d'insectes et de rongeurs, des traces fréquentes de piétinement du bétail et des fécès dispersés.

L'érosion éolienne se manifeste le plus souvent sur des surfaces nues et sous les arbres.

$$KR_{1/10} = 30 \% \quad KI_{1/10} = 70 \% \quad \text{et } \overline{KR}_{1/10} = 11 \% ^6$$

6. $KR_{1/10}$: Coefficient de ruissellement pour une pluie de fréquence décennale.

$KI_{1/10}$: Coefficient d'infiltration pour une pluie de fréquence décennale.

$\overline{KR}_{1/10}$: Coefficient moyen de ruissellement pour une pluie décennale.

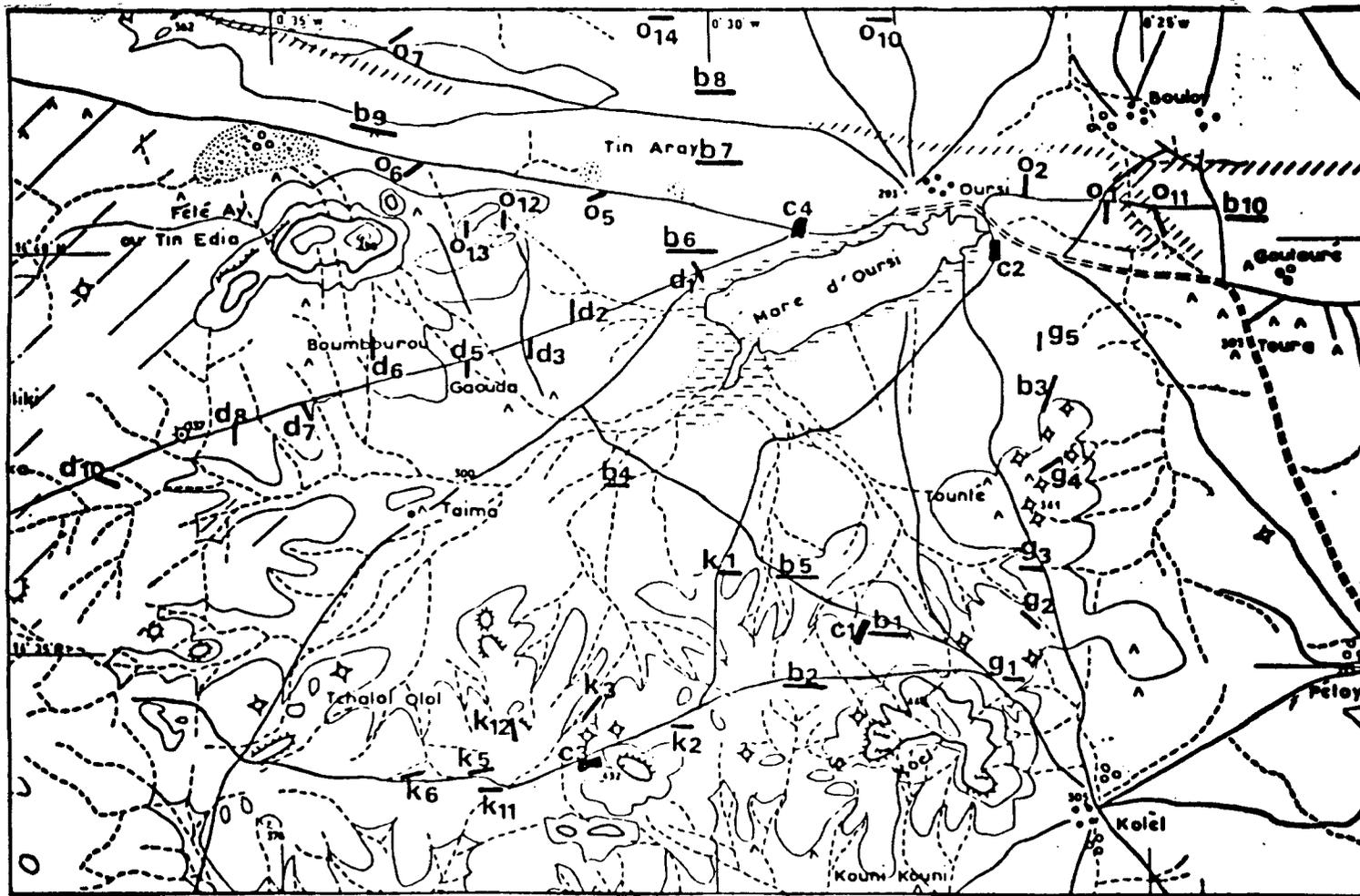


figure n° 8 Localisation des lignes et parcelles observées en 1986 - 2 km échelle

LAMACHERE J.M., 1988

II.2. Les états de surface de l'erg ancien

Nous retrouvons les mêmes formations géologiques que dans l'unité précédente avec des variations dans la proportion des constituants.

Les sols sont très variés et composites.

. Les sols bruns-rouges subarides à drainage limité en profondeur,

. Les sols bruns subarides peu différenciés, identiques à ceux de l'erg récent mais moins épais.

. Les sols ferrugineux tropicaux, peu lessivés à drainage limité en profondeur, associés fréquemment à des sols gravillonnaires.

La topographie est éoussée laissant apparaître de larges surfaces de sols gravillonnaires et des dépressions, où se concentrent les eaux de ruissellement et la végétation.

De nombreuses buttes et micro-buttes, des rides contribuent à accentuer l'ensemble de la topographie. La végétation herbacée est abondante sur le cordon dunaire, très abondante dans les creux et très faible (5 %) dans les zones encroûtées.

Le couvert arbustif et arboré est de l'ordre de 10 % et localisé dans les dépressions interdunaires. La phytomasse herbacée atteint 0,25 à 0,5 t/ha. L'activité faunique y est importante, des trous de rongeurs et d'insectes, des traces et fécès des animaux.

L'érosion hydro-éolienne est développée en usant des surfaces à pellicules plasmiques, déchaussement des arbres, accumulation de sables fins en buttes et en microbuttes, des traces de ruissellement avec formation de pellicules de décantation et accumulation des eaux de ruissellement.

$KR_{1/10} = 40 \%$, $KI_{1/10} = 60 \%$ et $\overline{KR}_{1/10} = 22 \%$.

II.3. - Les états de surface des jupes sableuses

Les données de la géologie superficielle sont les mêmes que précédemment décrites. Elles reposent sur des roches diverses, sur des cuirasses riches en fer, sur des roches gabbroïques ultra-basiques.

Les sols y sont ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur sur sables éoliens et sur altération verticale de roches basiques. Leurs caractéristiques physiques varient d'un type à l'autre en rapport avec la teneur en argile.

Les jupes sableuses ont des pentes importantes au pied des collines et faibles en direction des glacis. Les micro-reliefs et méso-reliefs sont importants surtout au niveau des champs.

Le couvert végétal est abondant (15 à 25 %) sur les sables fins, très clairsemé sur les zones encroûtées, temporaire sur les champs cultivés.

Le taux de recouvrement arbustif et arboré est inférieur à 5 %. La phytomasse herbacée est d'environ 0,5 à 1 t/ha.

L'activité faunique est assez fournie : des trous de rongeurs et d'insectes, quelques termitières, traces fréquentes du bétail sur les champs, fécès plus nombreux pour la fumure.

L'activité éolienne est importante, marquée par l'usure des surfaces lisses à pellicules plasmiques et accumulation de sables fins en micro-buttes, buttes et rides.

L'activité hydrique se manifeste par des traces de ruissellement diffus, l'érosion linéaire active des eaux, le déchaussement des touffes de mil et dépôts de brins et les tiges de mil.

— sur les jupes sables : $KR_{1/10} = 55 \%$, $KI_{1/10} = 45 \%$ et $KR_{1/10} = 42 \%$

— sur celles cultivées : $KR_{1/10} = 30 \%$, $KI_{1/10} = 70 \%$ et $KR_{1/10} = 11 \%$

II.4. Les états de surface des placages sableux sur glacis et interfluves

Il y a abondance de sables fins éoliens épais, mélangés à des sables grossiers, à des gravillons ferrugineux et à des graviers enrichis en argiles et limons.

Les sols sont bruns subarides vertiques sur matériaux argileux issus de roches métamorphiques. On y trouve aussi des sols fersiallitiques, ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur en association avec des sols gravillonnaires.

La topographie est plane à faible pente avec un ruissellement diffus drainé localement par des talwegs peu profonds, où se concentre la végétation.

De nombreux micro-reliefs et méso-reliefs sont dégagés par des chenaux de ruissellement. L'érosion hydrique se manifeste légèrement sur les ruptures de pente.

Le taux de recouvrement des herbacées y varie de l'ordre de 30 à 60 %. Le couvert arbustif et arboré est très faible avec un taux de recouvrement inférieur à 5 % et de nombreux arbres morts.

La biomasse herbacée atteint 0,1 à 1,5 t/ha

L'activité animale y est très limitée

L'activité éolienne est peu perceptible, néanmoins elle se manifeste au flanc des buttes et des placages sableux. L'érosion hydrique reste intense à travers le transport et l'épandage de sables fins éoliens, la formation de pellicules de décantation.

II.5. - Les états de surface des massifs rocheux

La couche géologique superficielle est constituée de sols minéraux bruts non climatiques d'érosion (lithosols). On y trouve sur certains massifs des sols bruns subarides vertiques en association avec des sols bruns subarides modaux et des sols gravillonnaires.

Ces massifs constituent les hautes collines de la région d'Oursi. Les micro-buttes et méso-reliefs sont nombreux, mais très tourmentés par des buttes grossières, d'éboulis grossiers, des dalles sommitales cuirassées et des dômes jonchés de pierres et de blocs.

Le couvert herbacé se localise sur les micro-buttes de sables fins éoliens et le couvert arbustif et arboré est très dispersé.

La phytomasse herbacée n'a pu être estimée en raison de la non représentation de l'échantillon sur l'unité. L'activité faunique est très limitée : refuge des animaux sauvages, pâturage des chèvres et moutons. L'activité éolienne est marquée par des dépôts de sables fins.

L'activité hydrique se manifeste par la présence des talwegs, des ravines encaissées et profondes.

$$KR_{1/10} = 72 \% \quad KI_{1/10} = 28 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 57 \%$$

II.6. Les états de surface des reliefs isolés

Les éléments géologiques superficiels sont de nature granitique. Ils sont entourés d'altérites arénacées et de sables fins éoliens et placages plus épais autour des boules de roche saine.

Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés sur arènes granitiques. Ces sols s'enrichissent en sables grossiers, en argiles et limons et s'appauvrissent en sables fins.

Les micro-reliefs apparaissent sous forme de demi-oranges. Le taux de recouvrement herbacé est supérieur à 40 % sur les sables fins et la périphérie des inselbergs et chaos granitiques, très faible sur les surfaces couvertes de sables grossiers et nul sur les boules de granites.

La phytomasse herbacée atteint par endroit 0,1 à 0,25 t/ha. L'activité faunique se développe sur les sables fins épais autour des inselbergs et des chaos granitiques. Les dépôts sableux sur les flancs des inselbergs et au pied des boules de granite sont le résultat de l'érosion éolienne.

L'activité hydrique se déroule auprès des chaos granitiques et décape les couches géologiques superficielles en ravines peu profondes.

$$KR_{1/10} = 71 \% \quad KI_{1/10} = 29 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 52 \%$$

II.7. Les états de surface des glacis et interfluves pierreux

Ils sont recouverts d'une couche géologique superficielle peu épaisse de colluvions sur un substratum de roches métamorphiques ou granitiques et localement de cuirasses ferrugineuses.

Les sols sont de type bruns subarides vertiques sur matériaux argileux issus de granite ou sur matériaux argileux en association à des sols bruns subarides modaux hydromorphes et à des sols gravillonnaires issus de roches métamorphiques et de granites.

Les sols à éléments grossiers sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur arènes granitiques y sont rares. Le modélé est constitué d'amas caillouteux ou de dépôts sableux éoliens, des dépressions et des talwegs. Le recouvrement végétal herbacé est de l'ordre de 5 à 35 % en fonction du couvert sableux éolien. Le couvert arboré et arbustif est rare moins de 2 %. Les arbres morts y sont nombreux.

Les activités fauniques très limitées sont faites de quelques bouses de vaches, de traces de piétinement d'animaux.

L'activité hydro-éolienne est importante : déflation et dépôts sableux, ravins.

$$KR_{1/10} = 76 \% \quad KI_{1/10} = 24 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 57 \%$$

II.8. Les états de surface des glacis à gravillons ferrugineux

Ils sont constitués d'une couche de colluvions peu épaisse sur des altérites de roches métamorphiques et sur arènes granitiques.

Les sols sont bruns subarides vertiques sur matériaux argileux issus de granite et sur matériaux issus de roches métamorphiques.

Les méso-reliefs restent dominés par des monticules de graviers et de pierres, par des buttes de sables éoliens, des termitières.

Le couvert herbacé est variable environ 5 à 30 %. Le couvert arbustif et arboré est très dispersé et très faible environ 1 %. Les souches et les branches d'arbres morts sont nombreuses. La phytomasse herbacée atteint 0 à 0,25 t/ha.

L'activité faunique se limite à quelques piétinements d'animaux.

L'érosion hydro-éolienne est dominée par le transport et de dépôts sableux éoliens et par des incisions linéaires, des ravins.

$$KR_{1/10} = 78 \% \quad KI_{1/10} = 22 \% \quad \text{et } \overline{KR}_{1/10} = 59 \%$$

II.9. Les états de surface des glacis et interfluves nus sur sols bruns-nus.

Ils sont formés d'une couche de colluvions peu épaisses sur des altérites de roches métamorphiques et granitiques, sur des altérites de gabbros.

Les sols sont bruns subarides vertiques sur matériaux argileux issus de granite, de roches métamorphiques et de roches basiques (gabbros). Les méso-reliefs sont nombreux : buttes et placages de sables éoliens ou monticules pierreux.

Le recouvrement herbacé est de l'ordre de 5 à 35 %. Le couvert arbustif et arboré très faible atteint 1 à 2 %. On note également la présence de quelques arbres morts.

L'activité faunique est très rare : quelques piétinements et fécès d'animaux domestiques.

L'érosion éolienne domine avec la déflation éolienne et les dépôts sableux.

L'érosion hydrique est peu importante.

$$KR_{1/10} = 84 \% \quad KI_{1/10} = 16 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 67 \%$$

II.10. Les états de surface des glacis et interfluves arénacés

Ils reposent sur des altérites de granites. Le substratum granitique affleure localement sous forme de crêtes, de croupes, de buttes isolées ou rassemblées en chaos.

Les sols sont ferrugineux tropicaux lessivés à tâches concrétions et horizon éluvial bien développé constitués d'arènes granitiques grossières. On y rencontre également des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur, des sols gravillonnaires et subarides vertiques.

Les glacis arénacés s'organisent autour des affleurements rocheux aux faibles pentes 1 à 2 %. Les méso-reliefs sont des boules en forme de demi-orange, de dos de baleine ou de tors.

Le couvert arboré est de 30 à 40 %. Le couvert arboré et arbustif est inférieur à 1 %. Les arbres morts sont nombreux. La phytomasse herbacée est de l'ordre de 0,25 à 0,5 t/ha.

L'activité mésofaunique est peu fournie : deux termitières géantes et de bouses de vaches.

L'érosion hydro-éolienne est marquée par la déflation éolienne, dépôts sableux, quelques chenaux et ravines, des traces d'érosion en marche d'escalier et des talwegs.

$$KR_{1/10} = 71 \% \quad KI_{1/10} = 29 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 52 \%$$

II.11. Les états de surface des buttes cuirassées

Les couches géologiques superficielles sont les buttes cuirassées de Kouni-Kouni, de Tchalol, "aux chats". Les sols sont non évolués. Le couvert herbacé est rare à la surface cuirassée, abondant au pied des buttes.

La végétation arbustive et arborée est très rare. La phytomasse herbacée est inférieure à 0,1 t/ha. L'activité faunique est quasi absente. L'érosion éolienne est faite de dépôts sableux. L'érosion hydrique sape la base des couches inférieures argileuses.

$$KR_{1/10} = 72 \% \quad KI_{1/10} = 28 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 60 \%$$

II.12. Les états de surface des bas-fonds

Les bas-fonds sont nombreux et se développent sur les glacis au substratum de roches métamorphiques des massifs rocheux gabbroïques et de granite. Les vertisols topomorphes sur alluvions argileuses et des vertisols topolithomorphes sur roches basiques de faibles extensions se développent dans les talwegs.

On y trouve également des sols hydromorphes minéraux peu humifères à gley sur dépôts argileux et argilo-sableux associés selon les lieux à des matériaux sableux et à des arènes granitiques ;

Le taux de recouvrement herbacé est supérieur à 70 %. Le taux de recouvrement arboré 15 à 20 %. La phytomasse herbacée dépasse 3 à 4 t/ha. L'activité faunique y est absente.

L'érosion hydro-éolienne se manifeste par un ensablement progressif de la mare, les ravinements linéaires.

Les données de cette analyse fine du paysage ont permis à J.M. Lamachère et al. 1986 de sortir respectivement par ordinateur une carte des aptitudes des sols au ruissellement et à l'infiltration, une carte du couvert végétal et de la phytomasse herbacée à partir de la scène SPOT du 04/09/86.

Ces trois documents cartographiques nous serviront de données de base pour l'interprétation visuelle et numérique des images satellitaires SPOT en vue de la cartographie des formations superficielles de la région d'Oursi.

Chapitre III - L'interprétation visuelle et numérique de l'image satellitaire SPOT du 04/09/1986

III.1. L'interprétation visuelle de l'image SPOT du 04/09/1986

La scène SPOT soumise à notre attention pour interprétation est celle du bassin versant de la mare d'Oursi. Elle a été prise le 04/09/1986. Une telle image prise en pleine saison des pluies est à même de restituer le maximum d'informations sur la végétation des paysages sahéliens.

La démarche suivie pour l'interprétation visuelle de cette image consiste à :

- analyser les paysages de la région d'étude
- tirer la clé de l'interprétation de l'image
- procéder ensuite à la cartographie des formations superficielles en tenant compte des états de surface.

III.1.1. L'analyse paysagique du bassin versant de la mare d'Oursi et la clé de l'interprétation

Quatre grandes unités géomorphologiques dominent la région d'Oursi.

- Le système dunaire,
- Les massifs rocheux, buttes cuirassées, crêtes et inselbergs,
- Les surfaces planes à pente faible, glacis et interfluves, qui se distinguent les unes des autres par le couvert minéral, la nature de leur substrat et de leurs types de sols,
- Le réseau de drainage est formé de chenaux de ruissellement, des talwegs, des bas-fonds et des mares.

Ces unités paysagiques se distinguent nettement et chacune d'elle peut être subdivisée sur les images SPOT, en zones visuellement homogènes (états de surface) par leur composition colorée, par leur texture et leur structure.

La clé de l'interprétation de cette image SPOT est la suivante :

- La couleur rouge indique la présence de végétation chlorophyllienne herbacée, arborée, arbustive ou aquatique,
- La couleur vert-foncé exprime l'existence de sols bruns nus et d'éléments grossiers à la surface du sol : roches, cailloux, graviers, gravillons ferrugineux, colluvions et cuirasses ferrugineuses.
- La couleur vert-clair à gris-clair est associée aux sables grossiers d'origine granitique (glacis ou interfluves arénacés),

- La couleur jaune est associée aux sables fins d'origine éolienne : dunes, jupes sableuses et placages sableux éoliens.

La végétation chlorophyllienne n'est perceptible sur les formations dunaires et les glacis de la région d'Oursi qu'en hivernage. Elle entre en sénescence dès le début de la saison sèche et il n'est plus possible de la restituer sur les images satellitaires.

L'analyse de la texture et de la structure des images SPOT, renseigne sur la forme, la topographie et la dynamique hydrique du milieu.

En effet, les formes ramifiées caractérisent le réseau de drainage avec une végétation arborée et herbacée abondante, ce qui fait qu'il apparaît en rouge sur les images satellitaires SPOT, prise en saison pluvieuse. Les ramifications divergent aux environs des massifs rocheux méridionaux et convergent en s'amplifiant vers les bas-fonds.

Les formes massives caractérisent les massifs rocheux : Kolel, Warga, Gouba et Tin-Edjar.

Les buttes cuirassées et les inselbergs granitiques : Kouni-Kouni, Djalafanka, buttes "aux chats", Tounti ont des formes en îlots. Les affleurements de cuirasses apparaissent allongées, mais très découpées sur les images.

Le système dunaire orienté d'Ouest en Est se caractérise par de larges bandes jaune-clair. Selon l'importance du couvert végétal, le système dunaire apparaît teinté de rose plus ou moins vif, piqueté de tâches rouges ou striés rouges (regroupement des arbres).

Les espaces cultureux se reconnaissent par leurs formes géométriques et leurs teintes souvent plus claires que les terrains avoisinants. Ils occupent presque les sols sableux du système dunaire. Cette interprétation associée aux résultats de la description des états de surface nous permet de procéder à la cartographie des formations superficielles du bassin versant de la mare d'Oursi.

III.1.2. La cartographie

Ce travail final aurait pu être fait par le système péricolor 1000 au CRTO, n'eurent été nos limites à manipuler celui-ci.

On a donc procédé à une cartographie manuelle de l'image satellitaire SPOT du 04/09/1986. Pour ce faire, un tirage papier de l'image à l'échelle de 1/100000è a été effectué au laboratoire photographique du CRTO à partir d'un diapositif.

Sur cette image, on a délimité sur calque toutes les zones visuellement homogènes par photo-interprétation. Ainsi, plusieurs zones ont pu être identifiées sur chaque unité paysagique.

Ensuite, on a procédé à la classification de ces zones d'après leur réflectance radiométrique associée aux transects décrits au sol. Au total trente deux classes ont été constituées grâce à l'interprétation visuelle et numérique de l'image.

A chaque classe, on associe la description des formations superficielles caractérisées par leurs états de surface, leur comportement hydrologique et leur phytoécologie.

La caractérisation des classes doit être rigoureuse malgré les insuffisances naturelles à délimiter avec exactitude les phénomènes sur les documents photographiques. De ce fait, nous acceptons volontiers des lacunes à ce niveau.

Aussi espérons nous que ce travail pourra être repris par ordinateur pour comparaison. La légende cartographique est présentée sous forme de tableau à double entrée par unités et sous-unités paysagiques. (Fig.9 p.50)

III.2. Le traitement numérique de l'image SPOT du 04/09/1986

On procède au découpage du bassin en extrait d'image de 256 x 256 pixels soit 5 x 5 km. Il s'agit là, en fait de la capacité d'une disquette.

Sur chaque extrait d'image, sont délimitées des zones représentant les mêmes caractéristiques de couleur, de texture et de structure sur des compositions colorées.

On commence ensuite à l'identification numérique des zones suivant le programme pré-établi par M. Rakoto et B. Lortic 1985 au Centre de Télédétection de l'ORSTOM de Bondy.

Chaque zone est caractérisée suivant son organisation superficielle naturelle et son comportement hydrologique antérieurement défini et affectée à l'unité paysagique correspondante pour leur identification numérique.

La confrontation entre les valeurs numériques et la vérité terrain permet de mieux caractériser la légende cartographique.

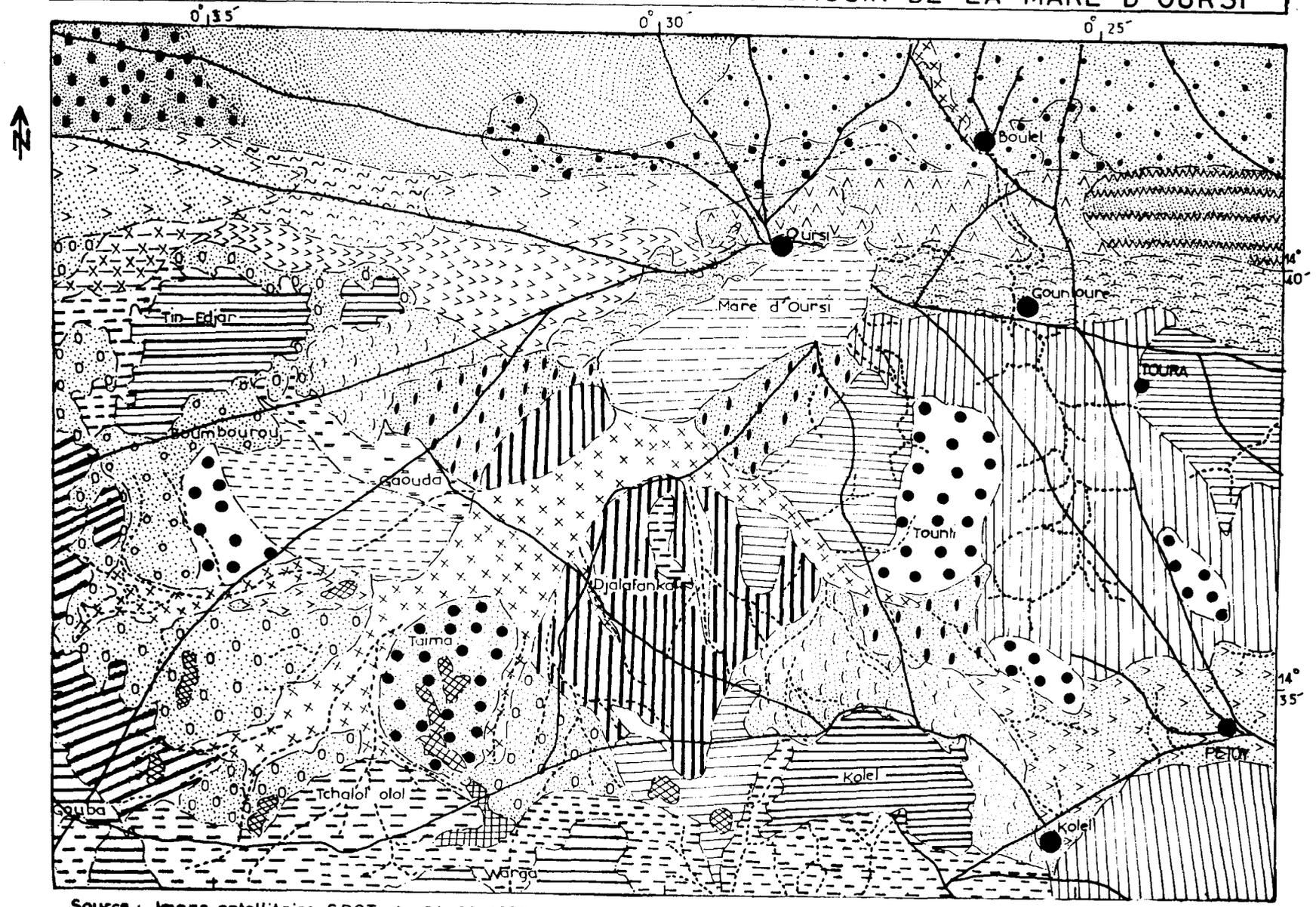
Le traitement numérique apporte donc des informations d'ordre quantitatif afin de classer les composantes du milieu d'étude.

III.2.1. Les résultats du traitement numérique au système péricolor 1000

Douze disquettes ont servi à l'étude numérique de l'image SPOT de la région d'Oursi. Au total, quatre vingt huit zones visuellement homogènes par leur composition colorée ont été traitées au système péricolor 1000 au CRTO.

Chaque zone est affectée d'une lettre et d'un numéro d'ordre (m_1 ou S_2 ou $G_1...$) et traitée respectivement dans l'indice de brillance (IB), dans l'indice de végétation (IV) et dans l'indice de couleur des sols (IC).

FIG. 9 CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES DU BASSIN DE LA MARE D'OURSIS

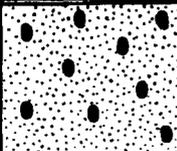
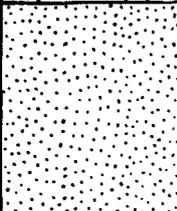
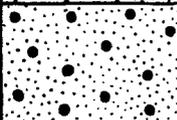
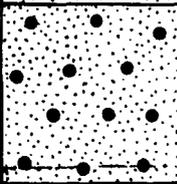


Source : Image satellitaire SPOT du 04-09-1986

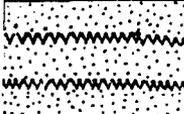
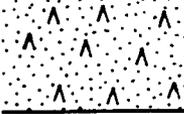
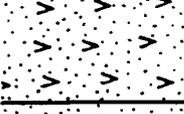
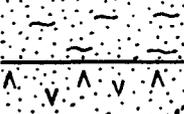
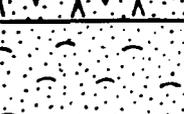
Echelle 0 1 2 3 4 Km

LEGENDE Fig. n°9

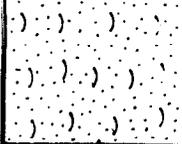
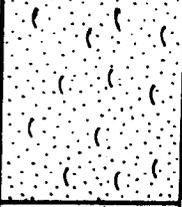
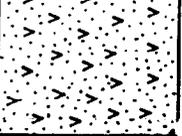
ERG ANCIEN

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR ₁ /10	KM ₁ /10	— KR ₁ /10
	- Sables fins - fragments de cuirasses	- Quelques ondulations	- sols sableux	bas-fonds	- sables fins - quelques gravillons ferrugineux	43 %	néant	0,1 à 0,75	32 %	68 %	19 %
	- Sables fins	- ondulée	- sols sableux	- nombreux réseaux de drainage - bas-fonds	- sables fins	brousse dégradée 50 %	champs	0,1 à 1	40 %	60 %	22 %
	- Sables fins	- plane	- sols sableux	néant	- sables fins	brousse dégradée 40 %	champs	0,1	30 %	70 %	11 %
	- Sables fins - Sables grossiers	légèrement ondulée	- sols sableux	bas-fonds	- sables fins - sables grossiers - gravillons ferrugineux	20 à 55 %	néant	0,23 à 2	80 %	20 %	70 %

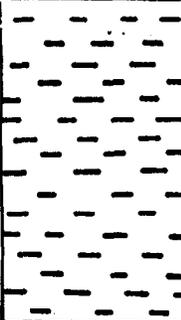
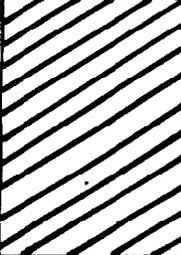
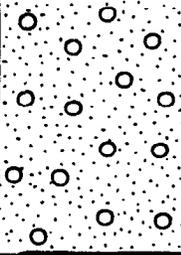
ERG RECENT

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR ₁ /10	KOL ₁ /10	KR ₁ /10
	dune de sables fins	très ondulée	sols sableux peu épais	néant	sables fins	brousse mouchetée 40 à 70 %	néant	0,5 à 1,5	30 %	70 %	11 %
	dune de sables fins	- " -	sols sableux très épais	néant	sables fins	brousse mouchetée 40 à 70 %	néant	0,5 à 1,5	30 %	70 %	11 %
	dunes de sables fins	- " -	sols sableux très épais	néant	sables fins	brousse mouchetée 35 à 60 %	néant	0,23 à 1	30 %	70 %	11 %
	dune de sables fins	- " -	sols sableux	néant	sables fins	20 à 50 %	néant	0,23 à 1	30 %	70 %	11 %
	dune de sables fins	- " -	sols sableux	néant	sables fins	20 à 50 %	néant	0,23 à 1	30 %	70 %	11 %
	sables fins éoliens	très ondulée	sols sableux épais	néant	sables fins - gravillons	20 à 30 %	cultures ou jachères	0,2 à 0,5	30 %	70 %	18 %

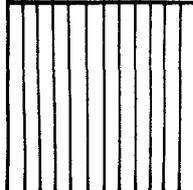
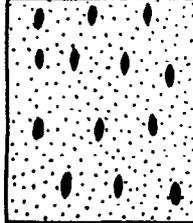
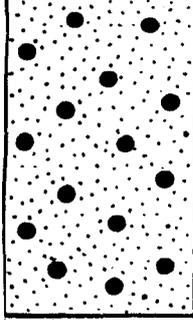
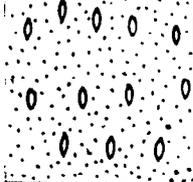
JUPES SABLEUSES ÉOLIENNES

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR ₁ /10	KMI ₁ /10	$\overline{\text{KR}}_1/10$
	Sables fins	Ondulée avec des micro-buttes sableuses	sols sableux peu épais	néant	sables fins	brousse mouchetée 35 à 50 %	néant	0,25 à 0,5	48 %	52 %	32 %
	Sables fins en jupes épaisses	Ondulée avec de nombreuses micro-buttes sableuses	sols sableux peu épais	néant	sables fins éléments ferrugineux	15 à 50 %	néant	0,1 à 1,5	60 %	40 %	50 %
	sables éoliens épais	légèrement ondulée avec quelques micro-buttes sableuses sur glacis	sols sableux épais	petites ravines de ruissellement	sables grossiers d'origine granitique, sables fins éoliens	20 à 100 %	partiellement cultivé	20 à 4	40 %	60 %	25 %
	jupes sableuses sur arènes granitiques	de micro-buttes-dépressions sur glacis	sols sableux	chenaux de drainage	sables fins et grossiers d'origine éolienne	25 à 100 %	bien cultivé	0,50 à 5	40 %	60 % 70 %	25 %

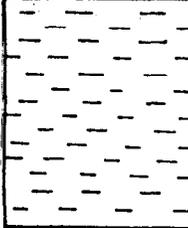
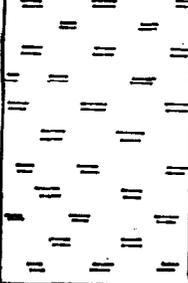
GLACIS ET INTERFLUVES PIERREUX

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR _t /10	K _{LI} /10	KR _t /10
	Affleurement de roches métamorphiques, altérites de roches métamorphiques, boules et chaos boules, schistes et quartz	massifs de Tchalolol versants abrupts micro-buttes de sables fins sur glacis	sols bruns vertiques sols sablo-argileux	néant	- éléments grossiers ferrugineux ou métamorphiques - gravillons ferrugineux sables fins et sables grossiers	5 à 25 %	néant	0 à 0,25	80 %	20 %	66 %
	Pierrailles et blocailles de roches diverses, altérites de gabbros, affleurement rocheux	des inselbergs aux versants abrupts au dessus du glacis à pente douce	sols sablo-argileux fragments de cuirasse	néant	gravillons ferrugineux, sables grossiers et fins d'origine granitique	0 à 15 %	néant	0 à 0,1	76 %	24 %	57 %
	Roches méta-altérites de roches vertes et de gabbros	glacis pierreux	sols sableux d'origine granitique cuirasse	quelques petits bas-fonds	divers méta-riaux grossiers d'origine granitique sables fins éléments grossiers f.	5 à 50 %	néant	0 à 0,5	76 %	24 %	57 %

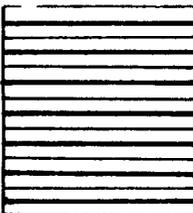
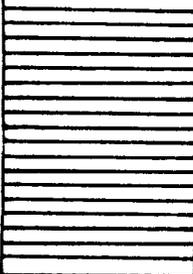
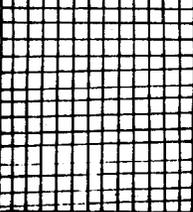
GLACIS ET INTERFLUVES ARENACES

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR ₁ /10	KR ₁ /10	— KR ₁ /10
	Arènes granitiques, boules et chaos de boules	glacis avec des micro-buttes et des micro-dépressions	- sols bruns sur arènes granitiques - peu de cuirasses ferrugineuses	Quelques bas-fonds	gravillons ferrugineux, sables grossiers d'origine granitique, sables fins	15 à 50 %	néant	0,1 à 0,5	71 %	29 %	52 %
	Arènes granitiques, dépôts de sables éoliens	buttes sableuses et crêtes dunaires sur glacis	- sols sableux ou sols bruns sur granite	Marigot Gountouré Quelques bas-fonds	gravillons ferrugineux, sables grossiers et sables fins	15 à 25 %	Quelques champs	0,1 à 0,25	71 %	29 %	52 %
	Arènes granitiques, placages sableux éoliens, chaos de roches diverses	glacis avec des placages sableux	- sols bruns vertiques - sols sablo-argileux	petits bas-fonds	gravillons ferrugineux, sables fins à sables grossiers	15 à 50 %	néant	0 à 0,5	71 %	29 %	52 %
	Arènes granitiques type Taïma, blocailles de roches diverses, boules et chaos de boules, Arènes granitiques type Petoy-Gountouré	glacis à recouvrement de sables grossiers	- sols bruns-vertiques de glacis - fragments de cuirasse	néant	sables fins et grossiers	15 à 50 %	néant	0 à 0,5	76 %	24 %	57 %
	Granite type Taïma, fragments de roches métamorphiques	glacis arénacés	sols sablo-argileux cuirasses	néant	gravillons ferrugineux, sables fins, colluvions diverses	15 à 70 %	à peine cultivé	0,1 à 1	76 %	24 %	57 %

GLACIS ET INTERFLUVES A GRAVILLONS FERRUGINEUX

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR _{1/10}	KRI _{1/10}	$\overline{KR}_{1/10}$
	Substrat granitique, blocailles de roches diverses, boules et chaos de boules	Glacis à reliefs isolés Micro-buttés sableuses	Sols bruns peu épais	Quelques ravines	Colluvions et gravillons ferrugineux, sables grossiers d'origine granitique, sables fins	0 à 25 %	néant	0 à 0,25	70 %	30 %	57 %
	Blocailles de roches diverses, arènes granitiques type Taima	Glacis arénacés avec quelques micro-buttés	Sols peu épais issus du substratum granitique	Quelques bas-fonds	Gravillons ferrugineux, sables grossiers, sables fins	0 à 25 %	à peine cultivé	0 à 0,25	76 %	24 %	57 %

MASSIFS ROCHEUX

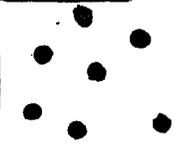
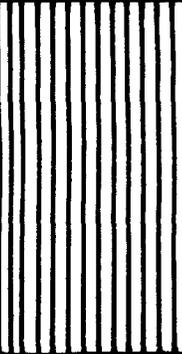
Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR _{1/10}	K ₂ L _{1/10}	$\overline{\text{KR}}_{1/10}$
	Massifs de Tin-Edjar : gabbros, roches vertes, altériques sur gabbros	Collines aux versants convexo-concaves	Lithosols peu épais	Ravins	Gravillons ferrugineux, sables grossiers	10 à 20 %	néant	0,1 à 0,3	97 à 100 %	0 à 3 %	76 à 93 %
	Massifs de Kolel Warga, Gouba : gabbros et roches métamorphiques, altérites sur gabbros, roches vertes, boules et chaos de boules	Collines avec des pentes abruptes	Lithosols Sols bruns	Vallons encaissés	Gravillons ferrugineux, sables grossiers, sable fins	5 à 20 %	néant	0,1 à 0,3	93 à 100 %	0 à 3 %	76 à 93 %
	Massifs de roches métamorphiques, colluvions en contre-bas	Croupes à pente douce	lithosols	Ravineaux	Eléments grossiers ferrugineux, sables grossiers sableux	15 à 30 %	néant	0,1 à 0,50	97 à 100 %	0 à 3 %	76 à 93 %

57

BUTTES CUIRASSEES ET INSELBERGS

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR _{1/10}	K ₂ L _{1/10}	$\overline{\text{KR}}_{1/10}$
	Buttes cuirassées : Kouni-Kouni, "aux chats"	buttes à versants abrupts	lithosols	néant	Gravillons ferrugineux, roches grossières	5 à 15 %	néant	0,1 à 0,3	93 à 100 %	0 à 3 %	76 à 93 %

GLACIS ET INTERFLUVES ARENACES PARSEMES DE CHAOS GRANITIQUES

Figurés	Formations Géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR ₁ /10	KRI ₁ /10	$\overline{\text{KR}}_1/10$
	Massifs granitiques de Tounti, granite type P.G	Glacis élevé de reliefs isolés, micro-buttes	Sols sableux très peu épais	néant	sables fins, sables grossiers	25 à 75 %	partiellement cultivé	0,1 à 1	70 %	30 %	50 %
	Granite de Djalafanka, arènes granitiques type Taïma, blocailles de roches diverses, boules et chaos de boules, quelques roches métamorphiques	Glacis recouvrement colluvionnaire	Sols bruns vertiques, sols sablo-argileux	Petites dépressions, petits bas-fonds	gravillons ferrugineux, sables grossiers et sables fins	15 à 50 %	néant	0,1 à 0,5	70 %	30 %	50 %

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Figurés	Formations géologiques	Topographie	Type de sols	R. hydro	C. minéral	Couvert végétal	Culture	PH t/ha	KR _{1/10}	K _{MI} _{1/10}	K _R _{1/10}
	Substrat granitique	fond plat	sols hydro-morphes	bas-fonds	Colluvions, sables fins	forêt galerie 75 à 100 %	culture de bas-fonds	2 à 4	100 %	0	100 %
	Substrat granitique	fond plat	sols hydro-morphes	mare d'oursi	Sables fins	100 %	néant	5	-	-	-
	Substrat granitique	fond plat	sols sableux, sols hydro-morphes	mare de Tin-Edjar	Dépôts sableux éoliens	35 à 80 %	néant	2	-	-	-

— limite des formations superficielles

.....cours d'eau

village

échelle 1/100000è

On sait que $IV = 128 \cdot \frac{XS_3 - XS_2}{XS_3 + XS_2 - 128}$ ou $IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$

Il a été démontré que cette formule de l'IV était reliée au recouvrement total de la végétation (RTT) par la relation $IV = 0,128 \text{ RTT} + 125,27$

IV = 0,128 RTT + 125,27 donc pour

RTT = 0 ----> IV = 125,27

RTT = 5 % ----> IV = 126,21

RTT = 15 % ----> IV = 128,09

RTT = 25 % ----> IV = 129,97

RTT = 50 % ----> IV = 134,69

RTT = 75 % ----> IV = 139,37

RTT = 100 % ----> IV = 144

NB : RTT = estimation visuelle du recouvrement végétal sur les sites d'échantillonnage repérés précisément sur l'image SPOT.

RTT	IV
0 - 5 %	125 - 126
5 - 15 %	127 - 128
15 - 25 %	129 - 130
25 - 50 %	131 - 134
50 - 75 %	135 - 139
75 - 100 %	140 - 144

Les valeurs obtenues sont exprimées en pour mille de pixels. Il fallait ordonner ces données numériques brutes en vue de construire des histogrammes de distribution des trois indices pour chaque zone.

Aussi a-t-on cumulé 5 par 5 le pourcentage de pixels pour cinq valeurs consécutives des trois canaux SPOT. Le cumul étant fait, on conçoit une échelle permettant de comparer visuellement les histogrammes. Elle concerne particulièrement, les valeurs des canaux SPOT portés en abscisse.

Les pourcentages de pixels sont portés en ordonné. Deux cents soixante quatre histogrammes de distribution ont été construits. Pour la confection, à proprement parler des histogrammes, on ne peut représenter que les pourcentages cumulés supérieurs ou égaux à 200 pour mille, c'est-à-dire 2 %.

On calcule ensuite les médianes des histogrammes et on détermine les bornes supérieures et inférieures regroupant 80 % des pixels compris entre deux valeurs inférieures et supérieures des canaux SPOT.

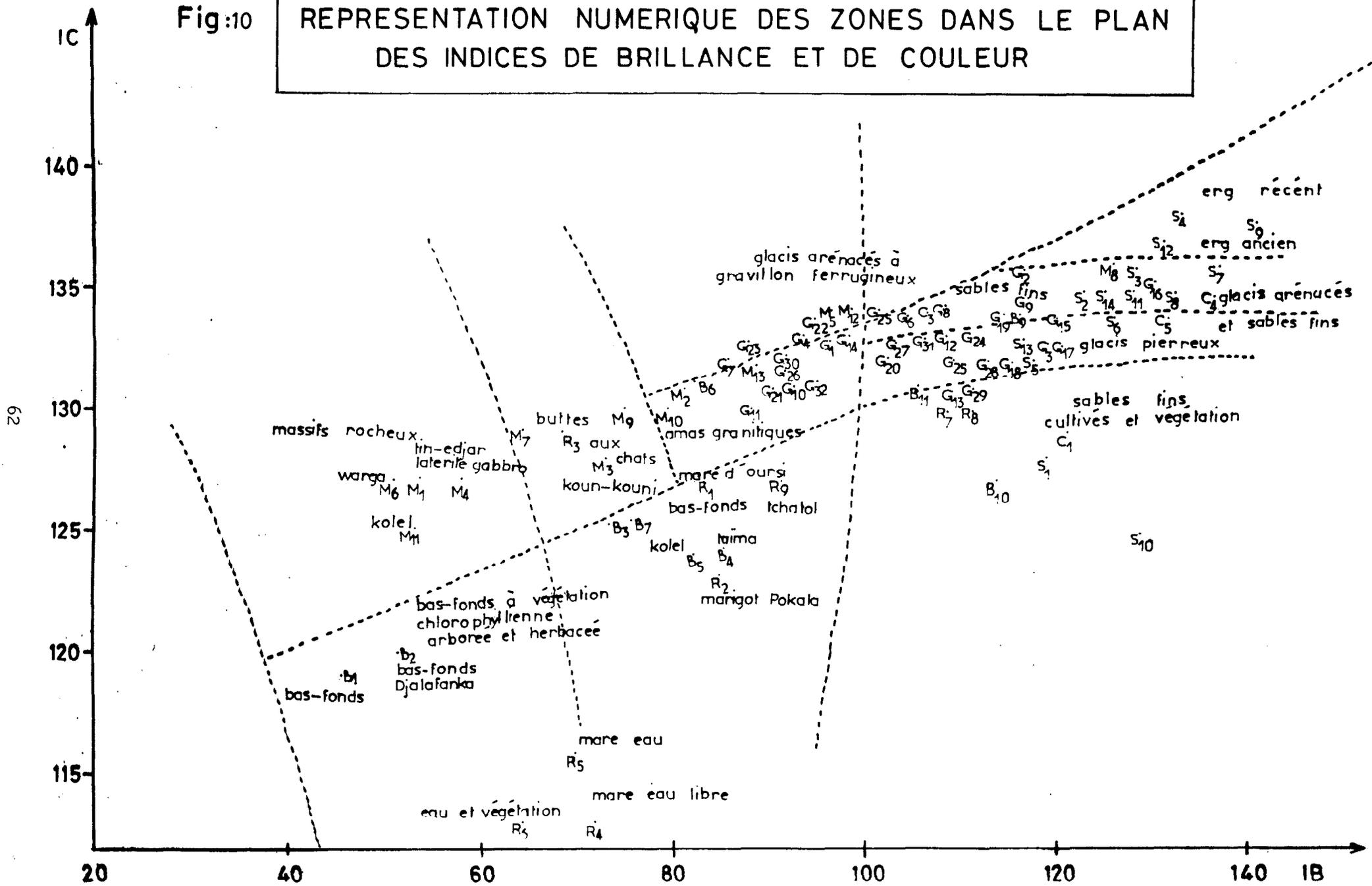
Les 80 % des pixels sont obtenus en retranchant 10 % des pixels au-dessous et en-dessus du total (100 %). Nous avons opté pour les 80 % des pixels pour nous faire une vision plus grande de la signature spectrale de chaque zone.

Avec ces bornes, on construit des figures géométriques (carrés ou rectangles) dans lesquelles, on fixe les médianes. Ces médianes sont représentées dans les plans de représentation numérique des IB et IC et des IB et IV. (Fig.10 ,p.62) et fig.11 ,p.63)

Avec ces valeurs numériques (médianes et bornes), on s'attache à calculer pour chaque zone le recouvrement végétal et la phytomasse herbacée.

Fig:10

REPRESENTATION NUMERIQUE DES ZONES DANS LE PLAN
DES INDICES DE BRILLANCE ET DE COULEUR



Ce tableau nous permet d'estimer le taux de recouvrement végétal de chaque zone grâce aux médianes et aux bornes inférieures et supérieures des indices de végétation.

Tout comme le recouvrement végétal, l'estimation de la phytomasse herbacée à partir des données satellitaires SPOT est basée sur l'établissement d'une relation entre l'IV et la phytomasse herbacée (P).

$$IV = 137,120 \times P^{0,00279}$$

PH	IV
Ph < 0,1 t/ha	IV < 128
0,1 à 0,25 t/ha	129 - 132
0,25 à 0,5 t/ha	133 - 134
0,5 à 1 t/ha	135 - 137
1 à 1,5 t/ha	138 - 139
1,5 à 2 t/ha	140
2 à 3 t/ha	141
3 à 4 t/ha	142
4 à 5 t/ha	143

NB P est estimée sur le terrain par la méthode de coupe de placette de 1 m².

Enfin, on associe à chaque zone la classe et le coefficient de ruissellement et d'infiltration de fréquence décennale correspondant (J.M. Lamachère 1988). Les résultats sont consignés en annexe (p 118 à 124).

III.2.2. L'interprétation des résultats numériques

Tout d'abord, les histogrammes de distribution permettent de comparer visuellement les zones d'une même unité géomorphologique d'une part et d'autre part de cerner les valeurs de leur réflectance radiométrique.

On peut déjà opérer une 1ère classification partielle des zones sur une même unité paysagique. La représentation des zones dans chaque plan des indices ressort une certaine tendance au regroupement des zones selon leurs états de surface.

La phytomasse herbacée moyenne calculée à partir des scènes SPOT du 04-09-1986 est d'environ 0,708 t/ha soit 45309 t pour 64000 ha que compte le bassin versant, mis à part la végétation

aquatique de la mare, des formations arborées de bas-fonds et des massifs rocheux.

Ces résultats confrontés à ceux obtenus par divers auteurs ayant utilisé d'autres méthodes que celles de la télédétection sont concordants.

En Octobre 1986, Sicot estimait la phytomasse herbacée entre 0,90 à 0,98 t/ha pour une pluviométrie de 400 mm.

Levang en Octobre 1987, obtenait 1,11 t pour une pluviométrie de 424 mm.

En 1987, Grouzis estimait à 63850 t, la production herbacée entre 1976-1980 sur les 64000 ha, soit 1 t/ha.

A noter que selon Grouzis, la production est la quantité de matière végétale présente en moyenne sur le site d'Oursi à la fin de la saison des pluies, ceci en raison de la particularité de l'utilisation pastorale traditionnelle du milieu (J.M. Devineau, 1988).

Il ajoute que l'efficience en eau du bassin c'est-à-dire le rapport entre ce qu'il appelle production et les précipitations annuelles moyennes est de $2,1 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$. Cette valeur rapportée aux précipitations annuelles de 1986 (356 mm)⁴ donne une production moyenne de phytomasse égale à 0,748 t/ha, soit 47872 t pour les 64000 ha.

Les résultats obtenus par Grouzis concordent bien avec ceux des scènes SPOT du 04/09/1986. Le traitement numérique ressort sensiblement les mêmes estimations du recouvrement végétal. Cependant, force est de reconnaître que la végétation du bassin est très mal répartie dans l'espace.

On la retrouve en quantité dans les milieux productifs que sont : les bords des mares, les bas-fonds et les dépressions (4 à 5 t/ha). Ces milieux contribuent pour plus de 30 % du stock fourrager du bassin.

En revanche sur plus de 80 % de la zone d'étude, la phytomasse herbacée ne dépasse guère 0,250 t/ha. Hormis les milieux productifs, la phytomasse herbacée est abondante en fin hivernage sur les formations :

- de dunes et ensablements : *Combretum glutinosum*, *Commelina florskilei* (1,4 t/ha).

- de piémonts ou bas de pente à *Evagrostis tremula*, *Limeum pterocarpum*, *Curunius ficifolius* (1,2 t/ha).

Les glacis arénacés couverts à majorité de sols nus ou glacis sur sols bruns ont une phytomasse herbacée < à 0,1 t/ha. Ce sont les formations végétales dégradées à *Pterocarpus lucens*, *Cienfuegosia digitata*, *Pandiaka heudelotü*, *Chloris lampropropria* etc...

Ces glaciers se caractérisent également par la présence d'arbres morts.

L'analyse visuelle et numérique des images SPOT fournit le maximum d'informations sur une zone d'étude. Aussi est-il possible d'envisager une étude beaucoup plus fine du milieu : l'étude d'un cas de géosystème à partir des scènes SPOT du 04/09/1986.

Chapitre IV - Etude du géosystème de Tounti (Petoy-Gountouré) à partir de l'image SPOT du 04/09/1986

IV.1. La définition d'un géosystème et d'un géon

Un géosystème est une unité géomorphologique qui se caractérise par une certaine organisation spatiale, une morphologie, une structure et une lithologie (G. Bertrand, 1968).

Il est constitué d'un ensemble de petites unités simples appelées géons ou géofaciès. Les géons s'influencent mutuellement au sein d'un géosystème par échange et transfert de matière et d'énergie.

Cette nouvelle approche du paysage aboutit à la mise au point d'une méthodologie dite systémique ou paysagique qui étudie le milieu naturel dans toute sa globalité.

IV.2. La méthode d'étude

L'interprétation visuelle et numérique de l'image SPOT fournit des renseignements sur le géosystème de Tounti (Petoy-Gountouré).

- . La nature des formations superficielles,
- . Le couvert végétal et la phytomasse herbacée,
- . L'aptitude des sols au ruissellement et à l'infiltration.

La nature des formations superficielles est reconnue par interprétation visuelle des images satellitaires d'après leur composition colorée, leur structure et leur texture.

- La couleur vert-foncé est associée à l'existence de sols bruns nus et d'éléments grossiers à la surface du sol.

Ce sont les chaos granitiques de Tounti.

- La couleur verte représente les colluvions
- La couleur vert-jaune est associée aux sables fins et aux colluvions
- La couleur jaune indique la présence de sables grossiers (arènes granitiques), de sables éoliens fins et de placages éoliens.
- La couleur rouge est l'expression de la végétation chlorophyllienne arborée et herbacée de bas-fonds.

L'analyse numérique permet d'associer à ces formations superficielles leur taux de recouvrement végétal, leur phytomasse herbacée et leur aptitude au ruissellement et à l'infiltration pour une pluie de fréquence décennale.

Sur les granites de Tounti, le couvert végétal atteint 0 à 30 %, la phytomasse herbacée est comprise entre 0,05 et 0,15 t/ha, $KR_{1/10} = 40 \%$ $KI_{1/10} = 60 \%$ et $KR_{1/10} = 22 \%$.

Sur les formations sableuses, on a un recouvrement végétal de 25 à 50 %, une phytomasse herbacée de 0,25 à 0,5 t/ha, $KR1/10 = 30 \%$ $KI1/10 = 70 \%$ et $KR1/10 = 18 \%$.

Sur les formations d'arènes granitiques : le recouvrement végétal atteint 15 à 25 % avec une phytomasse herbacée de 0,1 à 0,25 t/ha. $KR1/10 = 85 \%$ $KI1/10 = 15 \%$ et $KR1/10 = 68 \%$.

Sur les formations colluviales et alluviales de bas-fonds et bas-versants : le recouvrement végétal est de 75 à 100 %, la phytomasse herbacée atteint 3 à 5 t/ha, $KR1/10 = 75 \%$ $KI1/10 = 25 \%$ $KR1/10 = 57 \%$.

L'interprétation visuelle permet de cartographier les limites des formations superficielles du géosystème à partir d'une image SPOT à l'échelle de 1/50000ème. L'analyse est complétée par l'étude du fond topographique à la même échelle.

On place la maquette cartographique sur la carte topographique. Il s'agit de passer en revue tous les facteurs topographiques directement impliqués dans le processus de la dynamique hydrique engendré par les eaux de ruissellement.

La méthode consiste à déterminer : les directions de ruissellement, les différents types de ruissellement (convergent, divergent, diffus) le calcul de pente, les lignes de crête, les axes de drainage. La précision de l'étude a été rendue possible grâce aux courbes de niveau. L'analyse dynamique ne peut être menée avec exactitude que, si l'on ne tient compte des courbes de niveau.

L'objectif visé à travers cette étude complémentaire est de déterminer les limites des géosystèmes hydriques (petits bassins versants). On définit un géosystème hydrique comme étant une surface topographique pas forcément homogène (états de surface, couvert végétal...) mais ayant par contre un comportement hydrologique d'ensemble sensiblement identique. Ainsi, on peut tenter d'établir un rapport entre la dynamique hydrique et la nature des formations superficielles. Une telle méthode d'étude est intéressante à double titre :

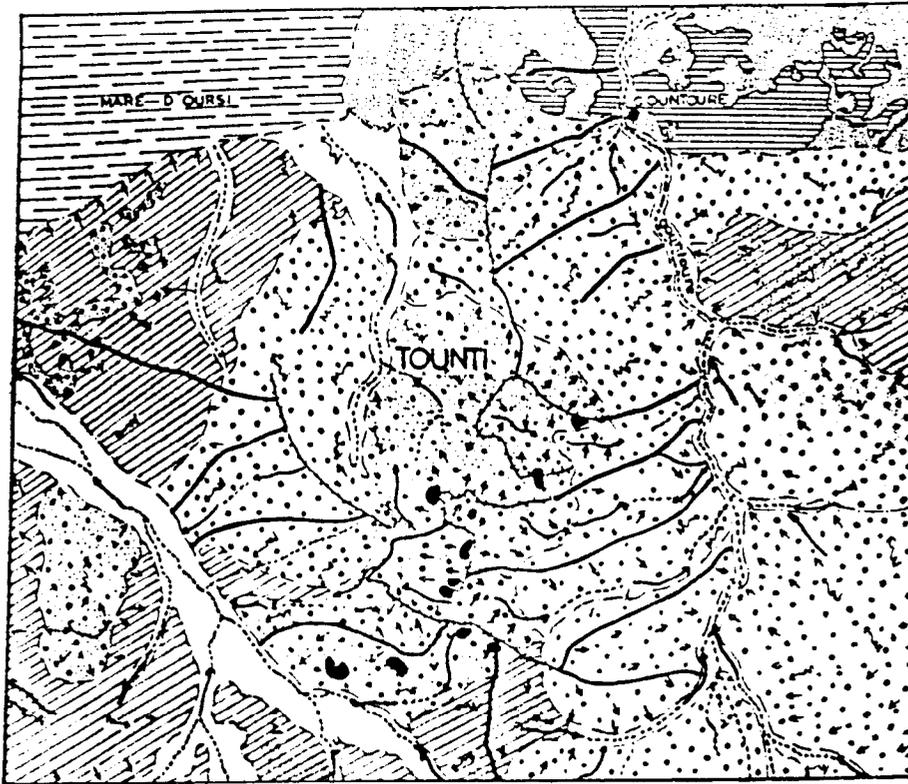
- tirer une conclusion quant aux capacités ou non d'identifier et de cartographier les géons d'un géosystème à partir des images satellitaires SPOT.

- montrer par la même occasion que le travail peut être mené à petite échelle ou à l'échelle régionale.

IV.3. La description des géons : d'amont en aval

Le géosystème de Tounti (Pétoy-Gountouré) est situé sur le plateau Gountouré. Il s'étale sur la rive gauche du marigot Gountouré et ce jusqu'aux abords immédiats de la mare d'Oursi et d'un de ses importants bas-fonds. (fig. 12, p. 69).

G_1 : géons formés de boules de granite. Ils sont situés en position topographiquement haute. Ils affleurent sur du granite



Source : Image Satellitaire SPOT D'OURS du 04-09-1986

0 0.5 1 1.5 2 km

LEGENDE

a-formations superficielles

-  G1 bords de granite
-  G2 sables grossiers et sables fins
-  G3 sables grossiers (arènes granitiques)
-  G4 sables fins (éoliens)
-  G5 placages sableux éoliens
-  G6 colluvions
-  G7 colluvions et sables fins
-  G8 alluvions de bas-fonds, axe de drainage
-  champs sur sables fins
-  mare d'ours

b-geodynamique hydrique

-  limite des formations superficielles
-  chenal de ruissellement
-  direction de ruissellement
-  ruissellement convergent
-  ruissellement divergent
-  ruissellement diffus
-  axe de drainage
-  limite des géosystèmes hydriques (Petits bassins versants)
-  lignes de crête
-  village

de type Petoy-Gountouré. Le granite affleure en formes arrondies irrégulières, lourdes ou ramassées et parfois fragmenté en de nombreux chaos. Ces géons côtoient les lignes de crête. Les pentes sont très abruptes et nettement supérieures à 2 %. Ce sont des reliefs isolés ou résiduels. Il s'en suit un dynamisme morphopédologique en contre bas du fait de l'action des eaux de ruissellement.

G₂ : géons de sables grossiers et sables fins. Ils ont une forme en auréole irrégulière occupant les environs immédiats des géons précédents. Il y a une nette rupture de pente entre G₁ et G₂. En effet, nous passons d'une pente supérieure à 2 % pour nous retrouver sur une pente comprise entre 1 à 2 %. Cette rupture de pente entraîne un processus de dynamique sur ces géons sableux. Les conséquences sont : les ravines, les rigoles, les fortes incisions... C'est à partir de ces géons que se dessinent déjà les différents chenaux de drainage du géosystème de Tounti. En effet, le ruissellement y est beaucoup plus convergent ou diffus. Ces facteurs de géodynamique hydrique favorisent le décapage des formations superficielles d'où la mise en place de sables grossiers et de sables fins qui caractérisent ces géons.

G₃ : géons de sables grossiers (arènes granitiques) ; ils résultent de l'arénisation poussée du substrat granitique et sont les plus répandus. A quelque exception près, ils bordent les rives du marigot Gountouré. On les retrouve pris entre les géons de colluvions et ceux de sables grossiers et de sables fins. Ils ceinturent les géons G₂. On y a dénombré le plus de géosystèmes hydriques (petits bassins versants). Ici, les effets de la dynamique hydrique se font beaucoup sentir et le ruissellement devient de plus en plus concentré vers les talwegs. La direction de ruissellement reste très marquée aux abords des bas-fonds et des marigots. Les pentes y sont encore faibles par endroits donnant lieu à un ruissellement diffus. Le transport de matériaux devient par conséquent très lent. La dynamique érosive s'accroît et aboutit à la formation de petits chenaux d'écoulement.

Ces géons présentent également des formes aérolières autour des géons G₂. Enfin, quelques lignes de crête très peu marquées influencent localement l'écoulement des eaux.

G₄ : géons de sables fins (éoliens). Ils s'étendent surtout au pied de l'erg récent où ils ont été mise en cultures ou en jachères. Ce sont des géons à forte infiltration et à faible ruissellement. Il faut noter que les facteurs de la dynamique hydrique sont difficiles à déceler sur ces géons.

G₅ : Il s'agit de géons de placages sableux sur les colluvions. Ils sont répandus sur le géosystème de Tounti. On les retrouve sur les autres formations superficielles.

G₆ : géons de colluvions. Ils dominent le NW du géosystème de Tounti et une frange est prise au piège sur les géons d'arènes granitiques. Toutes les actions dues aux processus de dynamique hydrique s'y produisent. Les pentes sont très faibles, de l'ordre de 1 % entraînant un ruissellement diffus. De nombreux bas-fonds s'y encaissent. Ce sont des géons, où se canalise l'eau tout

comme les géons de sables grossiers vers les grands axes de drainage.

G₇ : géons de colluvions et de sables fins. On les retrouve au Sud et à l'Est du géosystème de Tounti. Ils présentent les mêmes caractéristiques hydrologiques que les géons G₆.

G₈ : géons alluvionnaires de bas-fonds. Les facteurs, de la dynamique hydrique sont nettement atténués et remplacés par ceux de l'écoulement des eaux dans le lit mineur.

3ème Partie : Etude et
cartographie des formations
superficielles de deux bassins
versants de la région de Bidi
(Yatenga) d'après l'image SPOT
du 04/10/1986.

Chapitre I : Le cadre géographique de la région de Bidi

I.1 - Le climat

Selon Aubreville 1949, le climat du Yatenga est de type sahélo-soudanais, caractérisé par des températures moyennes de 26 à 31°C, un indice pluviométrique de 400 à 1200 mm et une variation considérable d'humidité entre deux saisons. Une telle définition ne permet pas d'appréhender le climat à l'échelle régionale.

D'après Molard R. 1949, trois domaines climatiques se distinguent en zone sahélo-soudanaise, établis selon les variations des précipitations, des humidités et des températures.

- La zone de climat sahélien au nord du 14°N, avec une pluviométrie inférieure à 650 mm.

- La zone de climat nord soudanien au nord entre le 14° et 11°30'N avec une pluviométrie comprise entre 650 mm et 1000 mm.

- La zone de climat sud-soudanien, située en dessous du 11°30'N avec une pluviométrie supérieure à 1000 mm.

Située entre le 13°N et 14°15'N, la province du Yatenga connaît au nord un climat sahélien et au sud un climat nord soudanien d'où la terminologie soudano-sahélienne pour qualifier cet espace.

La traduction orale nous apprend que le climat du Yatenga a connu des poches de sécheresse de plusieurs années, entraînant parfois des famines, mais ces périodes n'ont semble-t-il pas excédé la dizaine d'années dans le siècle précédent. L'analyse de la série pluviométrique à la station de Ouahigouya de 1920 à 1987 montre que les années déficitaires concernent les périodes de 1920 à 1926 ; de 1930 à 1934 ; de 1946 à 1948 ; de 1968 à 1978 et de 1982 à 1987 et que la moyenne pluviométrique annuelle de 1920 à 1987 est de 665 mm.

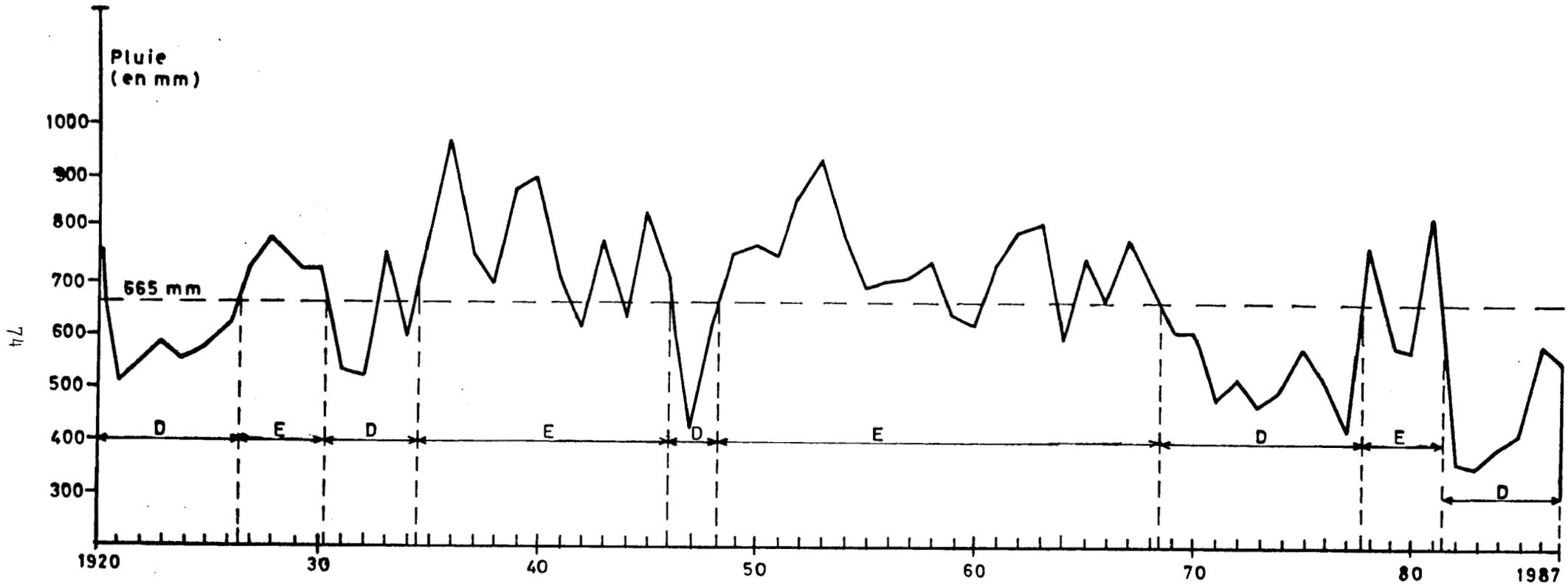
Albergel J. 1987, note une rupture brutale de la pluviométrie dans les années 1968-1969. En effet après 1968, on relève une nette réduction de l'ordre de 200 mm avec une importante variabilité temporo-spatiale de 1968 à 1978 et de 1982 à 1987 (Fig.13 p.74)

Deux grandes saisons caractérisent la province du Yatenga :

- une saison humide qui dure 4 à 5 mois (mai à septembre),
- une saison sèche qui s'étale sur 7 à 8 mois.

L'analyse des facteurs climatiques à la station climatologique de Nayiri dans la région de Bidi située entre

Fig. n°13 PLUVIOMETRIES ANNUELLES DE 1920 à 1987
OUAHIGOUYA



D = déficitaires E = excédentaires
(il s'agit d'écart à la moyenne cumulée)

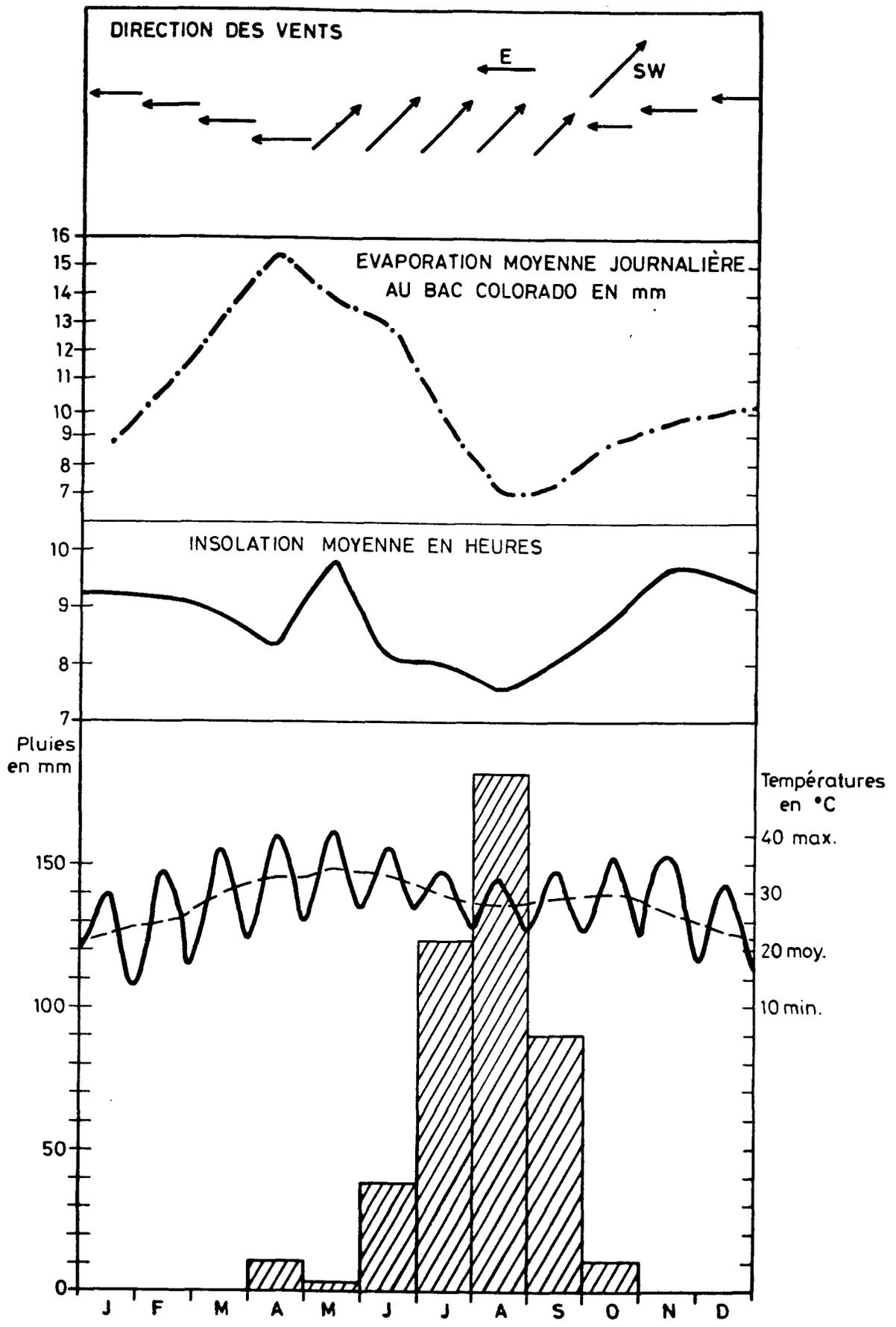


FIG.14 - CLIMATOLOGIE A LA STATION DE NAYIRI 1985-1989.
(PROVINCE DU YATENGA)

13°50' et 13°55'N et 2°20' et 2°40'W en bordure de la zone climatique sahélo-soudanienne d'Aubreville 1949 montre quatre saisons (Fig. 14 p.75)

. Une saison humide (mai à septembre) où la pluviométrie atteint son maximum suivie d'une forte baisse de la température, de l'insolation et de l'évaporation. D'une direction SW, les vents ont une vitesse moyenne de 2 m/s et l'humidité relative atteint plus de 60 %,

. Une petite saison chaude et humide (octobre à novembre) où l'on enregistre une faible hauteur de pluie (surtout en octobre) suivie d'une remontée de la température de l'insolation et de l'évaporation. L'humidité relative est de l'ordre de 50 % et le vent prend la direction de l'Est avec une vitesse moyenne atteignant à peine 1 m/s.

. Une saison sèche et fraîche (décembre à février) où la température avoisine 10 à 20°C accompagnée d'une baisse sensible de l'insolation et de l'évaporation. L'humidité relative est comprise entre 50 et 60 %

. Enfin, une saison chaude (mars à mai) : on assiste à une remontée de la température (+ 35°C), une forte insolation suivie d'une intense évaporation moyenne journalière.

Une rapide comparaison de ces deux stations de 1985 à 1987, nous enseigne qu'il est tombé en moyenne 443 mm de pluie par an à Ouahigouya, alors que Bidi situé à 40 km plus au nord recevait dans le même temps 375 mm de pluie par an. On se rend compte qu'il y a une tendance à la sahélisation du climat au nord du Yatenga, si l'on s'en tient à la classification de Molard R. 1949.

Cette sahélisation est d'autant plus vraie qu'on assiste à la réduction de la saison des pluies marquée par un bilan hydrique excédentaire en Août suivi d'un arrêt précoce en septembre.

I.2 - La géologie

L'approche géologique a été faite à partir de la carte géologique de la région de Bidi à l'échelle de 1/2000000 (Fig15 p.77)

Le socle constitué essentiellement de granite recouvert par endroit de formations sédimentaires affleurent largement au nord du Burkina Faso.

Deux ères géologiques ont présidé à la mise en place des formations géologiques de la région de Bidi : ce sont le Précambrien terminal (Infra-Cambrien) et le Tertiaire (Paléocène ou Pliocène).

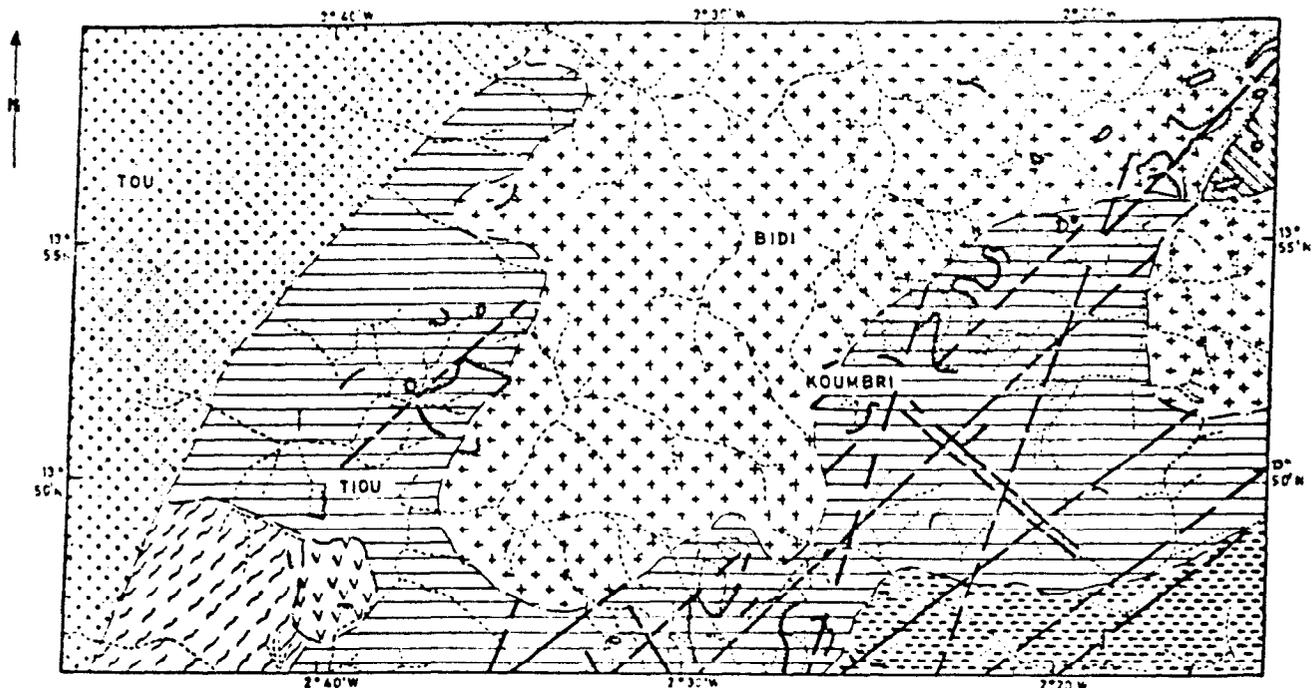
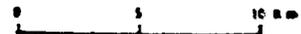


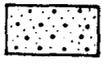
FIG.15 CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE BIDI

D'après la carte Géologique de Ouahigouya
 au 1/200 000 de PE GANSONRE et C. LARCEVIN 1989



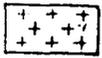
LEGENDE

Tertiaire

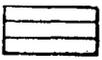


Formations argilo-sableuses du continental
 Terminal discordant sur le socle.

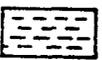
Précombrien



Granites "roses" circonscrits homogènes
 en domaine, Schiste volcanique et à tendance
 hétérogène en domaine granitique.



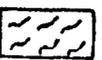
Complexe volcanique. (schistes micro-conglomé-
 ratiques, Tufs altérés gréseux, Grès schisteux,
 Schistes graphiteux etc...)



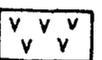
Complexe volcanique (schistes, brèches spilitiques
 porphyrites basiques, méta-andésites
 méta-dolérites, ryodacites).



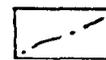
Granodiorites - granites calco-alkalins
 orientés (migmatisation des
 granodiorites orientées.)



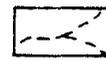
Granites, grès fins hétérogènes recomacts,
 les granodiorites orientées par des veines
 et des filons.



Gneiss à biotite et à muscovite
 (faibles porphyro-blasthes.)



Contour géologique
 supposé



Cours d'eau



Plateau latéritique



Faite

Pendant le Précambrien terminal, ce sont mises en place les formations géologiques suivantes :

Les gneiss à biotite et à muscovite (faibles en prophyroblasthes) sont localisés au sud de Tiou et occupent un espace très limité.

Les granites, grès fins hétérogènes recompactés, les granodiorites orientées par des veines et des filons au sud de Tiou et les granodiorites-granites calco-alcalins orientés (migmatisation des granodiorites orientées) au nord-est affleurent également localement sans grande importance.

Encore appelés granites "gris" migmatitiques et les migmatites à grains fins par P.E. Gamsonré, 1987, cette terminologie désigne l'ensemble des roches à grains fins, isogranulaires plus ou moins leucocrates, représentant en quelque sorte "la trame de fond" des granites hétérogènes de type Baoulé. Ces granodiorites se subdivisent en deux faciès.

- un faciès migmatitique avec de nombreuses veines de pegmatites et d'aplite à biotite.

- un faciès granitique en dalles plates formées d'une roche à grain fin, isogranulaire, leucocrate parcourue par des veines de pegmatite et d'aplite d'orientation variable.

Un complexe volcanique occupe une partie importante de la région (localité de Tiou et de Koumbri). Ils sont de deux types : le complexe volcanique (schiste, brèches spilitiques porphyrites basiques, méta-andésites méta-dolérites, ryodacites) et le complexe volcanique (schistes, macro-conglomératiques, Tufs altérés gréseux, grès schisteux, schistes graphiteux etc...). Ils constituent l'ensemble des roches métamorphiques très diversifiées fortement fracturées et surmontées d'escarpements rocheux (localité de Koumbri) Ducellier 1963.

Le village de Bidi repose sur un substrat de granites "roses" circonscrits homogènes en domaine schiste volcanique et à tendance hétérogène en domaine granitique.

"Le granite de Bidi" pour emprunter l'expression de P.E. Gamsonré, 1987 apparaît également à l'Est. Deux faciès principaux presque toujours associés ont pu être reconnus :

- Un faciès rose, de grains moyens et grossiers, pauvre en biotite,

- Un faciès gris blanchâtre à grains moyens, un peu plus riche en biotite et en plagioclase.

A ces deux faciès s'ajoute celui résultant de la contamination du granite par des roches basiques dans les zones de contact.

Tout cet ensemble de granites et de granodiorites constitue le socle cratonisé de Précambrien terminal et qui affleure en partie au nord du Yatenga.

Au Tertiaire enfin, ce sont mises en place les formations argilo-sableuses du continental terminal discordant sur le socle. Elles occupent la partie ouest de la région de Bidi (la plaine du Gondo et le sud du Mali).

Ce sont ces formations géologiques qui, de part leur modélé constituent les différentes unités géomorphologiques et paysagiques que nous envisageons de décrire.

I.3 - La géomorphologie

L'étude est menée à partir d'une esquisse géomorphologique (Fig.16 p.80). Dans la région de Bidi, trois facettes géomorphologiques se distinguent nettement : les sommets cuirassés d'interfluves, les pseudo-glacis et les bas-fonds. Tout cet ensemble est raccordé par un système de pentes variables de 1 à 3 %. L'étude consiste à opérer une description de chaque unité à l'échelle régionale tout en insistant sur les petits bassins versants de Gourga et de Samniwéogo.

I.3.1 - Les sommets d'interfluves

Ils regroupent les collines birrimiennes, les buttes cuirassées, les inselbergs et les croupes. D'une altitude moyenne de 350 m, les collines et les buttes cuirassées dominent l'ensemble du paysage. Elles sont constituées de roches volcano-sédimentaires avec un mélange de schistes argileux et traversées par endroits de filons de quartz, parfois aurifères (Sabouna, Thiou). Leurs sommets souvent tabulaires sont recouverts de cuirasses ferrugineuses conglomératiques supérieures ou inférieures suivant leur côte relative. Ces cuirasses n'existent pas sur granite, sauf au Niger (Gavaud, 1966). Fortement entaillés par l'érosion, ces reliefs ne conservent que quelques lambeaux de cuirasses. Suite à cette dynamique érosive, ces dalles cuirassées évoluent en pseudo-cuesta (localité de Koumbri) avec un talus et un revers selon leur résistance (butte cuirassée de Samniwéogo).

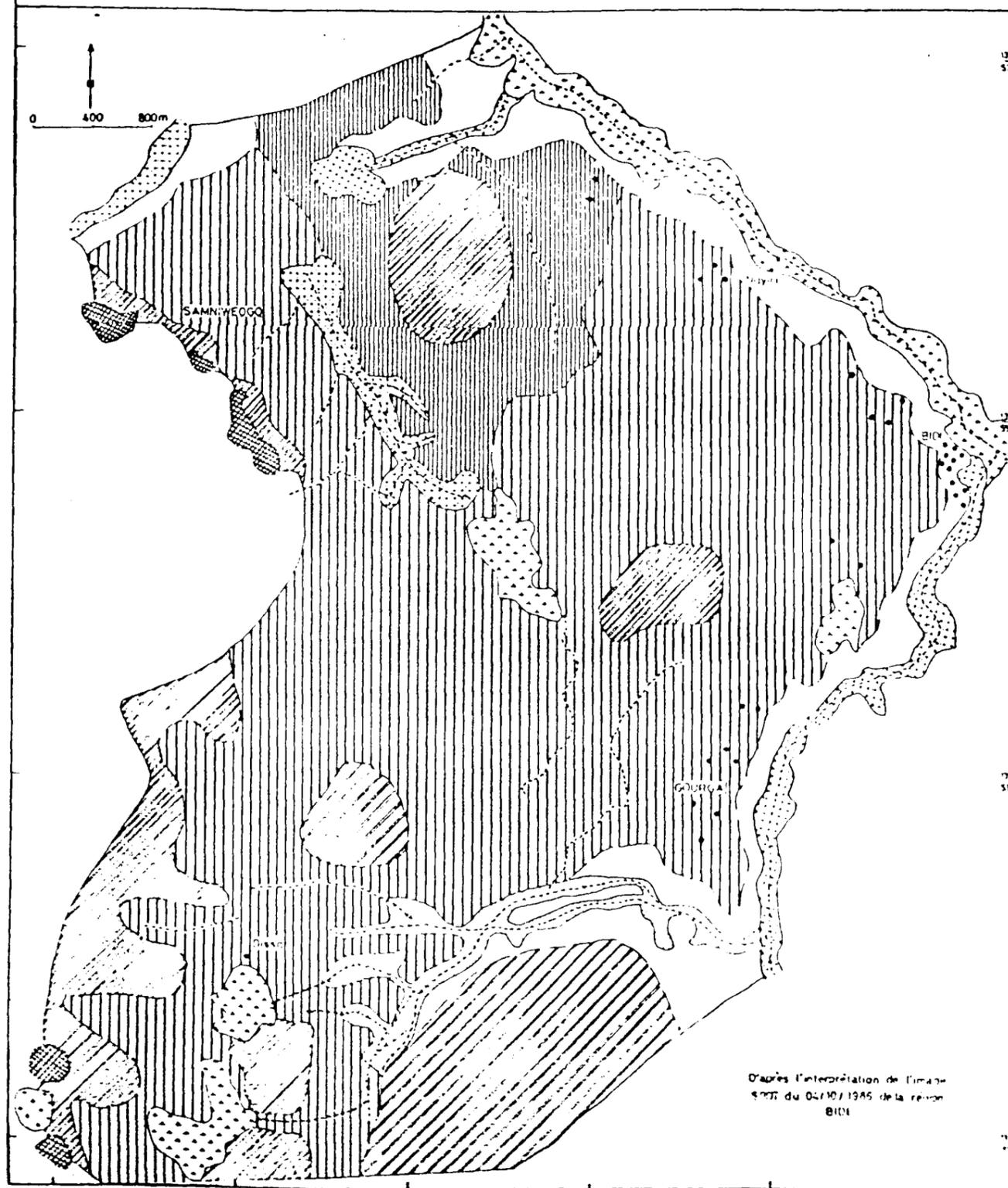
L'altération de ces roches aboutit à la formation d'argiles gonflantes et les sols générés au bas de pente sont des sols bruns eutrophes et/ou lithosols sur roches basiques, sur lesquels se développent quelques rares espèces ligneuses : *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulatum*.

On y rencontre également certaines espèces xérophiiles, expression de mauvaises conditions édaphiques. Les herbacées ne se développent que sur les micro-buttes sableuses piégées dans les micro-dépressions.

Les inselbergs sont assez rares à Bidi sauf dans la localité de Dissa.

FIG: ESQUISSE GEOMORPHOLOGIQUE DES BASSINS
VERSANTS DE GOURGA ET DE SAMNIWEOGO
REGION DE BIDI

FIG: 15



D'après l'interprétation de l'image
aérienne du 04/10/1945 de la région
BIDI

LEGENDE

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Croupe sur sols gravillonnaires à indurations ferrugineuses | | Pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens |
| | Croupe sur sols gravillonnaires à recouvrement sableux. | | Chanfrein de raccordement |
| | Butte cuirassée | | Bas-fonds sableux |
| | Inselberg de granite. | | Bas-fonds sablo-limoneux |
| | Pseudo-glacis arénacés | | Bas-fonds à tendance vertiques |
| | Réseau hydrographique | | Habitats |

0 0,5 1km
Echelle

De manière générale, les collines et les buttes cuirassées sont exploitées par des troupeaux de bétail. Néanmoins, les sols revêtus de sables éoliens fins sont mis à profit pour les cultures.

Les croupes sont de deux types : les croupes à indurations ferrugineuses et celles à recouvrement sableux éoliens. Elles affleurent suffisamment dans la région de Bidi et constituent de petites interfluves ceinturées par les cours d'eau. La pédogénèse y est également limitée avec la mise en place de sols issus d'altération du granite supportant une formation végétale de savane. Les croupes sont également utilisées à des fins agropastorales dans la région de Bidi.

I.3.2 - Les "pseudo-glacis"

Cette terminologie est employée au sens topographique. En effet, les "pseudo-glacis" sont des espaces de transition entre les sommets d'interfluves et les bas-fonds avec des pentes variables. Ici, nous n'avons pas à faire aux véritables glacis de part leur situation morphologique et leur pente d'où l'emploi de l'expression de "pseudo-glacis".

Ils occupent plus de 70 % de la zone d'étude et sont de deux types : les pseudo-glacis arénacés et les pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens. Ils reçoivent également les produits de démantèlement des unités précédentes. Le substratum est en partie granitique sur lequel s'est développé une faible épaisseur de cuirasse ou de carapaces. Le processus pédogénique reste marqué par la position relative de l'unité dans le paysage. En effet, on y rencontre des sols ferrugineux tropicaux peu profonds, des sols sablo-gravillonnaires et des sols sableux éoliens. Ils ont été tous cultivés ou mis en jachères.

Les formations végétales y sont variables : les différents types de savanes, la brousse tigrée, la brousse mouchetée ou tachetée.

Les espèces ligneuses dominantes sont : *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*.

Le tapis herbacé constitué essentiellement de *Schoenfeldia gracilis*, et de *Zornia* est presque continu sur les pseudo-glacis dans la région de Bidi. Enfin, ils constituent de véritables zones de pâturages après les récoltes.

I.3.3 - Les bas-fonds

Les cours d'eau dans la région de Bidi sont hétérogènes tantôt encaissés, tantôt larges, tantôt étroits. La plupart du temps, ils sont temporaires et se décomposent en un espace alluvial "inondable" et en une pente de raccords aux pseudo-glacis.

La première sous-unité par la présence de sols sableux ou argileux est entièrement cultivée pour la simple raison qu'elle a une bonne rétention en eau. La végétation chlorophyllienne arborée y est nettement mieux développée. C'est aussi un domaine

des cultures irriguées, de jardinage, de maraîchage et de vergers.

La deuxième sous-unité se singularise par la dégradation du couvert végétal, exception faite de *Balanites aegyptiaca* qui la peuple. L'érosion hydrique et éolienne y est très poussée en atteste l'apparition de l'horizon B encroûté.

Ce sont donc ces deux facettes extrêmement vulnérables qui caractérisent cette unité entièrement exploitée dans la région de Bidi.

I.4 - La végétation

L'interprétation des photographies aériennes à l'échelle de 1/200000 a permis d'analyser les différentes formations végétales dans la région de Bidi (Fig.17 p.83). L'étude faite sur deux petits bassins versants a abouti à l'identification de plusieurs types de formations végétales.

Un groupement végétal constitué essentiellement de végétation chlorophyllienne arborée se développe dans les zones marécageuses ou le long des bas-fonds sur des sols sablo-argileux ou hydromorphes.

On a retrouvé certaines formations végétales typiques de la région du Yatenga. Ce sont la brousse tigrée, la brousse mouchetée, la brousse tachetée, et la savane arborée ou arbustive.

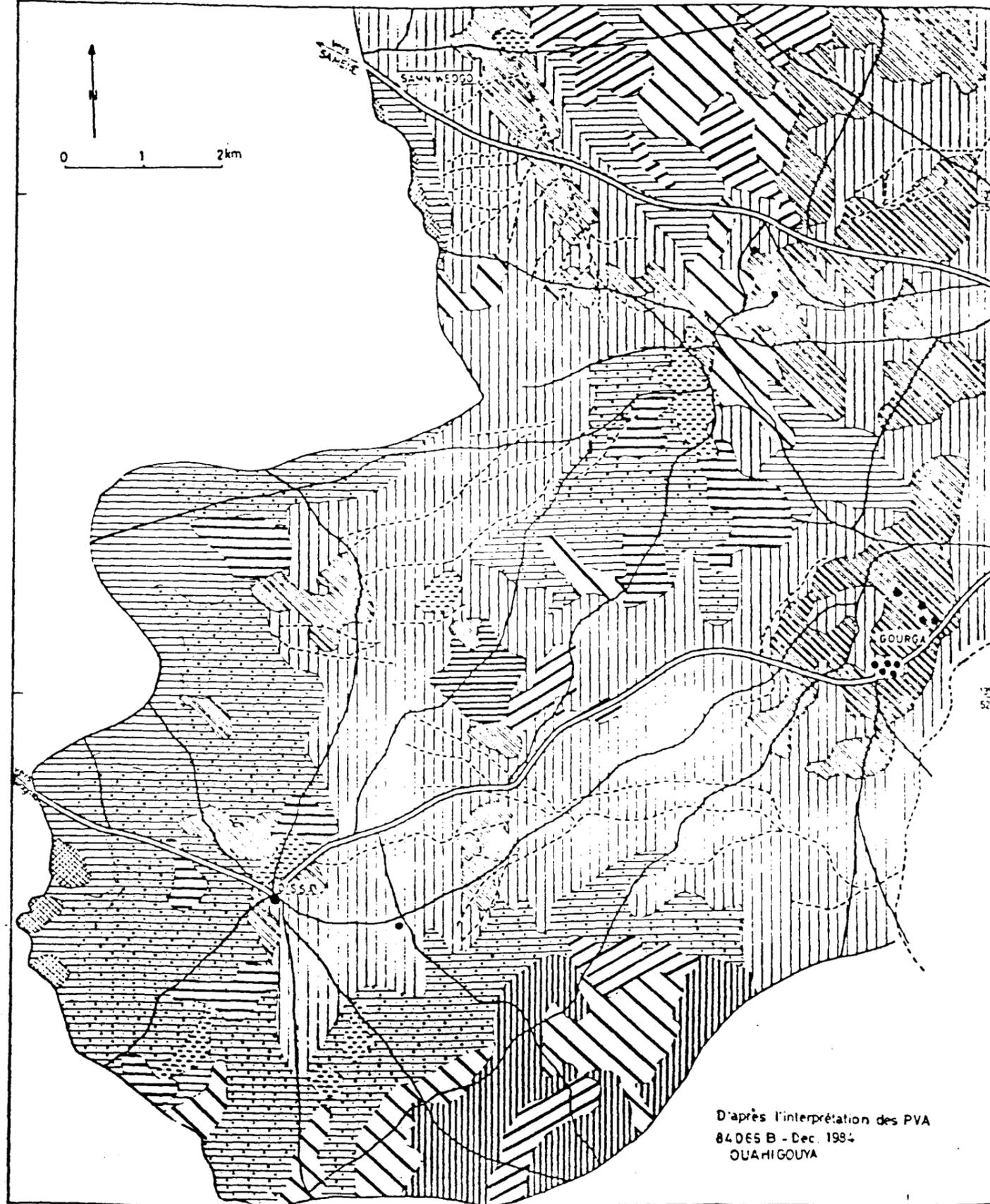
La brousse tigrée se définit par l'alternance de bandes boisées et de bandes nues et caractérise les paysages sahéliens et subsahéliens (Boulet 1972, Ambouta 1986). Les espèces dominantes de la brousse tigrée sont : *Pterocarpus liceus*, *Combretum micranthum*. La brousse tigrée subit une dégradation ancienne (1952-1984) accentuée par les crises climatiques de ces dernières années, évoluant avec différents niveaux de dégradation : la brousse tigrée dense, dégradée et très dégradée. Elle occupe très souvent les croupes sur sols sablo-gravillonnaires ou à recouvrement sableux éoliens.

La brousse mouchetée se distingue sur les photographies aériennes par l'aspect piqueté de la végétation. Elle se développe sur les pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens avec des espèces telles *Leptiadenia hastata*, *Guiera senegalensis*.

La brousse tachetée se reconnaît par le regroupement des végétaux en petites touffes sur les croupes sablo-gravillonnaires. Les principales espèces, qui la composent sont : *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*.

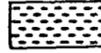
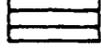
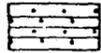
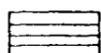
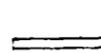
Enfin, on a une formation végétale de savanes avec différents niveaux de dégradation. Elle était bien répartie dans le paysage en 1952, il n'en reste plus que des traces en 1984, évolution régressive qui atteste de l'ampleur des pratiques

FIG17 CARTE DES FORMATIONS VEGETALES DES BASSINS
VERSANTS DE GOURGA ET DE SAMNIWEOGO
REGION DE BIDI



D'après l'interprétation des PVA
84.065 B - Dec. 1984
OUAHIGOUYA

LEGENDE :

- | | | | |
|--|---|---|--|
|  | Mares temporaires à végétation chlorophyllienne arborée |  | Brousse mouchetée |
|  | Dépressions à végétation chlorophyllienne arborée plus ou moins cultivées |  | Savane arborée et arbustive dense |
|  | Brousse tigrée |  | Savane arbustive et arbustive clairsemée |
|  | Brousse tigrée dégradée |  | Espaces dénudés |
|  | Brousse tigrée très dégradée |  | Jachères |
|  | Brousse tachetée |  | Cultures |
|  | Cours d'eau |  | Habitats |
|  | Piste | | |

ECHELLE : 0 0,5 1 Km

agro-pastorales d'où l'intérêt de connaître les différentes composantes de la population et leurs activités dans la région de Bidi.

I.5 - La population de Bidi

Avant le XV^e siècle, les Dogons venus du Mandé Occidental au N.W. de Ouahigouya se sont installés à Bidi. Ils y ont laissé des traces visibles en témoigne les sites parsemés de débris de poteries (Dieterlen 1970). Au XV^e siècle, sont arrivés du nord les Fulsé (Kurumba) Izard 1970.

Au XVII^e siècle, trois groupes de Peuls venus de la boucle du Niger ont occupé les localités de Thiou (les Diallobé), de Banh (les Fittobé) et de Todiam (les Torobé).

Les Mossi venus plus tard de Koumbri s'intéressaient à la culture de mil dans les bas-fonds de Bidi, intégration qui s'est faite sans aucune opposition des autochtones qui ont préféré se replier vers la plaine du Gondo et le plateau de Bandiagara.

De plus l'histoire du peuplement de la localité, nous enseigne que les premiers sédentaires seraient les Rimaïbé captifs des Peuls affranchis, fondateurs du premier quartier de Bidi et propriétaire du premier terroir de culture. C'est eux qui auraient accueilli les premiers Mossi en leur octroyant des terres. Ces derniers créent leur propre quartier et se permettaient d'accueillir leurs frères qui désiraient s'installer à Bidi. L'immigration a pris une ampleur telle qu'elle a abouti à la naissance de quatre zones d'habitats homogènes : Rimaïbé, Silmi-mossi, Mossi et "assimilés et Forgerons.

Très souvent, la population de Bidi s'est accrue. En décembre 1985, 3200 personnes réparties entre trois groupes ethniques ont été recensées : 11 % de Peuls, 19 % de Rimaïbé et 70 % de Mossi et "assimilés".

Ces résultats sont contestés par les anciens qui estiment que le maximum de la population a été atteint dans les années 1950.

En effet, de part ces occupants, deux types d'activités ou d'exploitation de l'espace se côtoient à Bidi : le type agricole pratiqué par les Fulsé et entretenu par les Mossi et le type pastoral pratiqué par les Peuls sur de vastes espaces.

Chapitre II : La description de deux petits bassins versants de la région de Bidi et la cartographie à partir de l'image SPOT du 04/10/1986.

II.1 - La description des unités paysagiques de Gourga et de Samniwéogo

Le délais imparti pour les observations de terrain ne nous ont pas permis d'étendre la description à l'ensemble du bassin versant de Bidi. On s'est contenté de deux petits bassins versants de Gourga et de Samniwéogo sur lesquels un certain nombre d'expériences scientifiques s'effectuent présentement.

L'interprétation préliminaire des photographies aériennes et de l'image SPOT du 04/10/1986 a permis de déceler les unités paysagiques sur lesquelles ont été localisées les transects et les toposéquences. (Fig.18 p.86)

Les observations de terrain effectuées, avec la collaboration de Lamachère J.M., ont consisté en une description des états de surface à l'échelle des surfaces élémentaires d'après la méthodologie mise au point par C. Valentin 1989. Elles ont pour but de permettre une interprétation définitive et une caractérisation des unités paysagiques sur l'image SPOT en vue de la cartographie des formations superficielles.

I.1.1 - Les états de surface des buttes et interfluves cuirassés

La formation géologique superficielle est une cuirasse ferrugineuse conglomératique épaisse sur altérite. Ces reliefs sont assez élevés (350 m d'altitude en moyenne) avec des sommets tabulaires, parfois arrondis. La pente y est de l'ordre de 3 % (Fig.19 p.87) engendrant un ruissellement concentré des eaux.

Les sols sont de type lithosols sur cuirasse avec plus de 40 % d'éléments grossiers.

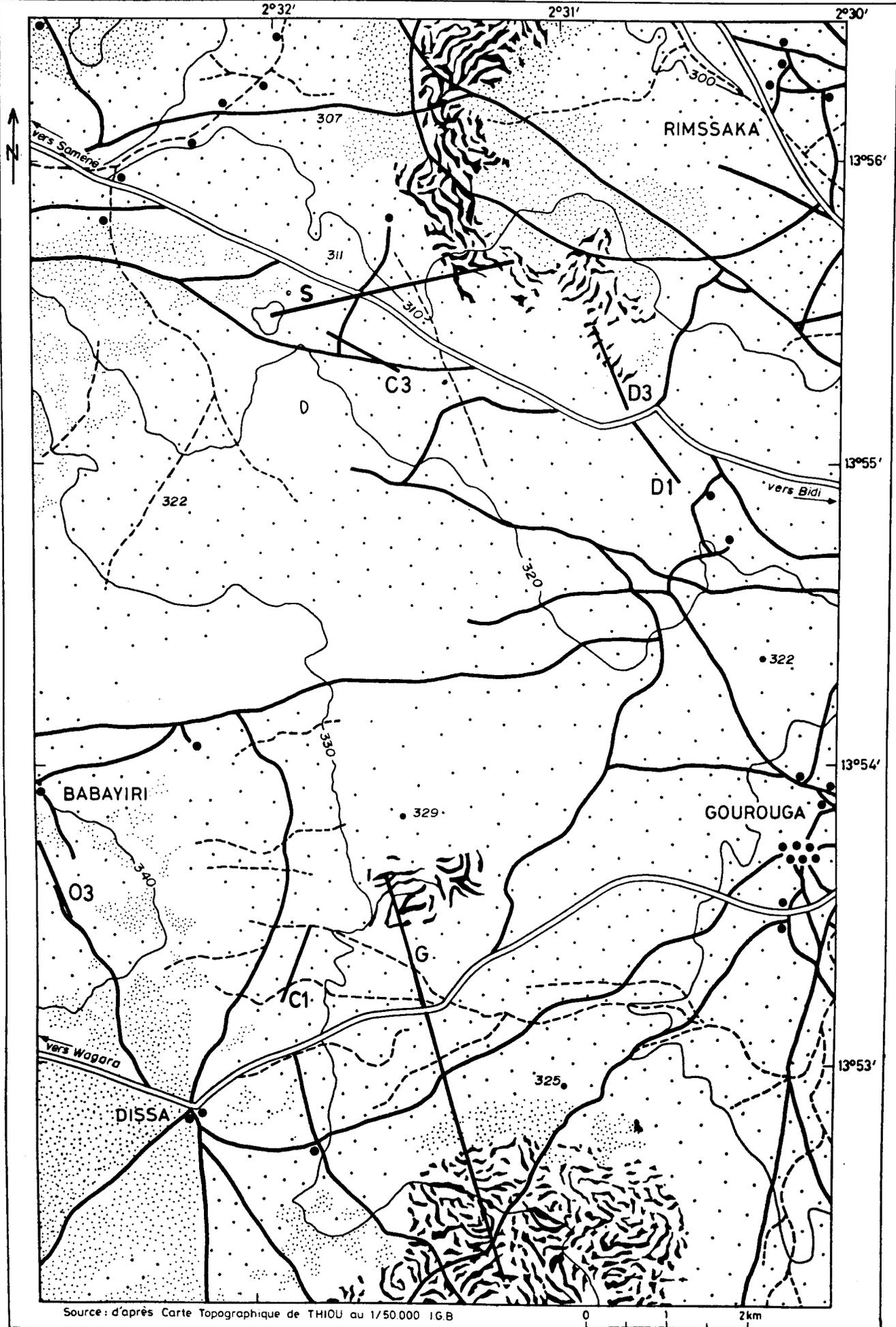
Les principales surfaces élémentaires rencontrées sont : les pellicules à charge grossière (Fig.20 p.88)

La végétation herbacée se développe sur des microbuttes sableuses ou sur les palliers de sables éoliens de l'ordre de 60 à 70 %, alors qu'elle atteint rarement 5 à 10 % sur les lithosols sur cuirasse.

La végétation arborée est estimée à 1,5 %, alors que la végétation arbustive dépasse 8 %.

LOCALISATION DES TOPOSEQUENCES ET DES TRANSECTS OBSERVES SUR
 LES BASSINS VERSANTS DE GOURGA ET DE SAMNIWEOGO
 REGION DE BIDI

FIG:18



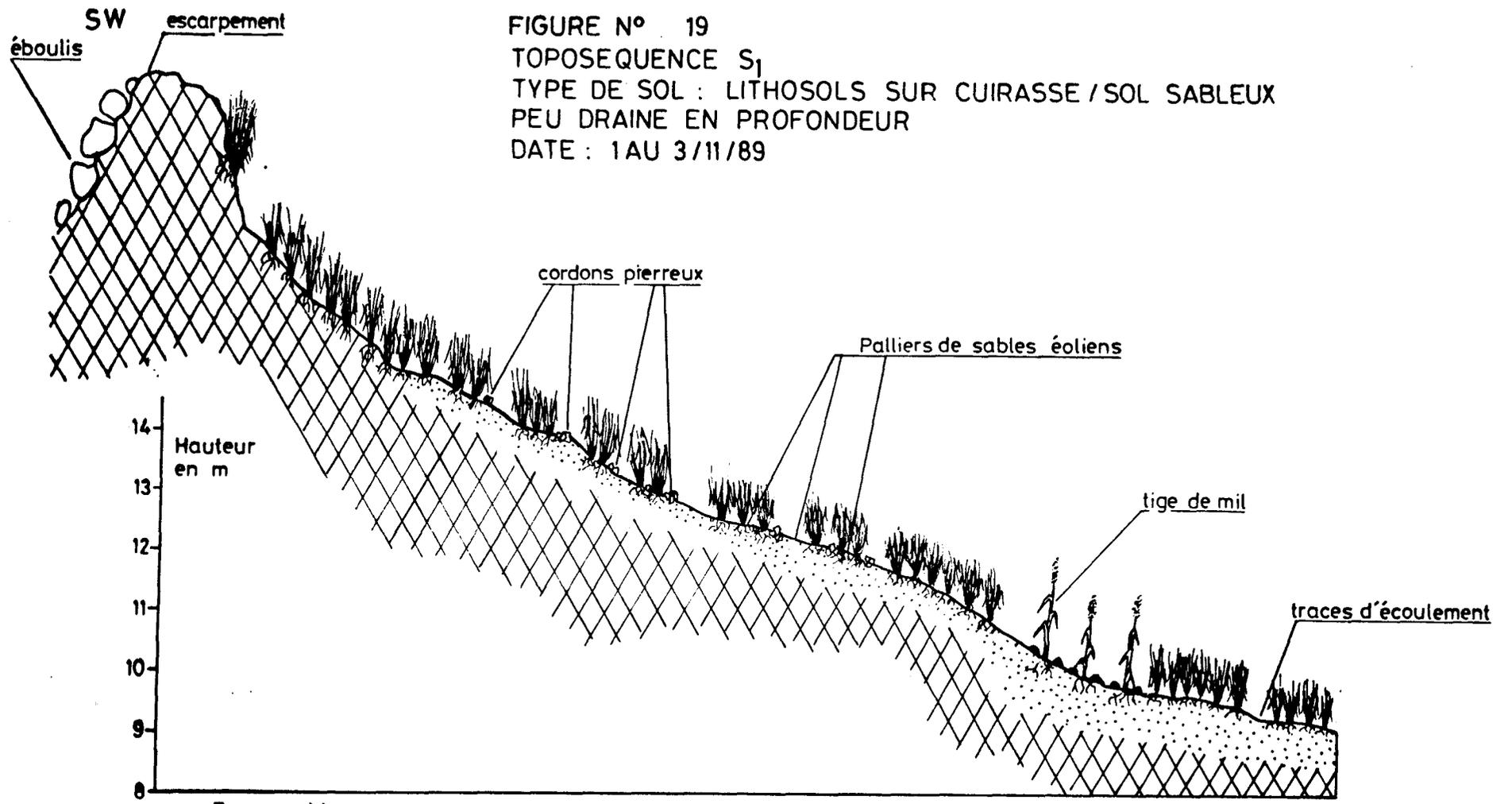
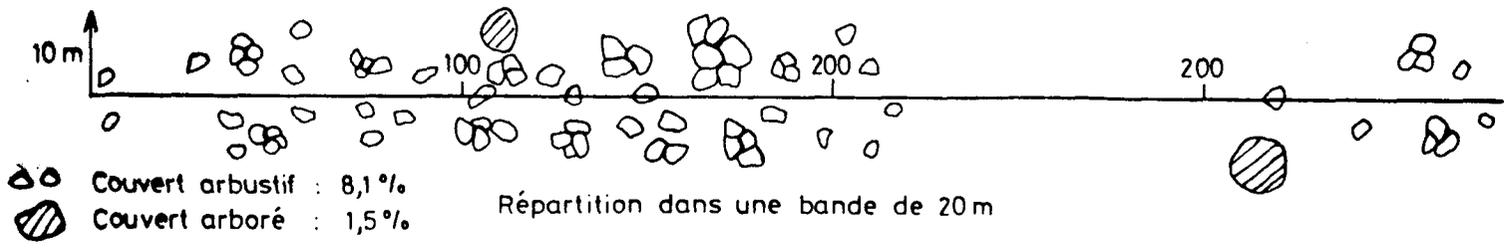
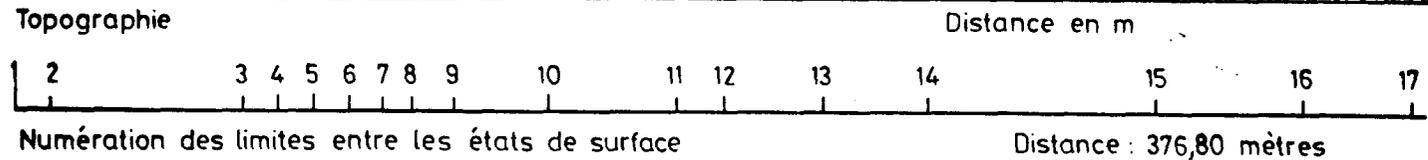
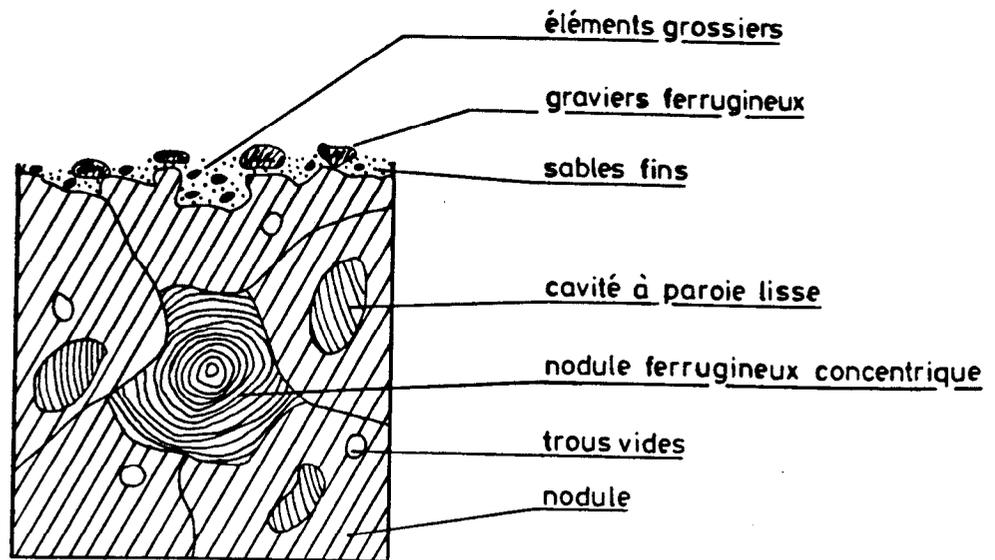
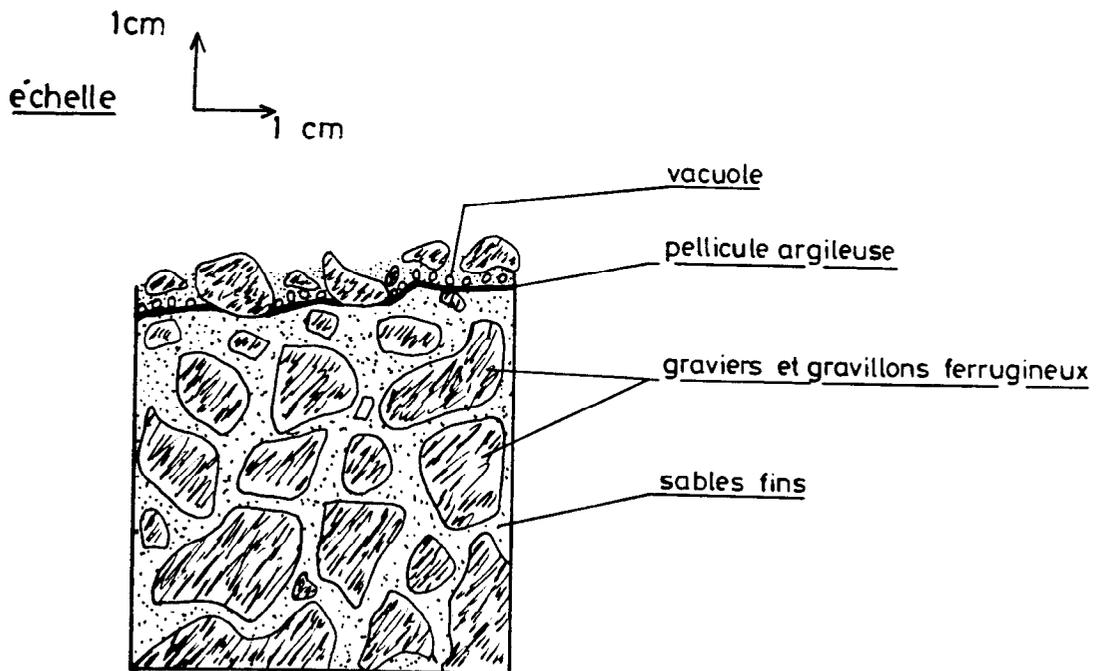


FIGURE N° 19
 TOPOSEQUENCE S₁
 TYPE DE SOL : LITHOSOLS SUR CUIRASSE / SOL SABLEUX
 PEU DRAINE EN PROFONDEUR
 DATE : 1 AU 3/11/89





TYPE A 3.3 AFFLEUREMENT DE CUIRASSES



TYPE A3_1 SURFACE D'EPANDAGE EN GRAVILLONS FERRUGINEUX

FIG.20 SURFACE A CHARGES GROSSIERES (+40%)

L'activité méso-faunique très réduite se résume à quelques placages de termites sur les micro-buttes sableuses et des passages de caprin.

L'érosion hydrique se limite à de véritables incisions de versants, des transports de matériaux d'amont à l'aval et un dépôt sableux dû à la déflation éolienne.

On rencontre également des arbres morts et de nombreuses souches sur cette unité.

$$KR_{1/10} = 95 \% \quad KI_{1/10} = 5 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 94 \%^1.$$

II.1.2 - Les états de surface des croupes à indurations ferrugineuses

Des indurations ferrugineuses affleurent donnant lieu à de légères ondulations. Très souvent, le ruissellement est concentré à cause de la pente toujours supérieure à 2 % (Fig.21 p.90). Les sols sont de types minéraux bruts avec un partiel recouvrement de gravillons ferrugineux. Les surfaces élémentaires dominantes sont : les pellicules structurales à deux et trois micro-horizons. (Fig.22 p.91)

Le couvert herbacé atteint 10 à 20 %, mais il peut dépasser 50 % localement selon le recouvrement sableux éolien.

Le couvert arboré est de l'ordre de 1,6 % et le couvert arbustif 9,3 %.

La savane arbustive et arborée plus ou moins dégradée reste la formation végétale caractéristique et dominante de cette unité. D'autres formations végétales telles que : la brousse mouchetée, la brousse tachetée et la brousse tigrée dégradée et très dégradée sont très peu étendues.

L'activité faunique se traduit par le passage des animaux, des excréments, très peu de placages de termites, quelques trous d'insectes, et d'anciennes termitières.

L'érosion hydrique engendre des traces d'érosion en marches d'escalier, des phénomènes de déchaussement partiel d'arbres et d'arbustes.

L'érosion éolienne est à l'origine des dépôts sableux éoliens au pied des végétaux et dans les micro-dépressions. Cette unité se caractérise particulièrement par la présence d'arbres morts, d'anciennes termitières.

$$KR_{1/10} = 65 \% \quad KI_{1/10} = 35 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 61 \%$$

1. $KR_{1/10}$ = coefficient de ruissellement pour une averse
décennale de 90 mm et $IK = 20$ mm

$\overline{KR}_{1/10}$ = coefficient de ruissellement moyen pour une averse
décennale de 90 mm et $IK = 10$ mm

$KI_{1/10}$ = coefficient d'infiltration pour une averse
décennale de 90 mm et $IK = 20$ mm

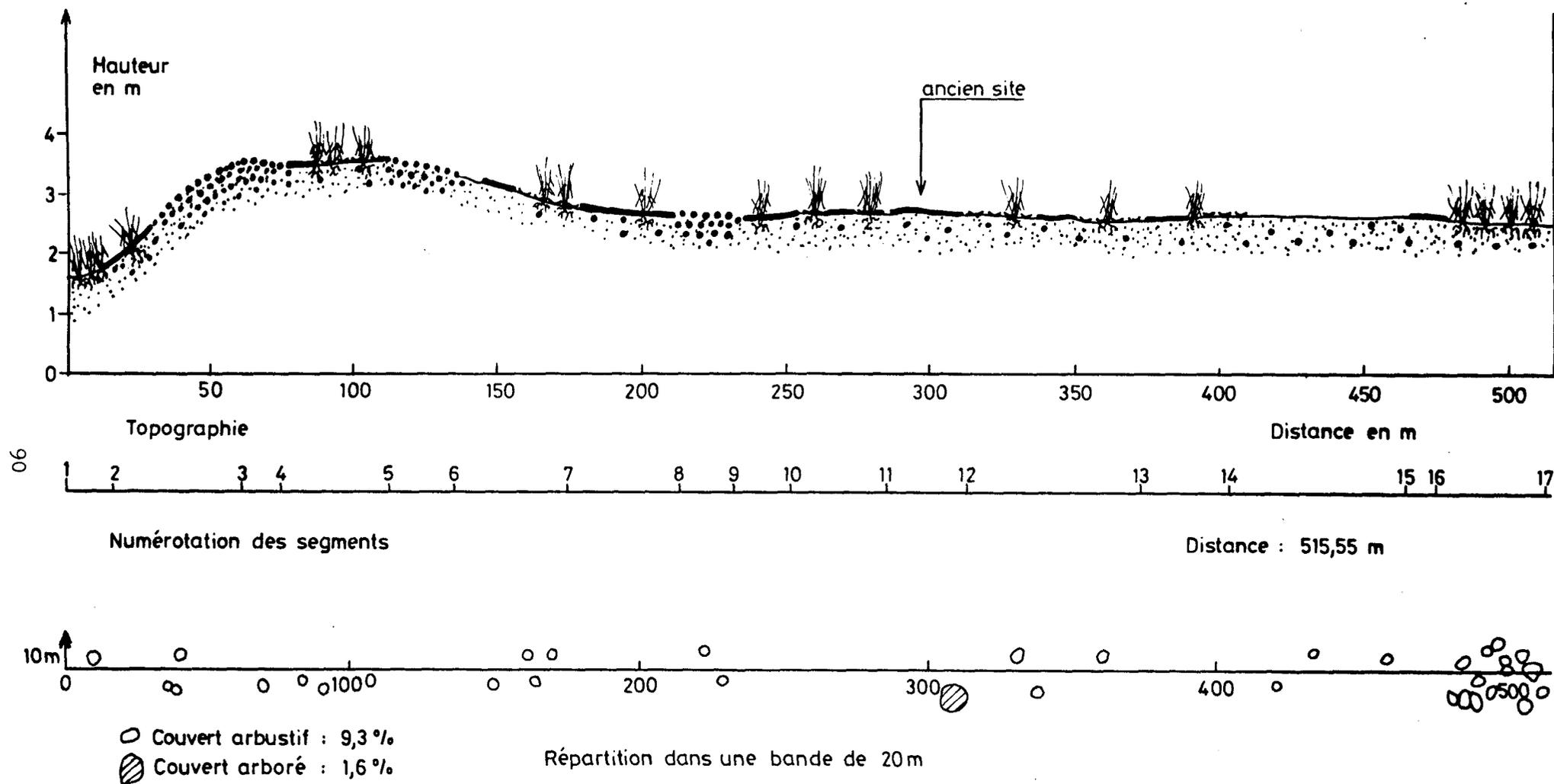
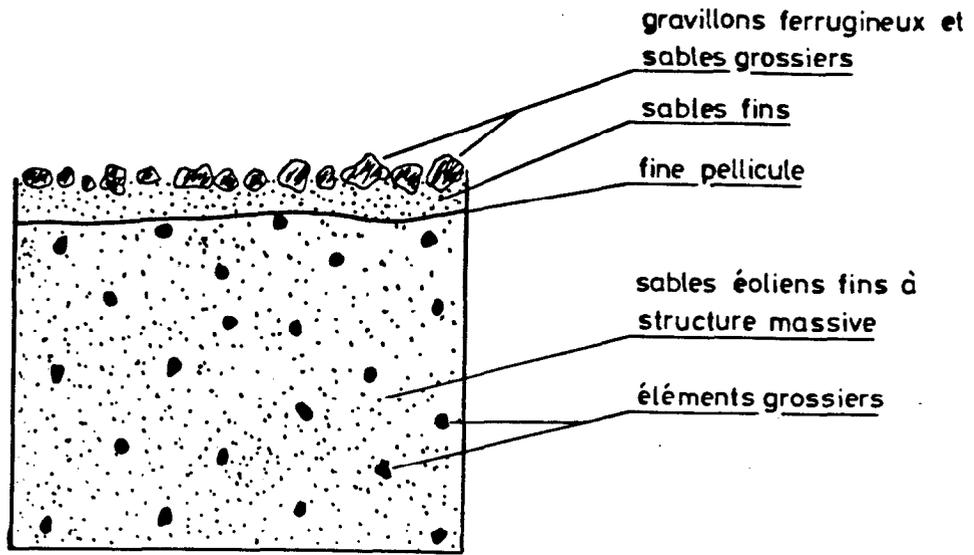


FIGURE : 21

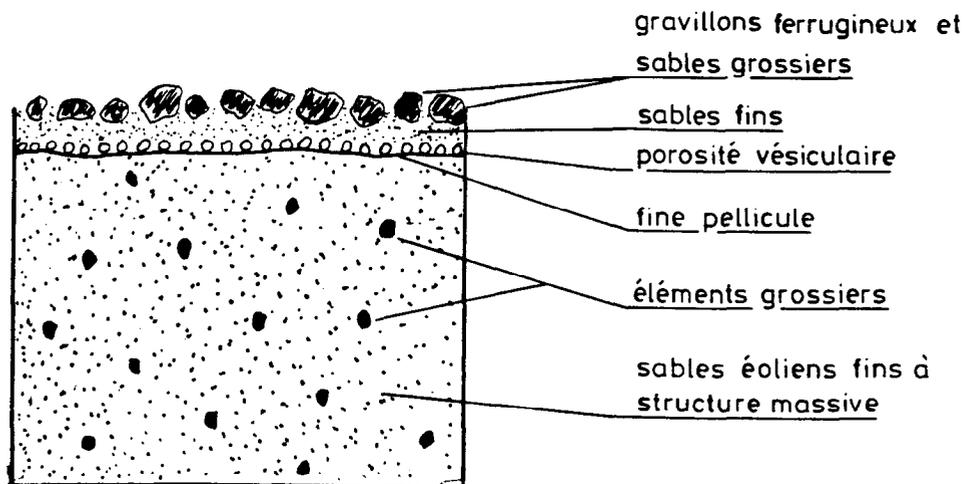
REGION DE BIDI - TRANSECT 03 DATE 12/12/1989

TYPE DE SOL : SOL FERRUGINNEUX TROPICAL GRAVILLONNAIRE



TYPE A 2.2 PELLICULE STRUCTURALE A DEUX MICRO_HORIZONS.

1 cm
 échelle
 1 cm



TYPE A 2.3 PELLICULE STRUCTURALE A TROIS MICRO_HORIZONS.

FIG. 22 SURFACE DE TYPE STRUCTURALE

II.1.3 - Les états de surface des croupes sur sols sablo-gravillonnaires

Sables grossiers et gravillons ferrugineux sur cuirasses peu épaisses constituent des éléments géologiques superficiels. L'allure topographique d'ensemble est émoussée avec des pentes de plus de 2 %. (Fig.23 p.93)

Le ruissellement y est relativement concentré par endroit. Les sols sont ferrugineux tropicaux peu profonds à recouvrement sablo-gravillonnaires avec une dominance de pellicules d'érosion (Fig.24 p.94)

Le couvert herbacé est de l'ordre de 50 %, voire 60 %. Le recouvrement arboré est d'environ 3,5 %, et celui des arbustifs atteint à peine 7,8 %.

La formation végétale dominante est la brousse tigrée avec les différents niveaux de dégradation et d'une faible proportion de savanes arbustives et arborées.

Les activités fauniques et méso-fauniques sont relativement importantes : de nombreux placages de termites (20 à 30 %), de grosses termitières, des trous d'insectes et de rongeurs, des passages et des excréments d'animaux. Les activités agropastorales y sont pratiquées d'où l'abattage de nombreux arbres.

L'érosion hydrique se traduit par un décapage pelliculaire du sol en marches d'escalier. L'érosion éolienne se manifeste par des dépôts sableux éoliens, une légère déflation.

$$KR_{1/10} = 91 \% \quad KI_{1/10} = 9 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 87 \%$$

II.1.4 - Les états de surface des pseudo-glacis arénacés

L'arène granitique constitue le substrat géologique superficiel. Cette unité s'organise autour des interfluves sur des pentes de 1 à 2 % avec une topographie relativement tourmentée (Fig.25 p.95)

Les sols sont de types ferrugineux tropicaux recouverts de sables grossiers (arènes granitiques) ou des sols bruns eutrophes localement. Ce sont les pellicules de décantation qui sont les plus représentées (Fig.26 p.96)

Le taux de recouvrement herbacé est de l'ordre de 30 à 40 %, voire 60 à 70 % selon les lieux. La végétation arborée atteint 20,6 %, alors que le couvert arbustif très abondant dépasse 57,3 %. Les formations végétales rencontrées sont : les différents degrés de dégradation de la brousse tigrée, la savane et la brousse mouchetée.

L'activité faunique se limite à quelques 20 % de placages de termites, très peu de trous d'insectes et de rongeurs, des passages et des fécès d'animaux, et quelques termitières.

L'action anthropique se matérialise dans l'espace par l'abattage d'arbres, d'anciennes jachères et de quelques champs cultivés.

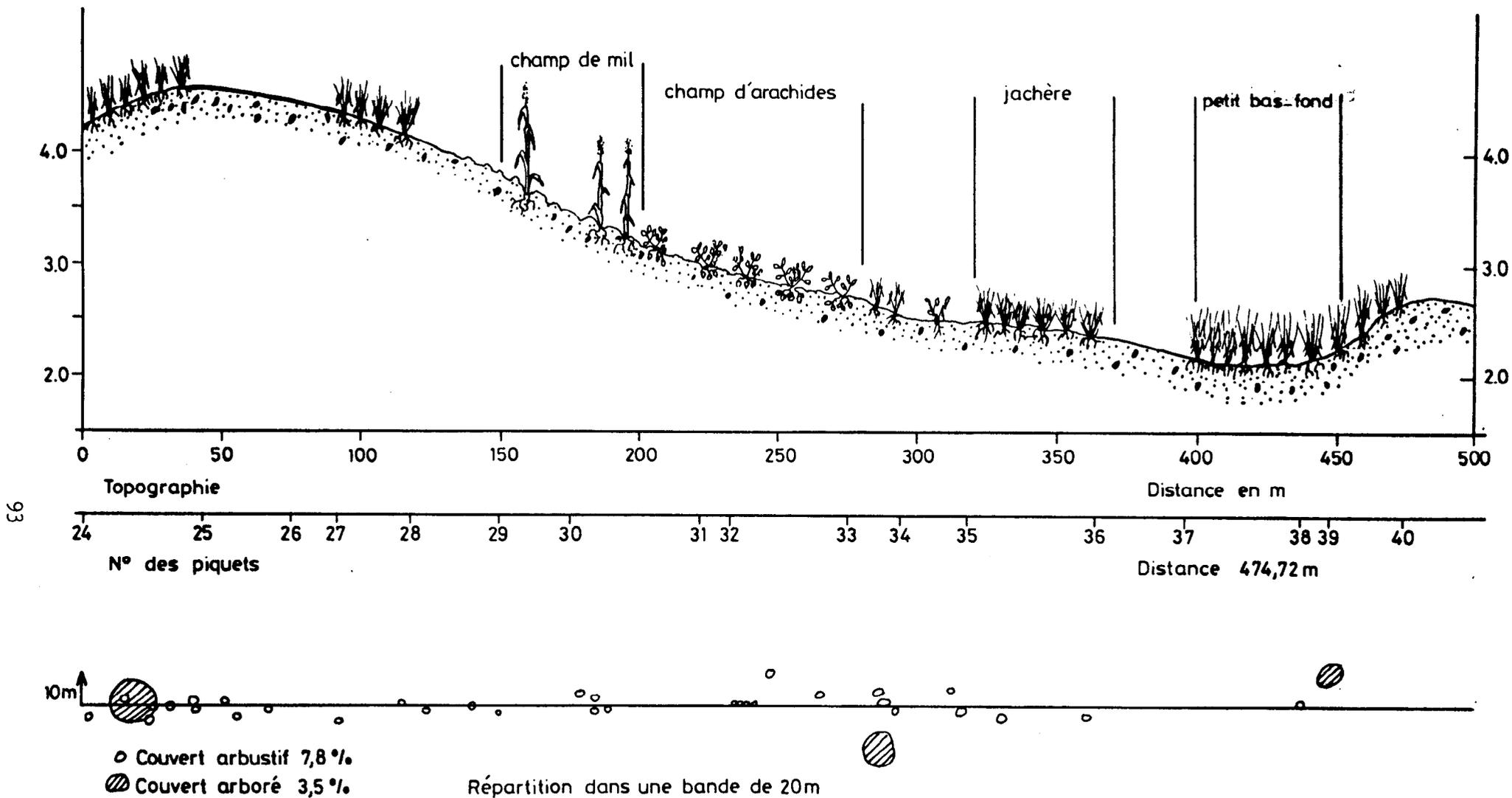
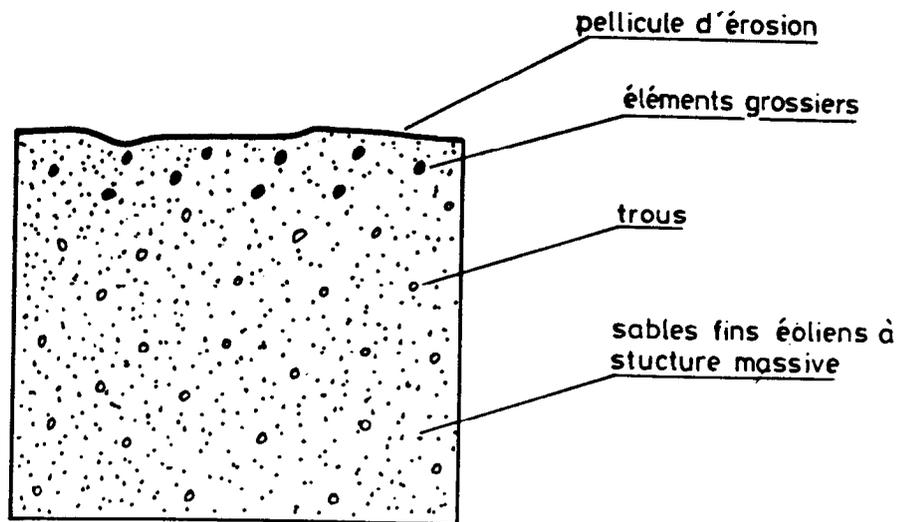
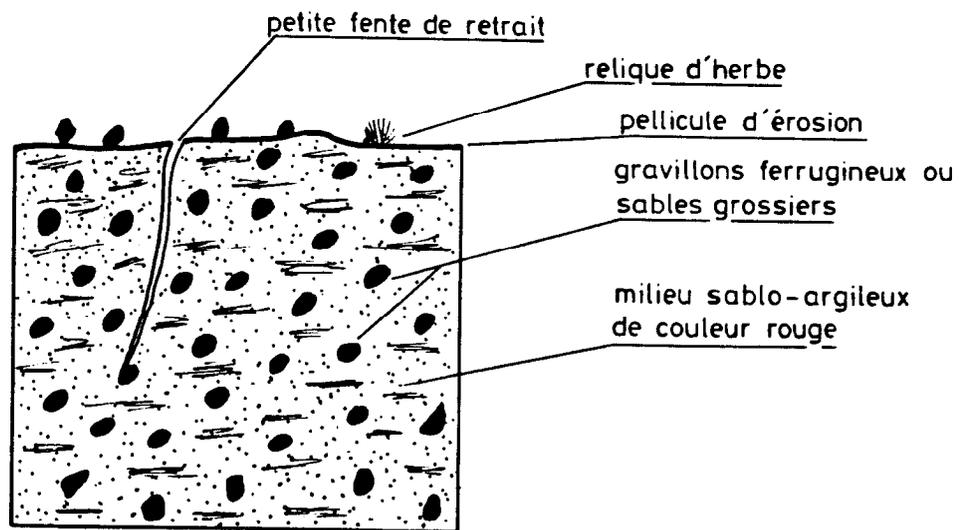


FIGURE N° 23
 REGION DE BIDI - TOPOSEQUENCE G₂
 PETIT BASSIN DE GURGA - OBSERVATIONS EFFECTUEES LE 8 - 9 / 12 / 1989
 TYPE DE SOL : SOL SABLO-GRAVILLONNAIRE PEU LESSIVE A DRAINAGE
 INTERNE LIMITE EN PROFONDEUR



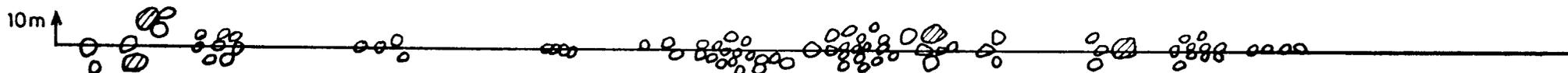
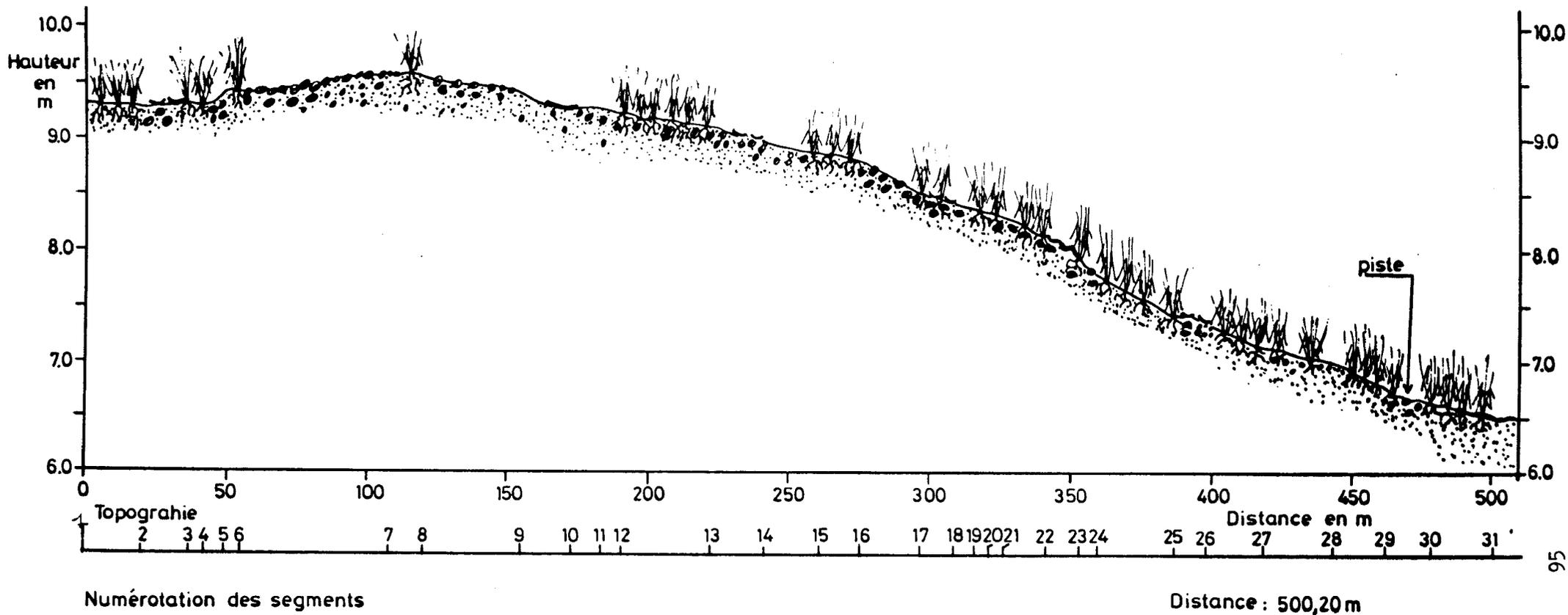
TYPE A 4.1 PELLICULE D'ÉROSION SUR SOLS SABLEUX ÉOLIENS

échelle 1 cm



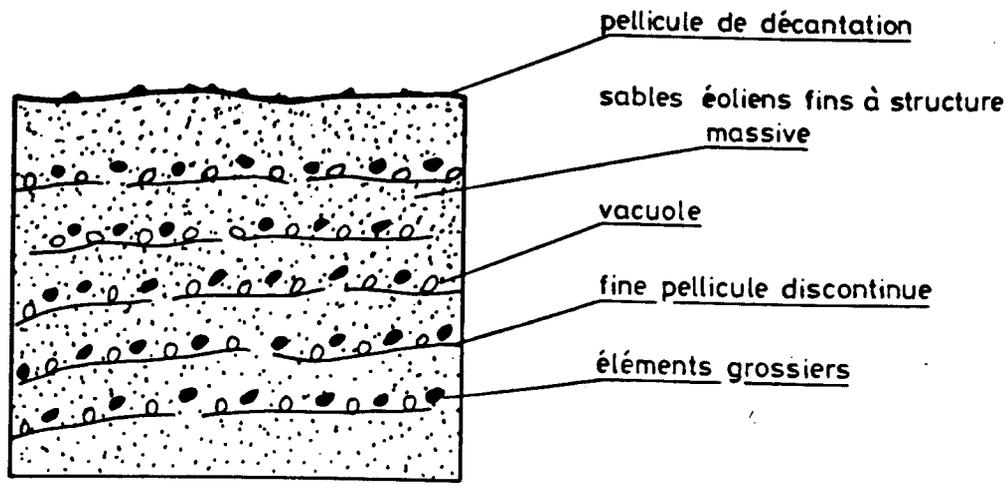
TYPE A 4.2 PELLICULE D'ÉROSION SUR SOLS SABLO-ARGILEUX GRAVILLONNAIRE

FIG .24 SURFACE DE TYPE ÉROSION

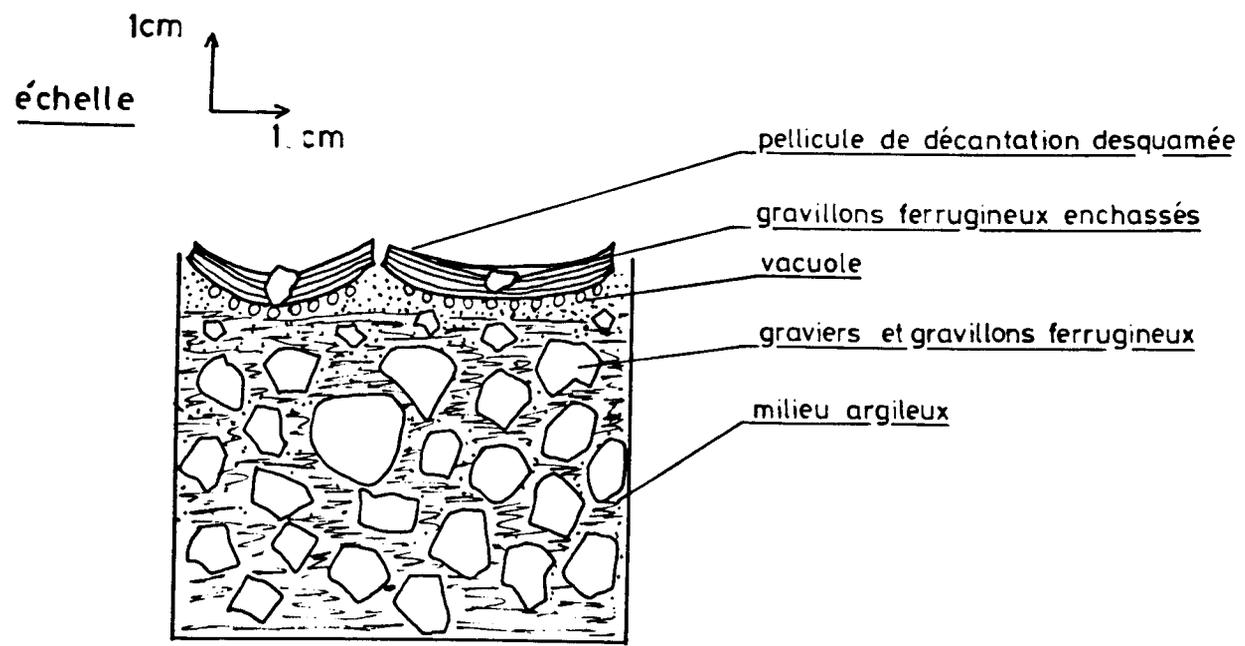


- Couvert arbustif : 57,3 %
 - ◐ Couvert arboré : 20,6 %
- : Répartition dans une bande de 20 m

FIGURE : 25 REGION DE BIDI - TRANSECT D 2 BASSIN DE SAMNIWEOGO DATE:13/12/1989
 SOLS ARGILO- GRAVILLONNAIRES / ARGILO - LIMONEUX GRAVILLONNAIRE



TYPE A 6.2 PELLICULE DE DECANTATION SUR SOLS SABLEUX
EOLIENS FINS



TYPE A 6.1 PELLICULE DE DECANTATION SUR SOLS ARGILO-
GRAVILLONNAIRES

FIG .26 SURFACE DE TYPE DECANTATION

L'érosion hydro-éolienne se traduit sur le terrain par de dépôts sableux, des traces de ruissellement, des transports de matériaux d'amont à l'aval.

$$KR_{1/10} = 81 \% \quad KI_{1/10} = 19 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 75 \%$$

II.1.5 - Les états de surface des pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens fins.

La formation géologique superficielle est constituée essentiellement de sables éoliens fins assez épais. La surface est surmontée de micro-reliefs faits de buttes de sables sur de faibles pentes 1 à 2 % d'où le caractère plus ou moins diffus du ruissellement (Fig.27 p.98)

Ils occupent plus de 80 % de ^{la} zone d'étude. Les sols sont de types sableux éoliens assez développés ou sur sols argilo-gravillonnaires avec des horizons bien différenciés. Les principales surfaces élémentaires sont de type dessiccation (Fig.28 p.99) et les surfaces de type cultivé (fig.29 p.100)

Les activités agro-pastorales de la région se pratiquent en particulier sur cette unité.

La végétation herbacée atteint un recouvrement de l'ordre de 80 %, voire 90 %.

La végétation arborée est de l'ordre de 2,2 %, alors que celle arbustive est d'environ 3,6 %.

La savane arborée et arbustive est la formation végétale dominante suivie d'une végétation chlorophyllienne arborée de bas-fonds bien entretenue.

Les cours d'eau de la région s'encaissent dans cette unité.

Les activités fauniques sont marquées par le développement de plus de 40 % de placages de termites, des trous d'insectes fouisseurs, de nombreux piétinements d'animaux et de fécès.

L'érosion hydrique se manifeste par de petites incisions, le décapage pelliculaire qui caractérise les chanfreins de raccordement et l'apparition d'horizon B.

La déflation éolienne transporte les matériaux sableux éoliens.

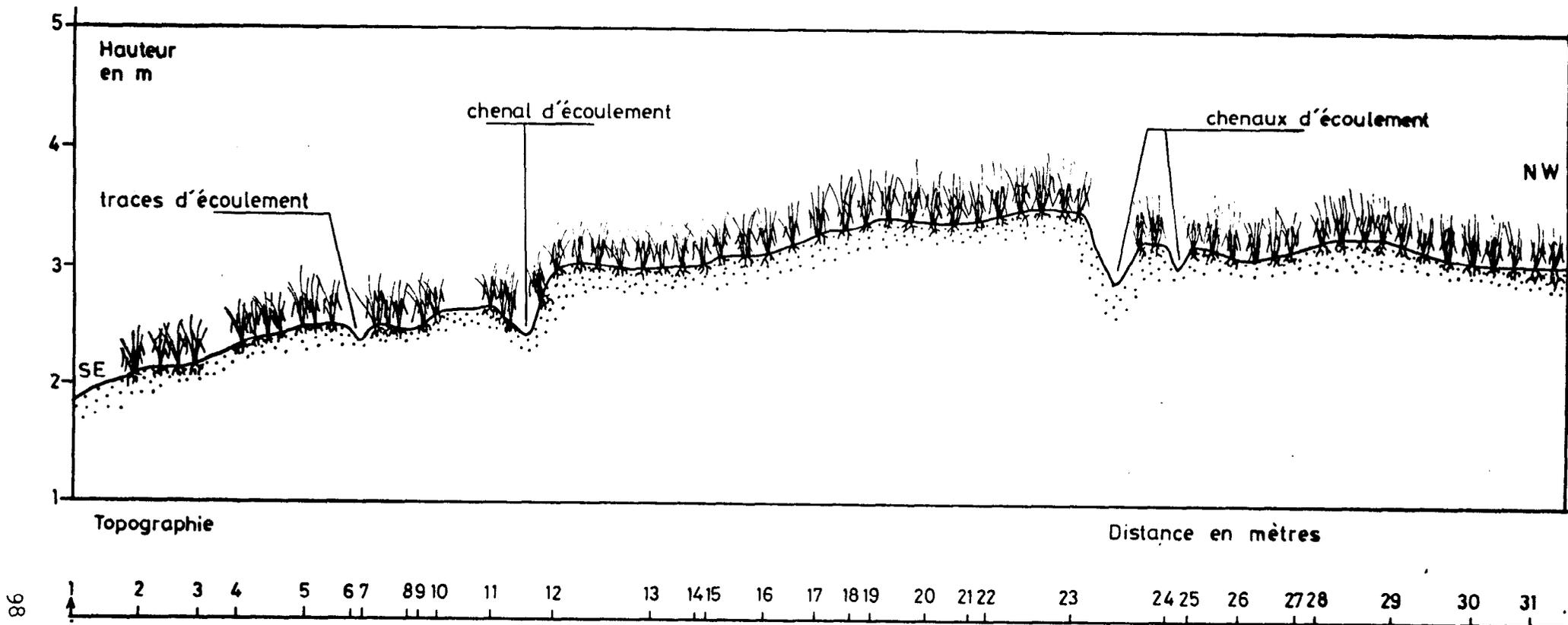
— Sables fins en jachères :

$$KR_{1/10} = 27 \% \quad KI_{1/10} = 73 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 24 \%$$

Sables fins cultivés :

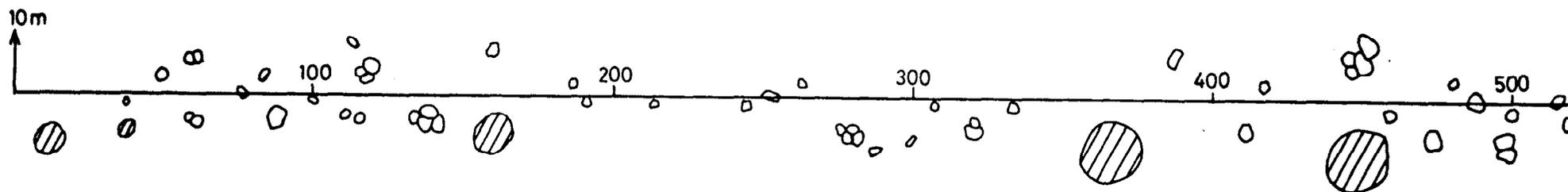
$$— KR_{1/10} = 23 \% \quad KI_{1/10} = 77 \% \quad \overline{KR}_{1/10} = 21 \%$$

L'analyse géomorphologique et la description des états de surface permettent une interprétation définitive et une caractérisation des unités paysagiques en vue de la cartographie



Numérotation des limites entre les états de surface

Distance : 519,90 mètres

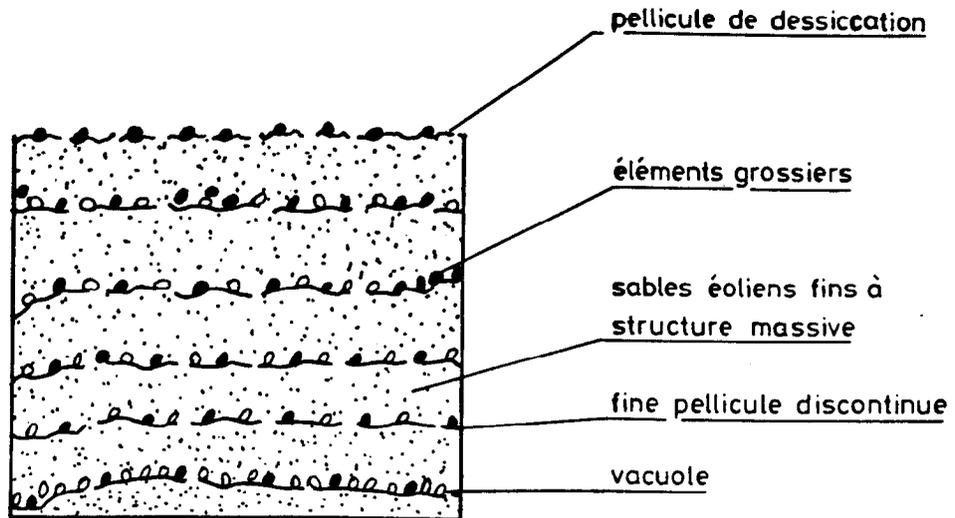


- Couvert arbustif : 3,6 %
- ▨ Couvert arboré : 2,2 %

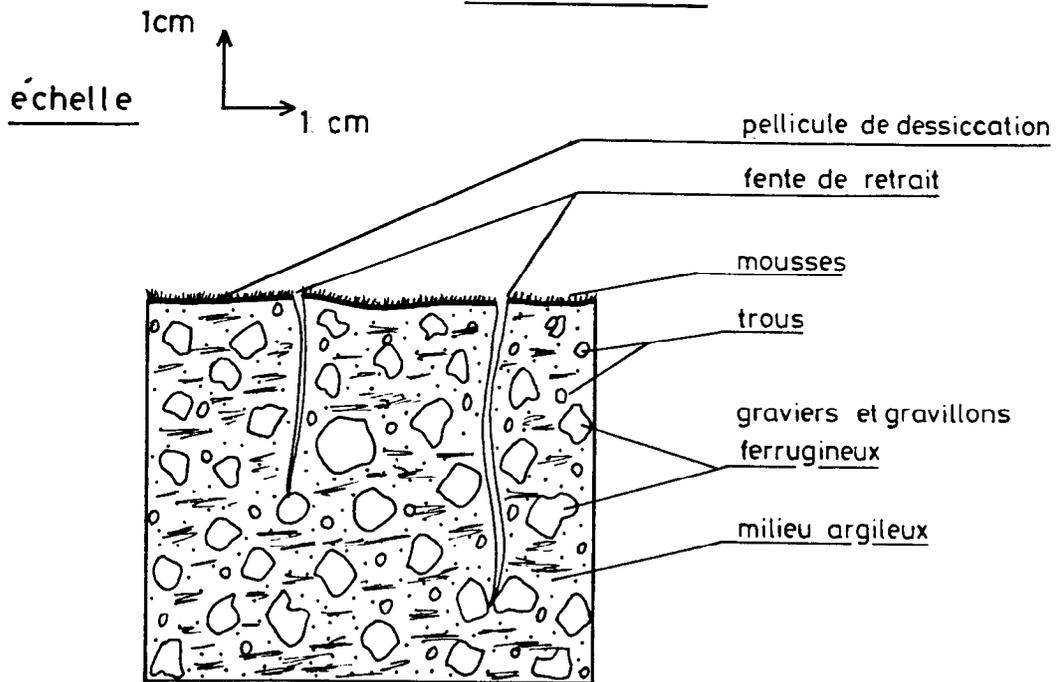
Répartition dans une bande de 20 m

Observations effectuées du 30/10/1989 au 1/11/1989

FIGURE N° 27
 TRANSECT C₃
 TYPE DE SOL : SOLS SABLEUX EOLIENS FINS BIEN DRAINÉS

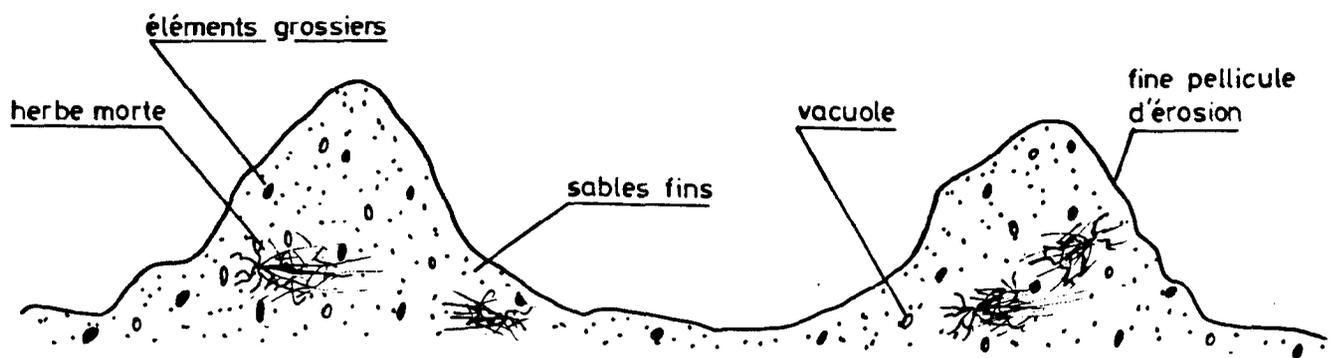


TYPE A 1.1 PELLICULE DE DESSICCATION SUR SOLS SABLEUX EOLIENS FINS

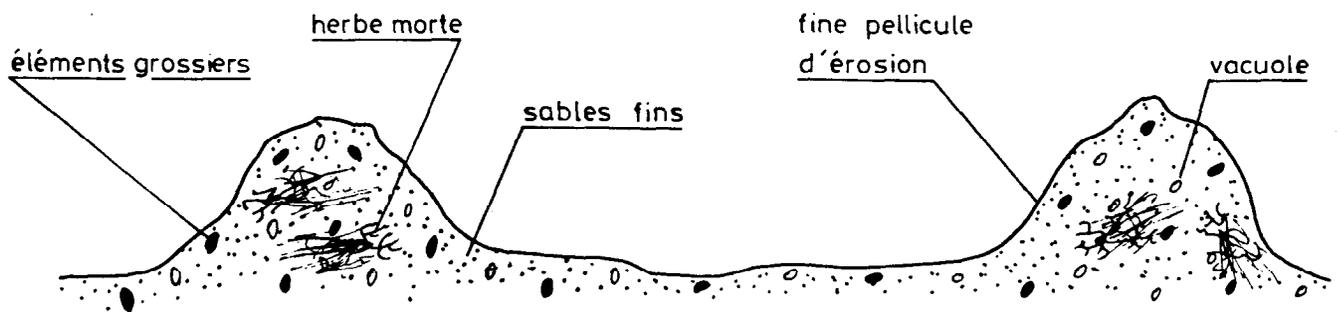
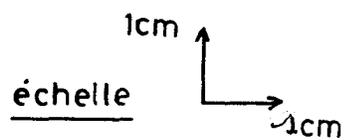


TYPE A 1.4 PELLICULE DE DESSICCATION SUR SOLS ARGILO-GRAVILLONNAIRES DES PLATEAUX CUIRRASSES DE BROUSSE TIGREE.

FIG 28 SURFACE DE TYPE DESSICCATION



TYPE B 1.1 SARCLAGE RECENT SUR SOLS SABLES FINS EOLIENS



TYPE B 2.1 SARCLAGE ANCIEN SUR SOLS SABLES FINS EOLIENS

FIG.29 SURFACE DE TYPE CULTIVE

des formations superficielles de ces deux petits bassins versants.

II.2 - La cartographie des formations superficielles à partir de l'image SPOT du 04/10/1986

II.2.1 - La reconnaissance des unités paysagiques et la photo-interprétation de l'image satellitaire SPOT du 04/10/1986

Le paysage des bassins versants de Gourga et de Samniwéogo peut être subdivisé en trois principales unités géomorphologiques.

- Les interfluves : collines et buttes cuirassées, inselbergs et croupes
- Les pseudo-glacis
- et enfin les bas-fonds.

Tout cet ensemble se distingue sur l'image satellitaire SPOT du 04/10/1986 en zones visuellement homogènes par leur composition colorée, leur structure et leur texture.

Ainsi la clé de l'interprétation visuelle de cette scène se présente comme suit :

- La couleur rouge matérialise la végétation chlorophyllienne herbacée, arborée et arbustive.
- La couleur vert-clair à vert-foncé est associée à l'existence d'épandage d'éléments grossiers ferrugineux, d'affleurements rocheux cuirassés.
- La couleur jaune est associée à la présence de sables éoliens fins.
- La couleur grise est associée à l'existence de sols nus sans végétation.
- Les tâches noires rappellent les zones d'habitation.
- La couleur rose est associée à la présence des zones de culture ou de jachères récentes sur sables éoliens fins.
- Les plages blanches restituent les sables grossiers d'origine granitique (arènes granitiques).

Par la texture et la structure de l'image, on peut analyser la forme et l'organisation spatiale de chaque unité, donnant ainsi une idée de la topographie et de la dynamique hydrique.

Sur l'image, les différentes ramifications caractérisent le réseau hydrographique, occupé par la végétation herbacée et

arborée ou arbustive active abondante. Il apparaît en rouge sur les images satellitaires SPOT prises en hivernage.

Les buttes et collines cuirassées ont des abords plus ou moins abrupts. Les champs cultivés se localisent sur les sols sableux éoliens fins et se reconnaissent par leurs formes géométriques.

L'analyse du paysage et l'interprétation visuelle de la scène du 04/10/1986 permettent d'aborder la cartographie des formations superficielles.

II.2.2 - La cartographie des formations superficielles de Gourga et de Samniwéogo à partir de l'image satellitaire SPOT du 04/10/1986

L'interprétation visuelle du couvert minéral sur cette scène a été relativement simple du fait de la parfaite individualisation des zones homogènes sur la composition colorée.

Cependant, la discrimination des formations végétales n'était pas évidente dans la mesure où il y avait plusieurs types dans le milieu.

Pour parer à cette insuffisance, on a dû utiliser la carte de formations végétales et celle de l'esquisse géomorphologique. Une maquette cartographique a été dressée en superposant les deux documents cartographiques. Le résultat aboutit à l'établissement de la carte des formations superficielles bien définies et antérieurement décrites (fig.30 p.103)

Le traitement numérique basé sur le découpage en zones homogènes ^{unités paysagiques} devrait permettre de discriminer et de classer les différentes ^{unités paysagiques} en fonction de leurs valeurs radiométriques. Il constitue un apport supplémentaire en information cartographique. Domage, qu'au moment où nous entamons ces travaux, nous ne disposons pas encore des bandes magnétiques. Nous espérons que l'analyse numérique pourra se faire afin d'étayer l'interprétation visuelle.

II.3 - L'organisation des paysages en géosystèmes

L'étude intégrée des milieux naturels et l'organisation de l'espace s'appuient sur des observations de terrain réalisées au cours de deux missions de cartographie des états de surface dans la région de Bidi.

En première analyse, l'ensemble des deux petits bassins versants de Gourga et de Samniwéogo présente une organisation assez simple : des collines birrimiennes, des buttes cuirassées, des inselbergs granitiques, des croupes d'indurations ferrugineuses et/ou à recouvrement sableux, une vaste étendue de pseudo-glacis raccordés aux bas-fonds par un chanfrein parcouru par un système de drainage hiérarchisé.

FIG: 30

CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELES DES BASSINS
VERSANTS DE GOURGA ET DE SAMNIWEOGO
REGION DE BIDI



D'après l'interprétation de l'image SPOT
du 04/10/1986 et des PVA 84056 B
Déc. 1984 OJAHIGOUYA

LEGENDE:

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Buttes
buttes cuirassées sur sols
minéraux bruts sans végétation | | de brousse tigrée très dégradée |
| | Inselbergs
inselbergs de granite sur sols
minéraux bruts sans végétation | | Pseudo-glacis arénacés
de savane arborée et arbustive dense |
| | Croupes sur sols gravillonnaires à indurations ferrugineuses
de savane arborée et arbustive clairsemée | | de brousse tigrée dégradée |
| | de savane arborée et arbustive dense | | de brousse tigrée très dégradée |
| | de brousse tachetée | | Pseudo-glacis à recouvrement sableux éoliens
cultivée ou en jachères |
| | de brousse mouchetée | | de savane arborée et arbustive dense |
| | de brousse tigrée dégradée | | de brousse mouchetée |
| | de brousse tigrée très dégradée | | de brousse tigrée dégradée |
| | Croupes sur sols gravillonnaires à recouvrement sableux éoliens
cultivée ou en jachères | | Chantreins de raccordement
cultivé ou en jachères |
| | de savane arborée et arbustive dense | | nus sans végétation |
| | de brousse tigrée dense | | Bas-fonds
cultivé ou en jachères |
| | de brousse tigrée dégradée | | à végétation chlorophyllienne
arborée dense |

Cet ensemble constitue manifestement un paysage original composé de géosystèmes juxtaposés ou emboîtés dans une organisation rayonnante centrée vers les bas-fonds ou les dépressions. L'analyse de cette organisation spatiale paraît difficile eu égard à la complexité et à l'hétérogénéité de la lithologie, aux facteurs paléoclimatiques et anthropiques.

On se limitera ici à l'établissement d'une typologie d'unités paysagiques, tout en tentant d'analyser leur chorologie.

L'organisation des paysages dans la région de Bidi est une parfaite illustration des géons constitutifs de géosystèmes caractéristiques de la zone climatique soudano-sahélienne, une variété d'unités paysagiques d'autant plus intéressantes que les actions humaines anciennes et actuelles agricoles et pastorales sont fortement marquées par certaines d'entre elles.

II.3.1 - Les géosystèmes des sommets d'interfluve

C'est un milieu relativement stable, simple et homogène. Il présente très souvent une organisation en géons massifs ou fragmentés. Il résiste tant bien que mal à l'érosion hydro-éolienne malgré l'importance de la pente (plus de 2 %). Ces géosystèmes d'extrême dégradation présentent de véritables corniches, de pseudo-cuesta (localité de Koumbri). Leur structure verticale est apparemment simple avec le développement des formations végétales typiques au milieu soudano-sahélien. Ce sont la brousse tigrée, la brousse mouchetée et tachetée, avec des espèces telles que *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*.

De part leur position topographiquement haute, l'évolution de ces géosystèmes est totalement indépendante des autres unités inférieures. Cependant, ils subissent de véritables dégradations de leur capital pédologique (sols lithiques sur cuirasse).

Outre le passage des animaux, on n'y rencontre pas des traces d'activités humaines.

II.3.2 - Les géosystèmes de pseudo-glacis

Très étendus dans le paysage de la région de Bidi, ils servent d'espace de transition entre les sommets d'interfluvés et les bas-fonds. Les pentes relativement douces varient entre 1 à 2,5 %.

La chorologie des géons caractéristiques des géosystèmes de pseudo-glacis est déterminée d'une part par la situation et l'extension du géon amont, origine d'un écoulement en nappe divergent, d'autre part par le dessin du réseau hydrographique, et par les affleurements rocheux ou granitiques entraînant d'éventuelles ruptures de ruissellement. La formation végétale dominante sur ces géosystèmes est la savane arbustive et arborée plus ou moins dégradée. Les espèces végétales rencontrées sont : *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*.

Les pseudo-glacis de la région sont fortement humanisés, en témoigne la pratique des activités agro-pastorales. Ils reçoivent les produits de démantèlement des unités amont et sont soumis à une dynamique hydro-éolienne.

II.3.3 - Les géosystèmes de bas-fonds

Ils occupent un espace très limité. En période des crues, ils s'étendent en dehors du lit mineur pour atteindre le chanfrein. Les bas-fonds sont très peu encaissés et le ruissellement y est concentré. Les eaux circulent depuis les drains secondaires pour se concentrer dans le marigot principal de Bidi, avant de s'écouler vers la plaine du Gondo. Le fond des bas-fonds est occupé par des produits d'apport. Les sols sont de types sableux éoliens, hydromorphes à tendance vertique.

La végétation chlorophyllienne arborée y est abondante. Les bas-fonds de la région de Bidi ont été entièrement cultivés, avec parcours du bétail en période sèche.

II.4 - L'utilisation humaine de l'espace et l'aménagement

La région de Bidi, de part la composante de sa population est un espace rural à vocation agro-pastorale.

L'agriculture et l'élevage sont les principales activités menées par cette population avec les moyens de production authentiquement traditionnels : culture extensive sur brûlis, élevage extensif, la daba...

Ces deux activités sont pratiquées sur de vastes espaces engendrant de graves dégradations du milieu, accentuées par les contraintes naturelles des plus difficiles à surmonter (baisse sensible de la pluviométrie, pression démographique).

L'utilisation humaine de l'espace rural de cette région relève de l'héritage traditionnel du système foncier selon lequel la terre appartient aux premiers occupants qui la distribuent par lignage familial aux nouveaux arrivants. Ainsi, le terroir est morcelé et partagé entre les différents quartiers de Bidi. Ce sont les Mossi qui sont les tenants de ce système.

Les Peuls propriétaires de vastes espaces sur lesquels pâturent les animaux, sont également impliqués dans la destruction de cette biosphère. Très souvent, ils prêtent leur patrimoine foncier aux agriculteurs sans terre.

Bref, il existe à Bidi de grands propriétaires terriens d'où des facteurs sociologiques complexes à prendre en compte dans tout projet d'aménagement rural. Les problèmes des agro-pasteurs se résument en une réduction des hauteurs de pluie, à la dégradation du capital sol et du couvert végétal. Face à la problématique posée, deux types d'aménagement ont été proposés et exécutés : l'aménagement de versants et celui de bas-fonds.

II.4.1 - L'aménagement de versants

Cette expérience tentée par les Projets Agro-Forestiers du Yatenga et le Projet Agro-Écologie a pour but de protéger les sols et de collecter les eaux de ruissellement (Serpantié G. et al., 1988). Deux méthodes ont été appliquées :

- L'aménagement en micro-rugosités par sarclage ou par étalage de paillage au sol. C'est une méthode très souvent utilisée par les paysans sahéliens par sarclages manuels (à plat, en buttes...) qui améliorent la capacité du sol à l'infiltration (rugosité, ameublissement de l'horizon superficiel, destruction de la pellicule de battance).

L'inconvénient de cet aménagement reste sans contexte le sarclage non renouvelable à l'infiltration du fait de la durée et la difficulté de mise en oeuvre.

La couverture du sol par paillage provoque la sédimentation des sables éoliens et crée une rugosité intermédiaire favorable à l'infiltration, elle-même favorable aux actions méso-fauniques pour le renouvellement de la macro-porosité.

- L'aménagement en macro-rugosités non perméables ou déversants permet d'accumuler le maximum d'eau en amont et de la canaliser par une conduite vers un exutoire aménagé. Il s'agit de levée de terre damée suivant les courbes de niveau ou sur une légère pente, soit en forme de demi-lunes placées en quinconce. L'eau de ruissellement parcourt en nappe les champs qu'elle irrigue par gravité. L'inconvénient ici est le risque d'érosion accrue : les exutoires sont difficiles à protéger, ainsi que les moyens de contrôle des eaux stockées d'où le gaspillage.

Malgré cette insuffisance, cet aménagement peut être utilisé en système de bandes alternées en l'absence d'impluvium.

De plus en 1984, les aménagements de versants en cordons pierreux successifs, isohypses et cloisonnés sont retenus parce que les résultats ont abouti à de meilleures infiltrations pendant les phases pluvieuses Serpantié G., 1988.

L'aménagement de versants permet de réaliser de bons conditionnements des eaux de ruissellement pour l'infiltration. De plus, ce type d'aménagement de conditionnement du ruissellement pour l'agriculture est l'affaire de l'agriculteur, car les conditions nécessaires à l'efficacité de ces travaux compatibles avec les connaissances paysannes sur le rôle et le fonctionnement de la culture, connaissance qui manque souvent "aux aménageurs", Serpantié G. et al., 1988.

II.4.2 - L'aménagement du bas-fond de Bidi-Gourga

L'initiative de cette oeuvre est à mettre à l'actif des habitants des quartiers Mossi de Gourga et de Tilli, appuyés par les "Six S"² en vue d'un aménagement hydraulique collectif. Des organismes tels que l'ORD³, du Yatenga devenu CRPA⁴, le FED⁵ HER⁶, le PHV⁷, et certaines organisations non gouvernementales (ONG) sont intervenus dans le cadre de la formation, de la vulgarisation et de l'organisation.

Après examen de la problématique, il a été retenu que l'aménagement se déroulera en plusieurs phases dans la mesure où l'objectif fixé est de tenter de charger en eau la nappe phréatique, d'entreprendre une action de Recherche-Développement sur le problème de conditionnement des eaux de ruissellement.

Ce plan d'aménagement est très important. En effet, les bas-fonds de la région de Bidi sont devenus un espace rural indispensable à la sécurité vivrière à cause de la concentration de l'eau, des éléments fertilisants du sol et de l'eau souterraine (Serpantié G. 1988). Il s'agit donc là d'un enjeu foncier dont la gestion requiert une attention particulière.

À la lumière de ces différentes tentatives de remodelisation de l'espace rural de Bidi, on se rend à l'évidence que le souci majeur se situe au niveau du conditionnement de l'eau de ruissellement et de la conservation du capital sol.

Or depuis plus de deux décennies, l'élevage et l'agriculture se côtoient dans la région de Bidi. Il est normal que l'on envisage un aménagement global de l'espace, aménagement dénommé "Aménagement agro-pastoral". Une telle pratique prendrait en compte à tout instant ces activités, principales causes de la dégradation de l'environnement (sol et couvert végétal).

Aussi la mise en oeuvre, d'un tel aménagement passe absolument par une véritable politique de réforme du capital foncier, seule capable de redistribuer les terres et de permettre son exploitation rationnelle. Une bonne organisation de l'espace est un gage pour l'établissement des échanges de service et de confiance entre pasteurs et agriculteurs. Les animaux peuvent bénéficier des résidus des récoltes en séjournant dans les champs, leurs déchets constituent de la fumure organique pour le sol.

La complémentarité entre ces deux activités est à prendre en compte dans tout plan d'aménagement dans la région de Bidi, auquel cas, la dégradation de l'espace due à cette pratique humaine deviendra irréversible.

2. "Six S" = Savoir se Servir de la Saison Sèche en Savane et au Sahel

3. O R D = Organisme Régional de Développement

4. CRPA = Centre Régional de Production Agro-pastorale

5. F E D = Fond Européen de Développement

6. H E R = Hydraulique et Equipement Rural

7. P H V = Programme d'Hydraulique Villageois

Chapitre III : L'étude comparative des zones d'étude

Il ne s'agit pas dans ce chapitre d'effectuer une comparaison exhaustive, mais plutôt de mettre l'accent sur les grands traits de l'environnement naturel des zones d'étude et l'interprétation de leur image satellitaire respective.

III.1 - L'environnement naturel d'Oursi et de Bidi et leur photo-interprétation

Situées grosso-modo entre 0°25'W et 2°40'W et 13°50'N et 14°40'N, ces deux régions appartiennent respectivement à la zone sahélienne (Oursi) et à la zone soudano-sahélienne (Bidi).

L'analyse des séries pluviométriques montre que l'évolution climatique actuelle tend à les placer dans la zone sahélienne. En effet, l'observation des hauteurs d'eau relevées ces dernières années à la station climatologique de Jalafanka (Oursi) et de Nayiri (Bidi) indique environ 350 mm/an.

Les températures y sont toujours élevées toute l'année (28°C) avec une importante variabilité thermique journalière de l'ordre de 5 à 7°C selon les saisons.

L'humidité relative reste supérieure à 40 % toute l'année avec des vents violents en saison humide.

Deux grandes saisons caractérisent ces régions : une saison des pluies (3 à 4 mois) dont le maximum est relevé au mois d'Août suivi d'un arrêt précoce au mois de Septembre et une longue saison sèche (8 à 9 mois). De plus, les effets de la sécheresse de cette dernière décennie rapprochent vraisemblablement ces deux régions eu égard aux conséquences socio-économiques bien connues.

Le substratum géologique de ces milieux est un socle à dominance granitique du birrimien. Leur évolution au cours des ères a engendré des transformations à bien des niveaux.

En effet à Oursi, les formations géologiques ont subi des transformations, surtout au tertiaire où de nombreux mouvements tectoniques ont abouti à la mise en place de roches basiques (gabbros), de filons de quartz massifs intrusifs, de roches métamorphiques et à une diversification de type de granite.

Au quaternaire par contre, se sont mises en place des formations sableuses éoliennes (dunes de sable).

Dans la région de Bidi, le tertiaire s'est singularisé par la formation de granite type leucocrate ou granite "roses" avec des mouvements de fracturation qui ont affecté des roches métamorphiques et la mise en place des formations argilo-sableuses du continental terminal.

L'analyse des paysages a montré l'existence de plusieurs types d'unités géomorphologiques, les plus dominantes et étendues sont les glacis et les pseudo-glacis et les différents types d'interfluves. On a remarqué que les glacis représentaient plus de 80 % de la surface d'Oursi alors que les pseudo-glacis caractérisaient la région de Bidi.

Les formations végétales typiquement soudano-sahéliennes se rencontrent à Bidi : la brousse tigrée, la brousse mouchetée ou tachetée, la savane arborée et arbustive plus ou moins dégradée.

Le phénomène de cuirassement très poussé dans ces régions est à mettre en rapport avec le battement de la nappe phréatique et l'érosion hydro-éolienne décape l'horizon pédologique A. Le modelé des différentes unités géomorphologiques est fonction de la pente et de la lithologie. Le tout subit la dynamique actuelle des eaux d'écoulement.

Les processus pédogéniques évoluent indépendamment selon les unités et ils en résultent différents types de sols dont les plus répandus sont : les sols minéraux bruts, les sols sableux fins, les sols ferrugineux tropicaux lessivés peu profonds et les sols hydromorphes de bas-fonds. Ils supportent des espèces végétales bien réparties dans le paysage. Il s'agit en fait d'un ensemble de géosystèmes bien imbriqués dont le fonctionnement passe par le transfert de matière et d'énergie entre leurs géons constitutifs.

La sécheresse des années 1972-1973 et le mouvement de la population qui s'en est suivi, a totalement bouleversé le mode de vie et l'organisation de l'espace dans ces régions.

Aussi, les populations tentent-elles de s'adapter aux nouvelles contraintes imposées par les facteurs climatiques. Ainsi par exemple les activités agro-pastorales cohabitent dans les mêmes secteurs avec échange des biens et des services (utilisations du sous-produit agricole par le bétail et le déversement des excréments dans les champs, pour la fertilisation des sols). Des tentatives de réorganisation de l'espace en vue d'un aménagement agro-pastoral sont initiées par les organisations non gouvernementales dans le but d'accroître la production.

Du fait de la diversité des paysages, les états de surface diffèrent beaucoup d'une région à l'autre.

A Oursi, les états de surface dominants sont les sables éoliens fins, les arènes granitiques, les colluvions, les cuirasses et les roches basiques.

A Bidi par contre, ce sont les sables éoliens fins bien cultivés, les tâches nues ou "zipelé", les buttes cuirassées.

Le complexe hydrologique bien hiérarchisé est en général temporaire et ne permet pas aux paysans d'envisager les cultures de contre saison basées sur l'irrigation.

Tout cet ensemble environnemental réfléchit différemment dans les capteurs du satellite SPOT entraînant par conséquent une interprétation visuelle et numérique particulière de chaque

image. L'image de la région d'Oursi, interprétée visuellement et numériquement aboutit à une classification des éléments du paysage de sorte que la cartographie des formations superficielles a été aisée. Par contre l'image de Bidi traitée seulement visuellement n'a pas permis de bien diagnostiquer tout le paysage.

Les deux images étant prises dans un intervalle d'un mois, la clé d'interprétation n'a pu être commune, malgré la nature très proche des formations superficielles de ces deux régions étudiées.

Conclusion

L'espace géographique sahélien et soudano-sahélien est très diversifié. La présente étude nous a permis de comprendre l'agencement des unités paysagiques et géomorphologiques : une série de buttes cuirassées, des collines birrimiennes et des inselbergs granitiques dominant les glacis, les pseudo-glacis et les bas-fonds.

Tout cet ensemble caractérise la physionomie morphologique de cet espace sur lequel se développent différents types de formations végétales.

A Oursi, les glacis constitués des produits de démantèlement des reliefs amont sont très répandus. On y rencontre une végétation de type sahélien avec des espèces épineuses regroupées en bosquets ou en fourrés. Les formations éoliennes sont une caractéristique du milieu donnant des sols sableux éoliens fins.

A Bidi par contre, ce sont les pseudo-glacis qui occupent de vastes espaces avec des sols sableux éoliens fins. Les formations végétales sont de type soudano-sahélien : les savanes arbustives ou arborées, les brousses tigrées, les brousses mouchetées et tachetées.

En revanche, ces deux régions connaissent les effets de la dynamique hydro-éolienne, l'extension des activités agropastorales et une crise climatique qui rendent difficiles la mise en valeur du milieu depuis plus d'une décennie. Ce sont donc deux écosystèmes au comportement identique que les données de la télédétection essaient d'analyser.

L'exploitation des scènes satellitaires SPOT en vue de l'étude et la cartographie des formations superficielles permet de restituer de manière globale ou locale le paysage. En effet, toute réponse spectrale enregistrée par les capteurs du satellite est un reflet de la réalité du terrain reconstituée sous forme de valeurs radiométriques et l'interprétation visuelle des "zones homogènes" sur les compositions colorées d'images sur papier passe nécessairement par les observations des états de surface.

Au cours de l'étude, il nous a été possible de reconnaître les différentes unités du paysage et ce, par leur composition colorée, leur structure et leur texture. De plus, on arrive à distinguer les différents types de sols, de roches, et de reliefs sur tirage papier des compositions colorées ou d'images.

Le traitement informatique permet de faire une discrimination des éléments selon leur réflectance, d'où une possibilité de classification thématique. Il est intéressant à cet effet de connaître les différents spectres de réflectance des objets.

On sait en effet que les schistes, les gabbros, les grès gris rouges, les sols humectés et l'eau libre réfléchissent très peu (-20 % d'énergie). Les végétaux et les sols secs restituent plus de 60 % d'énergie. Enfin les roches calcaires gris jaune,

l'argile rouge, le calcaire brun jaune réfléchissent en moyenne 40 % d'énergie.

Suivant le type de sol et la teneur en eau (%), la réflectance varie du visible au proche infra-rouge.

Le satellite SPOT avec une résolution au sol de 20 x 20 m en multibande et 10 x 10 m en panchromatique permet d'effectuer une interprétation aussi exhaustive que possible des états de surface observés. Un tel document aussi performant soit-il présente des avantages et des inconvénients.

Au cours de nos travaux, on a constaté que du point de vue avantage, la composition colorée facilitait l'interprétation visuelle et le traitement numérique des images satellitaires. En effet, tous les objets dont la taille est supérieure à 400m² et ayant une bonne restitution radiométrique sont identifiables sur les images et cela est d'autant plus aisé quand les unités du paysage sont étendues et bien individualisés comme en milieux sahéliens et soudano-sahéliens.

A Oursi et à Bidi, les formations dunaires, les glacis colluviaux ou sableux, les plans d'eau, les champs cultivés, les sols nus, les sables éoliens fins, les sables grossiers ou les arènes granitiques, les différentes formations végétales, le réseau de drainage... sont entièrement restitués sur les compositions colorées.

L'interprétation visuelle des images montre que pour un intervalle de temps d'un mois de prise de vue entre deux images (04/09/1986 et 04/10/1986), il n'a pas été possible de déterminer une seule clé d'interprétation, car les mêmes éléments ou objets réfléchissent différemment (perte ou gain en énergie). On en conclut qu'à chaque image correspond une clé d'interprétation particulière.

Néanmoins, par simple analogie, une clé d'interprétation peut servir à analyser d'autres images satellitaires, à condition que la nature des éléments soit la même, et que les dates de prise de vue soient très proches.

L'interprétation visuelle de l'image d'Oursi a été relativement simple parce que la vérité terrain et les observations des états de surface ont coïncidé avec la prise de vue, alors que celle de Bidi n'a pas donné les résultats excomptés, eu égard au décalage temporel qu'il y a eu entre la prise de vue et les observations de terrain. C'est ce qui explique en partie l'exploitation des photographies aériennes pour compléter l'interprétation de l'image de Bidi.

Le traitement numérique de l'image d'Oursi a permis d'opérer une discrimination des unités du paysage et une classification thématique, en restituant des valeurs radiométriques différentes.

Les limites des données satellitaires SPOT décélées au cours de notre étude sont relatives à la confusion d'interprétation visuelle entre certains objets qui sont restitués sous une même couleur, mais de nature différente. C'est le cas des corps noirs tels les massifs gabbroïques, les sols humectés d'eau, les plans d'eau libre. Très souvent, la végétation occupe les axes de

drainage et entraîne des difficultés dans l'interprétation du réseau hydrographique et du couvert végétal. On n'arrive pas également à faire une distinction visuelle entre les jachères et la végétation naturelle. Il y a également des pertes d'informations dues en partie à la taille des éléments (< à 400 m²) ou au manque de contraste net entre un objet et son environnement immédiat. C'est le cas des pistes, de certaines habitations, des champs. Pour lever toute équivoque d'interprétation, il faut une bonne connaissance du terrain "la vérité terrain".

De plus, le traitement numérique n'arrive pas à discriminer certaines informations. C'est le cas des sables éoliens fins et des sables grossiers d'origine granitique, les corps noirs, la végétation herbacée et arborée ou arbustive.

Aussi ces insuffisances et ces atouts sont-ils, à prendre en compte quand on exploite les imagéries satellitaires. Nous attirons cependant l'attention des utilisateurs que les produits de la télédétection ne se substituent pas aux sorties de terrain, encore moins aux prises de vue aériennes. Ces deux documents sont absolument indispensables pour l'étude et la cartographie et montrent leur efficacité dans la complémentarité de l'interprétation des phénomènes qu'ils fournissent.

Les milieux sahéliens et soudano-sahéliens de part l'aspect clairsemé de la végétation permet au satellite d'observer directement le sol et même les formations géologiques affleurantes d'où la nécessité d'utiliser les indices de brillance, de végétation et de couleur des sols pour leur identification radiométrique.

Au terme de cette étude, nous pensons que les données de la télédétection constituent de bons supports pour l'étude et la cartographie thématique à l'échelle régionale et locale (étude d'un géosystème), pour peu que les images soient de bonnes qualités et que l'interprétation bénéficie d'une vérité terrain satisfaisante et d'autres documents photographiques. Les images satellitaires sur papier sont déjà à la portée de tous et peuvent être traitées comme des prises de vue aériennes, par contre leur traitement informatique exige un matériel encore plus sophistiqué, donc coûteux et des connaissances supplémentaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BADIARA L., (1986).** - Contribution à l'étude saisonnière des états de surface des zones pâturées sur le bassin versant de la mare d'Oursi (Burkina Faso). ORSTOM, décembre 1986, 146 pages.
- BARRAL H., (1977).** - Les populations nomades de l'Oudalan et leur espace pastoral. Travaux et documents de l'ORSTOM n° 77. Paris - 119 pages, 8 cartes.
- BARRION R., (1978).** - Manuel de télédétection photographies aériennes. Images radar - thermographie satellites. Université de Haute-Bretagne, éd. Sodipe. S.A15, Rue de la Terre-Neuve. 7502 Paris, 349 pages.
- BOULET R., (1970).** - La géomorphologie et les principaux types de sols en Haute-Volta septentrionale. Cahier ORSTOM, série hydrologie, Vol. III, n° 30.
- CASENAVE A., VALENTIN C., (1988).** - Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. CEE - 202 pages.
- CHAKIB M., (1989).** - Diagnostic du paysage à partir des données satellitaires. Application au Sahel-Oudalan (Burkina Faso). Paris VII - 205 pages.
- COMPAORE F., (1985).** - Contribution à la connaissance des systèmes agro-pastoraux au Yatenga (Burkina Faso). La conduite de l'élevage à Bidi, mémoire, année 1984-1985.
- DEVINEAUX J.L. et al., (1986).** - Programme d'évaluation préliminaire SPOT PEPS n° 149. SPOT Oursi. Rapport intermédiaire. Centre ORSTOM de Ouagadougou Burkina Faso, 52 pages.
- GAMSONRE P.E., (1975).** - Contribution à l'étude géologique des formations précambriennes de la région de Ouahigouya (Haute-Volta). Thèse de Doctorat de 3ème cycle ès sciences naturelles. Faculté des sciences et des techniques de l'Université de Bésançon, 181 pages.
- GIRARD M.C. et al., (1979).** - 3ème colloque international du GDTA. Traitement et exploitation cartographique des images spatiales. Toulouse 19-22 juin 1979.
- JOLY F. et al., (1980).** - Le bassin de la mare d'Oursi (Haute-Volta). Etude géomorphologique, contraintes naturelles. Université Paris II, Laboratoire de géographie physique n° 7. 65 pages. 3 cartes.

- LOINTIER M., (1980).** - Principaux systèmes de traitement des données satellitaires (avantages et inconvénients). Possibilités actuelles et futures des satellites dans le domaine de l'hydrologie. Université P. et M. Curie. Mémoire de DEA.
- LAMACHERE J.M., (1988).** - Les états de surface de la région d'Oursi - Observations au sol et hydrodynamique. PEPS n° 149 : SPOT - Oursi. ORSTOM Ouagadougou 1988 - 98 pages.
- LAMACHERE J.M. et al., (1988).** - Aridification du climat subsahélien : Conséquence de trois méthodes d'amélioration des bilans hydriques aux champs pour une culture pluviale. (Mil : *Pennisetum typhoides*, Yatenga, Burkina Faso) éd. Réseau zones Arides. Juin 1988, 38 pages.
- MARCHAL J.Y., (1983).** - Yatenga - nord Haute-Volta : La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Thèse de Doctorat d'état de géographie. Université de Paris I - ORSTOM Paris. 873 pages.
- MARTINELLI B. et al., (1987).** - Deux points de vue sur la confrontation des paysans aux aménageurs dans le Yatenga (Burkina Faso). Cahiers de la Recherche Développement, n° 14-15 juin-septembre 1987. 51 pages.
- SERPANTIE G., (1988).** - Aménagement des petits bas-fonds soudano-sahéliens : Eléments pour des choix de priorités et de techniques, exemple de la digue filtrante partiellement colmatée de Bidi Gourga. Ouagadougou 25-27 Avril 1988 - 12 pages.
- SERPANTIE G., (1988).** - Aménagement de conditionnement du ruissellement pour les pentes cultivées soudano-sahéliennes. éd. Recueil des expérimentations de techniques de gestion du ruissellement. 1988. 14 pages.
- VALENTIN C., (1988).** - La dynamique des états de surface d'un territoire agro-pastoral subsahélien sous aridification : conséquence pour les systèmes de production. éd. Zones Arides juin 1988. 28 pages.
- YABRE B., (1988).** - Interprétation de photographies aériennes et d'images satellitaires SPOT pour le suivi temporo-spatial des superficies cultivées sur le bassin versant de la mare d'Oursi (Burkina Faso). Département de Géographie, mémoire de maîtrise. Ouagadougou 1988, 121 pages.
- Colloque (1987).** - SPOT1, Utilisation des images, bilan, résultats. Paris, novembre 1976.

Photographies aériennes

I G B 84066B DEC 84 SAG II 2110 88, 03 OUAH. 1-50000 (format
24 x 24 cm)

Photos n° 5402 - 5404
5431 - 5434
5457 - 5458

Images satellitaires SPOT

SPOT1, RHV1 055-321 du 04/09/1986
N 14°31' / W 000°25' AZ : 106°05
EL : 68°00' R 10h 35mn 55s
N1B - SPOT image - CNES 1986

SPOT1, RHV1 051-322 du 04/10/1986
N 14° / W 2°30'
N1B - SPOT image - CNES 1986

Cartes

- Thiou (Burkina Faso) 1/500000è 1ère édition, IGB Avril 1988, une feuille couleur ND - 30 - X - 3 d - Thiou, série G 721.
- Koumbri (Burkina Faso) 1/500000è 1ère édition, IGB Avril 1988, une feuille couleur ND - 30 - X - 4 c - Koumbri, série G 721.
- Ouahigouya (Burkina Faso), 1/200000, carte géologique, degré carré de Ouahigouya, P.E. Gamsonré et C. Langevin, 1990.

A N N E X E S

- . Traitements numériques de l'image SPOT du 04/09/1986.
- . Fiche d'observation des états de surface.
- . Quelques exemples de surfaces élémentaires et de transects décrits.

ERG ANCIEN

Annexe n°1

Tableau n° VI

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR _{1/10}	$\overline{KR}_{1/10}$	
S ₃ G4 O12	128 117-135	132 129-136	136 132-139	52 29-83	0,25 0,10 à 0,50	71	56	N° 6
S ₆ K3 B8	126 115-132	131 129-135	134 131-136	45 29-76	0,25 0,10 à 0,50	78	64	N° 7
B ₉ C2 B7	135 97-128	135 131-142	134 128-137	76 45-130	0,50 0,10 à 3	30	16	N° 2
B ₁₁ G4 O12	105 92-116	135 131-140	131 127-134	76 45-130	0,50 0,10 à 2	71	56	N° 6
S ₇ C2 B7	137 134-141	132 130-134	136 135-139	52 37-68	0,25 0,10 à 0,50	30	16	N° 2
S ₈ C2 B7	131 118-139	131 129-134	134 132-139	45 29-68	0,25 0,10 à 0,50	30	16	N° 2
C ₁ O14 C3	121 103-136	137 134-140	129 127-132	92 68-115	1 0,50 à 2	38	23	N° 3
C ₂ O14 C3	114 100-126	139 135-144	90 87-94	107 76-146	1,5 0,501 à 5	38	23	N° 3

118

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,120 \times P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{LR}{P} \text{ avec } LR = \text{lame ruisselée en mm}$$

$$P = \text{averse décennale (87 mm)}$$

$\overline{KR}_{1/10}$ = coeff. décennale moyen avec IK = 10

KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement avec IK = 15

ERG RECENT

Annexe n°II

tableau n°VII

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR1/10	$\bar{K}R1/10$	
S ₂ 06	123 116-132	134 133-137	135 133-138	68 60-91	0,50 0,25 à 1	55	42	N° 4
S ₄ C2 B7	133 122-153	135 132-138	138 135-140	76 52-99	1 0,50 à 1,5	30	16	N° 2
S ₃ 06	117 106-126	135 132-139	132 129-137	76 52-107	1 0,50 à 1,5	55	42	N° 4
C ₃ 014 C3	119 105-130	128 125-130	132 130-135	21 2-37	< 0,1 0 à 0,1	38	23	N° 3
C ₅ 014 C3	131 120-143	137 133-139	134 131-136	92 60-107	1 0,25 à 1,5	38	23	N° 3
B ₉ C2 B7	116 97-128	135 131-142	134 128-137	76 45-131	0,5 0,25 à 4	30	16	N° 2
B ₁₁ G4 012	105 92-116	135 131-140	131 127-134	76 45-115	0,5 0,25 à 2	71	56	N° 6

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,120 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{I.R}{P}$$
 avec LR = lame ruisselée en mm
P = averse décennale (87 mm)

$\bar{K}R$ 1/10 = coeff. décennale moyen avec IK = 10

KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement avec IK = 15

JUPES SABLEUSES

Annexe n°III

Tableau n°VIII

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR _{1/10}	$\overline{KR}_{1/10}$	
S ₁ G4 012	119 104-131	135 133-138	128 124-135	76 60-99	0,5 0 à 1	71	56	N° 6
S ₁₀ G4 012	129 119-138	130 129-134	125 124-128	37 29-68	0,25 0,10 à 0,50	71	56	N° 6
S ₁₁ G4 012	129 117-135	133 132-135	135 132-138	60 53-76	0,25 0,10 à 1	71	56	N° 6
S ₁₂ G4 012	132 121-141	133 131-136	137 132-138	60 45-84	0,25 0,10 à 1	71	56	N° 6
S ₁₄ G4 012	125 113-135	133 131-136	135 132-139	60 45-84	0,25 0,10 à 1	71	56	N° 6
R ₉ C2 B7	110 97-126	139 134-147	130 126-134	107 68-170	0,5 0,50 à 5	30	16	N° 2

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,128 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{LR}{P} \text{ avec } LR = \text{lame ruisselée en mm}$$

$$P = \text{averse décennale (87 mm)}$$

KR 1/10 = coeff. décennale moyen avec IK = 10

KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement avec IK = 15

GLACIS A GRAVILLONS FERRUGINEUX

Annexe n°IV

Tableau n°IX

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR1/10	$\overline{\text{KR}}1/10$	
G ₁ 06	97 88-108	128 124-135	133 130-135	21 -10 à 76	< 0,1 0 à 0,50	55	42	N° 4
G ₃ 06	119 105-130	128 125-130	133 132-135	21 -2 à 37	< 0,1 0 à 0,1	55	42	N° 4
G ₇ B3 C1	86 76-96	125 122-129	132 130-135	-2 -26 à 29	0 0 à 0,1	65	50	N° 5
G ₈ 06	108 100-115	128 125-132	134 131-136	21 -2 à 53	0,1 0 à 0,25	55	42	N° 4
G ₉ B3 C1	116 104-124	129 126-132	134 132-138	29 6 à 53	0,1 0 à 0,25	65	50	N° 5
G ₁₂ 06	109 94-120	131 129-134	133 130-136	45 29 à 68	0,25 0,1 à 0,50	55	42	N° 4
G ₁₈ 06	116 107-127	132 129-136	132 130-134	53 29 - 84	0,25 0,1 à 0,50	55	42	N° 7
G ₂₈ K3 B8	114 102-124	128 126-129	132 130-135	21 6 à 29	< 0,1 0 à 0,1	78	64	N° 7

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,128 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{LR}{P} \text{ avec } LR = \text{lame ruisselée en mm}$$

$$P = \text{averse décennale (87 mm)}$$

$\overline{\text{KR}} 1/10 = \text{coeff. décennale moyen avec IK} = 10$

KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement avec IK = 15

MASSIFS ROCHEUX

Annexe n°V

Tableau n°X

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR1/10	$\overline{KR1/10}$	
M ₁ roche nue	54 49-62	130 127-134	127 124-129	37 14 à 68	0,1 0 à 0,50	97	85	N° 9
M ₂ roche nue	81 70-91	132 129-140	131 127-135	53 29 à 115	0,25 0,1 à 1,5	97	85	N° 9
M ₃ B3 C1	73 64-95	127 125-132	128 124-130	14 -2 à 53	0 0 à 0,1	65	50	N° 5
M ₆ roche nue	51 41-75	123 120-126	127 125-132	-18 -41 à 6	0 0	97	85	N° 9
M ₇ roche nue	63 46-74	125 121-128	129 126-133	-2 -33 à 21	0 < 0,1	97	85	N° 9
M ₁₀ roche nue	79 66-87	126 123-129	130 129-134	6 18 à 29	0 0 à 0,1	97	85	N° 9
M ₄ B3 C1	58 54-67	131 128-137	127 124-129	45 21 à 92	0,1 0 à 1	65	50	N° 5
M ₈ B3 C1	127 116-134	136 130-139	139 132-140	84 -37 à 107	1,5 0,25 à 2	65	50	N° 5
M ₁₁ roche nue	54 45-64	122 119-125	125 123-128	-26 -49 à -2	0 0	97	85	N° 9

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,128 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{LR}{P}$$

avec LR = lame ruisselée en mm
P = averse décennale (87 mm)

$\overline{KR 1/10}$ = coeff. décennale moyen avec IK = 10

KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement
avec IK = 15

PLACAGES SABLEUX SUR GLACIS

Annexe n°VI

tableau n°XI

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR1/10	\bar{KR} 1/10	
G2 S13 B7	117 102-127	132 129-136	133 129-136	53 29 à 84	0,25 01 à 1	30	16	N° 2
B3 G6 C1	105 99-111	128 126-131	134 132-136	21 6 à 45	< 0,1 0 à 0,25	65	50	N° 5
06 G8	108 100-115	128 125-132	134 131-136	21 -2 à 53	< 0,1 0 à 0,25	55	42	N° 4
G4 G13 012	109 102-122	130 129-134	131 129-134	37 29 à 68	0,25 0,1 à 0,50	71	56	N° 6
K3 G15 B8	120 113-126	134 130-138	134 129-138	68 37 à 99	0,50 0,1 à 1	78	64	N° 7
C2 G25 B7	92 87-99	131 129-135	131 129-133	45 29 à 76	0,25 0,1 à 0,50	30	16	N° 2
G3 G27	98 95-104	129 127-131	133 131-135	29 13 à 45	0,1 0 à 0,25	84	68	N° 8
K3 G29 B8	110 103-116	131 126-138	131 129-134	45 6 à 99	0,25 0 à 1	78	64	N° 7

123

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,128 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

LR = lame ruisselée en mm
P = averse décennale (87 mm)
KR 1/10 = coeff. décennale moyen avec IK = 10
KR 1/10 = Coeff. décennale de ruissellement avec IK = 15

GLACIS PIERREUX

Annexe n°VII

Tableau n°XII

Zones et transects associés	Indice de brillance (IB)	Indice de végétation (IV)	Indice de couleurs des sols (IC)	Recouvrement total de la végétation (RTT en %)	Phytomasse herbacée (P) en t/ha	Coeff. décennale en % (KR)		Classe de ruissellement
						KR1/10	$\overline{KR1/10}$	
G ₁	87 88-108	128 124-135	133 130-135	21 -10 à 76	< 0,1 0 à 0,5	55	42	N° 4
G ₂ 06	116 103-127	128 125-130	136 131-139	21 -2 à 37	< 0,1 0 à 0,1	55	42	N° 4
G ₄ 06	94 83-104	126 124-129	133 130-135	6 -10 à 29	0 0 à 0,1	84	71	N° 8
G _a 06	108 100-115	128 125-132	134 131-136	21 -2 à 53	0,1 0 à 0,25	55	42	N° 4
G ₁₀ G3	93 87-99	129 126-131	131 129-133	29 6 à 45	0,1 0 à 0,25	84	68	N° 8
G ₁₄ K3 B8	98 92-105	132 130-136	133 131-134	53 45 à 84	0,25 0,1 à 0,50	78	64	N° 7
G ₂₀ K3 B8	103 96-112	130 127-134	132 130-134	37 14 - 68	0,25 0,1 à 0,50	78	64	N° 7
G ₂₁ G4 012	91 86-97	127 121-131	131 130-134	14 -33 à 45	0 0 à 0,50	71	56	N° 6
G ₂₇ G4 012	98 95-104	129 127-131	133 131-135	29 14 à 45	0,1 0 à 0,25	71	56	N° 6

124

$$IB = XS_3 + XS_2 - 100$$

$$IV = 255 \cdot \frac{XS_3}{XS_3 + XS_2}$$

$$= 0,128 \cdot RTT + 125,27$$

$$= 137,128 \cdot P^{0,0279}$$

$$IC = 255 \cdot \frac{XS_2}{XS_2 + XS_1}$$

$$KR = \frac{LR}{P} \text{ avec } LR = \text{lame ruisselée en mm}$$

$$P = \text{averse décennale (87 mm)}$$

$$\overline{KR} 1/10 = \text{coeff. décennale moyen avec IK} = 10$$

$$KR 1/10 = \text{Coeff. décennale de ruissellement}$$

$$\text{avec IK} = 15$$

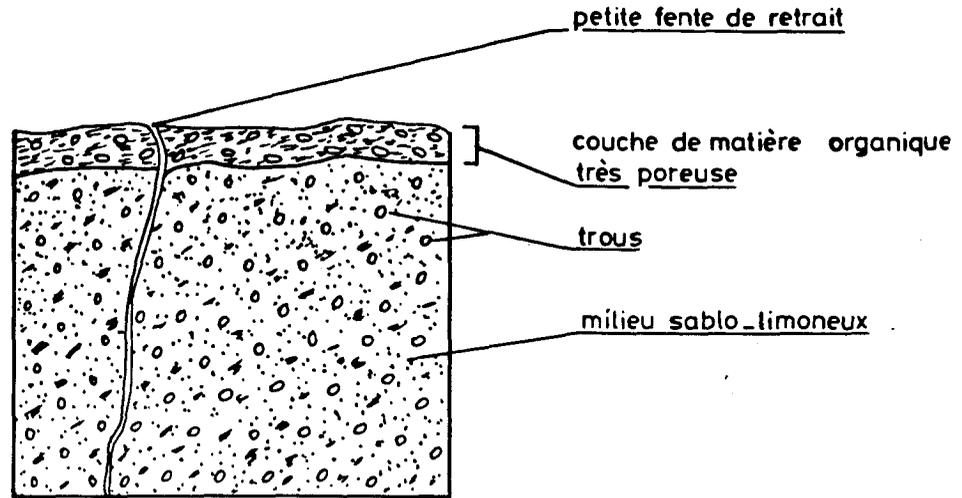
Annexe n° VIII
Transect n°
Région :
Site :
Type de sol :
Date :

Tableau n° XIII
Orientation

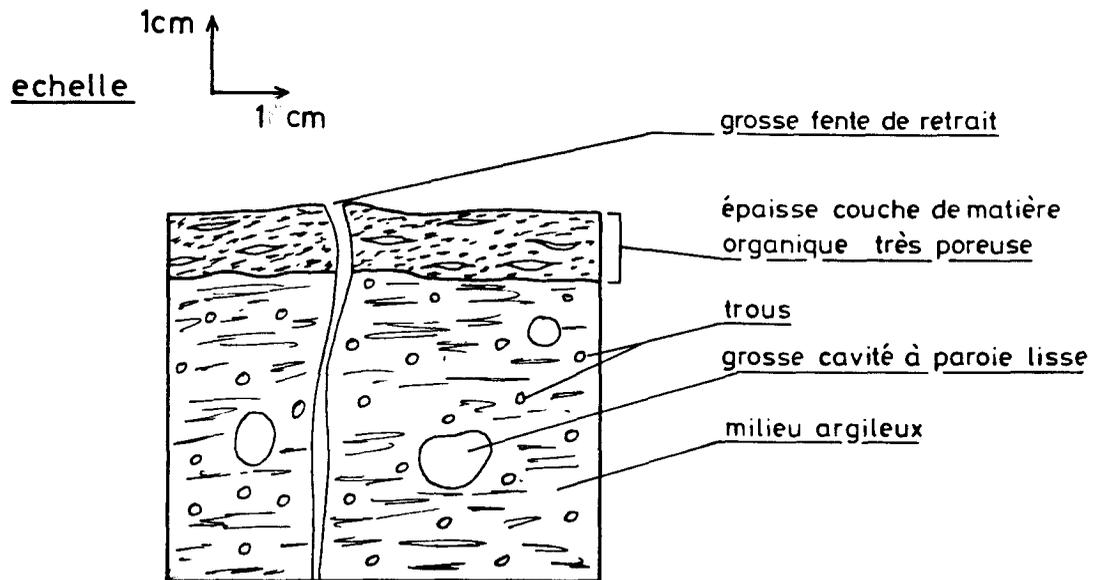
Fiche d'observation des états de surface

N° piquet	Distance partielle en m	Distance cumulée en m	Altitude en m	Type de surface élémentaire en %	Végétation % herb. Arb. arb .	litière en %	couvert minéral en %

*Tableau susceptible d'être modifié selon les besoins

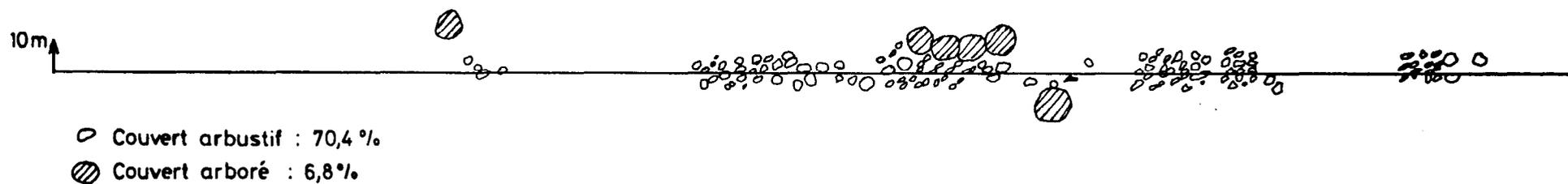
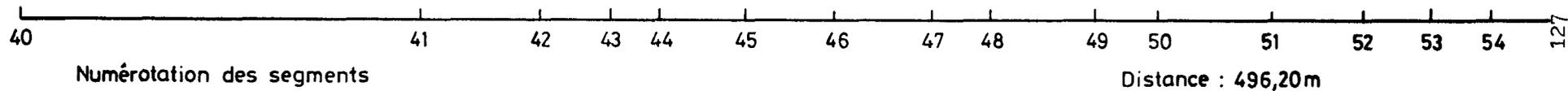
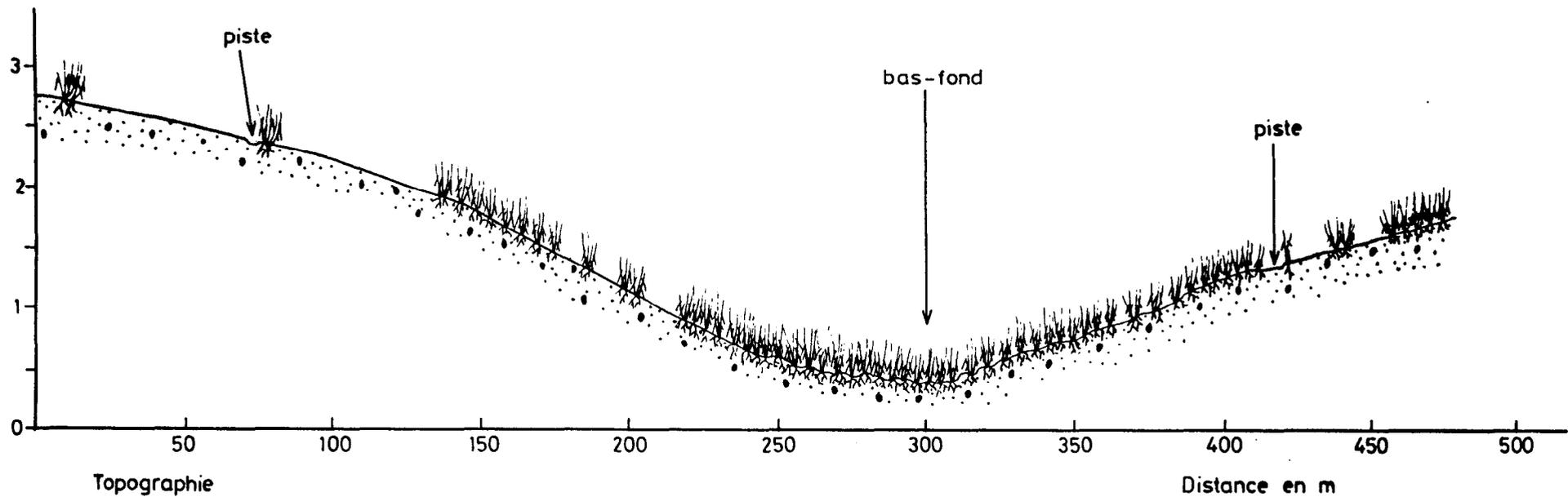


TYPE A 7.1 PELLICULE A FORTE ACTIVITE FAUNIQUE SUR SOLS SABLO-LIMONEUX DE BAS-FONDS'

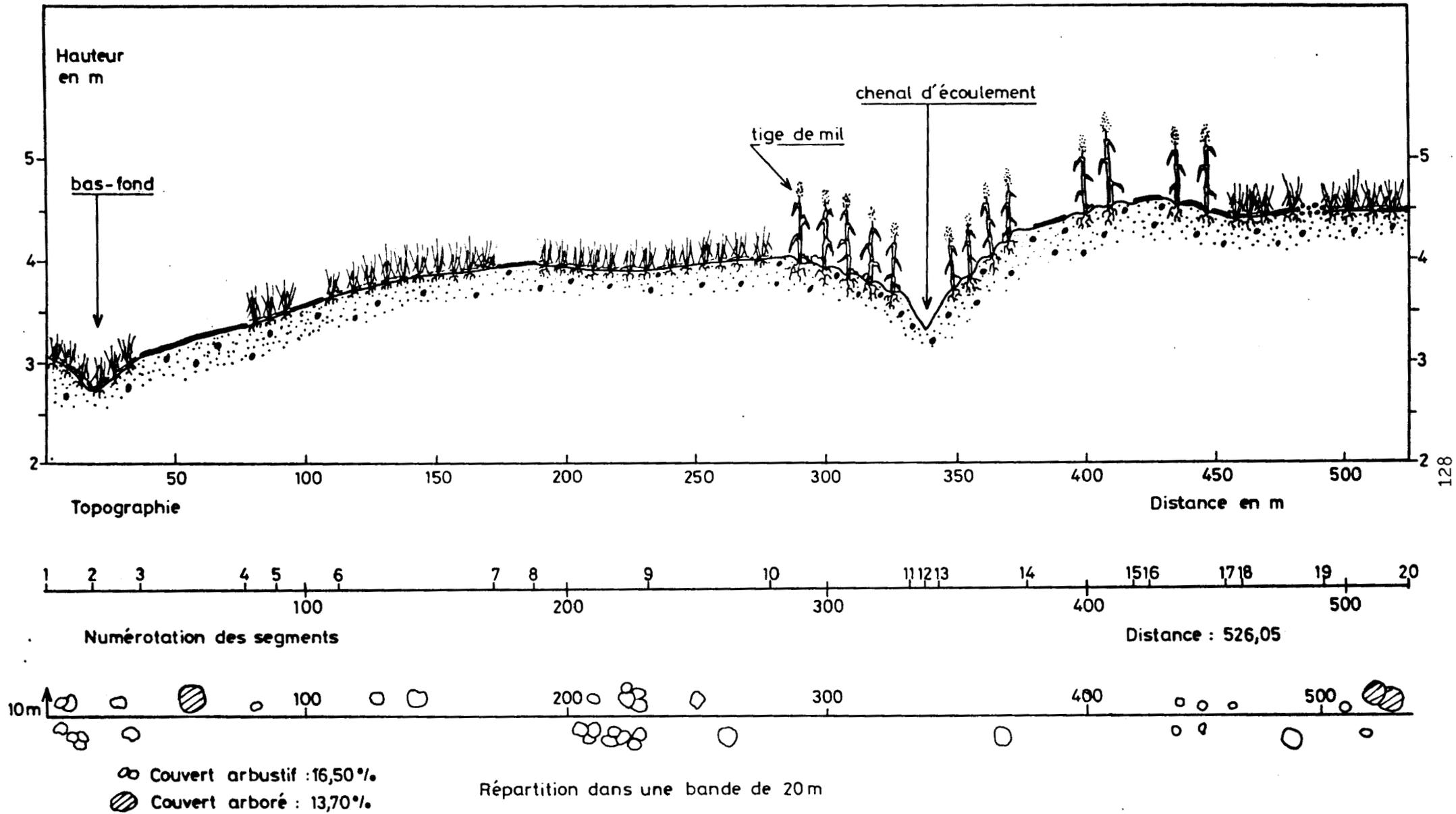


TYPE A 7.2 PELLICULE A FORTE ACTIVITE FAUNIQUE SUR SOLS ARGILEUX DES AXES DE DRAINAGES

FIG : 31 SURFACE A FORTE ACTIVITE FAUNIQUE ANNEXE N°IX



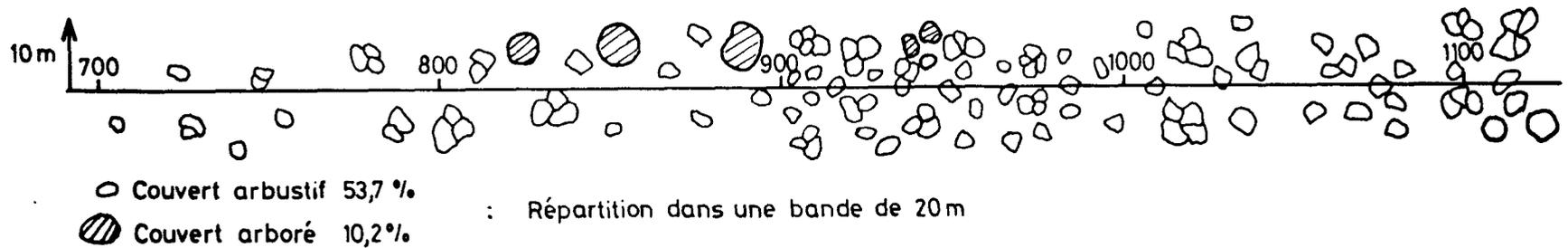
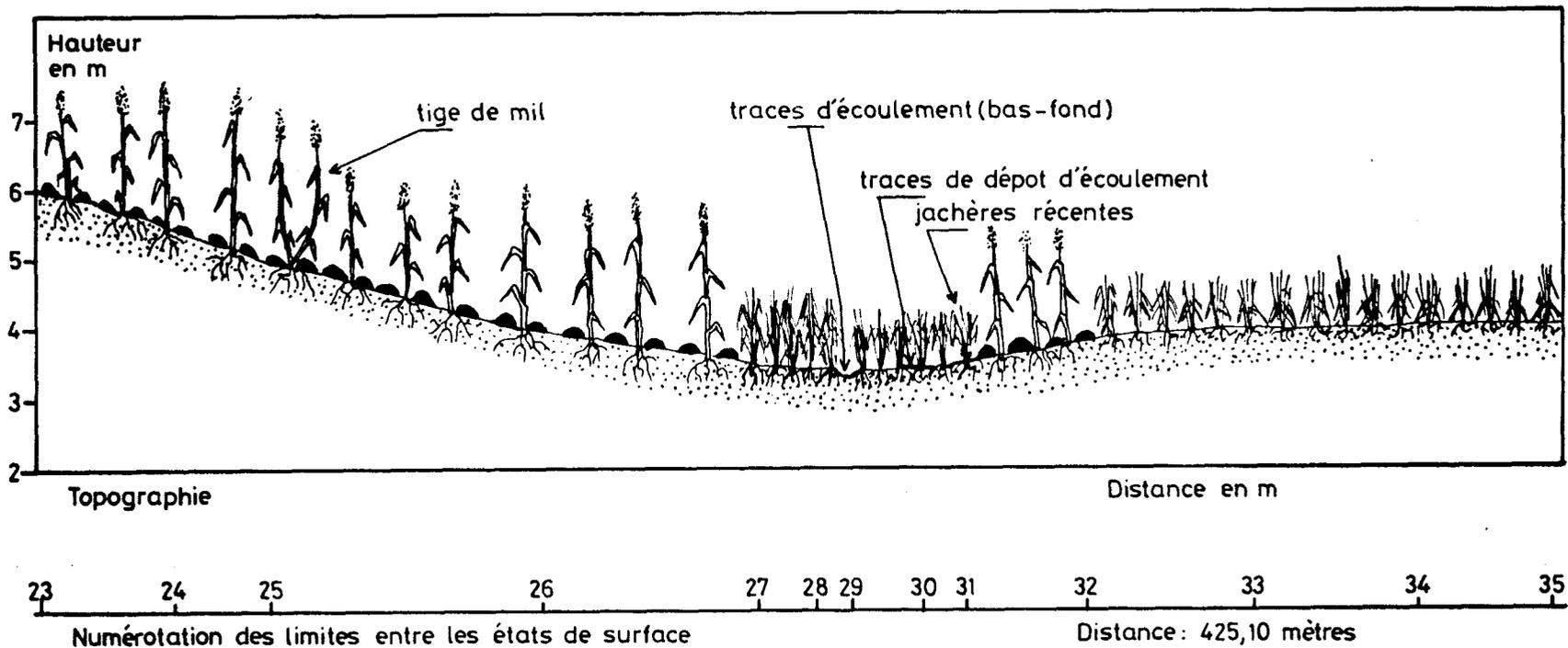
ANNEXE N° X FIGURE N° 32
 REGION DE BIDI - TOPOSEQUENCE G₃
 OBSERVATIONS EFFECTUEES LE 9-10/12/1989
 TYPE DE SOL : SOL SABLEUX EOLIEN FIN



ANNEXE N°XI : FIGURE :33 REGION DE BIDI - TRANSECT C₁ DATE 12/12/1989
 TYPE DE SOL : SOLS SABLEUX EOLIENS A DRAINAGE EN PROFONDEUR

ANNEXE N°XII FIGURE N°34
 TOPOSEQUENCE S₃
 TYPE DE SOL : SOL SABLEUX EOLIENS FINS
 DATE : 1 AU 3/11/1989

129



Résumé

En télédétection, la relation entre la réalité physique au sol et les données restituées par les capteurs passe par la notion d'état de surface.

De part leur nature, leur structure et leur texture nettement diversifiées, les formations superficielles des milieux sahéliens et soudano-sahéliens reflètent différemment l'énergie solaire en "zones homogènes" sur la composition colorée, facilitant ainsi leur discrimination et leur classification thématique.

L'interprétation visuelle et le traitement numérique exigent une rigueur dans les observations de terrain, et cela en coïncidence avec la date de prise de vue.

Les données de la télédétection offrent des possibilités d'étude et de cartographie à grande et petite échelle.

Mots clés

Burkina Faso - Sahel (Oursi) - Soudano-sahélien (Bidi) - Satellite SPOT - Cartographie - Formations superficielles - Etats de surface - Géosystème - Péricolor 1000.