

INSTITUT D'ELEVAGE
ET DE
MEDECINE VETERINAIRE
DES PAYS TROPICAUX
10, rue Pierre Curie
94700 MAISONS-ALFORT

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANISATION
F A O
Via delle Terme di Caracalla
00100 - ROME

CLASSIFICATION DES
PATURAGES TROPICAUX ET NIVEAUX
DE TELEDETECTION

par G. BOUDET
et G. DE WISPELAERE

OCTOBRE 1976

(a)

S O M M A I R E

	Pages
A - DIVISIONS ECO-CLIMATIQUES	1
B - CLASSIFICATION DES PATURAGES ET CRITERES UTILISABLES	3
I - Proposition d'une nomenclature	4
II- Emploi des techniques de télédétection	6
II ₁ - Caractéristiques des données enregistrées	6
II ₁₁ - par les satellites LANDSAT	6
II ₁₂ - par les photographies aériennes	7
II ₂ - Méthodes de traitements envisageables pour les imageries LANDSAT	8
II ₂₁ - Traitements optiques	8
II ₂₁₁ - Techniques mono-canal des équidensités	8
II ₂₁₂ - Technique de traitement multispectral	9
II ₂₂ - Traitement mixte informatico-optique	9
II ₂₃ - Traitements à l'ordinateur	9
C- PROPOSITION DE CLASSIFICATION ET DE CRITERES DE SURVEILLANCE CONTINUE	11
I - Désert saharien	11
II - Sahel	12
II ₁ - Secteur sahélo-saharien	13
II ₁₁ - Description et productivité	13
II ₁₂ - Exploitation	13
II ₁₃ - Dynamisme des parcours	13
II ₁₄ - Surveillance continue	14
II ₂ - Secteur sahélien	16
II ₂₁ - Description et productivité	16
II ₂₂ - Exploitation	17
II ₂₃ - Dynamisme des parcours	18
II ₂₄ - Surveillance continue	18
II ₃ - Secteur sahélo-soudanien	22
II ₃₁ - Description et productivité	22
II ₃₂ - Exploitation	23
II ₃₃ - Dynamisme des parcours	24
II ₃₄ - Surveillance continue	25
III - Zone soudanienne	30
III ₁ - Secteur soudano-sahélien	30
III ₁₁ - Description et productivité	30
III ₁₂ - Exploitation	31
III ₁₃ - Dynamisme des parcours	32
III ₁₄ - Surveillance continue	33
III ₂ - Secteur soudanien	37
III ₂₁ - Description et productivité	37
III ₂₂ - Exploitation	38
III ₂₃ - Dynamisme des parcours	38
III ₂₄ - Surveillance continue	39

.../...

III ₃ - Secteur soudano-guinéen	43
III ₃₁ - Description et productivité	43
III ₃₂ - Exploitation	44
III ₃₃ - Dynamisme des parcours	45
III ₃₄ - Surveillance continue	47
IV - Zone guinéenne	51
IV ₁ - Secteur périforestier	51
IV ₁₁ -Description et productivité	51
IV ₁₂ -Exploitation	52
IV ₁₃ -Dynamisme des parcours	56
IV ₁₄ -Surveillance continue	56
IV ₂ - Secteur forestier	59
IV ₂₁ -Description et productivité	59
IV ₂₂ - Exploitation	59
IV ₂₃ - Dynamisme des parcours	60
IV ₂₄ - Surveillance continue	60
V - Zone d'altitude	62
V ₁ - Secteur des plateaux	62
V ₁₁ - Description et productivité	62
V ₁₂ - Exploitation	62
V ₁₃ - Dynamisme des parcours	64
V ₁₄ - Surveillance continue	65
V ₂ - Secteur altimontain	68
V ₂₁ - Description et productivité	68
V ₂₂ - Exploitation	68
V ₂₃ - Dynamisme des parcours	68
V ₂₄ - Surveillance continue	69
D - PROPOSITION DE PROJET-PILOTE	70
D1 - Objectifs du projet	71
D2 - Localisation du projet	72
D3 - Programme du projet	73
D4 - Problématique spécifique à la surveillance au sol	74
D5 - Problématique spécifique à la télédétection	76
D51 -Inventaire et cartographie des différents parcours	77
D52 - Contrôle des évolutions	78

BIBLIOGRAPHIE

ILLUSTRATIONS

Estimation de la période active	2 bis
Carte des zones éco-climatiques	4 bis
Imagerie ERTS en secteur sahélien	20 bis
Expression par "mailles" de l'évolution des surfaces cultivées	28 bis
Contrôle des cultures par photos aériennes	36 bis

TABLEAUX

Tab.1 - Classification des pâturages tropicaux	2 ter
Tab.2 - Répartition des espèces sahéliennes	12 bis
Tab.3 - Répartition des espèces soudaniennes	30 bis
Tab.4 - Répartition des espèces guinéennes	52 bis
Tab.5 - Amélioration des pâturages guinéens	55
Tab.6 - Estimation de précision	75
Tab.7 - Proposition de niveaux de télédétection	78 bis

Une classification des pâturages tropicaux doit pouvoir s'insérer dans la classification des formations végétales tropicales tout en mettant en relief les caractères particuliers des pâturages et surtout leur détectabilité à différentes échelles.

A - D I V I S I O N S E C O - C L I M A T I Q U E S

De grandes divisions éco-climatiques peuvent être proposées en s'appuyant sur la pluviosité et la notion de période active des pâturages tout en respectant les grandes unités de la carte de la végétation de l'Afrique publiée par l'A.E.T.F.A.T. (44).

- En particulier une certaine concordance a pu être décelée entre :
- l'isoplèthe 5 mois de période active et la limite forêts claires - savanes boisées ;
 - l'isoplèthe 7 mois et le contact forêt claire et mosaïque péri-forestière savane-forêt ;
 - l'isoplèthe 10 mois et le contour de la forêt dense humide.

La durée de la période active peut être estimée avec le diagramme du bilan hydrique par l'intervalle dans lequel la pluviosité est supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ; ces valeurs étant représentées par coordonnées arithmétiques sur papier millimétré.

Si les valeurs de l'ETP ne sont pas connues, cette donnée peut être remplacée par la température dans l'abaque hydrothermique d'EUVERTE (33), tracé sur papier semi-logarithmique où la pluviosité mensuelle est inscrite selon une échelle logarithmique et la température moyenne mensuelle selon une échelle arithmétique avec les correspondances :

14°C - 35 mm ; 20°C - 70 mm ; 26°C - 140 mm.

La période active correspond alors à la période pendant laquelle la pluviosité est supérieure aux valeurs $T-6^{\circ}$, étant donné que les besoins en eau doublent lorsque la température augmente de 6°C.

Une valeur approchée de cette période active peut également être obtenue par le diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN (2) établi sur papier millimétré avec la correspondance $P_{mm} \approx 2 T^{\circ}C$. La période active est alors l'intervalle pendant lequel la pluviosité est au-dessus de la valeur $T/2^{\circ}C$.

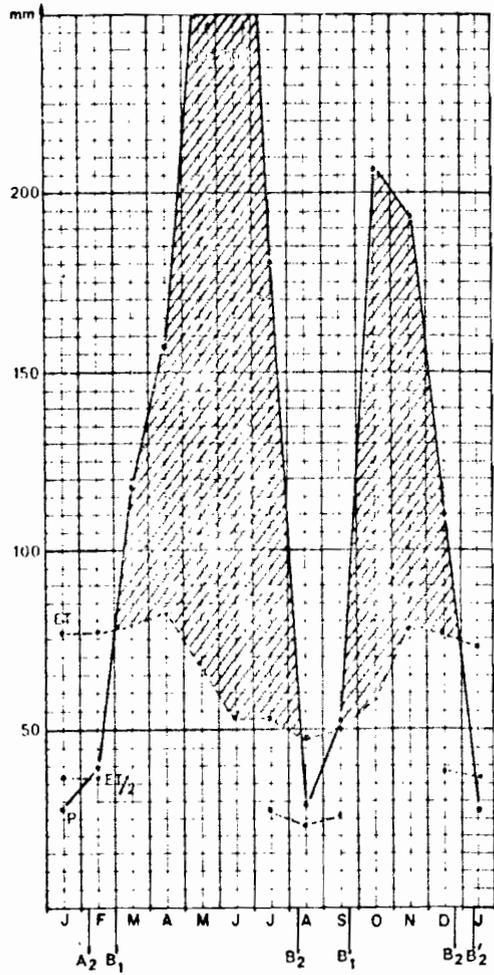
Pour Abidjan (fig.) sous climat équatorial, guinéen-forestier d'AUBREVILLE (1), il existe 2 saisons humides (pluie $>$ ETP) séparées par une période subhumide ($P <$ ETP) en août, mais la période active (pluie $>$ $\frac{ETP}{2}$) s'étend sur 11 mois de la mi-février à la mi-janvier. La période active (P.A.) ainsi définie serait donc intermédiaire entre les données de l'abaque hydrothermique où la P.A. est réduite à 10 mois et celles du diagramme pluvio-thermique où la P.A. s'étale sur 12 mois.

Les pâturages intertropicaux sont répartis dans 3 zones éco-climatiques (carte) :

- la zone sahélienne délimitée par les isohyètes 100 et 600 mm de pluviosité moyenne annuelle et une période active inférieure ou égale à 3 mois.
- la zone soudanienne délimitée par une pluviosité comprise entre 600 et 1300 à 1500 mm correspondant à une période active de 3 à 7 mois.
- la zone guinéenne délimitée par une pluviosité supérieure à 1300 - 1500 mm et correspondant à une période active supérieure à 7 mois.

Chaque zone éco-climatique est subdivisée en secteurs, témoignage d'une évolution continue depuis le désert jusqu'à la forêt dense équatoriale et des pâturages particuliers sont identifiables en régions d'altitude (tab. 1).

ESTIMATION DE LA PERIODE ACTIVE
 en climat équatorial guinéen forestier
 (Abidjan)



Bilan hydrique

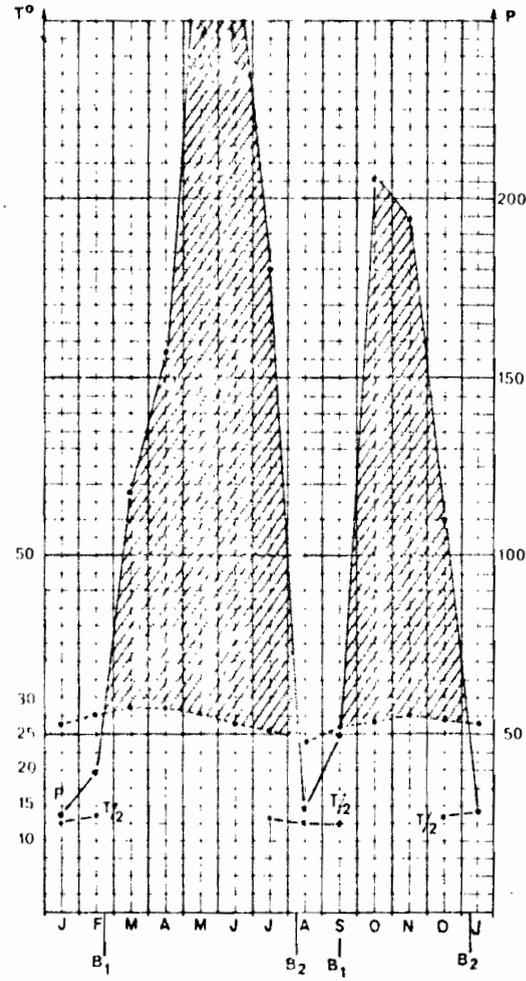
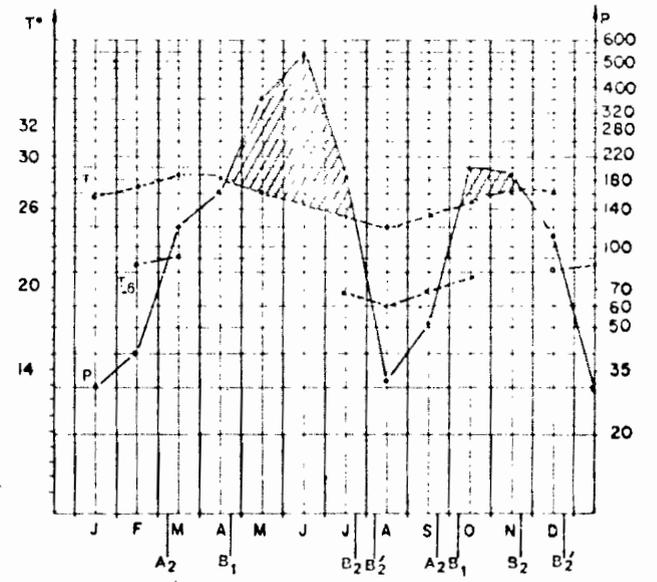


Diagramme pluviothermique



Abaque hydrothermique

Tabl 1: CLASSIFICATION DES PATURAGES TROPICAUX

DENOMINATION		LIMITES CLIMATIQUES		SOLS	ACTIVITES HUMAINES				VEGETATION		DOMINANTES FLORISTIQUES		PRODUCTION M.S.		Dynamique	Vulnérabilité
Zones	Secteurs	Pluies (mm)	Période active (m)		Agriculture	Elevage	Forêts	Physionomie générale	Variantes édaphiques		Ligneux	Herbacés	Rendement kg/ha/an	Productivité kg/ha/jour		
								substrat (terrain)	physionomie							
Désert	Sahara	100	0	minéraux bruts	oasis	nomade/puits	0	steppe contractée	épanchages nappes sableuses	steppe contractée	Acacia ehrenbergiana Acacia tortilis	Panicum turgidum Stipagrostis pungens			stable stable	- éolisation
Sahel	Sahélo-saharien	200	0	minéraux bruts	oasis	nomade/puits transhumant/mares	0	steppe contractée	épanchages nappes sableuses	steppe contractée	Acacia ehrenbergiana Acacia tortilis	Panicum turgidum Panicum turgidum	500 400		stable stable	colmatage éolisation
	Sahélien	400	1	brun brun-rouge hydromorphe	creux interdunes (mil) riz aquatique	transhumant mares-puits	chauffage construction trad.	steppe xérophile	dunes à relief dunes arasées glacis colluviaux squelettique inondable	steppe arbustive steppe arbustive steppe arbustive prairie aquatique	Acacia senegal Acacia tortilis Balanites aegyptiaca Commiphora africana 0	Aristida sieberana Aristida mutabilis Schoenefeldia gracilis Aristida adscensionis Echinochloa stagnina	1000 1500 2000 500 6000	3 (exondé)	instable stable instable stable stable	éolisation - colmatage - -
	Sahélo-soudanien	600	3	brun brun-rouge hydromorphe vertisols	itinérante/sables mil, arachides riz aquatique	transhumant mares-puits	chauffage construction trad.	steppe mésophile	dunes à relief dunes arasées glacis colluviaux squelettique inondable	steppe arbustive steppe arbustive steppe arbustive prairie aquatique	Combretum glutinosum Selerocarya birrea Acacia seyal Pterocarpus lucens 0	Cenchrus biflorus Eragrostis tremula Schoenefeldia gracilis Loudetia togoensis Echinochloa stagnina	1500 1200 3000 800 15000	10 (exondé)	stable stable instable instable stable	éolisation - colmatage brousse tigrée -
	Soudano-sahélien	800	3 à 4	ferrugineux tropicaux	itinérante (mil, arachides) riz aquatique	transhumant mares-puits	chauffage construction trad.	steppe mésophile	pénéplaine glacis colluviaux squelettique	Steppe boisée savane panachée steppe arbustive	Combretum glutinosum Piliostigma reticulatum Combretum micranthum	Diheteropogon hagerupii Andropogon gayanus Loudetia togoensis	1500 2000 800	2 (SS)**	stable stable stable	érosion en nappe ravines, décapage décapage
Soudan	Soudanién	1000 à 1200	5	ferrugineux tropicaux	itinérante (sorgho, coton) riz aquatique	sédentaire + transhumant (zébus)	chauffage construction trad.	savane boisée	pénéplaine glacis colluviaux squelettique	savane boisée savane verger steppe arborée	Anogeissus leiocarpus Butyrospermum paradoxum Combretum nigricans	Diheteropogon hagerupii Andropogon gayanus Andropogon pseudapricus	2000 2500 800	30 (SP)***; 2 (SS)	stable stable stable	érosion en nappe ravines, décapage décapage
	Soudano-guinéen	1300 à 1500	7	ferralitiques	itinérante (igname, maïs, sorgho, coton) riz aquatique riz pluvial	sédentaire de villages (taurins)	chauffage construction trad. charpente	forêt claire	pénéplaine glacis colluviaux vallées inondables subsquelettique- squelettique	forêt claire forêt claire savane herbeuse savane arborée savane arbustive	Pterocarpus erinaceus Daniellia oliveri 0 Isoberlinia doka Combretum glutinosum	Diheteropogon amplexicaulis Andropogon gayanus Hyparrhenia rufa Andropogon ascinodis Loudetia simplex	3000 3000 8000 2000 1500	11 (SP); 1 (SS) 15 (SS)	stable stable stable instable stable	embroussaillage érosion en nappe - décapage
Guinéen	Periforestier	1600	10	ferralitiques	itinérante (igname, manioc, coton) riz pluvial	sédentaire de villages	chauffage construction trad. sciage	forêt dense sèche forêts-galeries savanes arborées	profond limo-arg sableux subsquelettique	savane arbustive savane arborée savane arbustive	Crossopteryx febrifuga Lophira lanceolata Hymenocardia acida	Hyparrhenia diplandra Hyparrhenia smithiana Loudetia arundinacea	13000 3000 2500	12 (SP); 7 (SS) 5 (SS)	instable stable instable	embroussaillage embroussaillage
	Forestier	1400 à 1600	7 à 10	ferralitiques	itinérante/brûlis manioc, banane, riz pluvial cacao, café	sédentaire de villages	chauffage construction trad. sciage	forêt dense humide	sableux	savane arbustive savane anthropique	Annona senegalensis Trema guineensis	Brachiaria brachylopha Imperata cylindrica	3500	20 (SP)	stable stable	
Altitude	Plateau (800 à 1500 m)	1400 à 1600	7 à 10	ferralitiques	itinérante (manioc, sorgho, maïs)	transhumant (zébus) + sédentaire	chauffage construction trad.	savane boisée	profond squelettique	savane boisée savane arbustive	Daniellia oliveri Burkea africana	Hyparrhenia rufa Loudetia simplex	4000 1500	12 (SP)	instable stable	embroussaillage
	Altimontain (1500 m et +)	1600 à 3000	10 à 12	ferralitiques	itinérante maïs, pomme-de-terre	transhumant (zébus)	chauffage construction trad.	savane herbeuse forêt dense	profond	savane herbeuse	0	Sporobolus africanus			stable	embroussaillage

** (SS) = saison sèche

*** (SP) = saison des pluies

x. shifting cultivation

B - CLASSIFICATION DES PATURAGES ET
CRITERES UTILISABLES POUR LEUR INVENTAIRE
ET LEUR SURVEILLANCE CONTINUE

Le devenir des pâturages tel qu'il peut être appréhendé par la surveillance continue (monitoring) dépend des aléas climatiques et surtout des activités humaines (déboisements, cultures, pâturages).

Les pâturages de chaque secteur éco-climatique, seront décrits, avec leur productivité, leur utilisation actuelle et potentielle et les facteurs limitants l'extension de cette utilisation, leurs tendances évolutives sous exploitation (dynamisme).

La description des pâturages utilise une nomenclature caractérisant la physionomie des formations végétales:

. steppe (short grassland)

Le terme "steppe" appliqué à la végétation tropicale concerne un type physionomique caractérisé par un couvert herbacé où les plantes annuelles abondent alors que les plantes vivaces sont rares et espacées. Les graminées vivaces, lorsqu'elles existent ont des feuilles étroites, enroulées ou repliées et surtout basilaires (localisées au niveau du sol). Le couvert herbacé ne dépasse pas, habituellement, 80 cm de hauteur.

Une steppe xérophile est caractérisée par la présence de graminées annuelles adaptées à la sécheresse avec des feuilles étroites, pouvant se replier ou s'enrouler.

Une steppe mésophile est caractérisée par l'abondance de graminées annuelles peu adaptées à la sécheresse avec des feuilles larges et étalées.

Une steppe contractée ne recouvre pas l'ensemble du paysage mais elle est constituée de lambeaux de tapis herbacé localisés aux substrats les plus favorables à la végétation (couloirs d'écoulement, cônes d'épan-dage des eaux pluviales ...).

. savane (tall grassland)

Le terme "savane" s'applique à un type de végétation caractérisé par un couvert herbacé d'au moins 80 cm de hauteur où les espèces se répartissent en deux strates (supérieure et inférieure). Les graminées y sont en majorité vivaces, à feuilles basilaires et caulinaires (insérées sur les tiges) ; la plupart forment des touffes isolées, dont les tiges, atteignant leur pleine croissance, constituent une couche plus ou moins continue qui brûle ordinairement chaque année.

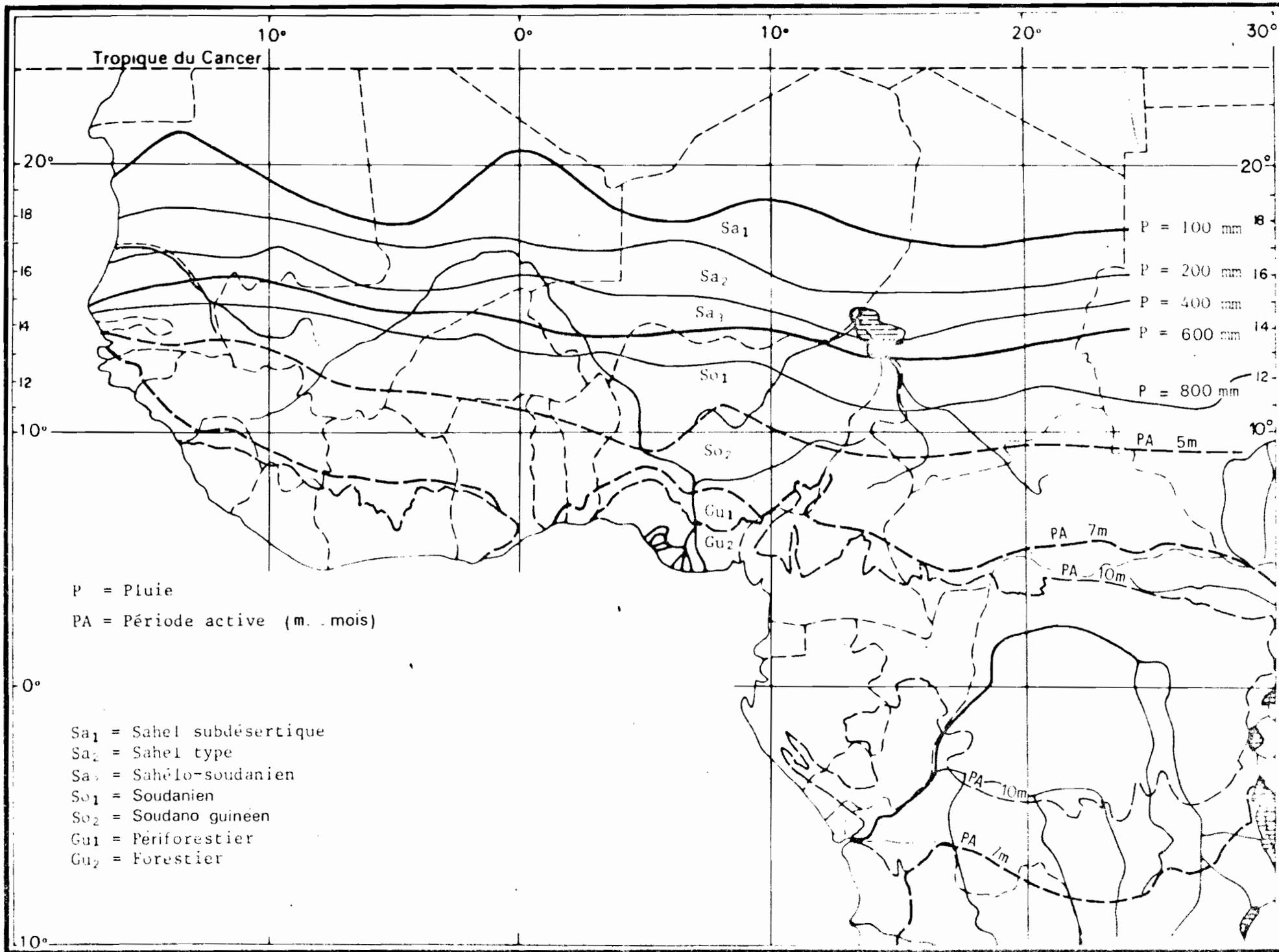
Une savane panachée (mixed grassland) est une formation herbeuse basse de type steppe parsemée de graminées vivaces hautes à feuilles planes et larges.

La présence et l'importance du couvert ligneux permet de compléter la nomenclature des formations herbeuses :

- une steppe ou une savane est herbeuse (grassland) lorsque les espèces ligneuses, arbres ou arbustes, sont absentes ou présentent un couvert (canopy) inférieur à 2%. [■]

■ un couvert ligneux de 2% correspond à une population à 1'ha de 50 individus à couronne de 2 m de diamètre, ou 12 individus de 4 m de diamètre, ou 3 individus de 8 m de diamètre.

ZONES ECO-CLIMATIQUES



- une steppe ou une savane est arborée (wooded grassland) lorsque les arbres et arbustes ont un couvert généralement clair dont le couvert est inférieur à 20% ~~xx~~.
- une savane arborée peut être dénommée savane-verger (orchard grassland) lorsque les arbres qu'elle présente sont isolés mais de belle taille parce que conservés lors des défrichements pour la mise en culture.
- une steppe ou une savane est arbustive (bushland) lorsque les arbustes à troncs indifférenciés et de taille inférieure à 5 mètres présentent un couvert compris entre 20 et 40%.
- une steppe ou une savane arbustive est à fouffés (bushland thicket) lorsque les arbustes se regroupent en formation arbustive fermée qu'un homme ou un grand ongulé traverse difficilement, les branches des végétaux ligneux de toute taille étant profondément imbriqués à tous les niveaux.
- une steppe ou une savane est boisée (grassed woodland) lorsque les arbres à troncs bien différenciés et de taille généralement supérieure à 5 mètres présentent un couvert compris entre 20 et 40%.

La formation végétale devient une forêt claire (woodland) lorsque le couvert des arbres reste ouvert bien que supérieur à 40 % et que subsiste sous les cimes non jointives un tapis graminéen lâche et souvent discontinu.

La forêt devient une forêt dense (closed forest) lorsque les cimes sont jointives avec un couvert apparent de la strate arborée dépassant 90% et il n'y a plus de tapis graminéen.

~~xx~~ un couvert ligneux de 20% correspond à une population à l'ha de 500 individus de 2 m de diamètre ou 125 individus de 4 m de diamètre ou 30 individus de 8 m de diamètre.

II - EMPLOI DES TECHNIQUES DE TELEDETECTION

La surveillance continue peut être envisagée à l'aide de plusieurs types de données. Celles enregistrées par les scanners des satellites LANDSAT, celles fixées sur les photographies aériennes avec plus ou moins de détails suivant l'échelle des clichés et enfin celles recueillies directement sur le terrain et sans lesquelles le contrôle par les deux autres méthodes n'a pas de signification réelle.

II₁ CARACTERISTIQUES PRATIQUES DES DONNEES ENREGISTREES

II₁₁ Par les satellites LANDSAT

Une image LANDSAT (anciennement ERTS) n'est pas une photographie au sens habituel du terme mais une reconstitution sur film photographique, réalisée d'après les informations enregistrées sous forme digitale sur bandes magnétiques.

Chaque "scène" (ensemble des canaux composant l'image) couvre un carré de terrain d'environ 185 km de côté, soit approximativement 34 000 km² avec une résolution de 100 m environ et une périodicité "potentielle" de 18 jours. Cette périodicité est dans la pratique très théorique, puisque le système Mss (Multispectral scanner) ne fonctionne pas en continu mais seulement suivant les instructions qu'il reçoit par télé-commande du centre des opérations. De plus, nombreuses sont les "images" inexploitablees en raison de la couverture nuageuse "masquant" le paysage survolé.

Le détecteur Mss enregistre dans quatre bandes de longueurs d'ondes :

bande 4 : 0,5 à 0,6 μ	(vert-jaune)
bande 5 : 0,6 à 0,7 μ	(orange-rouge)
bande 6 : 0,7 à 0,8 μ	(proche infra-rouge)
bande 7 : 0,8 à 1,1 μ	(infra-rouge)

Les données LANDSAT du système Mss sont disponibles sous deux formes principales, - numérique, avec les bandes magnétiques et plus couramment - photographique, à différentes échelles.

Les documents photographiques peuvent être obtenus aux échelles du 1/3 690 000, 1/1 000 000, 1/500 000 ou 1/250 000, sous forme de positif ou négatif, film pour les deux premières et sous forme de "tirage papier" pour les trois dernières.

Il convient de noter que les images courantes (Bulk processing) présentent des déformations géométriques, lesquelles sont sans inconvénient pour le traitement d'un ou deux clichés mais interdisent une cartographie fine ou des superpositions entre des images de différentes saisons par exemple. Pour réaliser de tels travaux, il convient d'avoir les "Précision Processing" qui ont subi un traitement spécial de corrections géométriques avant leur transcription photographique.

II₁₂ Par les photographies aériennes

Utilisées dans un très grand nombre de sciences de la terre et de travaux d'aménagements, leurs avantages et leurs inconvénients sont parfaitement connus. Mentionnons cependant l'apparition de clichés à plus petites échelles, comme le 1/80 000 et 1/100 000, qui comblent un créneau entre les imageries satellites à 1/500 000 ou 1/250 000 par exemple et les couvertures photographiques classiques à 1/50 000.

Rappelons également que la presque totalité de l'Afrique francophone de l'Ouest et Centrale a été "couverte" entre 1950 et 1960 à 1/50 000 et que la comparaison avec des couvertures de même échelle, plus récentes, fournit une quantité d'informations sur l'évolution des paysages en 10, 15 voire 20 ans (29.30).

II₂ METHODES DE TRAITEMENTS ENVISAGEABLES DES IMAGERIES LANDSAT POUR LA SURVEILLANCE CONTINUE DES PARCOURS

Quelle que soit l'exploitation envisagée, il est recommandé de commencer par une observation visuelle de l'image sur un tirage photographique à l'échelle du 1/1 000 000. Cette observation permet d'estimer la qualité du cliché, de situer la zone de travail et de dégager les grandes lignes, que des traitements plus poussés mettront ultérieurement en évidence.

En dehors des techniques traditionnelles de photo-interprétation appliquées à des agrandissements allant jusqu'au 1/200 000, on peut distinguer dans les traitements possibles, trois grands groupes : celui des traitements optiques qui sont dans l'ensemble peu coûteux, celui des traitements "par ordinateur" dont les coûts sont élevés et enfin, celui qui procède des deux autres et d'un prix de revient moyen.

II₂₁ - Traitements optiques

Dans ce groupe, il convient de séparer ceux qui utilisent les données multispectrales en combiné et ceux qui ne permettent de travailler que dans un seul canal.

II₂₁₁₁ - Techniques mono-canal = Equidensités

Qu'elles soient réalisées photographiquement par les sélections d'équiplage ou par procédé de télévision (Density Slicer) ces genres de traitements se heurtent au caractère non univoque des relations entre l'objet et sa densité de gris sur un cliché. Ce qui peut amener par exemple à confondre une colline rocheuse avec une zone hydromorphe !!

Néanmoins, ce genre de traitement peut être envisagé lorsque les "objets" parfaitement connus sur le terrain sont imbriqués les uns dans les autres avec des contrastes de réflectance élevés. Exemple : Alternance de sol nu et de sol avec une couverture végétale marquante).

II₂₁₂ Technique de traitement optique multispectral

Cela revient à fabriquer des "couleurs composites" (C.C.) en colorant les canaux sans respect de la hiérarchie du spectre électro-magnétique ou des "fausses couleurs composites" (F.C.C.) dans lesquelles le canal 7 est rendu en rouge, le canal 5 en vert et le canal 4 en bleu.

Ces documents peuvent s'obtenir soit par procédé photographique couleurs à l'échelle du 1/500 000, soit sur un écran avec un appareillage du type "Viewer" dont la composition visualisée sur l'écran doit être photographiée puis tirée sur papier couleur et suivant un agrandissement tel que l'image obtenue soit compatible avec l'objet ou le phénomène étudié (Il est possible d'obtenir sans problème du 1/500 000 sur la totalité d'une "scène" et du 1/250 000 sur 20 % environ de la surface).

II₂₂ - Traitement mixte Informatico-optique

Réalisable à partir de la bande magnétique C.C.T. (Computer compatible tape.) le principe consiste à visualiser à plus grande échelle (1/500 000) en améliorant les contrastes à l'aide d'un appareillage relié à un ordinateur (système VIZIR). Cette visualisation peut être réalisée avec les données brutes fournissant ainsi un film transparent pour chaque canal avec lequel on peut réaliser une "couleur composite" de haute qualité.

II₂₃ - Traitements à l'ordinateur

D'assez nombreuses méthodes de traitement en vue de cartographie automatique ont été mises au point (3-16-23) mais malheureusement le prix de revient est souvent prohibitif compte tenu du fait que les éléments cartographiés par ces méthodes sont dans des proportions importantes fréquemment obtenus par d'autres méthodes moins coûteuses.

Il faut cependant souligner les possibilités qu'offrent certains traitements notamment en visualisation à grande échelle comme le 1/80 000 ou le 1/100 000.

En conclusion, les techniques de traitement des données LANDSAT sont nombreuses et offrent de larges possibilités d'exploitation.

Le choix entre ces différentes techniques est fonction des crédits disponibles, des objectifs impartis et du niveau de précision que l'on désire obtenir.

Seuls des essais par traitements optiques multispectral et informatico-optique ont été réalisés dans le cadre de ce travail.

Indépendamment des objectifs "Inventaire et Cartographie", il y a lieu de distinguer deux types de surveillance en fonction de la nature et de la vitesse d'évolution du phénomène que l'on désire contrôler. L'un à court terme, concerne l'évolution interannuelle du tapis herbacé et correspond aux secteurs sahélo-saharien, sahélien et sahélo-soudanien. L'autre, quinquennal ou décennal permettrait de suivre l'évolution des parcours dans leur complexité par le contrôle des modifications du couvert ligneux, les éventuels progrès des indices de dégradation du tapis herbacé ainsi que l'augmentation des surfaces cultivées.

REMARQUE IMPORTANTE

Chaque type de document possède un niveau de précision qui lui est propre mais il est évident qu'un "objet" ou qu'un phénomène perceptible au plus haut niveau d'observation (imagerie satellite) l'est a fortiori à un niveau inférieur (photographie aérienne).

Les techniques proposées en tiennent donc compte mais avec l'intention de demeurer si possible aux plus petites échelles afin de limiter le nombre de documents à exploiter dans un travail donné.

C - PROPOSITION DE CLASSIFICATION ET DE
CRITERES DE SURVEILLANCE CONTINUE

I - DESERT SAHARIEN

Cette zone éco-climatique est délimitée par l'isohyète de pluviosité moyenne annuelle de 100 mm, avec des pluies aléatoires soit tropicales en saison chaude (été), soit océaniques en saison froide (hiver)

Ces pluies locales permettent le développement de plantes à cycle court (quelques semaines), qui s'ajoutent par intermittence aux pâturages permanents de graminées vivaces sur substrats favorables grâce à un apport d'eau complémentaire (collecte des eaux de ruissellement),

Des éleveurs nomadisent dans cette zone au gré des pluies et des puits avec des troupeaux de chameaux, de caprins et d'ovins.

A l'inventaire des puits et des pâturages permanents doit s'ajouter la détection des pâturages d'éphémères en surveillance continue (zones temporairement humides visibles sur imageries satellites),

Les scènes LANDSAT de ces régions sont souvent d'excellente qualité et devraient permettre un inventaire et une cartographie "d'unités paysages" susceptibles de porter un couvert végétal. Quant à la surveillance de ces parcours, nous n'avons pas connaissance de travaux réalisés sur ce thème, à ce jour et nous ne sommes pas en mesure de formuler un jugement sur les possibilités des imageries en la matière.

☒ Unité paysage : Unité territoriale identifiable à tous les niveaux d'observation (terrestre, aérien ou spatial), souvent désignée par un terme morphogéologique ou édaphique et qualifiée par un type de physionomie végétale (exemple : steppe sur cordon dunaire,...).

/ II - SAHEL /

Le sahel est une grande zone éco-climatique à vocation pastorale exclusive, dont les limites climatiques coïncident aux isohyètes 100 et 600 mm, cependant l'influence pastorale sahélienne reste fortement prédominante jusqu'à l'isohyète 800 mm alors que la présence des sols cultivés modifie les potentialités du territoire dès l'isohyète 400 mm.

Les caractères subdésertiques persistent dans le secteur sahélo-saharien alors que les caractères soudaniens sont évidents dans le secteur sahélo-soudanien.

Les espèces caractéristiques du Sahel (tab. 2) sont réparties^x sur les 3 secteurs selon leur amplitude écologique, mais des variations stationnelles (situation topographique et texture du sol) peuvent modifier leur distribution.

^xPour la description floristique des pâturages, l'abondance relative des espèces est spécifiée par : x = espèce fréquente ; A = espèce abondante

Tab.2 : REPARTITION DES ESPECES CARACTERISTIQUES
DU SAHEL

ESPECES	(x) = peu consommable (o) = sous ombrage	SAHELO SAHARIEN		SAHEL IEN				SAHELO-SOUDANIEN					
		Ep	Ns	Dr	Da	Gc	Sq	In	Dr	Da	Gc	Sq	In
LIGNEUX													
)Leptadenia pyrotechnica (Forsk.)Decne			x										
Maerua crassifolia Forsk.		x				x							
)Acacia ehrenbergiana Hayne		A				A							
Acacia tortilis (Forsk.)Hayne sbsp. raddiana (Savi)Brenan		A	x	x	A						x		
)Commiphora africana (A.Rich.)Engl.		x		x	x								x
Acacia senegal (L.) Willd.				A	x						x		
Balanites aegyptiaca (L.)Del.		x				A			x	x	x		
)Boscia senegalensis (Pers.)Lam.ex Poir.						A					x		
Grewia bicolor Juss.						x					x		
Acacia seyal Del.						A					A		
Pterocarpus lucens Guil. et Perr.													A
)Combretum micranthum G. Don													A
Guiera senegalensis J.F.Gmel									x	x	A		x
)Combretum glutinosum Perr. ex DC.									A	A	x		x
)Sclerocarya birrea (A.Rich.)Hochst.									x	A	x		
GRAMINEES VIVACES													
Panicum turgidum Forsk.		x	A	x									
Cyperus jamicus Rottb.			x	x									
)Aristida sieberana Trin.			x	x									
)Cymbopogon schoenanthus(L.)Spreng.					x	x							
Andropogon gayanus Kunth									x	x	x		
Hyperthelia dissoluta (Nees ex Steud.) Clayt.											x		
Echinochloa stagnina (Retz.)Beauv.									A				A
GRAMINEES ANNUELLES													
Panicum laetum Kunth						A					x		
Aristida funiculata Trin.et Rupr.		A				A					x		
)Aristida adscensionis L.						A					x		x
Schoenefeldia gracilis Kunth		A				A					x		
Cenchrus biflorus Roxb.			x	A	A	x	x		A	A	x		x
Aristida mutabilis Trin.et Rupr.			A	A	A	x	x		A	A	x		x
Eragrostis tremula Hochst. ex Steud.						x			A	A	x		x
Diheteropogon hagerupii Hitch.									x	x	A		A
)Loudetia togoensis (Pil.)Hubb.										x	A		x
)Elionurus elegans Kunth											A		A
Andropogon pseudapricus Stapf										x	A		A
)Pennisetum pedicellatum Trin.										x	A		A
HERBES DIVERSES													
Tribulus terrestris L.		x	x	x	x								
Alysicarpus ovalifolius (Schum.et Thonn.) J.Leon.				x	x	x				x	A	A	
Zornia glochidiata DC.						x	x			x	A	A	A

II₁ - SECTEUR SAHELO-SAHARIEN

Ce secteur est délimité par les isohyètes[☒] de pluviosité moyenne annuelle de 100 et 200 mm. La végétation est limitée aux substrats à bilan hydrique amélioré par collecte des eaux pluviales et se présente en steppes contractées sur épandages sablo-limoneux (Ep) ou nappes sableuses (Ns).

II₁₁ - Description et productivité

Les espèces ligneuses sont généralement réparties uniformément avec un couvert inférieur à 2% et les "steppes contractées herbeuses" sont dominées par des graminées vivaces xérophiles en touffes, les espaces libres étant colonisés par un tapis d'annuelles à faible recouvrement.

La biomasse herbacée peut atteindre 400 kg à l'hectare enherbé représentant 20 jours/an de pâture d'un UBT^{☒☒}.

Cette production de fourrage varie d'une année à l'autre avec la pluviosité et après la dernière sécheresse de 1972, les ligneux sont parfois morts ainsi que les graminées vivaces alors que des espèces sahariennes ont pu faire leur apparition comme Schouwia thebaïca Webb

II₁₂ - Exploitation

Les fourrages produits sur ces parcours sont surtout utilisés par des nomades propriétaires de chameaux, ovins et caprins, avec abreuvement à des puits. Lorsque ces parcours s'étendent sur de grandes surfaces d'épandage, avec mares temporaires, ils sont l'objet des grandes transhumances sahéliennes de saison des pluies, surtout s'il existe des sites de "cure salée" à proximité.

II₁₃ - Dynamisme des parcours

La végétation de ces parcours se révèle être assez stable sous exploitation car la charge effective demeure généralement faible. Par contre, des périodes de sécheresse sont susceptibles d'entraîner la mort des ligneux, de favoriser l'éolisation des placages sableux et d'entraîner une véritable "désertification".

☒ La pluviosité annuelle considérée est la "normale" qui correspond à la moyenne des 3 dernières décennies.

☒☒ UBT = Unité Bovin Tropical de 250 kg à l'entretien, avec les correspondances suivantes : 1 bovin recensé = 1 dromadaire = 0,8 UBT ; 1 ovin = 1 caprin = 0,1 UBT. Compte tenu de la perte de biomasse herbacée en saison sèche dépassant 40% et de la nécessité du maintien d'un reliquat jusqu'aux pluies, le 1/3 de la biomasse est considérée comme consommable, la consommation journalière de l'UBT étant estimée à 6,25 kg de MS.

II₁₄ - Surveillance continue

La surveillance continue des parcours sahélo-sahariens peut avoir pour objectifs :

- a) inventaire et cartographie des substrats susceptibles de porter un couvert végétal,
- b) inventaire et localisation des points d'abreuvement et des cures salées,
- c) contrôle de l'évolution des steppes contractées, par :
 - c₁ - le couvert ligneux
 - c₂ - le couvert herbacé total
 - c₃ - le couvert herbacé des vivaces

Objectifs	moyens utilisables [■]				
	Sol	photos aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	xx	x	xx	xxx	xx (?)
b	xxx	xx x	xx		
c ₁	xx	xx	xxx		
c ₂	xxx	xx	x xx	x	x
c ₃	xx	xx	xxx	x	

Dans ce secteur, dont nous ne possédons pas d'imagerie LANDSAT, l'objectif "inventaire et cartographie" (a) des "Unités paysages" (U.P.) est réalisable sans difficultés avec les photographies aériennes à moyenne échelle, comme le 1/100 000 et le 1/50 000, sous réserve que la prise de vue soit réalisée immédiatement après la fin de la saison des pluies, afin de pouvoir distinguer les surfaces colonisées par les graminées vivaces, celles occupées par un couvert d'herbacées annuelles d'au moins 30 % (en-dessous de 30 % de couverture herbacée, la réflectance enregistrée correspond essentiellement à celle du sol) et les zones dénudées ou très faiblement couvertes.

■

Le nombre de x précise la priorité à donner aux moyens utilisables.

L'inventaire et la localisation des points d'abreuvement et des cures salées (b) présentent plus de difficultés. La taille de ces éléments est le principal facteur limitant et seuls les indices indirects comme les axes de passages de troupeaux sont discernables sur les photographies aériennes et cela plus aisément à 1/20 000 qu'à 1/50 000, le 1/100 000 étant à exclure pour cet objectif.

Le contrôle de l'évolution des steppes contractées (c) ne peut être envisagé qu'à la condition expresse que les documents utilisés pour la surveillance interannuelle soit effectivement de même nature (échelle - émulsion) et surtout de même saison de prise de vues.

Si l'évolution du couvert ligneux c1 est effectivement contrôlable à l'échelle du 1/50 000 et a fortiori du 1/20 000 (39), celle du couvert herbacé (c2 et c3) est plus délicate.

L'expérience acquise permet de dire que la perception du couvert herbacé est directement fonction du contraste de réflectance entre un sol nu (ou avec un couvert très faible) et le même sol supportant une couverture herbacée marquante.

En conclusion, les inventaires pourraient être réalisés à l'échelle du 1/200 000 ou 1/1 500 000, à partir de vues aériennes ou même d'imageries satellites exploitées à 1/200 000 ou 1/500 000 selon les techniques de traitements utilisables.

Si les contrôles des divers critères utilisables en surveillance continue sont réalisables comme indiqué ci-dessus, la cartographie des degrés d'évolution ne pourrait être matérialisée pour le moment que par des symboles sur le fond "inventaire".

II₂ - SECTEUR SAHELIEN

Ce secteur correspondant au Sahel typique est compris entre les isohyètes 200 et 400 mm.

II₂₁ - Description et productivité

La végétation peut être différenciée selon les principales unités géomorphologiques : dunes à relief accusé (Dr), dunes arasées (Da), glacis colluviaux (Gc), terrains squelettiques (Sq), prairies inondables (In).

Sur terrains sablonneux (Dr, Da), le couvert ligneux ne dépasse pas 5% avec 3 espèces principales et dominance d'Acacia senegal sur Dr et Acacia tortilis sur Da. Les graminées vivaces sahélo-sahariennes se retrouvent sur Dr alors que Cymbopogon schoenanthus est fréquente sur Da. Dans les 2 situations, le couvert d'annuelles est dense avec les graminées appréciées Cenchrus biflorus et Aristida mutabilis.

La productivité augmente du Nord au Sud avec la pluviosité et varie le long des toposéquences. Elle est d'autant plus forte que les séquences à pente faible prédominent dans le modelé : 500 kg/ha de MS au Nord à 1500 kg au Sud sur crêtes pour 650 à 2000 kg sur pentes faibles.

Le couvert herbacé sur sable semble instable, avec présence de nombreuses plages durcies et dénudées par ablation du sol superficiel en "coups de cuiller", ce qui traduit une fragilité de la couverture végétale, favorisant une remobilisation du sable qui se dépose sur les zones nues et permet leur recolonisation. Les surfaces dénudées par ablation sont peu importantes sur crêtes (5%) mais varient de 20 à 50% sur pente, ce qui diminue d'autant les potentialités de charge en bétail. La capacité de charge se trouve ainsi réduite à 17 jours/an/ha géographique de pâture d'un UBT vers l'isohyète 200 mm, et à 57 jours vers 400 mm de pluie (20 à 6 ha/an/UBT).

Sur glacis colluviaux (Gc), le couvert ligneux est hétérogène et constitue localement, une forêt claire basse (2 à 3 m de hauteur) à Acacia ehrenbergiana vers 200 mm de pluie ou à Acacia seyal vers 400 mm de pluie. Le couvert herbacé est dense et dominé localement par Panicum laetum ou Schoenefeldia gracilis.

La biomasse herbacée aérienne peut varier de 1 à 3 t/ha de MS ; la charge théorique en bétail est en moyenne de 70 jours/an de pâture d'un UBT (5 ha/an/UBT).

Le tapis herbacé peut disparaître par suite du colmatage dû à une érosion en nappe assez vive sur certains parcours, diminuant d'autant la production.

Sur terrains squelettiques, la végétation est une steppe arbustive contractée avec répartition en taches ou replats, ruptures de pente, ou micro-dépressions situées entre les filons de roches affleurantes.

Le couvert ligneux est dominé par *Commiphora africana* vers 200 mm de pluie, *Pterocarpus lucens* vers 400 mm de pluie et *Grewia bicolor* surtout localisé sur micro-dépressions, avec un sous-bois herbacé dominé par *Aristida adscensionis* au Nord, et *Andropogon pseudapricus* au Sud.

La biomasse herbacée est estimée à 500 kg/ha de MS sur plages enherbées correspondant à 10 j/an/ha géographique de pâture d'un UBT, mais ce parcours est surtout recherché pour les productions ligneuses appréciées (feuilles vertes et sèches).

Les prairies inondables ou bourgoutières des hauts-fonds des rivières et des grandes mares sont exploitables à la décrue et après exondation. La biomasse herbacée produite par *Echinochloa stagnina* peut atteindre 6 t/ha de MS correspondant à 257 j/an de pâture d'un UBT (0,6 ha/UBT pour la période de pâture en saison sèche). Cependant, le bourgou n'occupe pas toute l'étendue des plaines inondables : des variations de texture du sol, de hauteur et de durée d'inondation, de vitesse de l'eau et l'extension des rizières abandonnées entraînent l'implantation d'autres graminées plus agressives mais moins consommées comme le riz sauvage à rhizomes.

II₂₂ - Exploitation

A l'exception des forages à exhaure motorisée qui peuvent irrégulièrement fonctionner toute l'année, les facilités d'abreuvement ordonnent la transhumance saisonnière des troupeaux de bovins et ovins - caprins, ces derniers restant à proximité des campements : abreuvements aux mares temporaires en saison des pluies, aux puisards en début de saison sèche, aux puits, forages, grandes mares pérennes ou cours d'eau en pleine saison sèche. Cependant une diversité de parcours est nécessaire : parcours à *Panicum laetum* en saison des pluies, à *Schoenefeldia gracilis* en début de saison sèche, à *Aristida mutabilis* et *Cenchrus biflorus* en saison sèche, à *Grewia bicolor* et *Pterocarpus lucens* en fin et début de saison sèche. La capacité de charge régionale devrait, en outre, tenir compte d'une réserve de parcours pour pallier aux aléas climatiques (1/3 de parcours en supplément des besoins estimés).

Vers l'isohyète 400 mm, se développe avec l'essor démographique, l'emprise des cultures protégées par des clôtures en épineux.

II₂₃ - Dynamisme des parcours

Les parcours les plus vulnérables, les plus rares, donc les plus exploités sont les parcours Gc qui sont fréquemment sujets à colmatage entraînant mort des ligneux et disparition du couvert herbacé. Ces parcours peuvent être régénérés par scarifiage discontinu en courbes de niveau.

Les parcours dunaires (Dr et Da) présentent une variation de composition floristique sous exploitation, avec augmentation de *Cenchrus biflorus*, plante vulnérante à fructification, au détriment d'*Aristida mutabilis*, plante appétible à tous les stades phénologiques. L'importance des surfaces dénudées par ablation diminue la valeur du parcours et pourrait s'accroître en période sèche ou sous charge excessive en bétail.

Les parcours sur terrains squelettiques semblent particulièrement vulnérables en période de sécheresse avec mort des ligneux et disparition du couvert herbacé.

Dès que la biomasse herbacée atteint 1 t/ha de MS il y a risque de feux de brousse en saison sèche, feux qui peuvent anéantir les réserves de fourrages sur pied sur des superficies considérables.

II₂₄ - Surveillance continue

La surveillance continue des parcours sahéliens peut donc avoir pour objectifs :

- a) inventaire et cartographie des différents parcours édapho-climatiques
- b) inventaire et localisation des divers points d'abreuvement et des cures salées
- c) inventaire et cartographie des terrains cultivés
- d) contrôle de l'évolution des parcours
 - d₁ - le couvert ligneux
 - d₂ - le couvert herbacé total
 - d₃ - le taux d'occupation des plages dénudées par ablation, sur sables
 - d₄ - le taux d'occupation de plages dénudées par colmatage, sur glakis limoneux
 - d₅ - le taux d'extension des feux de brousse

Objectifs	moyens utilisables				
	Sol	photos aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	xx	x	xx	xxx	xx
b	xx	xx x	xx		
c	xx	xx	xxx	xx	
d ₁	xx	xx	xxx		
d ₂	xxx	xx	xx	x	x
d ₃	xxx	xxx	x		
d ₄	xxx	xxx	xx	x	
d ₅	x			x	xx

Pour l'affectation des moyens de surveillance de ce secteur aux différents objectifs impartis, il a été procédé à l'analyse par simple photo-interprétation de l'imagerie ERTS 1 n° 1175 - 10450 - du 14 janvier 1973 - canaux 5 et 7.

Cette scène, d'excellente qualité (classement NASA - 2L pour Mss5 et 1L pour Mss7) correspond à une zone dont la carte des pâturages a été dressée par l'I.E.M.V.T. (x) et la société GEOTECHNIP, à partir des observations au sol et de la couverture photographique aérienne à 1/50 000 de l'Institut Géographique National (Mission A.O.F. 1954 - 090 et 091).

Malheureusement, cette scène est de pleine saison sèche et appartient de plus à une année de sécheresse particulièrement importante. A ce sujet, il faut dire que la période qui nous semble la plus propice pour l'enregistrement des données relatives à la végétation se situe immédiatement après les pluies, en l'occurrence, pour la région considérée vers fin septembre.

x MOSNIER (M.) - Déc. 1961 - "Pâturages naturels sahéliens. Région de Kaedi (Mauritanie)". Maisons-Alfort IEMVT - Et. agrost. n°3, miméogr.: 169 p., 1 c. coul. au 1/200 000 en deux feuilles (24 600 km²).

a) Inventaire et cartographie des différents parcours :

Comme on peut le voir sur le calque d'interprétation de l'imagerie ERTS, citée en référence, une bonne partie des unités - paysages de ce secteur sont différenciables à 1/1 000 000. Les dunes à relief accusé (Dr) contrastent nettement des terrains squelettiques (SQ) mais ne semblent pas très différentes des dunes arasées (Da) sinon par une plus forte réflectance pouvant correspondre à une plus grande épaisseur de sable.

Les glacis colluviaux (Gc) peuvent être confondus avec des recouvrements sableux peu épais (Epe).

Les prairies inondables (In) sont très nettement identifiables et la cartographie de ses diverses composantes, bourrelets de berges, zone d'inondation prolongée semble réalisable.

b) Inventaire des divers points d'abreuvement et cures salées :

De même que pour le secteur sahélo-saharien, l'inventaire des points d'eau, puits, mares temporaires, ne semble pas réalisable à partir des données satellites actuelles, à l'exception des grandes mares semi-permanentes qui, en absorbant l'infra-rouge, sont identifiables sur le canal 7.

Les photographies aériennes à 1/50 000 ou mieux à 1/20 000 sont là encore les plus fiables.

c) Inventaire et cartographie des terrains cultivés :

Les terrains cultivés, cultures et jachères récentes, localisés dans la partie Sud du secteur, ne sont pas détectables avec garantie sur des imageries satellite, car elles peuvent être confondues aisément avec des sols nus (ce qu'elles sont d'ailleurs une fois les récoltes terminées et après consommation des résidus de récoltes par le bétail).

La limite supérieure de perception nous paraît se situer à 1/50 000 et peut être à 1/100 000, si le contraste entre terrain cultivé et végétation avoisinante est élevé.

COMPARAISON ENTRE LES "UNITES PAYSAGES" CARTOGRAPHIABLES D'APRES
 PHOTOGRAPHIES AERIENNES ET IMAGERIE LANDSAT, PAR METHODE DE
 PHOTO-INTERPRETATION



Echelle 1/1 000 000e

Réf. Image ERTS 1 n° 1175-10450 - Mss 7 - du 14 Janvier 1973
 Carte des Pâturages de KAEDI et M'BOUT - I.E.M.V.T.- GEOTECHNIP
 Couverture photographique aérienne I.G.N. - A.O.F.54 -090 et 091.

LEGENDE

—————	Limite commune carte et imagerie satellite	
-----	Limite non décelable sur l'imagerie	
.....	Limite visible seulement sur l'imagerie	
Dr	: Dune à relief)
Da	: Dune arasée)
) Différenciation délicate
Epe	: Ensablement peu épais)
Gc	: Glacis colluvionnaire)
) Localement confondus
SQ1	: Terrain squelettique	(Plateau latéritique
SQ2	: " "	(Schiste
SQ3	: " "	(Reg sur schiste
) Non différenciable sur l'image
JC	: Jachère ou culture	
In	: Zone inondable	

d) Contrôle de l'évolution des parcours

La surveillance de la strate ligneuse (d1) dont le pourcentage de couverture est très faible n'est pas envisageable, d'après les imageries satellites.

Là encore, la limite de perception pour des comparaisons globales se situerait à 1/50 000 et à 1/20 000, en utilisant des émulsions fausses couleurs pour une surveillance plus fine.

Des estimations de variations du couvert herbacé total (d2) n'ayant jamais été réalisées dans ce secteur par utilisation de données LANDSAT, nous ne pouvons pas nous prononcer avec certitude. Mais les résultats obtenus en zone sahélo-soudanienne laissent entrevoir des possibilités lorsque le parcours est sur sol sableux (voir chapitre II₃₄). Quant aux estimations des surfaces dénudées par ablation (d3) ou par colmatage (d4), elles ne sont envisageables d'une manière fiable qu'à 1/20 000 et éventuellement à 1/50 000.

Le taux d'extension des feux de brousse (d5) peut, par contre, être parfaitement étudié sur tirage d'une image LANDSAT à 1/1 000 000 dans le canal 5 ou 7, à condition d'avoir des "scènes" de fin de saison sèche où figure la totalité des traces de feux.

Conclusions

Les imageries satellites peuvent probablement permettre (■) la cartographie des parcours. L'échelle à retenir est soit le 1/500 000, soit le 1/200 000 suivant l'importance du périmètre et les moyens mis en oeuvre.

Pour la surveillance interannuelle des parcours sahéliens sur sol sableux, des espoirs sont permis mais ils doivent être confortés par des expérimentations en grandeur réelle.

La surveillance, à 5 ou 10 ans, pour le contrôle de l'évolution du couvert ligneux, de l'érosion et des terrains cultivés pourrait aboutir à une cartographie zonale, à l'échelle du 1/200 000 ou 1/100 000 et pour des sites de référence à 1/20 000 ou 1/50 000.

■ Quelle que soit la technique de traitement retenue pour aboutir à cette cartographie, il est fortement conseillé de travailler avec l'appui des photographies aériennes existantes.

II₃ - SECTEUR SAHELO-SOUDANIEN

Ce secteur est délimité par les isohyètes 400 et 600 mm.

II₃₁ - Description et productivité

La végétation peut être différenciée selon les mêmes unités géomorphologiques : dunes à relief accusé (Dr), dunes arasées (Da), glacis colluviaux (Gc), terrains squelettiques (Sq), prairies inondables (In).

Sur terrains sablonneux (Dr, Da), le couvert ligneux reste inférieur à 5%, avec des espèces ligneuses dominantes à feuilles larges et caduques. A l'exception d'*Aristida sieberana*, encore fréquent sur Dr, les graminées vivaces sont surtout représentées par *Andropogon gayanus*, de sorte que la végétation peut être appelée "savane panachée arborée". Le tapis de graminées annuelles reste en effet abondant et dense avec les espèces xérophiiles sahéliennes, *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, auxquelles s'ajoute *Eragrostis tremula*. Les plages dénudées par ablation se font rares ou inexistantes, mais des espèces diverses non consommables se mêlent à la biomasse herbacée pour atteindre jusqu'à 40% de la production.

La biomasse herbacée appétible se trouve réduite en moyenne à 1.000 kg/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 50 j/an/ha de pâture d'un UBT (7 ha/an/UBT).

Sur glacis colluviaux (Gc), le couvert ligneux s'épaissit avec tendance à des formations fermées où coexistent en taches, espèces épineuses dominées par *Acacia seyal*, et espèces à feuilles larges dominées par *Guiera senegalensis*. La graminée vivace *Andropogon gayanus* s'y localise par plages et le tapis dense d'annuelles est dominé par des espèces mésophiles à feuilles étalées comme *Andropogon pseudapricus* et *Diheteropogon hagerupii* pendant que *Pennisetum pedicellatum* prédomine en sites ombragés. Dans cette "steppe mésophile arbustive" les graminées peu consommées sont abondantes avec : *Aristida adscensionis*, *Elionurus elegans* et *Loudetia togoensis*.

La biomasse herbacée peut atteindre 3 t/ha de MS dont les 2/3 sont généralement consommables et la capacité de charge moyenne peut être estimée à 95 j/an/ha de pâture d'un UBT (4 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques, le couvert ligneux, souvent hétérogène, peut tendre vers une "forêt claire basse" dominée par *Combretum micranthum* et *Pterocarpus lucens*. Le couvert herbacé est généralement dense mais avec localisation de graminées annuelles en situations topographiques privilégiées : *Loudetia togoensis* sur pentes peu prononcées, *Andropogon pseudapricus* sur replats, *Pennisetum pedicellatum* sous ombrage.

La biomasse herbacée moyenne consommable est estimée à 800 kg/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 40 j/an/ha de pâture d'un UBT (9 ha/an/UBT).

Sur ces terrains, la végétation prend souvent l'aspect d'une "Brousse Tigrée" correspondant à une steppe contractée réduite à des bandes de fourrés correspondant plus ou moins aux dépressions et crêtes du microrelief, alors que les pentes sont dénudées avec épandage de gravillons en amont et colmatage en piémont. Sur ces faciès, la productivité à l'hectare géographique est réduite aux plages enherbées. Tous les degrés d'évolution entre ces 2 extrêmes, peuvent se rencontrer dans le secteur sahélo-soudanien.

Les prairies inondables ou bourgoutières des hauts-fonds des rivières et des grandes mares sont exploitables à la décrue et après exondation. La biomasse herbacée produite par *Echinochloa stagnina* peut atteindre 15 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 720 j/an/ha de pâture d'un UBT (0,25 ha/UBT pour la période de pâture en saison sèche).

II₃₂ - Exploitation

Dans ce secteur, la pluviosité autorise déjà la culture du mil et de l'arachide et les terres cultivées prennent d'autant plus d'extension que les sols s'y prêtent mieux (sablonneux) et que la densité humaine est plus forte. Le taux d'occupation des terres cultivées peut atteindre et parfois dépasser 40% du terroir.

L'exploitation du secteur par les pasteurs transhumants reste importante, car les pasteurs viennent au contact des agriculteurs sédentaires pour effectuer des échanges de produits laitiers contre des graines de céréales, faire fumer les champs par les troupeaux et faire profiter ces derniers des résidus de cultures demeurés sur pied. A ce bétail des transhumants, s'ajoutent les troupeaux de plus en plus importants des agriculteurs qui effectuent, à la période des cultures, des déplacements de faible amplitude pour s'éloigner des parcelles cultivées.

■ A l'Est de la boucle du Niger, cette espèce fait place à d'autres espèces et en particulier à *Croton zambesicus* Müll. Arg. et *Gardenia sokotensis* Hutch.

Malgré cette forte exploitation du secteur, l'absence de points d'eau peut localement réduire l'impact de l'homme et de son bétail et les feux de brousse peuvent y détruire le stock fourrager produit pendant la saison des pluies.

II₃₃ - Dynamisme des parcours

Les terres cultivées peuvent se dégrader par suite des cultures répétées d'autant plus que le sol peut n'être qu'insuffisamment protégé par les cultures pendant les pluies et qu'il est soumis en saison sèche, à une intense érosion éolienne, surtout après élimination des résidus de récoltes par le bétail, qui, en même temps, augmente la fragilité du sol par piétinement. Les terres cultivées sont surtout localisées sur terrains sablonneux à tous les niveaux topographiques et leur extension diminue d'autant les surfaces pâturables, au moins pour la saison des pluies. La diminution du couvert ligneux sur sables est généralement associée à la présence des cultures, les ligneux étant émondés en saison des pluies pour diminuer les possibilités de nidification des oiseaux granivores, les clôtures de protection des cultures étant réalisées avec des branchages d'épineux et l'implantation de villages sédentaires circonscrivant les lieux de collecte du bois de chauffage.

Sur terrains sableux, la pâture de saison sèche ne semble provoquer qu'une modification de la flore herbacée au bénéfice de *Cenchrus biflorus*. Par contre, la pâture répétée à chaque saison des pluies, à proximité des points d'abreuvement de saison des pluies, entraîne rapidement l'élimination des graminées annuelles, qui ne peuvent plus fructifier, au profit de la légumineuse annuelle à cycle court : *Zornia glochidiata*. A ce premier stade, la valeur fourragère de saison des pluies augmente, ce qui entraîne une plus grande fréquentation par les troupeaux jusqu'à un seuil de rupture indiqué par l'apparition de plages décapées et durcies par ablation, et la formation de microdunes intercalaires qui portent encore un tapis de *Zornia*, mais l'importance des taches dénudées diminue le potentiel de charge et précise le degré de dégradation.

Sur terrains colluviaux, une charge excessive en bétail et / ou la présence de terres cultivées en amont semblent être à l'origine de taches dénudées et déboisées par suite de colmatage. Des plages colmatées et dénudées apparaissent également sur les micropentes des terrains squelettiques, ce qui pourrait constituer une phase préalable à la mise en place des faciès de "Brousse Tigrée".

Des expérimentations récentes effectuées en Haute-Volta (45) démontrent qu'il est possible de régénérer la végétation des plages colmatées par un scarifiage en courbes de niveau sur pentes faibles (0,5%), avec un travail du sol atteignant au moins 5 cm de profondeur. Parallèlement, la mise en cultures avec petits fossés d'absorption totale en courbes de niveau, améliore la production et surtout la régularise malgré les aléas climatiques. Elle devrait être associée à la plantation de ligneux fourragers améliorant la fertilité des sols comme *Acacia albida* (31).

II₃₄ - Surveillance continue

La surveillance continue des parcours sahélo-soudaniens devrait donc avoir pour objectifs :

- a) inventaire et cartographie des différents parcours édapho-climatiques
- b) inventaire et localisation des divers points d'abreuvement et des cures salées
- c) inventaire et cartographie des terrains cultivés
- d) contrôle de l'évolution des parcours:

d₁ - le couvert ligneux

d₂ - le couvert herbacé total

d₃ - le taux d'occupation des plages dénudées par ablation sur sables

d₄ - le taux d'occupation des plages dénudées par colmatage sur glacis limoneux

d₅ - le taux d'extension des faciès de brousse tigrée

d₆ - le taux d'extension de feux de brousse.

Objectifs	moyens utilisables				
	Sol	photos aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	xx	x	xx	xxx	xx
b	xx	xxx	xx	x	x
c	xx	xx	xxx	xx	x
d ₁	xx	xxx	xx		
d ₂	xxx	xx	xxx	x	xx
d ₃	xxx	xxx	xx	x	
d ₄	xxx	xxx	xx	x	
d ₅	x	xx	xxx	x	
d ₆	x			x	xx

C'est dans ce secteur que nous disposons du plus grand nombre de moyens de télédétection pour étudier leur utilisation et leur niveau d'application. La région de l'Oudalan dans le Nord Haute-Volta a été photographiée à 1/50 000 en novembre 1975 sur émulsions panchromatique et infra-rouge noir et blanc. En imagerie LANDSAT, nous disposons des scènes suivantes dans les quatre canaux 4-5-6-7).

- 1112 - 09541 du 12 novembre 1972
- 2126 - 09421 du 28 mai 1975
- 2288 - 09403 du 06 novembre 1975 (Les photographies aériennes ont
- 2378 - 9393 du 04 février 1976 été prises le 08 novembre)

En outre, une étude réalisée par l'I.E.M.V.T. depuis 1974 fournit la vérité terrain.

Pour exploiter les possibilités multispectrales des données LANDSAT, il fut réalisé des fausses couleurs composites (F.C.C.) au laboratoire d'analyse des imageries de "Remote Sensing Unit" de la F.A.O. à Rome, à l'aide du "Colour Additive Viewer" grâce à la compréhension du Docteur HOWARD et à l'efficace collaboration de Miss SPIERS.

Les différentes manipulations effectuées avaient pour objectifs de définir :

1. la ou les périodes optimums pour une cartographie (objectif a).
2. Les éléments différenciables entre début et fin de saison sèche et les éléments différenciables à plusieurs années d'intervalle (objectifs c. et d.).

a) Inventaire et cartographie des différents parcours

L'observation des F.C.C. montre que la "scène" de novembre 1975 contient relativement plus d'informations sur la végétation que les autres imageries.

- les grandes mares (In), les vallées de rivières importantes sont d'une coloration rougeâtre traduisant un important couvert végétal. Les parties les plus rouges indiquant les végétaux encore verts à cette époque sur le terrain.

- les dunes (Dr) sont nettement différenciables par rapport aux glacis mais très voisines des pénéplaines sableuses (Da), les deux U.P. ayant un couvert herbacé localement important (voir l'interprétation).

-les glacis colluviaux (Gc) où la couverture végétale est très faible ont des niveaux de réflectance moyens dans les canaux 5 et 7 se traduisant par des colorations du jaune au bleu-vert.

- les surfaces d'eau libre comme la rivière Béli sont en bleu.

- les terrains squelettiques (Sq) correspondent aux taches brunes + noirâtres.

b) Inventaire et localisation des points d'abreuvement et des cures salées

Si les puits et cures salées ne sont toujours pas discernables sur les imageries LANDSAT, ce qui nécessite pour leur localisation l'utilisation des photographies aériennes à 1/50 000 et 1/20 000, les grandes mares semi-permanentes ou permanentes sont parfaitement visibles sur les imageries (voir interprétation).

c) Inventaire et cartographie des terrains cultivés

Le problème est différent selon la nature du sol et le degré de couverture végétale herbacée.

Sur dune sableuse lorsque la couverture herbacée est relativement abondante, les limites géométriques des terrains cultivés tranchent de manière bien visible à cette saison (voir interprétation). Mais le risque de confusion avec un sol dénudé demeure (cas de la mare d'Oursi) pour les mêmes raisons que celles évoquées dans le secteur sahélien (ch II₂₄ par. c).

Sur dune arasée (Da) ou sur ensablements peu épais, terrain préférentiel de cultures (mil), les limites des terrains cultivés correspondent sensiblement aux limites de l'unité paysage (voir interprétation). Il y a donc concordance entre la réflectance (à cette saison) des terres cultivées et des ensablements.

La solution qui nous semble la plus fiable repose sur une exploitation de photographies aériennes récentes à 1/50 000 et peut-être à 1/100 000. Le principe de cette exploitation visant à obtenir une carte "par mailles" indiquant à la fois le taux d'occupation des sols par les cultures et jachères et la localisation géographique des différentes concentrations.

Cette carte fournit davantage de précision qu'une carte traditionnelle à même échelle. Elle permet la surveillance à moyen et long terme, de l'évolution du paysage agraire (Voir l'extrait de la "carte des surfaces cultivées dans l'O.R.D. du Sahel Hte-Volta) ainsi que l'estimation, après un échantillonnage et des mesures sur le terrain, de la productivité agricole d'une région et donc des résidus de récoltes utilisables par les animaux.

d) Contrôle de l'évolution des parcours

Si la surveillance de l'évolution du couvert ligneux (d1) ne semble pas non plus dans ce secteur, réalisable à partir des données LANDSAT et que là encore il faille utiliser les photographies aériennes à 1/50 000 ou même à 1/20 000, le contrôle de l'évolution du couvert herbacé total (d2) paraît plus abordable.

L'examen de la couleur composite (C.C.) réalisé à l'aide des canaux 5 de Mai et de Novembre 1975 montre qu'il est possible de mettre localement en évidence à partir des données LANDSAT, les différents états du tapis végétal entre la fin de la saison sèche 1974 - 1975 et le début de celle de 1975 - 1976.

Les principales différences résident dans l'intensité et la localisation du couvert entre ces deux dates. Sur la C.C. apparaît en rouge ce qui est perceptible en novembre et pratiquement indiscernable en Mai et qui correspond au couvert herbacé des parcours sur sols sableux (dune à relief et dune arasée).

Pour apprécier l'intérêt des données LANDSAT dans la surveillance à moyen terme, une composition colorée a été réalisée avec les canaux 7 d'octobre 1972 et de novembre 1975 (Mss7 de novembre 1975 en vert et Mss7 d'octobre 1972 en rouge).

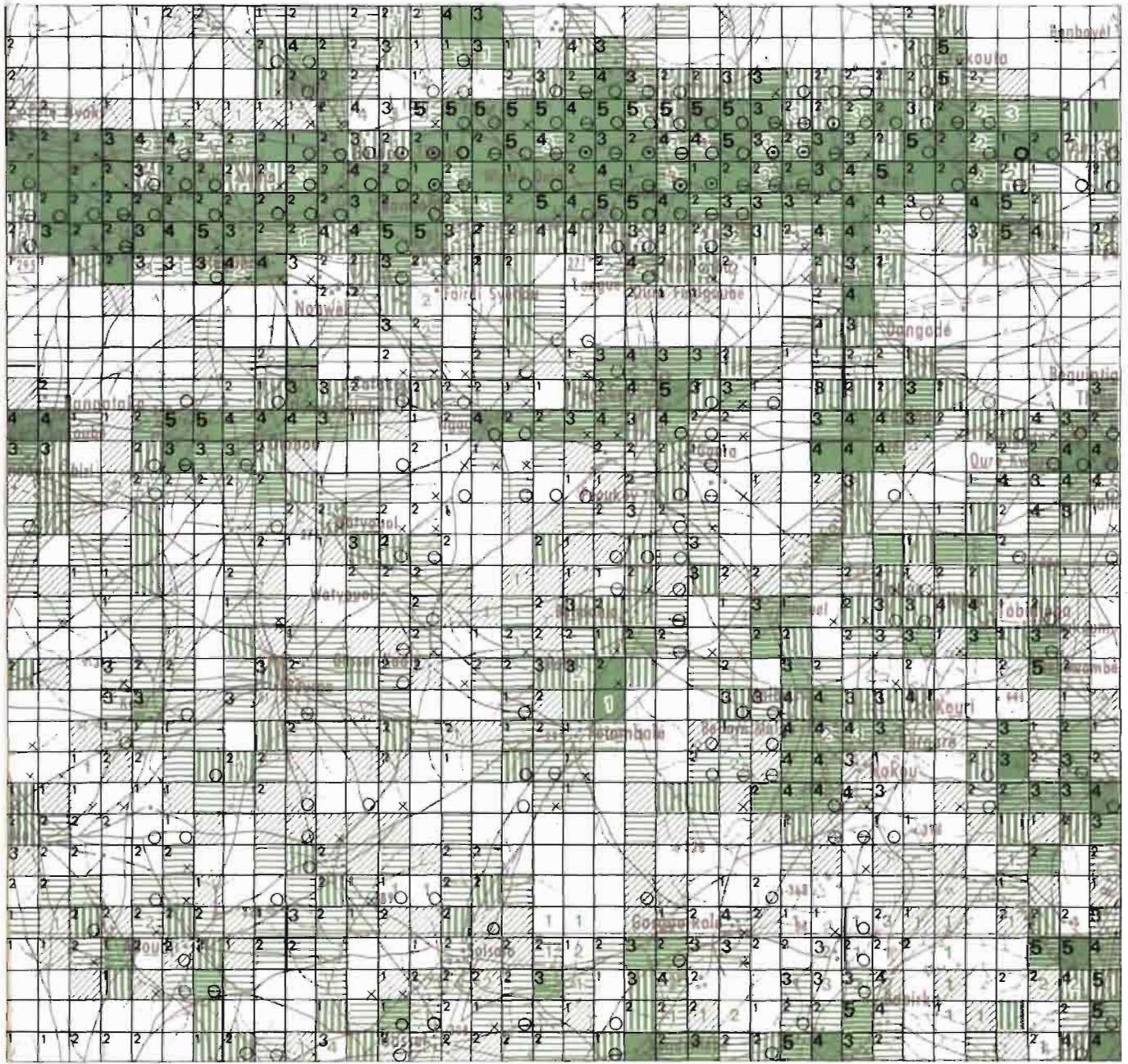
Ce traitement met en évidence de manière analogue au précédent la différence entre l'état de la couverture herbacée des parcours sur sols sableux entre ces deux années. En outre, les différences de surfaces occupées par les grandes mares apparaissent très nettement (OURSIS - YOMBOLI...)

De tels traitements pourtant fort intéressants sont techniquement difficiles à réaliser à partir des clichés à 1/3 690 000,

EXPRESSION PAR "MAILLES" DE L'EVOLUTION DES SURFACES CULTIVÉES

1955

1974



Extrait de la carte des surfaces cultivées de HAUTE-VOLTA, I.E.M.V.T. 1975

Echelle 1/200 000

LÉGENDE
TAUX D'OCCUPATION DE CHAQUE UNITÉ DE SURFACE

1 Unité de surface = 100 ha

1955	1974	CULTURES	1955	1974	JACHÈRES
5		Plus de 75 % de l'unité de surface		5	Plus de 75 % de l'unité de surface
4		De 50 à 75 % de l'unité de surface		4	De 50 à 75 % de l'unité de surface
3		De 30 à 50 % de l'unité de surface		3	De 30 à 50 % de l'unité de surface
2		De 10 à 30 % de l'unité de surface		2	De 10 à 30 % de l'unité de surface
1		De 4 à 10 % de l'unité de surface		1	De 4 à 10 % de l'unité de surface

la superposition ne pouvant se réaliser que sur une portion restreinte d'image à cause de légères différences d'échelles entre les axes X et Y de chaque cliché.

Quant au contrôle de l'évolution des différents taux d'occupation des plages dénudées sur sables (d3) et de celles dénudées par colmatage sur glaciis (dn), il n'est pas possible de l'effectuer à partir des données satellites, ces phénomènes n'étant pas à l'échelle du "Pixel" (☒).

La surveillance à ce niveau nécessite des prises de vues aériennes à 1/20 000 de préférence.

Pour ce qui concerne l'extension du faciès brousse tigrée (d5), celle-ci n'étant pas visible sur imagerie satellite, son développement ne peut être observé que sur des clichés à plus grande échelle (1/50 000).

Enfin, comme pour le secteur sahélien, le taux d'extension des feux de brousse peut être surveillé par exploitation d'imagerie satellite

CONCLUSIONS : Dans ce secteur, l'inventaire et la cartographie des principales "Unités paysages" est réalisable à 1/500 000 ou 1/200 000 selon les moyens et les techniques de traitements employés à partir d'imageries LANDSAT.

La cartographie et le contrôle des terrains cultivés peuvent être réalisés à partir des photographies aériennes récentes à 1/50 000 et peut être à 1/100 000 selon la méthode des mailles.

Le contrôle de l'évolution des parcours ne semble pas, sauf en ce qui concerne le couvert herbacé des parcours sur sols sableux, réalisable d'après les seules données LANDSAT traitées optiquement, mais nécessite l'utilisation de photographies aériennes.

☒ PIXEL : Terme anglo-saxon, désignant à la fois la tache élémentaire et la distance de séparation de deux taches élémentaires successives.

III - Z O N E S O U D A N I E N N E

Alors que la végétation perd progressivement ses caractères de xerophilie à mesure que la pluviosité augmente du Nord vers le Sud, la caractéristique principale de la zone est l'impact de plus en plus marqué des agriculteurs sédentaires, se traduisant par un taux de plus en plus élevé de terres cultivées.

En zone soudanienne, le paysage n'est plus marqué par les grands ergs du quaternaire et la végétation se différencie selon le modelé : pénéplaine (Pn), glacis colluviaux (Gc), terrains squelettiques gravillonnaires (Sg) ou cuirassés (Sc).

III₁ - SECTEUR SOUDANO-SAHELIEN

Ce secteur est délimité par les isohyètes 600 et 800mm.

III₁₁ - Description et productivité

Sur terrains pénéplanés (Pn), la végétation ligneuse devient assez dense avec un couvert qui peut atteindre 30 p.100. A l'ombre des ligneux, domine *Pennisetum pedicellatum* et en taches ensoleillées, le tapis herbacé est une savane panachée où coexistent les co-dominantes, la graminée annuelle *Diheteropogon hagerupii* et la vivace *Andropogon gayanus*.

La biomasse herbacée appétible peut atteindre 1 500 kg/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 70 j/an/ha de pâture d'un UBT (5 ha/an/UBT).

Tab. 3 - Répartition des espèces caractéristiques soudaniennes

ESPECES (x) peu consommables (o) sous ombrage	Soudanien				Soudano-guinéen			
	Sg	Gc	Pn	Pc	P	Gc	Sg	Sc
<u>Ligneux</u>								
(x) Combretum micranthum G.Don	x							x
Guiera senegalensis J.F.Gmel.	x		A	x				
(x) Combretum nigricans Lepr.ex Guil.et Perr.	x		x	A	x			
(x) Combretum glutinosum Perr.ex DC.	x	A	A	A	x		x	x
Bombax costatum Pell. et Vuill.	x		x	x	x			
(x) Butyrospermum paradoxum (Gaertn.f.) Hepper		x		x		A	x	
Piliostigma reticulatum (DC.)Hochst.		A						
Anogeissus leiocarpus (DC.)Guill.et Perr.				A				
(x) Piliostigma thonningii (Schum.)Milne Redh.				x	x	x	x	
Pterocarpus erinaceus Poir.				x	x	x	x	
(x) Terminalia macroptera Guil. et Perr.				x	x	x	x	
(x) Pericopsis laxiflora (Benth.ex Bak.) Van Meeuw.					x	x	x	
(x) Isoberlinia doka Craib et Stapf					x	x	x	
Parkia biglobosa (Jacq.)Benth.					x	x		
Gardenia erubescens Stapf et Hutch.						A		
Daniellia oliveri (Rolfe) Hutch. et Dalz.						A	x	
Detarium microcarpum Guil. et Perr.						x	x	
(x) Crossopteryx febrifuga (Afz. ex G.Don) Benth.						x	x	
(x) Terminalia avicennioides Guil.et Perr.						x	x	
(x) Terminalia laxiflora Engl.						A	x	
(x) Burkea africana Hook.							A	
<u>Graminées vivaces</u>								
Andropogon gayanus Kunth		A	x	x		A		
Hyperthelia dissoluta (Nees ex Steud.) Clay.		x				x	x	
(o) Andropogon tectorum Schum. et Thonn.					A	x	x	
Diheteropogon amplexans (Nees)Clay.				x	A	x	x	
(x) Ctenium newtonii Hack.						x	x	
Hyparrhenia subplumosa Stapf						x	x	
Andropogon ascinodis C.B.Cl.					x	A	A	x
Hyparrhenia smithiana (Hook.f.)Stapf						A	x	
Schizachyrium sanguineum (Retz.)Alst.							A	
Loudetia simplex (Nees)Hubb.								A
<u>Graminées annuelles</u>								
Diheteropogon hagerupii Hitch.		A	A	A				
Andropogon pseudapricus Stapf	x	x	x	x				x
(x) Loudetia togoensis (Pil.)Hubb.	A						x	A
(x) Microchloa indica (L.f.)P.Beauv.	A	x	x	x	x	x	A	A
(o) Pennisetum pedicellatum Trin.	x	x	x					
(o) Pennisetum subangustum (Schum.) Stapf et Hubb.				x	x			
<u>Herbes diverses</u>								
Cassia mimosoides L.		x	x					
Monechma ciliatum (Jacq.)Milne-Redh.			x	x				

Sur glacis colluviaux, la végétation ligneuse ne dépasse guère 20 p.100 de recouvrement avec présence de l'arbre à beurre ou karité, *Butyrospermum paradoxum*. Le tapis herbacé est encore une savane panachée, nettement dominée par *Andropogon gayanus*.

La biomasse herbacée appétible peut atteindre 2 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 95 j/an/ha de pâture d'un UBT (4 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques gravillonnaires, la végétation ligneuse est irrégulièrement répartie en taches, les ligneux profitant des fractures de la dalle sous-jacente. La végétation herbacée est de type contractée et différenciée selon l'épaisseur de sol exploré par les racines.

- *Microchloa indica*, petite graminée inappétible, sur minces dépôts limono-humifères,

- *Loudetia togoensis*, graminée peu consommable sur terrains gravillonnaires minces,

- *Andropogon pseudapricus*, graminée appétée jusqu'à montaison, sur terrains gravillonnaires dépassant 5 cm d'épaisseur.

- *Pennisetum pedicellatum*, graminée appétée, sur même type de sol, mais ombragé.

La biomasse herbacée appétible est pratiquement réduite à la production de ces deux graminées. Elle atteint 800 kg/ha de MS sur environ 40 p.100 de la surface géographique des terrains squelettiques représentant une capacité de charge à l'ha géographique estimée à 20 j de pâture d'un UBT (4,5 ha/UBT pour 90 j de saison des pluies).

III₁₂ - Exploitation

Dans ce secteur, la culture de mil et d'arachide prend une grande extension sur terrains pénéplanés et glacis colluviaux, les résidus de récoltes étant consommés sur le champ par les troupeaux villageois auxquels s'ajoutent les troupeaux de grande transhumance en provenance du Sahel.

Les troupeaux villageois pâturent en saison des pluies, en dehors des terres de cultures, avec abreuvement aux mares temporaires des terrains squelettiques et des parcs de nuit sont généralement aménagés sur les lieux de pâture. En saison sèche, les troupeaux sont ramenés aux villages

aussitôt après les récoltes et sont alors abreuvés aux puits villageois s'il n'y a ni mares ni cours d'eau permanents.

Les feux courants sont habituels dans ce secteur ; ils détruisent les pailles de graminées annuelles de sorte que les troupeaux ne trouvent plus pour se nourrir que les pailles épargnées par le feu, en particulier sur champs et les repousses d'*Andropogon gayanus*. Le pâturage effectif de saison sèche se trouve alors réduit aux résidus de récoltes (100 j/ha de pâture) et aux glacis colluviaux (20 j/ha de pâture). Des feux très précoces présentent l'avantage, en éliminant les pailles de graminées annuelles fines peu appétibles en sec, de créer un véritable réseau de pare-feux limitant les risques de feux généralisés de pleine saison sèche, tout en facilitant la pénétration des troupeaux. L'adoption d'une telle pratique conserverait les 2/3 de la capacité de charge des terrains pénéplanés et des glacis colluviaux.

III₁₃ Dynamisme des parcours

Les faibles ressources en eau souterraine limitent l'implantation de nouveaux villages et donc l'extension de terres cultivées. La préservation d'espèces ligneuses utiles, au moment de la mise en cultures, donne aux terres cultivées et aux terres abandonnées, un aspect caractéristique de verger d'où le terme de "savane-verger", par lequel elles peuvent être désignées. L'extension des terres cultivées ne se fait pas au détriment de l'élevage dans ce secteur car les sous-produits constituent un apport fourrager important en saison sèche et les terres cultivées peuvent être considérées en système traditionnel comme des pâturages de saison sèche.

Les parcours fréquentés en saison des pluies et en particulier les glacis colluviaux à texture dominée par les sables fins et les limons, présentent rapidement des plages stériles et colmatées où ne subsiste que la graminée naine *Microchloa indica* qui signale un stade de dégradation critique précédant de peu l'ablation de l'horizon superficiel du sol, avec disparition du tapis herbacé et dépérissement des ligneux.

La fréquence des feux courants et la tendance au colmatage font qu'il n'y a pas embroussaillage des parcours dans ce secteur.

III₁₄ Surveillance continue

La surveillance continue des parcours soudano-sahéliens devrait permettre de contrôler l'extension des surfaces cultivées, des parcours effectivement exploités en saison des pluies et en saison sèche et de l'état des parcours. Pour parvenir à ces fins, il faudrait atteindre les objectifs suivants :

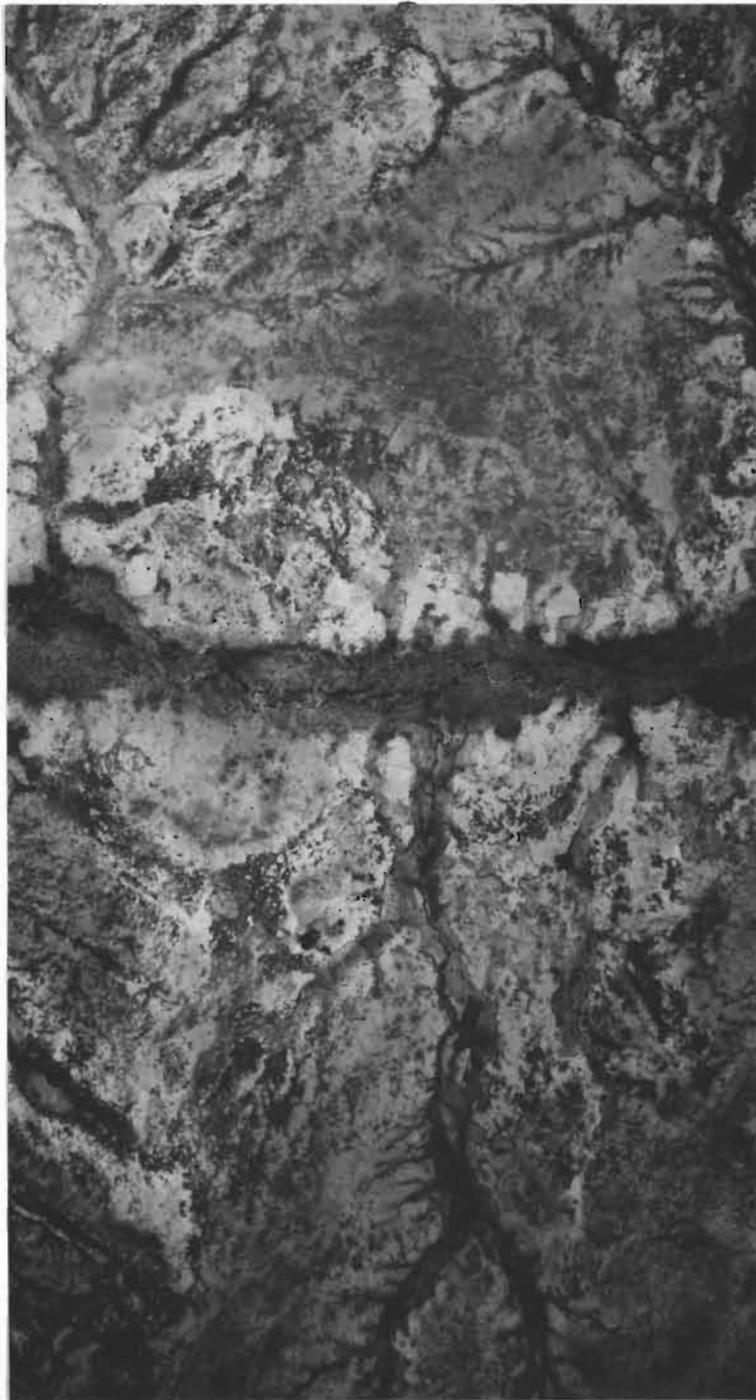
- a - inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques
- b - inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement de saison des pluies et de saison sèche
- c - contrôle de l'extension des terres cultivées
 - c1 - implantation des villages et des campements saisonniers de cultures
 - c2 - superficie effectivement en culture
 - c3 - jachères et terres abandonnées (faciès savane - verger)
- d - contrôle des parcours
 - d1 - parcours effectivement exploités en saison des pluies
 - d2 - extension des parcours dégradés par colmatage, décapage..
 - d3 - extension des graminées vivaces
 - d4 - couvert ligneux en trois classes : nul, arboré, arbustif.
- e - contrôle des feux
 - e1 - taux d'extension des feux précoces
 - e2 - taux d'extension des feux de pleine saison sèche

Objectifs	Moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20 000	1/50 000	1/100 000	
a	xx	x	xx	xxx	xx
b	xxx	xxx	x		
c1	xx	xx	x	x	
c2	xx	xx	xx	x	
c3	x	xxx	xx	x	
d1	xxx	x	xx	x	
d2	xx	x	xxx	x	
d3	xx	xx	xxx	x	x
d4	xx	xx	xxx	x	x
e1	xx	x	x	x	xx
e2	xx	x	x	x	xx

Dans ce secteur éoclimatique, les "Unités Paysages" (U.P.) changent de dimensions. Le réseau hydrographique devient important et par son action, morcelle le paysage en unités de taille moindre et cela d'autant que le relief est plus marqué.

Plus encore que dans les autres secteurs, la topographie est l'élément fondamental pour la différenciation des U.P.

A partir de l'isohyète 600 mm, il devient impossible d'utiliser valablement les imageries satellites à l'échelle du 1/1 000 000. Il est nécessaire de posséder des documents à 1/500 000 au minimum ou mieux à plus grande échelle comme 1/200 000 ou si possible 1/100 000, tellement les U.P. sont imbriquées les unes dans les autres.



Extrait d'une photographie aérienne à 1/50 000 en Haute Volta
75 - H V O 10/500 - cliché n° 2430.

Ce cliché illustre les faibles différences de réflectance entre les
zones colonisées par la végétation naturelle et celles des terres
cultivées.

- a) Inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques :

A partir d'imagerie satellite visualisée à 1/100 000 ou à la limite de composition colorée à 1/200 000 réalisée après amélioration des contrastes, il est possible d'inventorier et de cartographier les principales "unités paysages".

- b) Inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement :

S'il est possible de localiser grâce au canal 7 d'une scène LANDSAT, les aménagements importants de points d'eau (barrages, retenues), les puits ne sont perceptibles que sur photographies aériennes à grande échelle.

- c) Cartographie et contrôle des terres cultivées :

Là encore, les terres cultivées ont des réflectances très proches des surfaces dégradées pour les cultures sur pentes et de celles des bas-fonds pour les cultures de vallées (voir photographie aérienne n° 2430)

Pour cartographier et contrôler l'évolution des terres cultivées, la méthode par "maille" semble la solution la plus satisfaisante (voir description de la méthode chapitre II₃₄)

- d) Contrôle des parcours :

Bien que n'ayant pas d'expérience sur l'utilisation des données satellites pour la surveillance des parcours dans ce secteur, l'emploi des photographies aériennes à moyenne échelle (1/50 000) semble inévitable, tout au moins pour le contrôle quinquennal ou décimal.

- e) Contrôle des feux :

Pour ce contrôle, l'utilisation des imageries LANDSAT semble recommandable à l'aide du canal 7 à deux périodes, l'une voisine du 15 novembre pour les feux précoces (e1) l'autre de milieu de saison sèche pour les autres feux. En mai, les traces des feux d'octobre ont disparu.

Ces traces de feux, aisément perceptibles, sur imagerie satellite pourraient faire dans ces régions l'objet d'une étude précise afin de connaître l'évolution des feux, en fonction de l'avancée de la saison sèche.

CONCLUSIONS

L'inventaire et la cartographie des parcours dans ce secteur éco-climatique nécessitent au minimum des imageries à moyenne échelle (1/200 000 ou 1/100 000), qu'elles soient issues ou non des données satellites.

Sous peine de ne réaliser qu'une cartographie zonale peu précise, l'échelle de la carte devrait être 1/200 000.

La surveillance à moyen ou long terme demande des photographies aériennes à 1/50 000.

III₂ SECTEUR SOUDANIEN

Ce secteur est délimité au Nord par l'isohyète 800 mm et au Sud par l'isoplèthe de 5 mois de période active qui chevauche les isohyètes 1 000 et 1 200 mm.

III₂₁ Description et productivité

Sur terrains pénéplanés (Pc), la végétation ligneuse est représentée par de nombreuses espèces soudaniennes et son couvert important peut dépasser 40 % et tendre à la "forêt claire" avec *Anogeissus leiocarpus*. Le tapis herbacé reste dominé par les graminées annuelles dont *Diheteropogon hagerupii*, malgré la présence de deux vivaces localisées aux taches ensoleillées : *Andropogon gayanus* et *Diheteropogon amplexans*, *Pennisetum subangustum*, graminée annuelle, domine en sites ombragés. La biomasse herbacée appétible peut atteindre 2 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 95 j/an/ha de pâture d'un UBT (4ha/an/UBT).

Sur glacis colluviaux (Gc), des espèces typiquement soudaniennes comme *Piliostigma thonningii* et *Terminalia macroptera*, s'ajoutent aux espèces du secteur soudano-sahélien. La biomasse herbacée appétible à dominance d'*Andropogon gayanus* peut atteindre 2 500 kg/ha de MS, correspondant à une capacité de charge de 120 j/an/ha de pâture d'un UBT (3 ha/an/UBT).

Avec l'augmentation des pluies, les rivières débordent fréquemment en fin de saison pluvieuse sur une terrasse alluviale basse, colonisée par une savane herbeuse où dominant, selon l'importance de l'inondation, *Hyparrhenia rufa* en bordure, *Anadelphia afzeliana*, *Panicum fluviicola* et *Setaria sphacelata* à une cote inférieure. La biomasse herbacée appétible peut atteindre 8 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 380 j/an/ha de pâture d'un UBT (1 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques gravillonnaires, végétation et production sont identiques au secteur soudano-sahélien, malgré l'apparition de quelques taches localisées, de la graminée vivace, *Schizachyrium sanguineum*.

III₂₂ Exploitation

A l'exception des régions où sévissent des endémies freinant les établissements de villages comme l'onchocercose et la trypanosomiase, le taux d'occupation des sols est important avec cultures de mil, sorgho, arachide, coton. La culture de riz est également en extension sur terrains inondables avec quelques aménagements sommaires pour maîtriser l'eau.

Si les troupeaux de grande transhumance sahélienne n'atteignent que rarement ce secteur, les troupeaux villageois sont nombreux et pâturent selon un rythme comparable à celui du secteur soudano-sahélien.

Mais les feux très précoces ne sont efficaces qu'en terrains squelettiques gravillonnaires et les feux habituels sont des feux de pleine saison sèche qui détruisent la biomasse herbacée et ne permettent que de faibles regains à cette période avancée de la saison sèche, sauf sur les terrasses basses.

Les résidus de récoltes ainsi que les repousses de riz et d'adventices de rizières, comme *Paspalum orbiculare*, constituent les bons pâturages de saison sèche, alors que les parcours après feux ne peuvent supporter que de faibles charges (10 ha/UBT).

Sur terrasses basses des prairies cultivées peuvent être établies avec *Stylosanthes guyanensis* en cote supérieure et *Brachiaria mutica* (para grass) en cote inférieure et peuvent supporter de fortes charges en saison sèche (1 ha/UBT).

III₂₃ Dynamisme des parcours

Comme précédemment, l'extension des terres cultivées se traduit par l'établissement d'un faciès de "savane-verger" caractéristique. ■

La pâture de saison des pluies entraîne fréquemment l'apparition de plages dénudées et colmatées faiblement colonisées par *Microchloa indica*, ce qui est un indice de dégradation critique nécessitant une mise en repos avec si possible éclatage de la couche superficielle par scarifiage.

■ 2 espèces sont particulièrement préservées sur glacis colluviaux : *Butyrospermum paradoxum* (karité) et *Parkia biglobosa* (Néré)

Le maintien d'un stock fourrager sur pied pourrait être facilité par la mise à feu précoce des terrains gravillonnaires, ce qui pourrait établir des pare-feux efficaces afin de stopper ultérieurement les feux accidentels. Une suppression hypothétique des feux pourrait être à l'origine d'un risque très improbable d'embroussaillage sauf avec l'arbrisseau *Guiera senegalensis*.

III₂₄ Surveillance continue

La surveillance continue des parcours soudaniens devrait avoir pour objectifs :

- a - inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques
- b - inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement de saison des pluies et de saison sèche
- c - contrôle de l'extension des terres cultivées
 - c1-implantation des villages et des campements saisonniers de cultures
 - c2-superficie effectivement en cultures (en sec et irrigué)
 - c3-jachères et terres abandonnées (faciès savane - verger)
- d - contrôle des parcours
 - d1-parcours effectivement exploités en saison des pluies
 - d2-extension des parcours dégradés par colmatage
 - d3-extension des graminées vivaces
 - d4-couvert ligneux en cinq classes : nul, arboré, arbustif, boisé, forêt claire.
- e - contrôle des feux
 - e1-taux d'extension des feux précoces
 - e2-taux d'extension des feux de pleine saison sèche.

Objectifs	Moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20 000	1/50 000	1/100 000	
a	xx	x	xx	x xx	xx
b	xx	xx	x	x x	xx
c1	xx	xx	xx	x	
c2	xx	xx	xx	xx	x
c3	x	x	xxx	xx	x
d1	xx	xx	xx	x	
d2	xx	x	xx	x	x
d3	xx	xx	xxx	xx	x
d4	xx	xx	xxx	xx	x
e1	xx	x	x	xx	x x
e2	xx	x	x	xx	x x

Pour utiliser au mieux les possibilités des imageries satellites, il faut que les contrastes de réflectance soient les plus tranchés possible. La période d'enregistrement doit être choisie avec beaucoup de soin dans ces régions où la strate herbacée reste verte jusqu'au 15 octobre environ. Nous n'avons pas réalisé de F.C.C. sur ce secteur, ne disposant pas simultanément d'images satellites et de photographies aériennes.

Nous pensons cependant qu'il est possible d'inventorier et de cartographier les principales U.P. (a) si l'on dispose d'imageries à moyenne échelle (1/100 000 ou à la limite 1/200 000) obtenues soit

par visualisation après traitement, soit par amélioration de contrastes (procédé informatico-optique). Une difficulté apparaît pour déterminer la saison où les traces de feux masquent le moins les U.P.

La localisation des points d'abreuvement (b) qui sont dans ce secteur presque exclusivement liés aux aménagements d'eaux de surface, est réalisable à partir du canal 7 d'une scène satellite ou sur une photographie aérienne à 1/100 000 avec de préférence des émulsions infra-rouge ou infra-rouge couleurs, doublant l'émulsion panchromatique pour localiser plus facilement les mares de saison des pluies.

La cartographie et le contrôle des terres cultivées (c) nécessitent dans ce secteur, plus qu'ailleurs, d'être fidèles et précis. S'il est possible de localiser d'une manière générale les zones cultivées d'après imagerie satellite à 1/500 000 par exemple, le contrôle de l'extension des cultures, la part des jachères (c3), de celles effectivement cultivées (c2) nécessite des prises de vues aériennes faites à une époque où les cultures proprement dites présentent sur le terrain un maximum de contrastes par rapport à la végétation naturelle. Malheureusement, en dehors des cultures irriguées, les cultures sèches ont un système végétatif analogue à celui de la végétation naturelle. Le moment où les meilleures conditions sont réunies se situe après la récolte, en octobre, mais les surfaces cultivées possèdent alors une réflectance très voisine de celle des zones dégradées et ne sont plus différenciables que par leurs formes géométriques ; celles-ci n'étant identifiables avec certitude que sur des photographies aériennes.

En dehors des parcours dégradés qu'il est possible de localiser grossièrement d'après ^{les} imageries satellites, le contrôle des parcours (d) ne peut être envisagé efficacement qu'avec une couverture aérienne à moyenne échelle : 1/50 000 ou 1/100 000. Dans ce dernier cas l'utilisation d'émulsions sensibles à l'infra-rouge (I.R. noir et blanc ou I.R. couleurs) peut rendre de grands services pour la différenciation des strates ligneuses (d4).

Enfin, comme pour le secteur soudano-sahélien, la localisation géographique des différents types de feux peut être assurée grâce à l'utilisation d'imageries satellites à différentes périodes sur le canal 7 (voir chapitre III₁₄ - e2)

CONCLUSIONS

Dans ce secteur, les données satellites ne paraissent pouvoir être valablement utilisées qu'après traitement informatique sauf en ce qui concerne le contrôle des feux, soit en visualisation à 1/100 000, soit en C.C. à 1/200 000, après amélioration des contrastes, les différents parcours pouvant être cartographiés à 1/200 000.

La surveillance de l'évolution des parcours à moyen ou long terme ne nous semble efficace qu'en utilisant des photographies aériennes prises à leur période adéquate avec des émulsions adaptées aux problèmes spécifiques de ces régions.

III₃ SECTEUR SOUDANO-GUINEEN

Ce secteur est délimité par les isoplèthes de 5 et 7 mois de période active correspondant à la zone comprise entre les pluviosités moyennes de 1 000 à 1 200 mm et 1 300 à 1 500 mm, voire 2 000 mm en Guinée. Il se superpose pratiquement à l'aire d'extension potentielle des "forêts claires" (44).

III₃₁ Description et productivité

Sur terrains pénéplanés (P), la végétation ligneuse est représentée par une foule d'espèces soudaniennes dont les plus caractéristiques sont *Isoberlinia doka* et *Pterocarpus erinaceus*. Le couvert peut dépasser 60 %, constituant une "forêt claire".

Le tapis herbacé est alors constitué de graminées vivaces en "savane boisée" avec *Andropogon ascinodis*, *Diheteropogon amplexans* sur taches ensoleillées alors qu'*Andropogon tectorum* et *Pennisetum subangustum* colonisent les sites ombragés. En station faiblement soumise aux activités humaines, comme dans les régions éprouvées par l'onchocercose ou la trypanosomiase, le couvert ligneux s'épaissit et tend vers un faciès de "forêt dense sèche" à sous-bois buissonnant à feuilles sempervirentes, avec tapis herbacé prostré réduit à des graminées d'ombrage dense comme *Oplismenus hirtellus*.

La biomasse herbacée en savane boisée et forêt claire peut atteindre 3 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 145 j/an/ha de pâture d'un UBT (2,5 ha/an/UBT).

Sur glacis colluviaux (Gc), la végétation ligneuse est représentée par un nombre encore plus élevé d'espèces soudaniennes et le karité abondant vers le Nord, laisse place progressivement à sa vicariante, *Lophira lanceolata*, avec codominance de *Daniellia oliveri* et *Terminalia laxiflora*. En savane boisée, la biomasse herbacée atteint 3 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 145 j/an/ha de pâture d'un UBT (2,5 ha/an/UBT).

Les bords de rivières, surtout sur sites encaissés, sont colonisés par des forêts galeries, alors que les vallées élargies inondables sont occupées par des savanes herbeuses comparables à celles du secteur soudanien, avec une capacité de charge estimée à 1 ha/an/UBT.

Sur terrains squelettiques gravillonnaires (Sg) les espèces ligneuses sont encore nombreuses avec dominance de *Burkea africana* et le sous-bois herbacé de cette savane boisée est constitué de graminées vivaces avec dominance d'*Andropogon ascinodis* et *Schizachyrium sanguineum*.

La biomasse herbacée peut atteindre 2 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 95 j/an/ha de pâture d'un UBT (4 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques cuirassés (Sc), les plages de cuirasse affleurante sont parsemées de taches à sol peu épais colonisé par une savane panachée de graminées vivaces : *Andropogon ascinodis* et *Loudetia simplex*.

La biomasse herbacée peut atteindre 1 500 kg/ha de MS sur plages enherbées et la capacité de charge de ces terrains peut être évaluée à 30 j/an/ha géographique de pâture d'un UBT (12 ha/an/UBT).

III₃₂ Exploitation

Dans ce secteur soudano-guinéen, les cultures itinérantes sont installées sur jachères forestières après débroussaillage et annelage des arbres. L'igname est cultivé en tête d'assolement, suivi par le maïs et le sorgho, alors que le coton est généralement cultivé séparément. La mise en repos des terres cultivées peut durer jusqu'à 8 ans avec régénération grâce au cycle de réinstallation de la végétation naturelle : graminées annuelles puis graminées vivaces avec multiplication des ligneux au stade rejets, gaulis puis perchis. La culture du riz aquatique se développe sur vallées inondables et la culture du riz pluvial a été encouragée récemment pour faire face aux besoins alimentaires.

L'élevage est traditionnellement une activité secondaire, le troupeau villageois constituant plutôt une forme d'épargne. Les bovins sont des taurins trypanorésistants alors que les rares zébus doivent être protégés par chimioprévention. Les bovins pâturent pendant la période des cultures sous gardiennage, de préférence sur les terrains squelettiques mais aussi sur terrains pénéplanés, en faciès boisé ou forêt claire et sur jachères herbeuses. En saison sèche, les

parcours, aux hautes graminées difficilement pénétrables, sont mis en état de pâture par des feux successifs adaptés aux situations écologiques; feux très précoces sur terrains squelettiques, feux de décembre sur terrains pénéplanés, feux de pleine saison sèche sur vallées inondables. La pâture de saison sèche s'effectue à la fois sur repousses après feux dans les parcours et sur champs avec consommation des résidus de récoltes et des repousses d'adventices, en particulier sur rizières. La charge effective de saison sèche est alors estimée à 2 ha/UBT de terres cultivées ou rizières et à 5 ha/UBT de parcours préparés par le feu.

Avec l'extension de la culture attelée et des besoins en viande, cet élevage de cueillette tend à faire place à une véritable spéculation élevage, avec contrôle des feux sur parcours, contrôle de l'embroussaillage, en particulier des espèces drageonnantes comme *Daniellia oliveri* et *Detarium microcarpum* et préservation des ligneux fourragers comme *Gardenia erubescens* et *Pterocarpus erinaceus*. L'amélioration de l'alimentation des boeufs de culture attelée et un début d'embouche paysanne sont facilités par l'introduction d'espèces fourragères en jachères et sur terrasses basses telles que *Stylosanthes guyanensis*. Cette espèce commence à être introduite en culture dérobée dans les unités de grande culture de riz pluvial (2 ans de riz, 2 ans de Stylo), ce qui pourrait permettre le développement du réélevage de bovins provenant du sahel et protégés contre la trypanosomiase par chimio-prévention ou éradication des vecteurs (glossines).

Ainsi, en Côte d'Ivoire (19), des zébus sahéliens d'un poids moyen de 265 kg pâturent en continu une prairie de Stylo avec une charge de 0,55 ha/tête pendant 5 mois de saison des pluies. Une adaptation d'un mois est nécessaire où le gain n'est que de 300 g puis une croissance compensatrice de 900 g/jour intervient pour se maintenir ensuite à 700 g. Donc un gain moyen de 650 g/jour, 97 kg/tête ou 175 kg/ha.

Au Nigéria (25), des parcours déboisés et brûlés en mars tous les 3 ans, peuvent fournir un gain de poids vif de 45 kg/ha pendant la saison des pluies avec une charge d'1 ha/tête, ou 20 kg/ha/an

avec une charge de 2,5 ha/tête pendant toute l'année, le gain de poids par animal atteignant 50 kg/an. Avec un apport de 50 kg d'azote à l'ha, la production de viande augmente de 50 kg/ha (70 kg/ha/an).

Le parcours peut être enrichi en *Stylosanthes guyanensis* en donnant les graines à manger aux animaux et l'amélioration est stabilisée par apport de 50 kg/ha de P_2O_5 dès la 2e année. La production de viande (croît de poids vif) atteint alors 45 kg/ha/an.

Avec l'utilisation d'une prairie artificielle de *Stylosanthes guyanensis* pendant la saison sèche :

a) un croît est obtenu en saison sèche, mais seulement de 10 kg/tête (10 kg/ha/saison sèche), si les animaux exploitent un pâturage comportant 1/3 de prairie de Stylo et 2/3 de savane ;

b) un croît de 45 kg/tête ou 45 kg/ha est obtenu pendant les 6 mois de saison sèche avec une charge d'1 tête/ha sur une prairie à Stylo, celui-ci étant consommé à 25 p.100. Pendant les deux premiers mois, le gain individuel est de 450 g/jour, mais il n'est plus qu'en moyenne de 75 g/jour.

Sur Stylo exploité toute l'année, si possible avec rotation sur 4 parcelles, avec une charge de 1,25 ha/tête, le gain de poids est de 135 kg/ha/an (168 kg/tête/an). Seulement pendant la saison des pluies, avec une charge de 0,25 ha/tête, le gain de poids est de 300 kg/ha (75 kg/tête ou environ 300 g/jour).

III₃₃ Dynamisme des parcours

En élevage traditionnel, la pâture de saison sèche après feux, n'entraîne pas de modification visible de la végétation et les feux maintiennent l'équilibre strate ligneuse - strate herbacée d'une savane boisée. Cependant, la pâture répétée de saison des pluies peut entraîner l'affaiblissement des graminées vivaces recherchées, dénudation du sol en plaques avec colmatage, dégradation signalée par l'apparition de *Microchloa indica*. Parallèlement, l'élimination du stock de pailles par pâture de saison des pluies réduit les possibilités de passage des feux et leur impact, ce qui favorise l'embroussaillage.

Les possibilités de développement de l'élevage extensif sont limitées aux formations végétales pâturables : savanes herbeuses, savanes boisées, forêts claires, alors que les forêts denses et les galeries ne sont pas pâturables et favorisent au contraire la trypanosomiase, même chez les taurins en cas d'infestation massive. La prédominance de terres cultivées sur un terroir devient aussi une entrave à l'élevage en réduisant les possibilités de pâture de saison des pluies.

III₃₄ Surveillance continue

La surveillance continue des parcours soudano-guinéens devrait permettre de contrôler l'extension des formations végétales utilisables en élevage extensif et celles le contrecarrant, ainsi que l'extension des terres cultivées mais aussi des prairies cultivées et des parcours aménagés, ce qui fixe comme objectifs :

a - inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques:

a1 - formations utilisables pour l'élevage : savane herbeuse, savane boisée, forêt claire

a2 - formations contrecarrant l'élevage : forêt galerie, forêt dense

b - inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement de saison des pluies et de saison sèche

c - contrôle de l'extension des terres cultivées:

c1 - implantation des villages

c2 - superficies effectivement cultivées

c3 - jachères et terres abandonnées : savane herbeuse, savane arbustive

c4 - extension des prairies cultivées

d - contrôle des parcours :

d1 - parcours exploités en saison des pluies

d2 - parcours dégradés par colmatage

d3 - degré d'embroussaillement

d4 - parcours aménagés (déboisés)

e - contrôle des feux :

e1 - taux d'extension des feux très précoces

e2 - taux d'extension des feux précoces

e3 - taux d'extension des feux de pleine saison sèche

Objectifs	moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20 000	1/50 000	1/100 000	
a1	xx	x x	xx	xxx	x
a2	xx	x x	xx	xxx	x
b	xx	xx	xx	xx	x
c1	x	xx	xx	x	
c2	x	xx	xx	x	x
c3	x	x	xx	xx	
c4	x	x	xx	xx	
d1	xx	xx	xx	xx	
d2	xx	x	xx	xx	x
d3	xx	x x	xx	x	
d4	x	x x	xx	xx	x
e1	x	x	x	x	xx
e2	x	x	x	xx	xx
e3	x	x	x	xx	xx

Dans ce secteur pour lequel nous n'avons pas pu réaliser d'analyse, n'ayant pas d'éléments de référence simultanés, nous ne pouvons que formuler des hypothèses sur l'utilisation des données satellites, en nous appuyant sur notre expérience de l'utilisation des photographies aériennes.

Dans ce type de région, la végétation occupe une part importante dans la réflectance totale et ceci, selon le pourcentage de couverture du sol. C'est également dans ces régions que les émulsions sensibles aux radiations infra-rouges donnent les meilleurs résultats.

En choisissant judicieusement la période d'enregistrement (pour les satellites) ou de prises de vues (photographies aériennes), compte-tenu de la couverture nuageuse, il devrait être possible d'individualiser à une échelle voisine de 1/100 000, les principales "Unités paysages" et de les cartographier à 1/200 000 (a1 et a2).

Quant à l'abreuvement (b), qui dépend essentiellement des possibilités d'accès aux cours d'eau permanents pour l'abreuvement de saison sèche et aux cours d'eau et mares temporaires, pour l'abreuvement de saison des pluies, il paraît difficilement envisageable de traiter ce sujet uniquement à partir d'imageries satellites, celles-ci ne permettant pas la vision stéréoscopique. Une solution mixte photographies aériennes (même anciennes) plus imageries serait intéressante.

Ainsi que pour les autres secteurs éco-climatiques, les seules données satellites ne permettent probablement pas, actuellement, de répondre aux besoins dans le domaine du contrôle de l'extension des terres cultivées : les villages (c1) ne sont pas directement perceptibles, les surfaces cultivées sont visibles en général mais la distinction entre jachères ou cultures (c2 - c3) paraît très difficile sinon impossible. Ici encore, une cartographie par "mailles" issue de l'exploitation d'une couverture aérienne pourrait donner de bons résultats.

Comme en secteur soudanien, les imageries satellites pourraient tout juste permettre une localisation générale de zones dégradées (d2) mais il faudrait avoir recours aux photographies aériennes à échelle moyenne, avec des émulsions sensibles à l'infra-rouge, pour localiser les parcours exploités en saison des pluies (d1) et le niveau d'embroussaillement (d3). Par contre, les zones déboisées pourraient peut-être être repérables (d4) sur imagerie satellite (problèmes de dimensions et de contrastes).

Enfin, comme pour le secteur soudanien, la localisation des différents types de feux est apparemment réalisable d'après imageries satellites sur le canal 7 mais nécessite une expérimentation pour préciser les périodes d'enregistrements, les superficies brûlées etc...

CONCLUSIONS : La carte des "Unités paysages" peut être réalisée à 1/200 000 à partir, soit de photographies aériennes à 1/100 000 sur émulsion panchromatique doublée en infra-rouge couleurs, soit d'imagerie à 1/100 000 obtenue après traitement ordinateur de la bande magnétique.

Pour la surveillance à moyen ou long terme, les divers contrôles nécessitent l'utilisation de photographies aériennes à moyenne ou grande échelle (1/50 000 - 1/20 000).

IV - Z O N E G U I N E E N N E

En zone guinéenne, la formation végétale climacique est la forêt dense sèche ou humide mais elle a fait place localement à des savanes plus ou moins boisées qui présentent un potentiel pâturable dont l'intérêt n'a été reconnu que récemment.

Selon que la forêt dense est prépondérante ou non, deux secteurs peuvent y être distingués : périforestier et forestier.

IV₁ - SECTEUR PERIFORESTIER

Ce secteur est délimité par les isoplèthes 7 et 10 mois, correspondant au Nord à une pluviosité moyenne annuelle de 1 300 à 1 500 mm et au Sud, à une pluviosité moyenne de 1 600 mm. La longueur de la période active s'explique d'autant mieux que le climat de ce secteur se caractérise le plus souvent par deux saisons des pluies séparées par une petite saison "sèche" recevant quand même une quantité appréciable de pluies.

IV₁₁ Description et productivité

Le paysage de ce secteur est caractérisé par une combinaison très imbriquée de forêts denses et de savanes en relation avec les conditions édaphiques, mais aussi avec l'élimination de lambeaux forestiers par suite de défrichements pour mise en cultures. Peuvent donc coexister forêts denses primaires ou secondarisées, savanes édaphiques et savanes d'origine anthropique (derived savanna).

Les terrains pénéplanés et plateaux à sol profond, sont habituellement recouverts par une forêt dense sèche à Ceiba pentandra (Fromager). Cette forêt est fréquemment remplacée par une "savane arbustive" (Pp) probablement d'origine anthropique et maintenue actuellement par les feux très violents de pleine saison sèche. Ces savanes de substitution présentent un couvert ligneux assez faible ne dépassant pas 30 % avec des arbres et arbustes au tronc tortueux.

Le tapis herbacé est constitué de graminées vivaces en grosses touffes généralement espacées mais dont les chaumes se réunissent en nappe pratiquement continue au moment de la montaison. La biomasse herbacée appétible peut atteindre 13 t/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 600 j /an/ha de pâture d'un UBT (0,5 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques gravillonnaires (Gp) la végétation est constituée par une savane arbustive avec un couvert ligneux d'environ 30 % représenté en particulier par Hymenocardia acida. Le couvert herbacé, à base de graminées vivaces est dominé par Loudetia arundinacea. La biomasse herbacée appétible est évaluée à 2 500 kg/ha de MS correspondant à 120 j/an/ha de pâture d'un UBT (3 ha / an/ UBT).

Sur terrains sablonneux (Sp), la végétation est une "savane arborée" avec couvert lâche d'espèces ligneuses ne dépassant pas 10 % et dominée par Lophira lanceolata. Le couvert herbacé est composé par de nombreuses graminées vivaces dominées par Hyparrhenia smithiana. La biomasse herbacée appétible est évaluée à 2 500 kg/ha de MS, correspondant à 120 j/an/ha de pâture d'un UBT (3 ha/an/UBT).

Les vallées sont pratiquement toutes colonisées, surtout lorsqu'elles sont encaissées, par des galeries forestières.

IV₁₂ Exploitation

La population du secteur périforestier est une population forestière pratiquant une agriculture traditionnelle sur brûlis

Tab. 4 - Répartition des espèces caractéristiques guinéennes

ESPECES (x) peu consommables	PERIFORESTIER			FORESTIER
	Pp	Gp	Sp	Sf
<u>Ligneux</u>				
Albizia zygia (DC.)J.F.Macbr.	x		x	
(x)Crossopteryx febrifuga (Afz. ex G.Don)Benth.	x	x	x	
Annona senegalensis Pers.	x	x	x	x
(x)Bridelia micrantha (Hochst.)Baill.		x	x	x
Hymenocardia acida Tul.		A	x	
Piliostigma thonningii (Schum.)Milne - Redh.		x	x	
(x)Lophira lanceolata Van Tiegh.ex Keay			A	
Parinari curatellifolia Planch.ex Benth.			x	
Daniellia oliveri (Rolfe)Hutch. et Dalz.			x	
Borassus aethiopum Mart.			x	
<u>Graminées vivaces</u>				
Andropogon macrophyllus Stapf	A			
Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf	A		x	
Imperata cylindrica (Linn.)P.Beauv.	x		x	A
Hyparrhenia diplandra (Hack.)Stapf	A	x	x	A
Hyparrhenia smithiana (Hook.f.)Stapf		x	A	
Loudetia arundinacea (Hochst. ex A.Rich.) Steud.		A		
Schizachyrium sanguineum (Retz.)Alst.		x		
Elymandra androphila (Stapf) Stapf		x		
Andropogon ascinodis C.B.Cl.			x	x
Brachiaria brachylopha Stapf			x	A

de forêt avec annelage des grands arbres. En tête d'assolement, est installé l'igname, puis des cultures céréalières (maïs, riz pluvial) enfin du manioc précède la mise en jachère forestière avec complantation de bananier pour la production de bananes - fruits et surtout de bananes à cuire.

Parallèlement, des cultures arborées sont implantées sur des parcelles particulières : palmier à huile, café, cacao.

Récemment, des cultures de coton et de riz pluvial ont été encouragées en savanes, sur terres légères (sablonneuses), en culture manuelle ou avec traction bovine, sur terres lourdes (limoneuses de plateaux) en culture motorisée.

L'élevage traditionnel bovin se réduit à quelques têtes de taurins pâturent aux abords immédiats du village, sur les plages enherbées du village, sur le terrain de sports, sous les plantations de café et sur les faciès enherbés des jachères récentes à *Panicum maximum* (herbe de Guinée) ou à *Pennisetum purpureum* (herbe à Elephant). L'extension de la culture attelée est gênée par la méconnaissance de la conduite de l'élevage des agriculteurs locaux qui font souvent appel, pour la conduite des boeufs, à des travailleurs en provenance des savanes soudaniennes.

L'abondance des savanes encore inutilisées est un attrait pour les éleveurs transhumants des régions d'altitudes voisines (Guinée, Nigéria, Cameroun, Centrafrique) et parallèlement des projets de développement de l'élevage y sont implantés sous forme de "ranches" ou grandes unités d'élevage extensif. Cet élevage, spéculation nouvelle dans ce secteur, se heurte au danger de trypanosomiasés, surtout si les lambeaux de savanes mesurent moins d'un kilomètre de large. Les savanes sont mises en état de pâture par le feu qui peut être répété dans l'année grâce aux deux saisons sèches. Cependant, les savanes pâturées en saison des pluies ne portent pas assez de pailles pour alimenter des feux violents et l'embroussaillement réduit vite les possibilités de pacage et augmente le risque de trypanosomiase.

Le cycle saisonnier et la pluviosité abondante sont favorables à une intensification de l'élevage grâce à la culture de plantes fourragères. Si les très jeunes pousses d'*Imperata* constituent un bon fourrage en élevage villageois traditionnel, après feux ou après fauchage,

il est nécessaire de détruire cette espèce avant la mise en place de prairies cultivées. Ceci peut être réalisé en période pluvieuse, par épandage, 15 jours après fauchage et enlèvement des pailles, de 15 kg/ha de matière active de Dalapon dans 400 litres d'eau.

Le tableau 5 (58) résume les travaux possibles et les aménagements réalisables avec les contraintes citées. Le cas le plus fréquent rencontré en Côte d'Ivoire est généralement la séquence suivante :

1. Bas-fond inondé : valeur moyenne. Les meilleurs bas-fonds sont généralement réservés à la culture du riz inondé, ce qui est logique. Charge possible après aménagement en *Brachiaria* et fertilisation complète : 4 UBT/ha
2. Bord de bas-fond - valeur moyenne. Charge possible sur culture de *Stylosanthes* + P205 = 2,5 UBT/ha.
3. Pentes - Pauvres ou squelettiques à moyennes. Charges possibles selon l'aménagement de 0,7 à 1,5 UBT/ha.
4. Plateau - Moyen à riche. Charges possibles avec les rotations préconisées de 4 à plus de 6 UBT/ha. Selon la fertilisation mise et l'aménagement réalisé.

On retiendra de ce schéma que les pentes qui constituent la plus grande surface disponible ne doivent être cultivées qu'avec la plus extrême prudence, en raison des risques d'érosion. Si la décision est prise de les cultiver, la technique des bandes parallèles, ou mieux des courbes de niveau, doit être scrupuleusement observée.

Cette technique est peu gênante pour les fermes d'élevage car une fois la courbe installée, il est aisé de retourner la bande d'arrêt et de l'implanter en une graminée pérenne. Enfin, les champs gagneront à être divisés en parcelles de 5 ha environ pour des clôtures en haies vives (*Leucaena glauca* par exemple) qui facilitent la gestion des pâturages, en autorisant de fortes charges instantanées.

Tab.5 - TRAVAIL REALISABLE EN FONCTION DU SITE TOPOGRAPHIQUE ET DE LA QUALITE DES SOLS

Site géographique Type de sol	Bas-fond Inondé en saison des pluies	Bords de bas-fond peu fréquemment inondé (Nappe phréatique à plus d'1 m en règle générale)	Pente	Plateau
Squelettiques ou pauvres... Dominante très sableuse	<u>Eclaircissement</u> pour favo- riser les espèces fourragères 1 UBT/ha	<u>Amélioration en Stylosanthes</u> + P205 1 UBT/ha	<u>Eclaircissement</u> des petits lignaux Pas de travail du sol (risque d'érosion) 0,7 UBT/ha	<u>Amélioration en Stylo- santhes</u> + P205 ou en <u>Melinis</u> +(N + P205) ou mieux <u>les 2 associés</u> 1,5 UBT/ha
Moyen (sablo-argileux)	<u>Aménagement du bas-fond</u> Brachiaria mutica + fertili- sation N, P205, K20 » 4 UBT/ha	<u>Culture de Stylosanthes</u> + P205 » 2,5 UBT/ha	<u>Amélioration en Stylosanthes</u> par bande + P205 1,5 UBT/ha	<u>Association</u> Brachiaria ruziziensis ou brizantha x Stylosanthes + fertilisation P205,K20 ou <u>Rotation</u> Brachiaria ruzi- ziensis, Stylosanthes (N,P,K) ou P, K 4 UBT/ha
Assez riche ou riche (bonne teneur en mo, P205, N, bases échangeables carac- téristiques physiques intéressantes (argile, limon)	<u>Aménagement du bas-fond</u> Brachiaria mutica + fertili- sation N, P205, K20 » 7 UBT/ha	<u>Stylosanthes guyanensis</u> <u>Pennisetum purpureum</u> (rotation) ou association Brachiaria. mutica x Stylo > 4 UBT/ha	<u>Culture en courbes de niveau</u> . Graminée pérenn. fertilisée (5 ans) Association Gram.Légumin. fertilisée (5 ans) Stylo x Brachiaria 4 UBT/ha	<u>Rotations courtes avec</u> <u>plantes intensives</u> exemple : Panicum; Maïs fourrager, sorgho fourrager, Stylo- santhes > 6 UBT/ha

IV₁₃ Dynamisme des parcours

Les parcours exploités en saison des pluies ou exploités par rotation avec protection contre les feux ont tendance à s'embroussailler. Certaines graminées à faible enracinement telle que *Hyparrhenia smithiana* disparaissent sous pâture.

Les termitières géantes et les stations surélevées sont particulièrement recherchées par le bétail et ces sites sont rapidement dénudés par piétinement, ce qui provoque des départs d'érosion avec colmatage en nappe sur pentes faibles et ravinement en rigoles sur pentes plus fortes.

IV₁₄ Surveillance continue

Il en résulte que la surveillance continue des parcours périforestiers doit, d'une part concerner une réactualisation des statistiques agricoles (terres emblavées, prairies cultivées) et d'autre part, contrôler l'évolution des savanes exploitables comme parcours extensifs et améliorés en prenant en considération le degré d'embroussaillage et l'extension des surfaces dégradées par érosion, d'où les objectifs suivants :

a - inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques :

a1 - formations utilisables par l'élevage : savanes herbeuses, savanes arbustives, savanes arborées, savanes arbustives, savanes boisées (avec une largeur au moins égale au km).

a2 - savanes d'une largeur inférieure au kilomètre et nécessitant une protection particulière contre les trypanosomiasés.

a3 - formations contrecarrant l'élevage : forêts-galeries, forêts denses, forêts claires.

b - inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement (facilités d'accès, protection sanitaire...)

c - contrôle de l'extension des terres cultivées :

c1 - implantation des villages

c2 - superficies effectivement cultivées

c3 - jachères herbeuses

c4 - extension des prairies cultivées

d - contrôle des parcours :

d1 - parcours effectivement exploités

d2 - parcours dégradés par érosion

d3 - degré d'embroussaillage (faciès arboré, arbustif, boisé, forêt claire)

d4 - parcours aménagés (déboisés)

e - contrôle des feux :

e1 - extension des feux de petite saison sèche

e2 - extension des feux de grande saison sèche

Objectifs	Moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20 000	1/50 000	1/100 000	
a1	xx	x	xx	xxx	x
a2	xx	x	xx	xx	
a3	x		x	xx	x
b	xx	xx	xx	xx	x
c1	x	xx	xx	x	
c2	x	xx	xx	x	x
c3	x	xx	xx	x	
c4	x	xx	xx	xx	
d1	xx	xx	xx	xx	x
d2	xx	x	xx	xx	
d3	xx	xx	xx	x	
d4	x	xx	xx	xx	
e1	x	x	x	xx	x
e2	x	x	x	xx	x

Centre récent d'intérêt pour l'élevage, ce secteur n'a pas jusqu'à présent fait l'objet d'étude d'évolution dans le temps par télédétection de la part de l'I.E.M.V.T.

Les facteurs nous ayant amené à proposer des niveaux de détectabilité pour le secteur soudano-guinéen étant assez voisins de ceux qui existent dans ce secteur, nous proposerons sensiblement les mêmes techniques de surveillance.

a) Inventaire et cartographie des formations végétales :

Utilisation de photographies aériennes à 1/100 000 en émulsions infra-rouge couleurs et panchromatique ou d'imagerie satellite à 1/100 000 obtenue par traitement informatique et complété par des photographies aériennes même anciennes à échelle moyenne (1/50 000).

b) Inventaire et localisation des possibilités d'abreuvement :

Pour les mêmes raisons que dans le secteur soudano-guinéen la solution de l'imagerie renseignée par observations de photographies aériennes semble satisfaisante.

c) Contrôle des terres cultivées :

Là encore, la méthode par "mailles" paraît la plus satisfaisante si l'on dispose de photographies récentes.

d) Contrôle de l'évolution des parcours :

Les phénomènes évolutifs tels que l'embroussaillement sont déjà bien délicats à suivre sur photogtaphie aérienne, aussi l'emploi d'imagerie LANDSAT semble exclu .

e) Contrôle des feux :

Une expérimentation doit être menée pour connaître les dates d'acquisition des données regroupant le maximum d'informations.

CONCLUSIONS : Dans ces régions, les formations contraignantes pour l'élevage et en particulier les galeries forestières sont importantes à cartographier, aussi le choix de l'échelle de la carte se fera en tenant compte des dimensions de ces unités (1/200 000 ou 1/100 000).

IV₂ - SECTEUR FORESTIER

Ce secteur s'étend au-delà de l'isoplèthe 10 mois avec une pluviosité moyenne annuelle supérieure à 1600 mm.

IV₂₁ Description et productivité

C'est le domaine de la forêt dense humide en massif continu, mais où s'individualisent de petites clairières de savanes, dont l'origine est probablement anthropique. Après défrichements répétés, lessivage et appauvrissement du sol, la jachère demeurerait au stade herbeux avec dominance d'*Imperata cylindrica*, parsemé de taches de *Panicum maximum* et *Pennisetum purpureum*.

De grandes savanes d'origine édaphique se rencontrent dans ce secteur, en particulier sur sables littoraux. Ces savanes (Sf) sont de type arbustif ou à fourrés avec des espèces ligneuses fréquemment grégaires comme *Annona senegalensis*. Le tapis herbacé est serré mais généralement moins luxuriant qu'en savane périforestière sur sol profond et 2 graminées vivaces y dominent : *Brachiaria brachylopha* et *Hyparrhenia diplandra*. La biomasse herbacée appétible peut atteindre 3 500 kg/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 170 j/an/ha de pâture d'un UBT (2 ha/an/UBT).

IV₂₂ Exploitation

Traditionnellement, les bovins sont rares dans les villages de la forêt et les quelques bêtes existant, pâturent aux abords immédiats des villages.

Récemment, l'intérêt des savanes édaphiques pour le développement de l'élevage bovin, en milieu équatorial humide, a été éveillé par l'augmentation des besoins en viande, mais en même temps, se développait un vaste programme de mise en cultures de ces savanes pour l'hévéa, le palmier à huile, le cocotier.

Avec l'extension des cultures riches (ananas, bananes, cocotiers, palmiers à huile) s'est développé l'élevage bovin, d'abord pour la production du fumier nécessaire à ces cultures et ensuite pour les revenus complémentaires non négligeables apportés par la vente du bétail pour

la boucherie. Dans cette optique, les savanes herbeuses anthropiques sont fauchées pour la litière et le troupeau pâture la plante de couverture (*Pueraria phaseoloïdes* ou Kudzu sous palmier, *Centrosema pubescens* sous cocotier) avec une charge de 2 ha/UBT et une espérance de gain de poids évaluée à 200 g par jour et par tête.

IV₂₃ Dynamisme des parcours

A la mise en pâture des savanes littorales correspond rapidement un embroussaillement, par suite de la diminution de la concurrence des graminées.

En pâture sous palmiers ou cocotiers, la production consommable des plantes de couverture diminue au fur et à mesure de la croissance des arbres et de l'ombre portée, au bénéfice de plantes d'ombrage non consommées comme les fougères mais aussi de graminées comme *Axonopus compressus*, *Paspalum conjugatum* et de légumineuses appréciées comme *Desmodium adscendens*.

IV₂₄ Surveillance continue

La surveillance continue des parcours forestiers se trouve réduite à l'estimation des superficies plantées mais utilisables subsidiairement comme parcours ainsi qu'au contrôle des savanes édaphiques et de leur degré d'embroussaillement, d'où les objectifs :

- a - inventaire et cartographie des savanes édaphiques
- b - contrôle du degré d'embroussaillement de ces savanes
- c - contrôle de l'utilisation effective de ces savanes comme parcours
- d - contrôle de l'extension des plantations (cocotiers, palmiers à huile)

Objectif	Moyens utilisables				
	Sol	photographies aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	x	x	xx	xxx	x
b	x	x	xx	x	
c	xx	xx	x		
d	x	x	x	xx	

Dans ces régions à forte pluviosité, la couverture nuageuse est souvent gênante pour l'enregistrement des informations et un programme de surveillance de ces parcours devra prendre ce risque en considération.

Si le contact forêt - savane semble différenciable sur imagerie satellite, le contrôle de l'embroussaillement ne paraît pas envisageable autrement que par l'exploitation de prises de vues aériennes, si possible à deux émulsions : panchromatique et infra-rouge.

V - ZONE D'ALTITUDE

Les régions d'altitude en Afrique de l'ouest sont essentiellement le Fouta-Djallon et les monts Nimba en Guinée, le plateau Bauchi au Nigéria, les monts Cameroun et le plateau de l'Adamaoua qui constituent un ensemble à cheval sur le Nigéria, la République Unie du Cameroun et la République Centrafricaine. Ces hautes régions se situent donc en secteur soudano-guinéen et zone guinéenne dont les caractéristiques climatiques s'y retrouvent, mais modifiées toutefois par l'altitude. Selon l'altitude, 2 secteurs peuvent alors être distingués : secteur des plateaux et secteur altimontain.

V₁ - SECTEUR DES PLATEAUX

Ce secteur est délimité par des altitudes de 800 à 1500 m, correspondant à des pluviosités moyennes annuelles de 1400 à 1600 mm et des périodes actives s'étalant sur 7 à 10 mois.

V₁₁ - Description et productivité

La végétation des plateaux est intermédiaire entre celle du secteur soudano-guinéen et celle du secteur périforestier en raison de l'altitude qui tempère en particulier la rigueur de la saison sèche.

Sur terrains profonds, la végétation est de type "savane boisée" avec un couvert moyen de 30% et une grande abondance d'espèces ligneuses soudaniennes dominées par *Daniellia oliveri*, et abondance de : *Isoberlinia doka*, *Lophira lanceolata*, *Piliostigma thonningii*.

Le tapis herbacé est constitué de graminées vivaces ou codominant : *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha*, *Hyparrhenia diplandra*,

Hyparrhenia rufa, *Hyparrhenia smithiana*, *Panicum phragmitoides* et *Schizachyrium platyphyllum*. La biomasse herbacée appétible peut atteindre 4 t/ha de MS, correspondant à une capacité de charge de 190 j/an/ha de pâture d'un UBT (2 ha/an/UBT).

Sur terrains squelettiques gravillonnaires, la végétation est une savane arbustive où les espèces ligneuses soudaniennes sont dominées par *Burkea africana* et *Hymenocardia acida*. Le tapis herbacé est constitué de graminées vivaces où codominent : *Loudetia arundinacea*, *Loudetia simplex*, *Schizachyrium sanguineum*.

La biomasse herbacée appétible est estimée à 1500 kg/ha de MS, correspondant à une capacité de charge de 70 j/an/ha de pâture d'un UBT (5 ha/an/UBT).

Les vallées sont le plus souvent encaissées par suite de l'érosion remontante et elles sont occupées par des galeries forestières.

V₁₂ Exploitation

Les agriculteurs sédentaires de ces plateaux pratiquent une agriculture itinérante avec défrichement par brûlis des galeries forestières. Il est admis qu'ils pouvaient être beaucoup plus nombreux autrefois, ce qui aurait entraîné un déboisement important des plateaux, favorisant ainsi la venue de pasteurs nomades avec leur bétail de race zébu. Ces pasteurs (bororos, foubé) pratiquent toujours une transhumance de saison sèche. Ils fréquentent de préférence une région déterminée en saison des pluies et s'en éloignent en saison sèche jusque vers les savanes périforestières de piémont, en préparant les savanes à la pâture par des feux successifs : feux précoces sur terrains squelettiques et feux de pleine saison sèche sur terrains profonds.

Des recherches effectuées près de N'Gaoundéré (52) ont démontré qu'il était possible d'améliorer l'exploitation de ces parcours de plateaux:

Pendant les pluies, avec pâture en rotation, avec temps de repos de 25 jours et charge de 500 kg/ha le gain par tête, avec des taurillons d'environ 200 kg, est d'environ 65 kg (30%) et le gain à l'hectare de 140 kg. Avec une charge de 250 kg/ha, le gain de poids est réduit à 30 kg par tête et 15 kg à l'ha, avec des taurillons.

En saison sèche, avec une charge de 125 kg/ha, la perte peut atteindre 20 p.100 par animal en fin de saison. La perte est réduite à 15% par distribution de feuilles de *Daniellia oliveri*. Un gain de poids de 5% est obtenu pendant la saison sèche en distribuant un kg de tourteau de coton par tête et par jour de janvier à avril. La perte de poids de saison sèche peut être évitée en réduisant les superficies fréquentées, donc les déplacements et en mettant à la disposition du troupeau, les refus de saison des pluies fauchés, fanés et stockés en meules recouvertes par un torchis afin de limiter les pertes pour cause de pluies tardives.

Sur ces parcours, la protection intégrale contre les feux favorise l'envahissement de ligneux qui aboutit sur granites à une forêt basse fermée en 15 ans. Si des feux sont pratiqués après un repos de saison des pluies, l'embroussaillage est retardé avec feux précoces tous les 2 ans et son contrôle est effectif avec feux précoces 3 ans sur 4 ; les feux de pleine saison sèche sont très efficaces s'ils sont appliqués tous les 2 ou 3 ans et ils réduisent le couvert ligneux à moins de 10% sur basaltes s'ils sont appliqués 3 ans sur 4. Les feux de saison des pluies, alimentés par les refus et la production d'une mise en repos d'une saison des pluies, peut réduire en 10 ans l'embroussaillage de moitié, même sur granites et même appliqués tous les 3 ans.

Récemment, la production de blé en culture motorisée a été développée dans l'Adamaoua camerounais, avec un assolement intégrant une légumineuse (soja ou *Stylosanthes guyanensis*) exploitable en engrais vert et /ou en fourrage.

V₁₃ Dynamisme des parcours

Sur les parcours exploités de façon répétée en saison des pluies, les crêtes particulièrement fréquentées par le bétail se dénudent avec colmatage du sol, accélération de l'écoulement de l'eau et ravinement en rigoles accéléré, par la pente généralement assez accusée. La consommation de la production herbeuse réduit les possibilités de passage du feu et surtout sa puissance, ce qui favorise l'embroussaillage, à *Harungana madagascariensis* sur terrains profonds et à *Arthrosamanea eriorachis* sur terrains squelettiques gravillonnaires. Cet embroussaillage

est suivi d'une colonisation du terroir par les mouches tsé-tsé entraînant une infestation du bétail zébu par la trypanosomiase et les pasteurs doivent se replier vers d'autres parcours.

Un développement intégré de ces plateaux devrait en tenir compte en localisant de préférence les implantations des unités de culture du blé sur les terrains embroussaillés afin de réserver les parcours indemnes aux pasteurs et restituer une partie des terrains récupérés pour l'élevage, selon le cycle : élevage extensif sur parcours peu boisés - embroussaillage - défrichement motorisé - culture de blé - culture de légumineuse - élevage intensifié sur légumineuse (réélevage ou embouche).

V₁₄ Surveillance continue

En conséquence, la surveillance continue des parcours de plateaux devrait avoir pour objectifs :

- a - inventaire et cartographie des formations végétales liées aux conditions édaphiques
- b - contrôle de l'extension des terrains cultivés :
 - b₁ - en culture traditionnelle
 - b₂ - en culture motorisée
- c - contrôle des parcours :
 - c₁ - parcours exploités en saison des pluies
 - c₂ - parcours dégradés par érosion, colmatage ...
 - c₃ - degré d'embroussaillage des parcours (faciès arboré, arbustif, boisé, forêt claire)
 - c₄ - Parcours aménagés (déboisés)
- d - contrôle des feux :
 - d₁ - extension des feux précoces
 - d₂ - extension des feux de pleine saison sèche

Objectifs	Moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	xx	x	xx	xx	x
b ₁	x	x	xx	x	x
b ₂	x	x	xx	x	x
c ₁	xx	xx	xx	x	
c ₂	x	x	xxx	x	
c ₃	x	xxx	xx	x	
c ₄	x	x	xx	xxx	
d ₁	x	x	x	xx	xx
d ₂	x	x	x	xx	xx

Secteur important pour l'élevage, ces régions possèdent une végétation abondante qui entre pour une part très importante dans les niveaux de réflectance enregistrés par les capteurs. Le choix de la période d'enregistrement ou de prise de vues est donc primordial. De plus, comme dans le secteur soudano-guinéen, les "unités paysages" entaillées par un réseau hydrographique très important, sont étroitement imbriquées les unes dans les autres.

Ces raisons font qu'il paraît difficile d'effectuer l'inventaire et la cartographie des formations végétales (a) par la seule exploitation des données LANDSAT. L'utilisation simultanée d'une couverture aérienne à moyenne ou grande échelle en émulsion panchromatique, doublée en infra-rouge couleurs, permettrait la surveillance de l'extension des terrains cultivés (b) ainsi que le contrôle des parcours (c).

Pour établir des cartes de l'état des pâturages, J. HURAUULT (a) préconise le 1/25 000 avec émulsions panchromatique et infra-rouge couleurs,

(a) J. HURAUULT - "Surpâturage et transformation du milieu physique. L'exemple des hauts plateaux de l'Adamaoua (Cameroun)". Paris IGN, Etudes de photo-interprétation n° 7 - 1975 : 218 p.

ces prises de vues étant à réaliser entre le 15 novembre et le début décembre. En outre, pour permettre des dénombrements exhaustifs du boisement, l'auteur propose également sur des surfaces restreintes des clichés à 1/10 000. Ceux-ci pourraient, en outre, permettre la localisation des lieux de stationnement nocturne des troupeaux, critère utilisable pour une estimation du cheptel dans cette région.

Le contrôle des feux (d) reste envisageable avec imageries satellites sous réserve d'avoir déterminé par une expérimentation, les dates d'enregistrement qu'il conviendrait d'exploiter.

V₂ - SECTEUR ALTIMONTAIN

Ce secteur est localisé au-dessus d'une altitude de 1500 m correspondant, en Afrique de l'ouest, à une pluviosité moyenne annuelle supérieure à 1600 mm et pouvant dépasser 3000 mm, pour une période active supérieure à 10 mois.

V₂₁ Description et productivité

Les paysages altimontains sont caractérisés par un modelé avec des pentes moyennes à fortes, des lambeaux de forêts denses altimontaines accrochées aux plus fortes pentes, des vallées occupées par des galeries forestières riches en palmier *Raphia*, des pentes et crêtes recouvertes par une savane herbeuse dominée par les touffes de *Sporobolus africanus*. La biomasse herbacée de cette savane peut être évaluée à 1500 kg/ha de MS correspondant à une capacité de charge de 5 ha/an/UBT.

V₂₂ Exploitation

Les agriculteurs montagnards sont très laborieux et ils augmentent progressivement les superficies cultivées en maïs et pommes de terre, au détriment des forêts et savanes.

Les savanes herbeuses altimontaines sont recherchées par les pasteurs élevant le zébu et qui ne transhument vers les piémonts que si les parcours ne peuvent plus entretenir un bétail trop nombreux. Habituellement les parcours sont nettoyés des chaumes anciens par un feu en période sèche.

V₂₃ Dynamisme des parcours

Ces parcours sont très sensibles à l'érosion qui est favorisée au niveau des layons à bétail empruntant de préférence les lignes de crête.

Alors que la savane s'enrichit en *Pennisetum clandestinum* ou kikuyu sur les emplacements de parcs à bétail fortement fumés, les parcours trop chargés ou brûlés trop fréquemment sont envahis par des fougères dont la fougère "grand aigle", par des bruyères ainsi que par

de nombreuses espèces arbustives, et se transforment ainsi en véritable "lande".

Cependant, les parcours non dégradés en lande pourraient être aisément enrichis par *Desmodium uncinatum* ou *Desmodium silver leaf*.

V₂₄ Surveillance continue

La surveillance continue des parcours altimontains devrait donc avoir essentiellement pour objectifs :

- a - inventaire et cartographie de la savane herbacée
- b - contrôle de l'extension des parcours dégradés par érosion
- c - contrôle de l'extension des faciès de "lande".

objectifs	Moyens utilisables				
	Sol	Photos aériennes			Satellite
		1/20.000	1/50.000	1/100.000	
a	x	x	x	xx	x
b	x	xx	xx	x	
c	x	xxx	xx	x	

Aucune surveillance par télédétection n'a été réalisée jusqu'à ce jour dans ce type de secteur par l'I.E.M.V.T. et nous manquons de références pour formuler des propositions sur l'emploi de telle ou telle technique.

Néanmoins, compte-tenu des similitudes existant entre ce secteur et celui des plateaux, nous pensons que les propositions d'utilisation de photographies aériennes à moyenne ou grande échelle, associées à l'exploitation d'imageries satellites, permettrait de répondre aux objectifs de cartographie (a). Quant au contrôle de l'extension des indices de dégradation (b) et surtout de l'évolution du faciès bande (c), il est nécessaire d'utiliser des prises de vues à grande échelle (1/20 000) avec émulsion panchromatique doublée en infra-rouge couleurs.

D - PROPOSITION DE PROJET PILOTE

La surveillance continue des parcours intervenant après un inventaire préalable, suppose le contrôle de 3 types de modification des parcours :

1. Des modifications de production herbacée à très court terme, d'une année à l'autre, en relation avec les variations de pluviosité se produisant dans l'espace (entre 2 points voisins) ou dans le temps (variations décadaires ou mensuelles d'une année à l'autre). Ces modifications interviennent surtout en régions arides et semi-arides où le coefficient de variation est le plus élevé et supérieur à 25 %.

2. Des variations du taux d'occupation des sols où le potentiel de productivité des parcours d'une région se trouve modifié par l'extension ou la régression des mises en cultures par défrichement. Le contrôle de ces transformations est plutôt du domaine du recensement des "statistiques agricoles". Il doit s'appliquer au-delà de l'isohyète 400 mm et devenir prépondérant en secteurs soudanien, soudano-guinéen et périforestier.

3. Des altérations des parcours proprement dits survenant sous exploitation, surtout de saison des pluies et se traduisant au-dessous de l'isohyète 800 mm par une diminution du couvert végétal, tant herbacé que ligneux et au-delà de cet isohyète par un embroussaillage d'autant plus agressif que l'on se rapproche du secteur guinéen forestier.

Les moyens de télédétection sont utilisables à divers niveaux pour suivre ces phénomènes mais leur emploi nécessite un contrôle systématique au sol pour en vérifier la fiabilité et surtout la fidélité.

La surveillance continue du thème "parcours" doit avoir recours au contrôle de plusieurs objets qui font sans doute partie des préoccupations d'autres spécialités (érosion des sols, variation de couvert ligneux) mais dont la surveillance doit être assurée en étroite coordination afin de réaliser un travail efficace.

Dans l'immédiat, les résultats positifs de surveillance continue des parcours demeurent très fragmentaires et laissent apparaître de nombreuses lacunes qui nécessitent d'être comblées grâce à des travaux complémentaires. Ceux-ci pourraient être effectués dans le cadre d'un projet-pilote de surveillance continue des parcours, qui devrait être coordonné au projet-pilote de surveillance du couvert forestier qui est en cours de réalisation (FP/1102-75-05/821).

D1 - Objectifs du projet

Ce projet de surveillance continue des parcours aurait pour objectifs spécifiques :

" 1. tester et adapter la classification proposée et sa légende aux besoins et aux nécessités de l'inventaire et de la surveillance continue des parcours en vue d'une généralisation de son application au niveau du continent et si possible du globe.

2. Développer et vérifier une méthode d'inventaire et de surveillance continue afin d'estimer à grande échelle l'épuisement des ressources en parcours et le processus de désertification ainsi que déterminer les critères utilisables au cours de la surveillance continue, les améliorer et les remplacer si nécessaire.

3. Développer une stratégie de la surveillance pour connaître et évaluer les feux de parcours.

4. Fournir des cartes et des analyses de surfaces témoins qui seront nécessaires aux projets de planification locale, à leur mise en oeuvre et à l'amélioration des ressources.

5. Développer des caractéristiques améliorées pour "un inventaire global des ressources en parcours" dans un contexte national régional et mondial".

Le projet-pilote devrait englober par ses surfaces-témoins :

- le secteur sahélo-saharien, contact particulièrement vulnérable entre le désert et le sahel, où une période de sécheresse peut entraîner une véritable désertification ou avancée du désert, avec évolution de la flore et peut-être même du climat.

- le secteur sahélo-soudanien où le processus de désertisation est le plus avancé sous l'effet conjugué des cultures itinérantes et de l'élevage transhumant.

- la zone soudanienne et d'altitude où localement, l'emprise de l'élevage est importante sinon prépondérante et où la surveillance continue concerne spécialement le contrôle de l'extension des cultures et le contrôle des stades d'embroussaillement et de boisement (faciès herbeux, arbustif, arboré, boisé, forêt claire).

D2 - Localisation du projet

En conséquence, le projet-pilote pourrait être inclus dans l'aire d'activités du projet forestier, avec prolongation pour ses objectifs progrès vers le sahel. Il pourrait être associé au projet de développement transnational du C.B.L.T. (Commission du Bassin du Lac Tchad) et s'appuyer sur trois périmètres d'activités :

- un au Tchad, localisé dans le Kanem sur une bande incluant secteur sahélo-saharien et sahélien,

- un au Nigeria (Nord-Est du pays), sur une bande incluant secteur sahélo-soudanien et soudano-sahélien,

- un au Cameroun, centré sur Ngaoundéré, sur une bande incluant secteur soudanien et secteur des plateaux.

Chaque périmètre, dont la situation exacte serait précisée ultérieurement, devrait concerner une surface rectangulaire s'étendant sur environ 50 km en longitude et 100 km en latitude,

D3 - Programme du projet

Pour l'ensemble du projet, le programme de travail comprendrait :

- un inventaire des parcours et une cartographie des périmètres
- une surveillance continue des parcours au sol, en particulier sur des surfaces-témoins de bonne accessibilité, représentant les principaux types de parcours, pour une superficie d'environ 100 km² ; le contrôle y serait poursuivi pendant une période d'au moins 10 ans par des responsables locaux avec l'assistance de consultants.

- une surveillance continue avec des moyens de télédétection tous les cinq ans sur les surfaces témoins et une généralisation à l'ensemble des périmètres en fin de période. Cette généralisation pourrait éventuellement intervenir plus tôt en cas d'année sèche exceptionnelle.

L'inventaire des parcours devrait être réalisé par une étude phyto-écologique s'appuyant sur les divers moyens de télédétection pour en apprécier les possibilités d'emploi. Une couverture aérienne à 1/50 000 ou 1/100 000 est indispensable pour établir un relai entre l'étude au sol et les imageries satellites. L'inventaire serait traduit sous forme de carte à échelle moyenne à partir de laquelle seraient délimitées les surfaces-témoins donnant lieu à une cartographie ou à un photo-plan à grande échelle (1/50 000 pour une couverture aérienne à 1/50 000 ou de préférence 1/20 000 si une couverture spéciale est effectuée à ce stade).

La surveillance continue devrait, dans un premier stade, comporter une estimation de l'évolution des parcours depuis la première couverture aérienne effectuée sur le périmètre. A cette fin, des images isophènes homologues devraient être répertoriées sur la couverture réalisée pour le projet et sur la couverture ancienne. Les hypothèses d'évolution ainsi élaborées devraient être, si possible, étayées par une enquête approfondie auprès de la population et des responsables locaux, avec dépouillement des rapports des services techniques et administratifs ainsi que de tous documents pouvant traiter de cette question.

D4 - Problématique spécifique à la surveillance au sol

Après la phase d'inventaire, la surveillance au sol doit être le volet principal du projet tout en restant étroitement associée à l'emploi des moyens de télédétection qui doivent permettre, à tout moment, de contrôler dans l'espace, les hypothèses d'évolution échafaudées sur le terrain et de généraliser à l'ensemble de la surface-témoin ou du périmètre, les tentatives de cartographie.

La méthodologie pour la surveillance au sol doit être à la fois simple et fidèle afin que les opérations puissent être effectuées par des chercheurs locaux avec leurs moyens propres.

Pour une région dont les grandes unités édapho-climatiques de pâturages sont préalablement décrites et cartographiées, quelques toposéquences caractéristiques peuvent être choisies et contrôlées chaque année après la période de production (fin des pluies) tant pour la composition floristique que pour la productivité. Des enclos de mises en défens peuvent d'ailleurs être prévus là où ils peuvent être surveillés avec efficacité, pour éliminer avec certitude l'effet "pâture".

Des toposéquences particulières peuvent aussi être étudiées pour suivre le dynamisme du couvert lié aux variations de pluviosité ou d'exploitation.

L'effet de l'intensité de pâture peut également être estimé sur des transects dont l'origine peut être un point d'abreuvement de saison des pluies ou un point d'abreuvement de saison sèche.

Si le couvert ligneux environnant peut être simplement décrit et estimé par une cote approchée, l'évaluation du couvert herbacé en vue d'une surveillance continue nécessite d'être effectuée avec précision.

La méthode des points quadrats alignés de Daget et Poissonnet (8) a été utilisée et adaptée. Sur le faciès étudié de la toposéquence ou sur le faciès le plus représentatif du transect de surveillance, un double-décamètre est tendu au-dessus du tapis herbacé et fixé par des ficelles à des piquets de fer à béton entaillés à la scie à métaux.

(8) DAGET (P.), POISSONNET (J.) : "Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application". Ann.Agron., 1971, 22 : 5-41.

A toutes les graduations multiples de 20 cm (100 sur 20 m) les contacts avec les plantes herbacées sont notés le long d'une tige métallique fine descendue verticalement, mais une espèce ne peut être notée qu'une seule fois pour chaque point de lecture. Si aucune plante n'est touchée le point de lecture est compté comme "sol nu".

Pour le faciès, l'importance de chaque espèce sera exprimée en pourcentage par rapport à l'ensemble des contacts de plantes enregistrées.

Tab. 6 - Estimation de précision

Nombre de points	100	200	300	400				
Effectif N	119	241	373	487				
Aristida n1	39	94	166	190				
Cenchrus n2	53	95	119	165				
Fréquence relative n1	32,8 \pm 8,6	39,0 \pm 6,3	44,5 \pm 5,1	39,0 \pm 4,4				
Fréquence relative n2	44,5 \pm 9,1	39,4 \pm 6,3	31,9 \pm 4,8	33,9 \pm 4,3				
Sol nu (%)	19	16	13,3	13,7				
Contribution	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<u>Graminées</u>								
Aristida mutabilis	39	32,8	94	39,0	166	44,5	190	39,0
Cenchrus biflorus	53	44,5	95	39,4	119	31,9	165	33,9
Brachiaria xantholeuca	3	2,5	3	1,2	5	1,3	27	5,5
<u>Légumineuses</u>								
Alysicarpus ovalifolius	0		4	1,6	10	2,7	16	3,3
<u>Diverses</u>								
Cisekia pharnaceoides	10	8,4	16	6,6	20	5,4	26	5,3
Tribulus terrestris	0		0		0		2	0,4
Fimbristylis hispidula	5	4,2	5	2,1	6	1,6	6	1,2
Heliotropium strigosum	9	7,6	23	9,5	45	12,1	53	10,9
Corchorus olitorius	0		1	0,4	1	0,3	1	0,2
Polycarpaea corymbosa	0		0		1	0,3	1	0,2

La précision des données peut être estimée par le calcul de l'intervalle de confiance de la population "tapis herbacé" :

$$\pm 2 \sqrt{\frac{n(N-n)}{N^3}}$$

où n est le nombre de contacts de l'espèce dominante

N est le total des contacts enregistrés par toutes les espèces

L'effet du hasard peut être considéré comme éliminé lorsque la précision obtenue atteint 5 p.100. (10)

Quatre lignes successives ont été relevées au Km3 du transect de la mare de Gossi (tab. 6). Si l'effet hasard peut être supposé éliminé (seuil de 5 p.100) avec 3 lignes, il n'en reste pas moins qu'avec 4 lignes, il n'est toujours pas possible de préciser l'espèce dominante :

Aristida mutabilis :	39,0 ± 4,4	(43,4 à 34,6)
Cenchrus biflorus :	33,9 ± 4,3	(38,2 à 29,6)

D'où l'utilité de réunir les espèces par classes : non appâtées, appâtées, régressives, progressives, envahissantes.

La productivité est estimée en même temps par évaluation de la biomasse sur un plateau de 4 m2 choisi à proximité de la ligne d'observation. Si possible, la production est répartie en non appâté et appâté (graminées, légumineuses et autres). Elle est ensuite rapportée en matières sèches à l'hectare.

Parallèlement à l'installation d'enclos de mise en défens, des essais de charge (Stocking rate trials) devraient être effectués sur les principaux parcours, avec des parcelles clôturées d'environ 9 hectares, afin de préciser la charge optimale et les obtentions de gain de poids vif, grâce à des bovins en croissance (taurillons de 2 à 3 ans) laissés pendant 2 ans, sur les parcelles en rotation simplifiée.

D5 - Problématique spécifique à la télédétection

L'examen des niveaux de "télédétectabilité" en fonction des objectifs, illustre bien le manque d'expérimentations en vraie grandeur sur les possibilités qu'apportent les données satellites pour l'inventaire, la cartographie et la surveillance continue des parcours intertropicaux africains.

Il apparaît un décalage flagrant entre la précision recherchée et celle que peut fournir actuellement un scanner comme le MSS des satellites LANDSAT, surtout en ce qui concerne l'aspect contrôle de l'évolution. Celle-ci n'est pas à la dimension de la résolution actuelle des satellites surtout lorsque l'on se borne à des traitements optique ou informatico-optique. Des analyses automatiques à l'ordinateur fourniraient sans doute beaucoup plus d'informations et plus de précisions. Mais sans évoquer le problème du coût, une étape de ce mode de traitement exige qu'un spécialiste indique à l'ordinateur, les différentes discriminations que celui-ci devra ensuite généraliser automatiquement, soit à partir des seules informations de terrain, soit plus probablement à l'aide de photographies aériennes dont les dimensions sont plus en concordance avec le phénomène observé sur le terrain car directement perceptible par l'oeil.

- Deux objectifs majeurs peuvent être fixés à la télédétection :
- inventaire et cartographie des différents parcours
 - contrôle des évolutions.

D51 - Inventaire et cartographie des différents parcours -

Pour chacun des secteurs éco-climatiques retenus dans le projet pilote, il conviendra d'inventorier et de cartographier les parcours en appliquant pour chaque cas :

- les techniques connues et fiables telles que présentées dans le rapport,
- les autres techniques de traitement à tester pour combler les "lacunes" mises en évidence dans le tableau 7, cette dernière partie s'adressant plus particulièrement aux données LANDSAT.

D511 - Acquisition des données :

Cette phase est fondamentale. Il faut que les différents niveaux d'observations y compris le sol correspondent le plus exactement possible, à la même période, qui devrait se situer compte-tenu de la météorologie :

- vers le 15 octobre, pour les secteurs sahélo-saharien et sahélien,
- vers le 15 novembre, pour les secteurs sahélo-soudanien et soudano-sahélien,
- jusqu'au début décembre pour les secteurs soudanien et d'altitude.

Il ne paraît pas nécessaire d'utiliser les émulsions sensibles aux radiations infra-rouges dans les secteurs sahélo-saharien et sahélien en raison des très fortes réflectances des sols sableux dans ces longueurs d'ondes.

D512 - Modes de traitements :

Ils iront du simple au compliqué, de l'exploitation visuelle des imageries LANDSAT aux visualisations après traitement à l'ordinateur. Le but de ces manipulations étant de trouver le mode de traitement adapté à chaque secteur, présentant le meilleur rapport qualité/coût.

D513 - Echelle des cartes :

Les inventaires aboutiront à des cartes ou à des photo-mosaïques, réalisées d'après les imageries ERTS aux échelles suivantes :

- 1/500 000 : pour les secteurs sahélo-saharien - sahélien et sahélo-soudanien,
- 1/200 000 : pour les secteurs soudano-sahélien, soudanien et d'altitude.

D 52 - Contrôle des évolutions -

Pour réaliser les objectifs de contrôle d'évolution définis dans la classification, il convient de comparer :

Tab.7 - PROPOSITIONS DE NIVEAUX DE TELEDETECTION

Secteurs Eco-climatiques		Sahélosaharien			Sahélien				Sahélo-soudanien				Soudano-sahélien				Soudanien				Alfitude			
Niveaux de détectabilité et mode de traitement	Objectifs	Cartographie des U.P.	Localisation abreuvements	Contrôle des parcours	Cartographie des U.P.	Localisation abreuvements	Contrôle des cultures	Contrôle Evolution des parcours	Contrôle des feux	Cartographie des U.P.	Localisation abreuvements	Contrôle des cultures	Contrôle Evolution des parcours	Contrôle des feux	Cartographie des U.P.	Localisation abreuvements	Contrôle des cultures	Contrôle et évolution parcours	Contrôle des feux	Cartographie des U.P.	Contrôle des cultures	Contrôle des parcours	Contrôle des feux	
		LANDSAT	Imagerie : canaux séparés 1/500 000	█			█				█					█					█			
C.C. ou F.C.C. 1/500 000	█				█				█					█					█				█	
C.C. après amélioration 1/200 000	█			○	█			○	█			○	█	●	█				█				█	
Visualisation 1/100 000	█				█		●		█		●		█	█	█				█		●		█	
PHOTOGRAPHIES AERIENNES	1/100 000	P	█	●	█		●	█	█			●	●	█	█			█		█		█	█	
		IRC	█			█			█	█		●	█	█	█				█		█		█	█
	1/50 000	P	█	█	█	█		█	█	█		█	█	█	█			█		█		█	█	█
		IRC	█			█			█	█			█	█	█				█		█		█	█
	1/20 000	P	█	█	█	█		█	█	█		█	█	█	█			█		█		█	█	█
		IRC	█			█			█	█			█	█	█				█		█		█	█

C.C. Couleurs composites
F.C.C. Fausses couleurs composites

U.P. "Unité Paysage"

█ Niveaux de détection connus
○ Niveau à tester pour le monitoring interannuel (strate herbacée uniquement)
● Niveau à tester pour le monitoring à moyen et long terme

P. Emulsion panchromatique
I.R.C. Emulsion infra-rouge couleurs

- la couverture aérienne existante (de 1955 environ) à 1/50 000 avec une couverture récente, pour dénombrer les variables et estimer leurs évolutions.

La représentation de cette évolution pouvant être matérialisée par des cartes détaillées à l'échelle des photographies et couvrant les périmètres des surfaces-témoins (29).

- une mention spéciale est à réserver pour la localisation des feux, qui semble réalisable à partir d'imagerie à 1/500 000 (canaux 5 et 7).

La seule difficulté réside dans les dates d'enregistrement des données qui varient suivant les secteurs :

- . milieu (ou fin de saison sèche) pour les secteurs sahélien et sahélo-soudanien

- . fin octobre pour les feux précoces ; janvier ou février pour les feux de saison sèche en secteurs soudano-sahélien et soudanien.

Ces contrôles pourraient aboutir à une carte des feux à 1/500 000.

D521- Surveillance interannuelle:

Elle concerne essentiellement les secteurs sahélien et sahélo-soudanien. Envisageable à partir d'imageries LANDSAT, après amélioration par traitement, elle devrait permettre la cartographie annuelle du pâturage herbacé des zones sableuses à 1/500 000 ou 1/200 000.

D522 - Surveillance quinquennale:

D'ici 1980, il est fort probable que la technologie aidant, les satellites de ressources terrestres offriront aux spécialistes, bien d'autres possibilités que LANDSAT. En 1978, sera lancé

un nouveau satellite STEREO SAT qui, en plus d'un "Pixel" variable de 10 à 80 mètres, fournira des images stéréoscopiques dans cinq canaux (λ 8 : de $1,6\mu$ à $2,2\mu$).

Il est donc inutile de prévoir un programme de surveillance par satellite avec les "moyens techniques" des LANDSAT.

Par contre, sur les périmètres d'études, la réalisation d'une nouvelle prise de vues aériennes et la comparaison de l'évolution des "variables", restent envisageables.

-ooOoo-

BIBLIOGRAPHIE

- 1 AUBREVILLE A. - "Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale". Paris, Soc. Edit. Géogr. Marit. Colon., 1949 : 351 p.
- 2 BAGNOULS F., GAUSSEN H. - "Saison sèche et indice xérothermique". Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1953, 88 : 193-239.
- 3 BAUMGARDNER M.F. - "Evaluation of satellite data for use in natural resource surveys in Sudan". Rome, FAO ; 1974 : 47 p., 27 fig.
- 4 BILLE J.C. - "Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien". Faculté Paris Orsay ; thèse (inérite) ; 1976 : 82 p., 29 fig., 7 tab., 6 phot.
- 5 BOUDET G. - "Désertification de l'Afrique tropicale sèche". Adansonia, sér. 2, 12 (4), 1972 : 505-524.
- 6 BOUDET G. - "Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères (2e édition)". Ministère de la Coopération - IEMVT, 1975, 235 p., 157 réf. 21 tab., 15 fig., 8 pl., 28 phot., 6 c.
- 7 BOUDET G. - "Les pâturages sahéliens, les dangers de dégradation et les possibilités de régénération ; principes de gestion améliorée des parcours sahéliens". Rome, FAO/IEMVT ; 1976 : 58 p.
- 8 BOUDET G., BAEYENS F. - "Une méthode d'étude et de cartographie des pâturages tropicaux". Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 16, 2 : 191-219.
- 9 BOUDET G., DUMAS R. - "Intégration de la production animale dans l'exploitation agricole dans le cadre de l'aménagement des Volta ". Maisons-Alfort, IEMVT ; 1975, Et. agrost. n° 44, 150 p.
- 10 BOUDET G., COULIBALY M., LEPRUN J.C. - "Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali ; rapport de campagne 1975". Paris, DGRST, GERDAT, ORSTOM ; 1976 : 104 p.
- 11 BOURLIERE F., BILLE J.C., LEPAGE M., MOREL G., MOREL M.Y., POULET A.R., POUPON H. - "Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional (Sénégal) ; introduction ; présentation de la région ; description de la végétation ; biomasse végétale et production primaire nette ; données préliminaires sur l'écologie des termites ; l'avifaune et son cycle annuel ; les mammifères". La Terre et la Vie, 1972, 26 (3) : 325-472.
- 12 BOURLIERE F., BILLE J.C., LEPAGE M., MOREL G., MOREL M.Y., POULET A.R., POUPON H. - "Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional (Sénégal). 1972, année sèche au Sahel ; la régénération de la strate herbacée ; influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la strate ligneuse ; sur le peuplement en termites ; sur l'avi-faune". La Terre et la Vie, 1974, 28, 1 : 3-130.
- 13 BREMAUD O., PAGOT J. - "Pâturages, nomadisme et transhumance en zone sahélienne". UNESCO, Actes du colloque, Paris 1960 "Les problèmes de la zone aride" ; 1962, : 339-352.
- 14 BRENAC L. - "L'utilisation des photographies aériennes pour l'inventaire des forêts françaises". Saint Mandé, IGN ; Bull. Soc.Fr. Photogram. 1962 (8):321

- 15 BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY - TROPICAL GROUP - "Productivity in tropical ecosystems". J. Ecol., 1967, 55 : 15-21.
- 16 BRUNEAU M., LE TOAN T. - "Les clichés ERTS 1 et la cartographie des paysages en milieu tropical. Le cas de la Thaïlande septentrionale". Paris, Bull. Ste Franc. de Photog. ; 1976, 61 : 39-55.
- 17 CARRE J. - "Lecture et exploitation des photographies aériennes". Paris, Eyrolles, coll. techn. IGN, 1971, 2 t., 425 p., 2 tab., 21 pl., 254 fig.
- 18 CAZABAT Ch. - "L'interprétation des photographies aériennes". Paris, Bull. Inf. IGN ; 1969, (8) : 11-31.
- 19 CHARRAY J. - "Embouche de zébus peuls sur Stylosanthes gracilis". IEMVT, colloque de Dakar sur l'embouche intensive des bovins en pays tropicaux, 4-8 décembre 73, : 167-170.
- 20 C.S.A. - "Phytogéographie (Yanzambi 1956)". Londres, CCTA ; 1956, publ. n° 22 35 p.
- 21 C.T.F.T. - "Contribution à l'étude de la désertification de l'Afrique tropique sèche". Bois et Forêts des tropiques ; 1973, n° 148 : 80 p.
- 22 DALEBROUX R. - "Développement de la production animale et des ressources en eau dans l'Est du Niger. Etude de l'utilisation des pâturages et des parcours". Rome, FAO ; 1972, miméogr. AGA : SF/NER 7 (WS/C 7915) :29.
- 23 DAVID D.J., DERIES J., VERGER F., JOLY G. - "Cartographie automatique des données des satellites LANDSAT". Paris, Bull. Ste Fr. Photogram. ; 1976, 61 : 25-31.
- 24 DE LEEUW P.N., LESLIE A., TULEY P. - "The land resources of north east Nigeria, vol. 1,2,3,4,5. Vol. 1 - the environment ; vol. 2 - Tsetse and Trypanosomiasis ; vol.3 - The land systems ; vol.4 - Present and potentiel land use ; vol.5 - Appendixes et tables. Land resources division Tolworth tower, Surbiton surrey England ; 1972, land resources study n°9, 5 t., cartes.
- 25 DE LEEUW P.N., BRINCKMAN W.L. - "Pasture and rangeland improvement in the northern Guinea and Sudan zone of Nigeria". Ibadan, International symposium on animal production in the tropics ; 1973 : 13 p.
- 26 DE LEEUW P.N. - "Species preferences of domestic ruminants grazing nigerian savanna". Zaria, Nigeria, Samaru University, Inst. for Agr. Res. ; 1975, 12 p.
- 27 DE LEEUW P.N. - "Livestock development and drought in the northern states of Nigeria". Zaria, Nigeria, Samaru University, Inst. for. Agr. Res. ; 1975, 16 p.
- 28 DE WISPELAERE G., LAMARQUE G. - "Cartographie des pâturages naturels inter-tropicaux". Paris, Rev. Comité Fr. Cartogr. ; 1976, 67 : 12-16.
- 29 DE WISPELAERE G., TOUTAIN B. - "Estimation de l'évolution du couvert végétal en 20 ans consécutivement à la sécheresse dans le Sahel Voltaïque". Paris, Rev. Photo-interprétation, Ed. Techn. ; 1976 (sous presse).

- 30 DE WISPELAERE G., TOUTAIN B. - "Un exemple de dégradation du couvert végétal dans le Sahel voltaïque entre 1955 et 1975". Paris, Rev. Photo-interprétation, Ed. Technip. (sous presse).
- 31 DOUGLAS J.S. - "L'agri-sylviculture : pour accroître la production alimentaire de la nature". Impact Science et Société ; 1973, 23 (2) : 127-144.
- 32 EMBERGER L., GODRON M., DAGET P., LE FLOC'H E., LONG G., POISSONET J., SAUVAGE C., WACQUANT J.P. - "Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Principes et transcription sur cartes perforées". Paris CNRS/ Montpellier CEPE ; 1968 : 289 p.
- 33 EUVERTE G. - "Les climats et l'agriculture". Paris, PUF ; 1967, col. Que sais-je n° 824.
- 34 FAO-UNEP - "L'aménagement écologique des parcours arides et semi-arides d'Afrique et du Moyen Orient : un programme international EMASAR". Rapport d'une réunion d'experts tenue à Rome 27-31 mai 1974. Rome, FAO ; 1974 : AGPC : Misc/26 : 47 p.
- 35 FAO-UNEP - "Evaluation mondiale de la dégradation des sols ; programme international de conservation des sols ". Rapport d'une consultation d'experts tenue à Rome : 10-14 juin 74. Rome, FAO ; 1974 : MR/F 3951/F/ 10 75/1/300 : 41 p.
- 36 FAO-UNEP - "Activités de surveillance en vue de l'évolution de certains problèmes d'environnement critiques liés aux pratiques agricoles et d'utilisation des terres (GEMS)". Consultation d'experts tenue à Rome : 15-19 mars 1976. Rome FAO, 1976 : Na 76-198 : 30 p.
- 37 FAO - "Facilities and services of the remote sensing unit". Rome, FAO ; 1976 : AGD (RS) 1/76 : 6 p.
- 38 FOSBERG F.R. - "A classification of vegetation for general purposes". in Peterken G.F. "Guide to the check sheet for IBP areas". Oxford, Blackwell Scientific publication, IBP, handbook n° 4 ; 1970 : 73-120.
- 39 GASTON A., DULIEU D. et al. - "Pâturages du Kanem ; effets de la sécheresse de 1973 sur les pâturages du Kanem - lac Tchad, comparaison avec les études de 1964 et 1966 ; réactualisation de la carte". Maisons-Alfort, IEMVT ; coll. bilans régionaux ; 1976 : 175 p.
- 40 GAUSSEN H., ELLENGERG H. et al. - "Classification internationale et cartographie de la végétation". Paris, UNESCO, coll. Ecologie et conservation n° 6 ; 1973 : 93.
- 41 GIRARD C.M., GIRARD M.C. - "Applications de la télédétection à l'étude de la biosphère". Paris, Masson, coll. Sci. Agron. ; 1975 : 186 p., 70 fig. 22 tab., 15 ph., 2 pl.
- 42 GRANIER P. - "Rapport d'activités agrostologiques 1974-75 au Niger, note sur l'introduction des techniques d'amélioration de la production de l'élevage en zone sahélienne". Maisons-Alfort, IEMVT ; 1975 : 37 p.
- 43 GRANIER P. - "Effets de la mise en défens sur la végétation en zone sahélienne". Maisons-Alfort, IEMVT, in "Journées techniques de Production Animale sur l'élevage des petits ruminants (15-19 sept. 1975) : 193-205.
- 44 KEAY R.W.J., AUBREVILLE A. - "Carte de la végétation de l'Afrique au Sud du Tropique du Cancer". AETFAT-UNESCO ; Londres Oxford University Press ; 1959 ; 23, 1 c. à 1/10.000.000.
- 45 LAWTON R.M. - "The value of browse in the dry tropics". Nairobi, East african agricult. and forestry journal ; 1968, 33, 3 : 227-30.

- 46 LE MASSON A. - "Rapport d'activités "Elevage" en 1975 ; opération lutte contre la sécheresse au Sahel Haute-Volta". Ouagadougou, CIDR Haute-Volta ; 1976 : 91-122.
- 47 LOETSCH F. et al - "Formulation of a tropical forest cover monitoring project". Rome, FAO, 1975 : MR/F 6795/ 5.75/2/100 : 76 p.
- 48 NANY J.P., CAZABAT Ch. - "Les équidensités colorées - Applications à la photo-interprétation". Paris, Bull. Sté Fr. Photogram. ; 1971, 43 : 17-27.
- 49 PEYRE DE FABREGUES B., ROSSETTI C. - "Pâturages naturels sahéliens du Sud Tamesna (Rép. du Niger) : 1 - Evolution des pâturages ; 2 - Cartographie du potentiel pastoral et évaluation de la production fourragère par photographie aérienne". Paris, IEMVT-Géotechnip; 1971 Et. agrost. n° 32 ; 2 t., 180 p., 11 fig., 22 tab., 1 photocarte à 1/50.000 en 4 f. (1.000 km²).
- 50 PIOT J. - "Végétaux ligneux et pâturages des savanes de l'Adamaoua au Cameroun". Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 1969, 22, 4 : 541-559.
- 51 PIOT J. - "Pâturage aérien au Cameroun. Utilisation des ligneux par les bovins". Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. ; 1970, 23, 4 : 503-17.
- 52 PIOT J., RIPPSTEIN G. - "Rapports annuels d'activités de la station fourragère de Wakwa - N'Gaoundéré (Cameroun)". 1964 à 1975.
- 53 POULTON C.E. - "A comprehensive remote sensing legend system for the ecological characterization and annotation of natural and altered landscapes". Ann Arbor, environmental Research Institute of Michigan Proceedings of the 8 th Intern. Symposium on Remote sensing of environment (2-6 october 1972): 393-408.
- 54 PRATT D.J., GREENWAY P.J., GWYNNE M.D. - "Classification of East African Rangeland with an appendix on terminology". J. appl. ecol. ; 1966 (3) : 369-82.
- 55 RANZ E. - "Possibilités offertes à la photo-interprétation par le film à équidensités Agfa-Contour". Paris, Bull. Ste Fr. Photogram. ; 1971 44 : 27-40.
- 56 REINING P. - "Utilization of ERTS1 Imagery in cultivation and settlement sites identification and carrying capacity estimates in Upper Volta and Niger". Final report to aid office in accordance with the terms of Aid/W contract n° AID/CM/afr.-C-73-21. 1973, 155p, 46 tab., 32 phot.
- 57 RENNER F.G., ALLRED B.W. - "Classifying rangeland for conservation planning". Washington soil conserv. service - US Department of Agric.; 1962 Agricult. handbook n° 235 : 48 p.
- 58 ROBERGE G. - "Résultats acquis sur la production fourragère en régions tropicales humides (cas de la Moyenne Côte d'Ivoire)". Maisons-Alfort, IEMVT, note de synthèse n° 6 ; 1976 : 73 p.
- 59 SALETTE J.E. - "Les cultures fourragères tropicales et leurs possibilités d'intensification". Fourrages, 1970, 43 : 91-107.

- 60 SOIL CONSERVATION SERVICE (US) - "National handbook for range and related grazing lands". Washington soil conserv. service - US Department of Agric. ; 1967, SCS Range 7.67 : 77 p.
- 61 STANLEY P.J. - "Atlas climatologique de l'Afrique". Lagos, Nairobi - Pretoria, CCTA.CSA ; 1961, 55 pl.
- 62 TONDEUR G., SERRES H., JOPPICH W. - "Autorité de développement intégré du Liptako Gourma ; développement agro-pastoral (rapport sectoriel n° 2)". NU-CEA, projet ED/1335 ; 1973 : 209 p., 7 annexes.
- 63 TROCHAIN J.L. - "Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale". Brazzaville, Bull. Inst. Et. Centraf. ; 1957 (13-14) : 55-93.
- 64 TUCKER C.J. , MILLER L.D., PEARSON R.L. - "Spectral mapping of short grass prairie biomass". Photogrammetric Engineering and Remote sensing ; 1976, vol. 42, n° 3 : 317-323.
- 65 UNESCO - "Le Sahel : bases écologiques de l'aménagement". Paris, Notes techniques du MAB ; 1974, 11 chap. : 99 p.
- 66 UNESCO - "Rapport sur l'état des connaissances concernant les écosystèmes pâturés des régions tropicales". Paris ; 1976 (sous presse).
- 67 UNIVERSITY OF LONDON - "Drought in Africa". Centre for African studies ; 1973 : 124 p.
- 68 VALENZA J., FAYOLLE F. - "Note sur les essais de charge de pâturage en Rép. du Sénégal". Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1965, 18 (3) :321-27.
- 69 VAN KEULEN H., DE WIT C.T. - "Actual and potential herbage production in arid regions". Wageningen, Department of theoretical Production Ecological, Agricultural University and IBS (Institute of Biological and chemical research on field crops and herbage) ; 1975 : 14.