

APPLICATION DE LA TÉLÉDETECTION SATELLITAIRE À L'ÉVALUATION DES DONNÉES POUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN AFRIQUE OCCIDENTALE INTERTROPICALE

EXEMPLE DES PROVINCES DU GOURMA ET DE LA SISSILI, SUD DU BURKINA FASO

Toro Drabo

Introduction

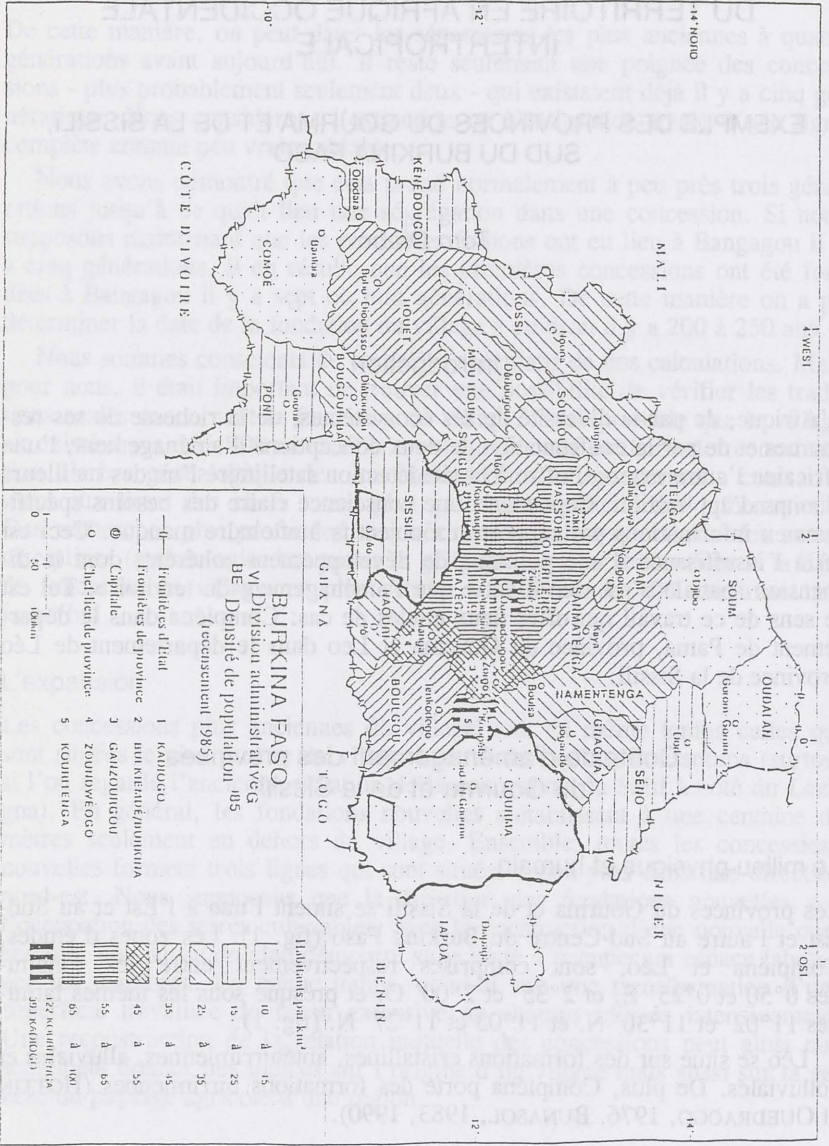
L'Afrique, de par la diversité de ses écosystèmes, de la richesse de ses ressources et de par la confrontation de deux conceptions d'aménagement, l'une africaine l'autre externe, offre à la télédétection satellitaire l'un des meilleurs champs d'application. Cependant, une conscience claire des besoins spécifiques en informations par rapport aux objectifs à atteindre manque. Ceci est dû à l'insuffisance d'une politique de développement cohérent, dont la dimension spatiale n'est rien d'autre que l'aménagement du territoire. Tel est le sens de ce travail qui offre deux études de cas: Compiéna dans le département de Pama, province du Gourma et Léo dans le département de Léo province de la Sissili.

Contexte d'aménagement des provinces du Gourma et de la Sissili

Le milieu physique et humain

Les provinces du Gourma et de la Sissili se situent l'une à l'Est et au Sud-Est et l'autre au Sud-Centre du Burkina Faso (fig. 1). Les zones d'études, Compiéna et Léo, sont comprises respectivement entre les longitudes $0^{\circ}50'$ et $0^{\circ}25'$ E. et $2^{\circ}35'$ et $2^{\circ}00'$ O. et presque sous les mêmes latitudes $11^{\circ}02'$ et $11^{\circ}30'$ N. et $11^{\circ}03'$ et $11^{\circ}27'$ N. (fig. 1).

Léo se situe sur des formations cristallines, antébirrimiennes, alluviales et colluviales. De plus, Compiéna porte des formations birrimiennes (HOTTIN et OUEDRAOGO, 1976, BUNASOL, 1983, 1990).



BURKINA FASO
 VI Division administrative
 DE Densité de population 1985
 (recensement 1985)

- |— Frontières d'Etat
 - Frontières de province
 - @ Capitale
 - o Chef-lieu de province
- | | |
|---|-----------------|
| 1 | KANOU |
| 2 | KIEMISSI/BOUMBA |
| 3 | GANZONGOU |
| 4 | ZOUINWÉOGO |
| 5 | KOUINTEGA |

Habitants par km²

[Pattern]	0 à 15
[Pattern]	15 à 25
[Pattern]	25 à 35
[Pattern]	35 à 45
[Pattern]	45 à 55
[Pattern]	55 à 65
[Pattern]	65 à 100
[Pattern]	100 à 122
[Pattern]	122 à 200



← Fig. 1: Burkina Faso: Division administrative, densité de population et situation géographique des zones d'étude Compiéna et Léo (Statistisches Bundesamt, 1992)

Les relevés des stations météorologiques de Léo et de Pama entre 1985 et 1994 donnent comme moyenne annuelle de température 27,4 °C à Léo et 29 °C à Pama. Il pleut de mai à octobre avec un maximum en août. Les minima des moyennes annuelles des relevés pluviométriques sont de 500 mm en 1985 à Pama et de 747 mm en 1990 à Léo. Les maxima sont respectivement de 1150 mm en 1991 et de 1440 mm 1994. Cette variabilité pluviométrique traduit la quantité d'eau dans les cours d'eau.

Les rivières Bigou, Compiéna et leurs affluents drainent Compiéna. C'est sur le Compiéna qu'est construit un barrage hydroélectrique. Les cours d'eau de Léo sont les affluents du Mouhoun à l'Est et ceux du Nazinon à l'Ouest. Ils sont à sec après la saison des pluies et montrent parfois dans leurs lits, différentes formations pédologiques.

Les formations pédologiques principales sont des lithosols, sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols à sesquioxides de fer et de manganèse, sols peu évolués, sols hydromorphes, sols bruns eutrophes et vertisols (cf. BUNASOLS, 1983, 1990).

Sur ces sols dominant les espèces arborées, arbustives et herbacées et leurs phénologies, en tant que forêts galeries le long des cours d'eau. Elles sont soumises à des destructions et aux feux de brousse qui inquiètent les populations.

Les populations, Goulmancema du Gourma, Gourounsi de la Sissili et Foulbé dans les deux cas, pratiquent l'agriculture et l'élevage. La densité de population, qui est de 11 à Compiéna et de 17 hbt./km² à Léo, est, par rapport à la moyenne du pays qui est de 29, très faible (fig. 1). Ceci est significatif pour l'arrivée d'autres populations nécessitant des aménagements appropriés.

Les modes d'aménagement dans les provinces

Il y en a deux: (1) celui qui est l'agencement des structures agraires, pastorales et halieutiques héritées, sur lequel se reposent la perception et la gestion de l'environnement par les populations, (2) l'autre, hérité du modèle colonial français et maintenu par l'État, privilégie les infrastructures dites de base.

L'aménagement du territoire consiste au peuplement par transfert de population du centre du pays vers des régions considérées comme peu peuplées telles que Compiéna et Léo et en un programme de gestion des terroirs provinciaux (voir Décret portant Réforme Agricole et Foncière, 1991).

Etude de cas: Compiéna et Léo

Matériel de travail: il comprend:

- les cartes topographiques Pama NC-31-XIX-UTM et Léo NC-30-XXII UTM: 1:200000, utilisées comme cartes de base
- la carte géologique: 1:1000000 (HOTTIN et OUEDRAOGO, 1976),
- la carte pédologique: 1:500000 (BOULET, 1976);
- la carte pédologique pour le marnage du futur barrage hydroélectrique de Komienga: 1:20000 (BUNASOLS, 1983)
- l'esquisse pédologique: 1:200000 de la province de la Sissili (BUNASOLS, 1990) qui couvre tout Léo
- le quart de scène de Landsat-Thematic Mapper (TM) (tab. 1) couvrant Compiéna, soit 30 km x 30 km.
- le quart de scène de SPOT-Haute Résolution Visible-multispectrale (HRV-XS) (tab. 1) couvrant Léo, soit 42, 66 km x 36,80 km.

Tableau 1: Quelques paramètres des scènes

Scènes	Identifi- cation	Date d'enre- gistrement	Temps	Instru- ment	mode spec- tral	Nombre de ca- naux	Indica- tion spec- trale des canaux	Résolu- tion spatiale
Landsat TM	193/52	10/1/91	10h	TM 10	XS	7	TM1	28,5 m
							TM2	28,5 m
							TM3	28,5 m
							TM4	28,5 m
							TM5	28,5 m
							TM6	120,0 m
							TM7	28,5 m
SPOT- XS	3 53 / 327	19/02/94	10h40	HRV1	XS	3	XS1	20 m
							XS2	20 m
							XS3	20m

Chaque canal est défini par une longueur d'ondes donnée (tab. 2) dans laquelle il est plus spécifique que les autres dans l'enregistrement des signatures spectrales (tab. 2). Celles-ci permettent une analyse du terrain par canal à travers les valeurs de gris. La superposition de trois canaux donne la composition colorée, qui, par rapport au simple canal, présente les données en couleurs. Seul TM6, thermal, n'est compatible avec aucun autre à cause de sa petite résolution spatiale (tabl. 1). Les compositions colorées TM7,4,2 (RVB) (DRABO, 1994) et (X3,2,1) (RVB) (BARDINET, 1988) ont été choisies pour l'analyse du terrain.

Tableau 2: Longueurs d'ondes des canaux TM et HRV-XS en μm

TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
0,45 - 0,52	0,52 - 0,60	0,63 - 0,69	0,76 - 0,90	1,55 - 1,75	10,4 - 12,5	2,08 - 2,35
	X1		X2		X3	
	0,50 - 59		0,61 - 0,68		0,79 - 89	

Analyse du terrain

L'occupation et l'utilisation du sol sont identifiées aussi bien par canal que par composition colorée (tab. 3).

Chaque canal ainsi que la composition colorée TM7,4,2 (RBV) montrent des données d'occupation et d'utilisation du sol qui ne figurent pas sur la carte topographique. Il s'agit par exemples du plan d'eau du barrage, du sable d'accumulation dans les lits des affluents de Compiéna au Nord, de nouvelles routes, et de nouveaux villages et routes. Cela indique que la carte n'est pas seulement dépassée mais aussi insuffisante. De même, les canaux HRV-XS ainsi que la composition colorée X3,2,1 montrent aussi que la carte topographique de Léo a besoin d'être réactualisée.

TM1 et TM2 détectent la vapeur d'eau au-dessus des endroits du plan d'eau du barrage les moins profonds, permettant ainsi des mesures bathymétriques. TM4 et XS3 montrent qu'il y a une corrélation entre les densités de la végétation, les surfaces brûlées et l'utilisation du sol par l'homme. TM6 détecte le mieux les surfaces brûlées et les flammes à travers les différences de température, car plus les surfaces sont brûlées à plusieurs reprises, plus elles se réchauffent rapidement (GREGOIRE, BELWARD et KENNEDY, 1993, cité par DRABO, 1994). L'exploitation du canal facilite la compréhension et la signification des couleurs des compositions colorées au sol (tab. 4).

Le bleu de TM montre la vapeur d'eau et les sol humides, celui de HVR, les traces de feu de brousse, les sols hydromorphes humides et le limon sombre des bas-fonds.

Le vert de TM et le rouge de HRV signifient les espèces arborées formant des forêts galeries le long des cours d'eau, les espèces arbustives sur

sols peu profonds et dans les jachères et le tapis herbacé aquatique à l'embouchure de Compiéna. Les espèces arborées dominantes sont *Butyrospermum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Lanéa acida*, et *L. microcarpa*, *Khaya sénégalensis*, *Anogeissus léocarpus*, *Daniella oliveri*, *Diospyros mespiliformis*, *Andansonia digitata*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Terminalia macroptera* et *T. avicennoides*, *Entada africana*, *Isobertina docka*, *Pterocarpus erinaceus*, *Myrtagyna inermis*, *Borassus aethyopum*. L'*Acacia albida*, *Mangifera indica* et parfois *Azadirachta indica* s'ajoutent dans les villages anciens. Les espèces arbustives dominantes sont *Combretum micranthum*, *C. glutinosum*, *Piliostigma reticulatum*, *P. thoningii*, *Acacia pennata*, *A. radiana*, *A. seyal*, *Gardenia erubescens*, *G. ternifolia*, *Dichrostachys cinerea*.

Plus le vert de TM ou le rouge du HVR est vif, plus l'activité chlorophyllienne est intense. Ce sont les cultures maraîchères dans les bas-fonds, les vergers, les arbres des zones habitées, toute la végétation ligneuse bourgeonnante après les passages des feux de brousse et des jeunes jachères. Dans ces dernières, il s'agit parfois des formations monofloristiques, en l'occurrence soit des *Piliostigma reculatum* et/ou *P. thoningii*, soit des *Dichrostachys cinera*, *Acacia radiana* ou de *Gardenia erubescens* et/ou *G. terniflora*, suite à des cultures intensives dites modernes, souvent à la charrue ou au tracteur.

Le rouge de TM et le vert de HVR signifient les sols rouges, rougeâtres, rouge-jaunâtres, dans lesquels l'hématite domine la goéthit (DEVINEAU et KALOGA, à paraître). Le vert de l'image HRV montre les sols argileux-ferrugineux-kaoliniques érodés par les eaux de ruissellement, creusés et transportés pour le revêtement des routes. Ils sont reconnaissables grâce à l'hématite non encore oxydée. La couleur jaune ou jaune-vert révèle les sols gravillonnaires, sols sableux-argileux sur gravillon où la goéthit domine l'hématite. Celle jaune paille signifie des plages d'herbacées desséchées.

Le blanc dans TM comme dans HVR-XS traduit l'utilisation du sol en cours ou récente par l'homme. Il correspond à un albedo très élevé du sol, qui émet de l'énergie électromagnétique dans le domaine de l'infrarouge (GREGOIRE, BELWARD et KENNEDY, 1993 cité par DRABO, 1994) et couvre celle de la végétation présente. Ce sont des sols sableux, limoneux, argileux et gravillonnaires sans ou peu d'apport d'humus. A ces dites surfaces correspondent les habitations et champs des nouveaux colons, les Mose. Le manteau d'*Acacia albida*, qui est ici absent, confirme qu'il s'agit des foyers de peuplement nouveaux issus de l'immigration rurale.

Au noir correspondent les ombres, au noir-bleu, l'eau du barrage dans TM, les surfaces très récemment brûlées et les flammes dans HVR. Le noir-lilas du TM indique les surfaces récemment brûlées et les flammes. Dans TM comme dans HRV les sols hydromorphes vont du gris au sombre et les affleurements rocheux granito-gneissiques avec des blocs de teintes rouge grises.

A Compiéna et à Léo, les chemins et les routes ne sont pas visibles sur les images au contact des affleurements rocheux. Les lits des rivières de

Compiéna sont plus profonds et plus ensablés que ceux de Léo. Par endroits, il y a des formations végétales monofloristiques qui traduisent des processus de reconstitution des écosystèmes dégradés, suite à des méthodes de labour inappropriées. Elles se trouvent souvent sur des sols limoneux-sableux hydromorphes, vertisols. Certaines ont atteint un stade de diversification, à la recherche d'un équilibre stable.

L'analyse du terrain devient plus complexe, plus difficile à effectuer à cause des effets des différents passages de feux de brousse et de leurs fumées qui falsifient la réalité du paysage. Ils donnent par exemple des signatures spectrales différentes aux mêmes formations végétales. Il arrive que les surfaces latéritiques et les affleurements rocheux ne se laissent pas distinguer de certains passages de feux anciens, car ils émettent dans la même longueur d'ondes dans l'infrarouge. De telles surfaces vont du rouge au violet-noir dans le TM, du bleu au noir dans le HVR où les points d'eau troublée par le cheptel, dont le sédiment est en suspension, se comportent spectralement comme certaines surfaces brûlées. Les champs et jachères ayant une couverture végétale moyenne retiennent les fumées qui leur donnent une couleur bleuâtre, une impression de surfaces brûlées dont les cendres sont en voie de disparition.

A partir de cette meilleure connaissance spatiale de Compiéna et Léo, le choix définitif des compositions colorées pour le positionnement des champs d'entraînement s'est porté en vue de la classification sur TM7,4,2 (RVB) et X3,2,1 (RVB) (Tab. 4).

Classification

Après le positionnement des champs d'entraînement et la vérification du comportement des ellipses, le procédé de classification Maximum Likelihood a été appliqué.

Résultats provisoires d'occupation et d'utilisation du sol à Compiéna et à Léo

La correction géométrique permet d'avoir la carte d'occupation d'utilisation du sol de Compiéna et de Léo, mise à la disposition de l'aménageur (fig. 2, 3). Cependant elle souffre du manque d'analyse très fine du paysage, faute de données satellitaires complémentaires.



Tableau 3: Données nécessaires relevant de l'aménagement du territoire

Données satellitaires		Données nécessaires relevant de l' aménagement du territoire													
Spot HVR 1	Land-sat-TM	Village	ville	Densité de population	Champ/jachère	Pature	Chemin/route	Route asphaltée	Feu de brousse	Eau	Structures géol./géorm.	Relief	Hydrographie	sol	Végétation
	1	+	+	0	+	++	--	-	-	+	0	+	+	+	0
	2	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
	3	0	0	0	-	-	++	++	++	+	+	++	+	0	+
	4	0	+	0	+	+	0	+	++	++	0	0	+	0	++
	5	+	+	+	++	+	++	++	+	++	++	++	+	+	+
	6	--	-	--	--	--	--	--	++	++	0	0	0	?	0
	7	0	0	0	0	0	+	+	0	++	+	+	++	++	++
	7,4,2	+	+	+	++	++	++	+	++	++	++	++	+	++	++
1		0	++	+	++	++	+		+		++	++	++	0	0
2		++	++	+	+	+	+		++		++	++	++	0	++
3		++	++	++	0	+	0		++		+	0	0	0	0
3,2,1		++	++	+	++	++	++		++		++	++	+	+	++

Légende: --: très mauvais -: mauvais 0: assez bien +: bien ++: très bien

Tableau 4: Signification des couleurs des compositions TM7,4,2 (RVB) et X 3,2,1 (RVB)

Couleurs des composites	Signification des couleurs des composites aux sol	
	TM	XS
Bleu	Vapeur d'eau au-dessus du plan d'eau du barrage	Surfaces brûlées récemment, ombres
Bleu clair	Nuages, mur du barrage (béton armé et granit)	Sols humides hydromorphes, champs, jeunes jachères sous fumées des feux de brousse
Bleu -lilas	Asphalt	
Bleu-violet		Eau de Léo
Vert-jaune vif	Forêts galeries, végétation de bas-fonds après passage de feux de brousse	Affleurements rocheux grani-to-gneissiques, couvertures d'altération argile ferrugineux kaoliniques
Bleuâtre		Limon noir-bleu des bas-fonds
Vert bleuâtre	Végétation sur affleurement du socle, dominée par les combretacés; végétation dense sur sol argileux-sableux profond	
Vert jaunâtre	Végétation des plaines non touchée par le feu	Affleurements rocheux, sols argileux-sableux sur gravillon où le rapport hématie et goethit s'équilibre
Vert laiteux	Végétation ouverte: jachères ou formations arbustives dominantes	
Vert sombre	Végétation après passage de feu récent	
Rouge	Sols argileux rouges	Végétation de bas-fonds bourgeonnant après passages de feux de brousse, cultures maraichères de bas-fond de la ville de Léo
Rougeâtre gris	Affleurements du socle ou rocheux	
Rougeâtre laiteux	Ville de Pama, villages, jachères	
Rouge violet	Surfaces récemment brûlées	
Rougeâtre violet	Sols nus ou anciennement parcourus par les feux de brousse	jachères: végétation ouverte, à activité chlorophyllienne intense
Jaune		Sol gravillonnaire où la concentration de la goethite domine celle de l'hématie, tapis herbacés asséchés, arbustes

		coupés en septembre pour la préparation des champs de la saison prochaine
Jaunâtre	Habitations et champs de nouveaux habitants sur sol argileux-sableux profond	
Blanc	Sable d'accumulation, utilisation actuelle du sol: habitations, champs, chemins, routes, surfaces cimentées, jachères vieilles d'un à deux ans au plus	Utilisation actuelle du sol: habitations, champs, chemins, routes, surfaces cimentées, jachères vieilles d'un à deux ans au plus
Gris		Jachères récentes: végétation très ouverte
Gris-blanc		Jachères très récentes
Gris sombre	Sols hydromorphes, affleurements rocheux (granit, schistes)	Affleurement du socle, affleurements rocheux
Violet-gris	Affleurements rocheux (Inselbergs) (schisteux, argileux, sableux, granitiques du socle; surfaces récemment brûlées par les feux de brousse	
Violet-laiteux	Glacis sous érosion des eaux pluviales actives	
Violet-noir	Surfaces très récemment brûlées sur sol hydromorphes, flammes	
Noir	Ombres	Mur (ciment et blocs de plinthit) du barrage de la ville de Léo,
Noir bleu	Eau du barrage	Surfaces sous cendres chaudes ou flammes des feux de brousse

Le paysage de Compiéna et de Léo est la résultante de trois unités thématiques:

- Les petites surfaces dispersées dans l'espace, plus ou moins éloignées des villages, sont des champs dits de brousse, dans lesquels dominent les cultures de céréales (sorgho, mil et associés haricots et hibiscus) et de tubercules (ignames, manioc). Le reste de l'espace sert de pâture. Tout appartient à la population autochtone;

- Les champs en surface continue au milieu desquels sont les villages appartiennent à la population issue de l'immigration rurale, venue du pays Mose et qui reproduit son système agricole d'origine. Cette unité se concentre le long des cours d'eau et des axes routiers importants. Elle s'adonne, beaucoup plus que les population autochtones, aux cultures de rente et, pour cela, tient peu compte des aptitudes des sols aux cultures, aux pâtures et des lois locales, créant parfois un mauvais climat entre leurs hôtes et eux-mêmes au nom de l'État qui les déracine.

- Les routes en reconstruction avec leurs carrières béantes, les retenues d'eau dont le grand barrage hydroélectrique de Compiéna avec leurs arbres coupés ou morts, le *neem* ou *Azadirachta indica* qui menace les essences végétales locales, la diminution des animaux sauvages dont ceux de la Réserve Partielle de Pama, en raison de la chasse touristique sont les aménagements faits par l'État ou dans son sillage.

Les paysages détectés de Compiéna et de Léo sont marqués par une destruction du couvert végétal provoquée par l'exploitation agricole par une population issue de l'immigration rurale, les feux de brousse et les aménagements faits par l'État.

Conclusion

Du point de vue méthodique, l'expérience montre qu'une interprétation canal par canal permet une préparation graduelle et sûre à la connaissance du terrain. Elle guide dans le choix de la composition colorée et, partant, de celui des champs d'entraînement. Le canal TM6 est bien adapté à la détection des passages de feux de brousse qui marquent le paysage, dont l'analyse très fine ne peut se faire sans données satellitaires complémentaires.

Il serait souhaitable d'obtenir des données issues d'une meilleure résolution spectrale du HRV-XS permettant également l'acquisition des données thermiques.

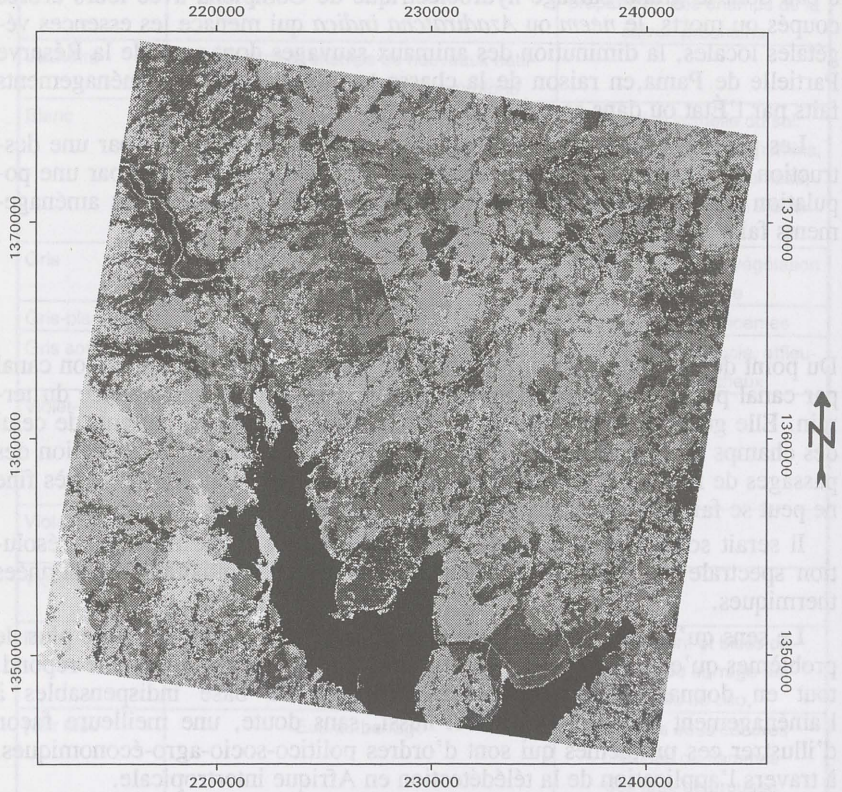
Le sens qu'il fallait donner à cette contribution, c'est qu'elle pose plus de problèmes qu'elle n'en résout; qu'elle interroge davantage qu'elle ne répond, tout en donnant cependant des informations de base indispensables à l'aménagement du territoire. C'est aussi, sans doute, une meilleure façon d'illustrer ces problèmes qui sont d'ordres politico-socio-agro-économiques, à travers l'application de la télédétection en Afrique intertropicale.

Résumé

L'exploitation des données satellitaires concernant les zones d'étude Compiéna et de Léo s'est faite en l'absence ou insuffisance de certaines données de base nécessaires. Cependant, elle complète ces dernières ou pallie en partie à ces défauts, permettant ainsi une bonne connaissance de la réalité spatiale du terrain. Ceci a conduit à l'objectif recherché, consistant à évaluer les besoins en informations pour l'aménagement de Compiéna et de Léo.

Fig. 5: Occupation et utilisation du sol à Léo

Fig. 5: Occupation et utilisation du sol à Compiéna



Landsat TM 193/52
Enregistrement 10/01/91

échelle



1 : 250000

classe	
	Végétation très dense
	Végétation dense
	Végétation moyennement dense
	Végétation très ouverte
	Classes associées (utilisation du sol, sols nus, entre autre)
	Surfaces brûlées récentes des bas-fonds
	Eau
	Surfaces brûlées anciennes
	Surfaces brûlées récentes
	Nuages
	Routes

Fig. 2: Occupation et utilisation du sol à Compièna

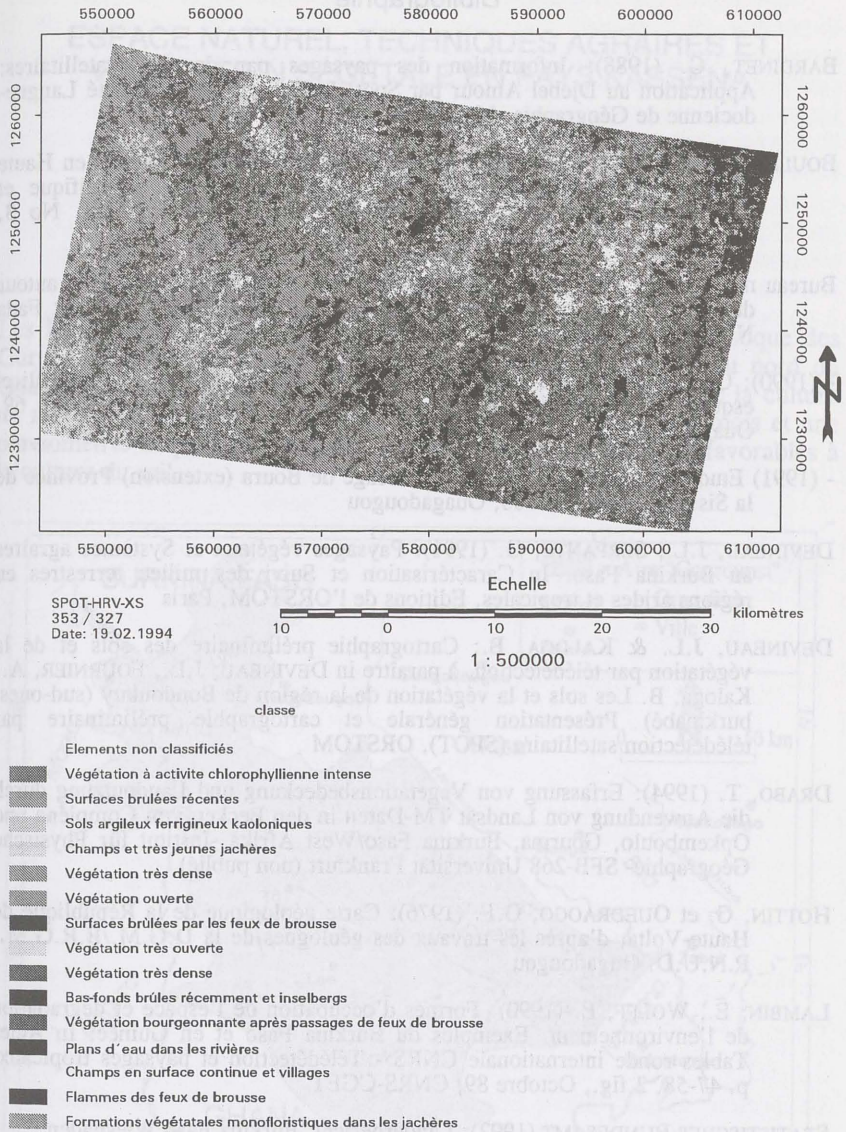


Fig. 3: Occupation et utilisation du sol à Léo

Bibliographie

- BARDINET, C. (1988): Information des paysages par données satellitaires: Application au Djebel Amour par Spot. In Bulletin de la Société Linguistique de Géographie, Montpellier
- BOULET, R. (1970): La Géomorphologie et les principaux types de sols en Haute Volta Septentrionale. Cahiers Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer (ORSTOM) Série Pédologique, T.VIII, No 3, Paris
- Bureau national des sols (1983): Etude pédologique de la zone de marnage autour du futur barrage hydroélectrique de la Kompienga O.R.D. de l'Est Fada N'Gourma; Echelle 1/20000; Rapport technique no 41, Ouagadougou
- (1990): Caractérisation des sols du Centre - Sud de la province de la Sissili et esquisse pédologique, Echelle 1/200000, Rapport technique no 69, Ouagadougou,
 - (1991) Etude pédologique de l'aval du barrage de Boura (extension) Province de la Sissili, Echelle 1/5000, Ouagadougou
- DEVINEAU, J.L., SERPANTE, G. (1991): Paysages végétaux et Systèmes agraires au Burkina Faso: In Caractérisation et Suivi des milieu terrestres en régions arides et tropicales. Editions de l'ORSTOM, Paris
- DEVINEAU, J.L. & KALOGA, B.: Cartographie préliminaire des sols et de la végétation par télédétection, à paraître in DEVINEAU, J.L., FOURNIER, A., Kaloga, B. Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy (sud-ouest burkinabé) Présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT), ORSTOM
- DRABO, T. (1994): Erfassung von Vegetationsbedeckung und Landnutzung durch die Anwendung von Landsat TM-Daten in den Becken von Compiéna und Opkemboulo, Gourma, Burkina Faso/West Afrika -Institut für Physische Geographie- SFB-268 Universität Frankfurt (non publié)
- HOTTIN, G. et OUEDRAOGO, O.F. (1976): Carte géologique de la République de Haute-Volta, d'après les travaux des géologues de la D.G.M./B.R.G.M./P.N.U.D. Ougadougou
- LAMBIN, E., WOLFF, E. (1990): Formes d'occupation de l'espace et dégradation de l'environnement. Exemples du Burkina Faso et en Guinée: In Actes Tables ronde internationale CNRS - Télédétection et paysages tropicaux, p. 47-58, 2 fig., Octobre 89, CNRS-CGET
- STATISTISCHES BUNDESAMT (1992): Länderbericht: Burkina Faso Wiesbaden