



HAL
open science

Apport des techniques de télédétection pour l'inventaire des superficies cultivées en riz dans le bassin du Niger en amont du delta central nigérien

J-M. Grégoire

► **To cite this version:**

J-M. Grégoire. Apport des techniques de télédétection pour l'inventaire des superficies cultivées en riz dans le bassin du Niger en amont du delta central nigérien. *Agronomie*, 1983, 3 (10), pp.1019-1026. <hal-00884473>

HAL Id: hal-00884473

<https://hal.science/hal-00884473v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Apport des techniques de télédétection pour l'inventaire des superficies cultivées en riz dans le bassin du Niger en amont du delta central nigérien

J.-M. GRÉGOIRE

Centre commun de recherche, Etablissement d'Ispra, 21020 Ispra (Va) Italie

RÉSUMÉ

Cette note présente un essai d'application des techniques de télédétection à l'inventaire des superficies cultivées en riz le long du fleuve Niger au Mali. Pour ce faire, un site expérimental de l'ordre de 13 000 ha a été choisi dans la région de Ségou, à 200 km en aval de la ville de Bamako.

La campagne agricole de 1975/76 a été sélectionnée en fonction des images du satellite LANDSAT qui étaient disponibles ainsi que des informations recueillies au sol sur le lieu même des périmètres rizicoles et devant servir à contrôler la valeur des résultats.

Une carte du mode d'occupation des terres, et plus particulièrement des superficies cultivées en riz, a été réalisée par interprétation visuelle d'une « composition colorée » LANDSAT et par traitement numérique de la même image sous sa forme digitalisée. Les apports respectifs des deux méthodes, analogique et digitale, ont pu être estimés, compte-tenu des conditions prévalant sur le site d'étude.

Mots clés additionnels : Cartographie, interprétation, images LANDSAT.

SUMMARY

Use of remote sensing techniques for the inventory of rice cultivated areas in the Niger basin above the central Nigerian delta.

Remote sensing techniques were tested for the inventory of rice cultivated areas along the Niger river in Mali. A test-site covering approximately 13,000 ha was chosen in the Segou region, 200 km down-stream of Bamako. The 1975/76 agricultural campaign was selected according to available LANDSAT images and to data collected directly in the rice fields (used as ground-truth).

A map of land-use and more particularly of areas of rice cultivation was established. This was done by visual interpretation of a LANDSAT « color composite » and by numerical treatment of the same image in digital form. The advantages of the two methods, analog and digital, were assessed in terms of the field conditions encountered on the test site.

Additional key words : Mapping, analog and digital interpretation, LANDSAT image.

I. INTRODUCTION

L'inventaire des superficies cultivées en riz dans le bassin du Niger entre dans le cadre d'un projet régional de prévision des productions rizicoles au Mali et en Guinée. Interviennent dans le projet le Fonds Européen de Développement (F.E.D.) (GRÉGOIRE, 1981), le Centre Commun de Recherche (C.C.R.) des Communautés Européennes (BERG & GRÉGOIRE, 1980) ainsi que les autorités gouvernementales guinéennes et maliennes.

Les sites rizicoles concernés sont caractérisés par leur dépendance quasi-totale vis-à-vis des eaux de crue des fleuves Niger et Bani (ORSTOM, 1970), ainsi que par la succession de phases pluviales et de submersion dans le

cycle de développement des variétés de riz concernées (ANGLADETTE, 1966 ; SCET-COOP, 1970).

Dans le cadre de ces prévisions de production, 2 objectifs ont été retenus : le premier, agronomique, vise à une prévision à court terme de la production à établir dans le courant de la période de développement du riz. Le deuxième, hydrologique, comporte une prévision des disponibilités en eau que pourront fournir les fleuves Niger et Bani lors de la submersion des casiers rizicoles.

Compte-tenu de ces 2 objectifs, les techniques de télédétection représentent un outil précieux d'investigation dans 4 grandes directions :

— estimation de certains paramètres morpho-pédologiques tels que forme, extension, couvert végétal des unités

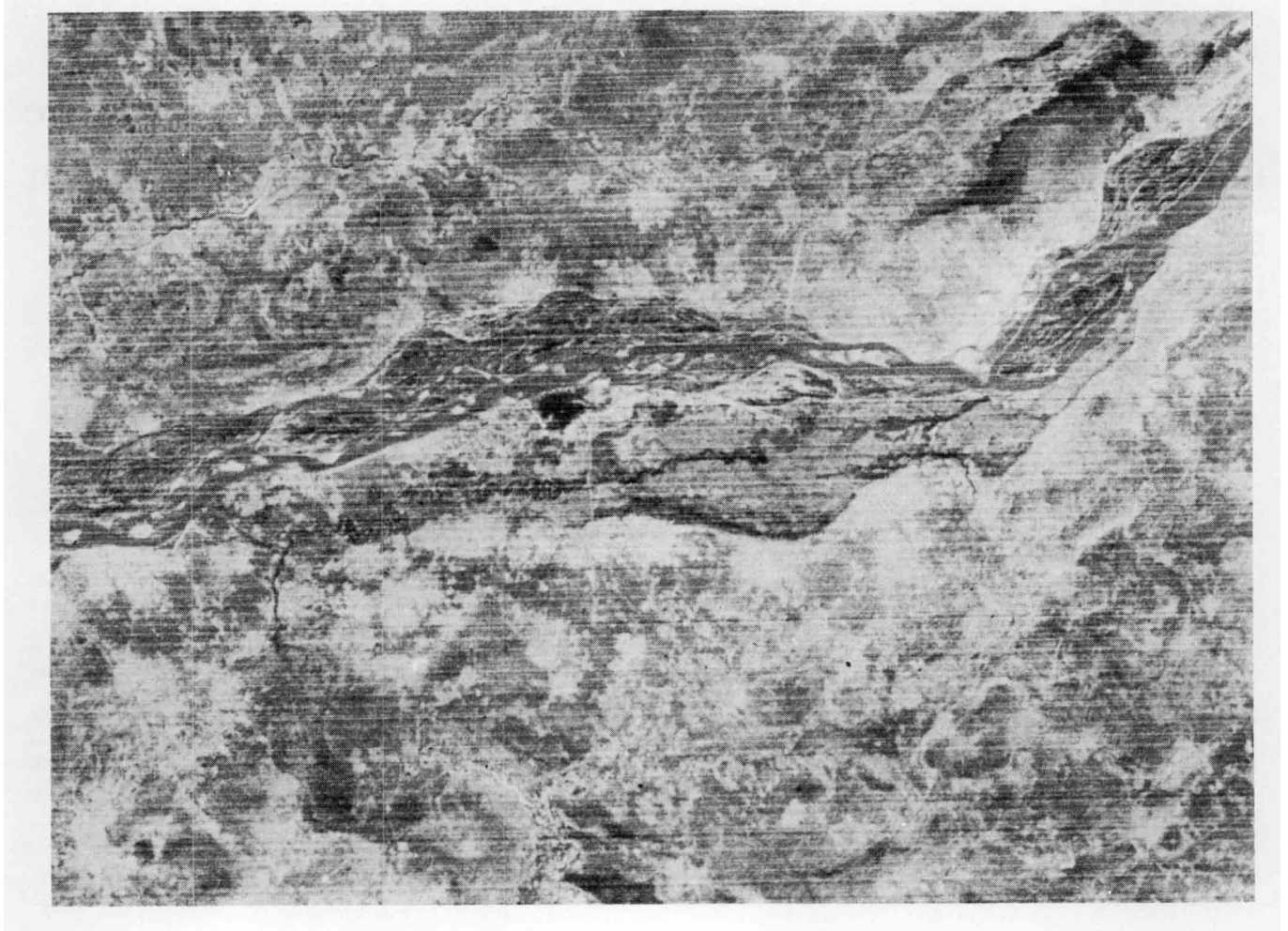


Figure 1

Détail d'une « composition colorée » LANDSAT représentant les sites rizicoles de la région de Ségou-Tamani, sur les bords du fleuve Niger (République du Mali). Scène du 28 novembre 1975 - 1/300 000.

Detail of a LANDSAT « color composite » showing the rice perimeters in the Segou-Tamani region, along the Niger river (Republic of Mali). Scene of November 28th 1975 - 1/300 000.

constitutives du modelé alluvial sur le bassin versant des fleuves Niger et Bani ;

— reconnaissance et suivi de réservoirs naturels indicateurs des conditions de crue des mêmes fleuves ;

— reconnaissance de paramètres agronomiques conditionnant le rendement sur les sites rizicoles : variétés, stades phénologiques, conditions culturales, etc... (AGAZZI, *et al.*, 1977 ; CAVELIER, 1977 ; MALET, 1981) ;

— estimation à un moment donné des surfaces occupées en riz et sur lesquelles une production finale est attendue (C.C.E., 1978).

Cette note présente quelques résultats se rapportant à l'estimation des surfaces occupées en riz dans le bassin du Niger à partir d'images du satellite LANDSAT. Tout en tenant compte des conclusions de travaux antérieurs sur la même culture (C.C.E., 1978), elle s'efforce de prendre en considération la spécificité de la riziculture développée le long du fleuve Niger au Mali.

Mali. Ségou se trouve sur les bords du fleuve Niger, à 200 km en aval de Bamako (fig. 2).

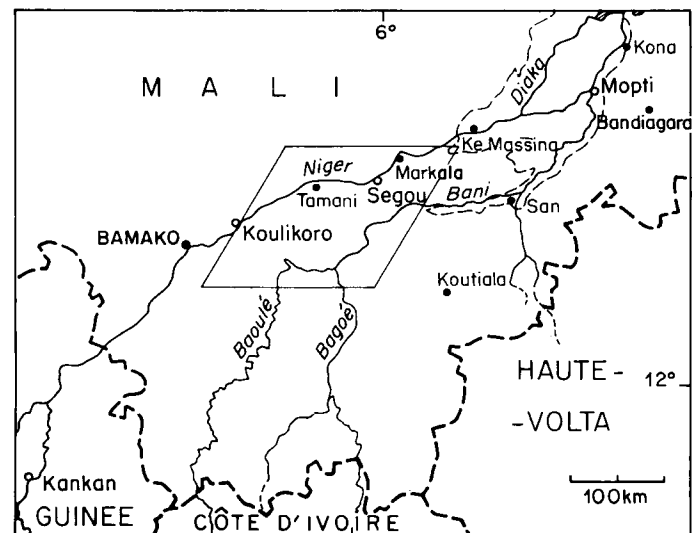


Figure 2

Localisation du site rizicole de Tamani, région de Ségou (Mali). Région correspondante à la scène LANDSAT-MSS du 28 novembre 1975. (□)

Tamani rice perimeter, Ségou region (Mali). Area corresponding to the LANDSAT-MSS scene of November 28th 1975. (□)

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour cette étude, on a choisi la scène LANDSAT (fig. 1) qui provient des enregistrements multi-spectraux du 28 novembre 1975 et qui se rapporte à la région de Ségou au

A. Choix du site et de la date

La région de Ségou a été choisie car elle regroupe 3 sites rizicoles totalisant une superficie rizicultivable de l'ordre de 13 000 ha.

L'importance de cette surface permet non seulement d'obtenir une certaine représentativité des résultats, mais aussi de prendre en compte une gamme assez étendue de conditions de milieu, surtout du point de vue « hauteur d'eau de submersion ». Cette dernière détermine les possibilités de développement des 2 grands groupes variétaux observés sur ces sites rizicoles : les variétés dressées nécessitent une hauteur d'eau de submersion de 30 à 60 cm et se rencontrent donc dans les zones hautes du périmètre ; les variétés flottantes se développent dans les parties basses où la hauteur d'eau atteint 180 cm. Les rendements diffèrent beaucoup d'une variété à l'autre et donc la production finale à superficie égale (ANGLADETTE, 1966).

Pourquoi avoir choisi la scène du 28 novembre 1975 ?

La zone d'étude ne se trouvant pas encore dans le rayon d'action d'une station de réception des images LANDSAT, les données disponibles sont en nombre limité. L'enregistrement à bord du satellite ne se fait que sur demande des utilisateurs éventuels. Cette situation devrait s'améliorer à partir de 1983 puisqu'une station de réception est prévue à Ouagadougou en Haute-Volta (opérationnelle pour LANDSAT-D en novembre 1983, pour SPOT en avril 1984).

Contraint à une analyse mono-temporelle, on a choisi une scène située dans la phase de pré-maturation, c'est-à-dire dans la 2^e quinzaine de novembre pour la région considérée. A ce stade de développement, l'état des plants de riz intègre les conditions qui ont prévalu durant les stades précédents.

L'année 1975 est d'un intérêt particulier car les services de l'agriculture maliens ont pu rassembler les éléments essentiels de « réalité de terrain » pour cette campagne agricole : ensemble d'informations recueillies au sol qui permettent de guider l'interprétation et de contrôler la valeur des résultats d'exploitation des documents de télédétection.

B. Démarche suivie

Le travail a été effectué en 3 étapes :

1. Définition des éléments de paysage devant être retenue pour l'étude

Bien que l'objectif premier soit d'estimer les superficies occupées en riz, il est indispensable de replacer ces estimations dans un cadre géographique plus général et donc de les insérer dans une démarche cartographique qui n'exclue pas les autres grands éléments de paysage (BERTRAND, 1974). Une telle démarche peut faciliter l'inventaire des superficies cultivées en riz dans la mesure où l'existence d'un périmètre, bien qu'aménagé en vue d'une riziculture en submersion contrôlée, reste inféodée à la présence de certains éléments de paysage particuliers. Ainsi, compte-tenu des objectifs de l'étude, de la région considérée et des moyens disponibles, un certain nombre d'éléments de paysage ont été retenus et regroupés en 6 catégories :

a) Réseau routier et aménagement hydraulique (uniques points de repères stables) :

piste, digue carrossable (aisément reconnaissable par contraste avec le plan d'eau environnant), canal.

b) Habitat : village d'extension cartographiable ou non

c) Elément de paysage associés aux actions fluviales :

lit mineur du fleuve Niger, marigot, banc de sable, formation inondable avec chenaux anastomosés, chenal de débordement ou de vidange.

d) Affleurements du substratum rocheux ou de surfaces cuirassées

e) Zones cultivées :

- zone occupée en riz : les 13 500 ha rizicultivables sont divisés en casiers d'étendue variable (2 800 ha pour le plus petit, 5 400 ha pour le plus grand). Les casiers sont délimités par des digues. Chaque casier est divisé en blocs de 12 ha, eux-mêmes subdivisés en parcelles de 3 ha. Il n'existe cependant aucune digue secondaire à l'intérieur des casiers ;
- zone probablement occupée en riz : l'incertitude est liée à la présence, au sein de la zone rizicultivable, de parcelles qui n'ont pas été mises en culture pour l'année considérée ou l'ont été, mais suivant un calendrier agricole décalé par rapport à l'ensemble des casiers ;
- zone affectée aux cultures sèches (essentiellement mil, quelque peu sorgho ; (fig. 4), classe M).

f) Autres :

- superficie inondée sans contact direct avec le fleuve et non occupée en riz : riz sauvage pérenne et annuel, bourgou (*Echinochloa stagnina*), nénuphar... ;
- superficie non inondée à couverture végétale de type savane arbustive à arborée (fig. 4, classe S).

2. Exploitation des documents de télédétection

On a tenté de définir les potentialités des images LANDSAT en suivant 2 approches : la première étant basée sur l'interprétation visuelle d'une composition colorée, la seconde sur l'interprétation numérique de la même image sous sa forme digitalisée.

a) Interprétation visuelle

Le document de base était constitué d'une composition colorée au 1/250 000^e (bandes 4,5 et 7 respectivement en jaune, rouge et bleu), configuration standard des images de ce type fournie par l'EROS DATA CENTER de Sioux Falls, aux Etats-Unis. Un agrandissement, par procédé photographique, a ensuite permis d'obtenir une image au 1/100 000^e qui a servi de support à l'interprétation visuelle. Ce travail a été réalisé après une première photo-interprétation d'une couverture aérienne au 1/50 000^e (mission IGN — infra-rouge-noir et blanc — mai 1974) et 2 prospections de terrain, l'une en mai 1980 (fin de saison sèche), l'autre en septembre de la même année (proche de la fin de la saison des pluies).

b) Interprétation numérique

Celle-ci a été faite en 2 étapes. La première, consistant à définir des réponses spectrales, devait permettre d'établir dans quelle mesure les unités de paysage d'intérêt particulier, aussi bien rizicoles que non rizicoles, pouvaient être caractérisées par leurs niveaux de radiance enregistrés dans les 4 bandes spectrales du M.S.S. LANDSAT. Un bon degré de précision dans la démarche cartographique nécessite en effet :

- des réponses spectrales bien différenciées d'une unité de paysage à une autre ;

— une hétérogénéité la plus réduite possible au sein de chaque unité.

En fait, cette définition de réponse spectrale n'a pas été réalisée dans les 4 bandes disponibles, mais à partir de la radiance réfléchie des bandes : « 5 » (0,6 à 0,7 μm) correspondant au rouge, et « 6 » (0,7 à 0,8 μm) située dans le proche infra-rouge.

La deuxième étape de l'interprétation numérique a consisté à définir les paramètres statistiques (moyenne, matrice de covariance) caractérisant la distribution des niveaux de radiance pour 4 unités de paysage majeures (zone inondée, savane, zone rizicole, zone réservée aux cultures sèches), d'en extraire des « classes » et enfin de redistribuer tous les points de l'image étudiée dans ces classes à l'aide d'un algorithme de classification automatique ; en l'occurrence celui dit du « maximum de vraisemblance » (TURNER, 1972, DEJACE, *et al.*, 1977). Le résultat final est constitué par un document cartographique présentant la localisation et l'extension des catégories choisies.

3. Confrontation des résultats

Cette confrontation doit permettre d'estimer les potentialités respectives des 2 méthodes employées, interprétation visuelle et traitement numérique, compte-tenu de l'objectif principal qui est l'inventaire des superficies cultivées en riz le long du fleuve Niger.

La référence utilisée, ou « réalité de terrain », est extraite du rapport annuel de l'« Opération-Riz-Ségou » (Anonyme, 1976). Organisme national malien chargé de la gestion et du développement des périmètres rizicoles situés dans cette région. Ce document indique en particulier, pour chaque périmètre et pour chaque casier :

- l'extension des terres semées en riz ;
- l'extension des terres semées et ayant bénéficié d'une mise en eau correcte au moment de la crue du fleuve Niger ;

— l'extension des terres semées mais perdues par excès d'eau (dans les zones basses) ou par manque d'eau de submersion (dans les zones hautes).

III. RÉSULTATS

A. Interprétation visuelle

La figure 3 présente le mode d'occupation des terres dans la zone d'étude, tel qu'il a pu être défini par l'interprétation visuelle de la composition colorée LANDSAT du 28 novembre 1975.

Des résultats chiffrés, pour l'inventaire des superficies occupées en riz, sont présentés dans le tableau 1 (résultats de planimétrie).

Ces chiffres amènent 3 remarques :

— d'une manière générale, l'interprétation visuelle surestime l'étendue des zones occupées en riz lorsqu'on prend en compte les 2 catégories « riz certain » et « riz probable » ;

— on note, au contraire, pour tous les casiers, à l'exception de celui de « Tamani », une tendance nette à sous-estimer l'étendue des zones reconnues comme étant occupées en riz de façon certaine.

Le cas du casier de N'Gara est caractéristique : sur un total de l'ordre de 4 400 ha occupés en riz, un peu plus de 1 000 ha sont cartographiés comme « riz probable ».

Ceci signifie que, sur ce casier, plus de 20 p. 100 des superficies rizicoles ne peuvent être reconnues comme telles, à partir des seules réponses spectrales enregistrées en phase de pré-maturation.

— L'hétérogénéité des sites rizicoles (des points de vue variété, calendrier agricole, disponibilité en eau) introduit

TABLEAU 1

Inventaire des superficies occupées en riz dans la région de Ségou-Tamani (République du Mali), mois de novembre 1975.

1. Réalité de terrain.

2. Interprétation visuelle d'une image, composition colorée, du satellite LANDSAT.

Inventory of areas of rice cultivation in the Ségou-Tamani region (Republic of Mali), november 1975.

1. Ground-truth data.

2. Visual interpretation of a LANDSAT « color composite ».

Casier	Riz certain (ha)		Riz probable (ha)	Total (ha)	(2) - (1) (en % de la réalité de terrain et en ha)
	1	2			
Konodimini	1	2 110	—	2 110	+ 11 %
	2	1 830	520	2 350	(+ 240 ha)
Farako	1	3 968	—	3 968	+ 3 %
	2	2 270	1 820	4 090	(+ 122 ha)
N'Gara	1	4 437	—	4 437	- 5 %
	2	3 160	1 040	4 200	(- 237 ha)
Tamani	1	2 313	—	2 313	+ 12 %
	2	2 580	—	2 580	(+ 267 ha)
Total	1	12 828	—	12 828	+ 3 %
	2	9 840	3 380	13 220	(+ 392 ha)

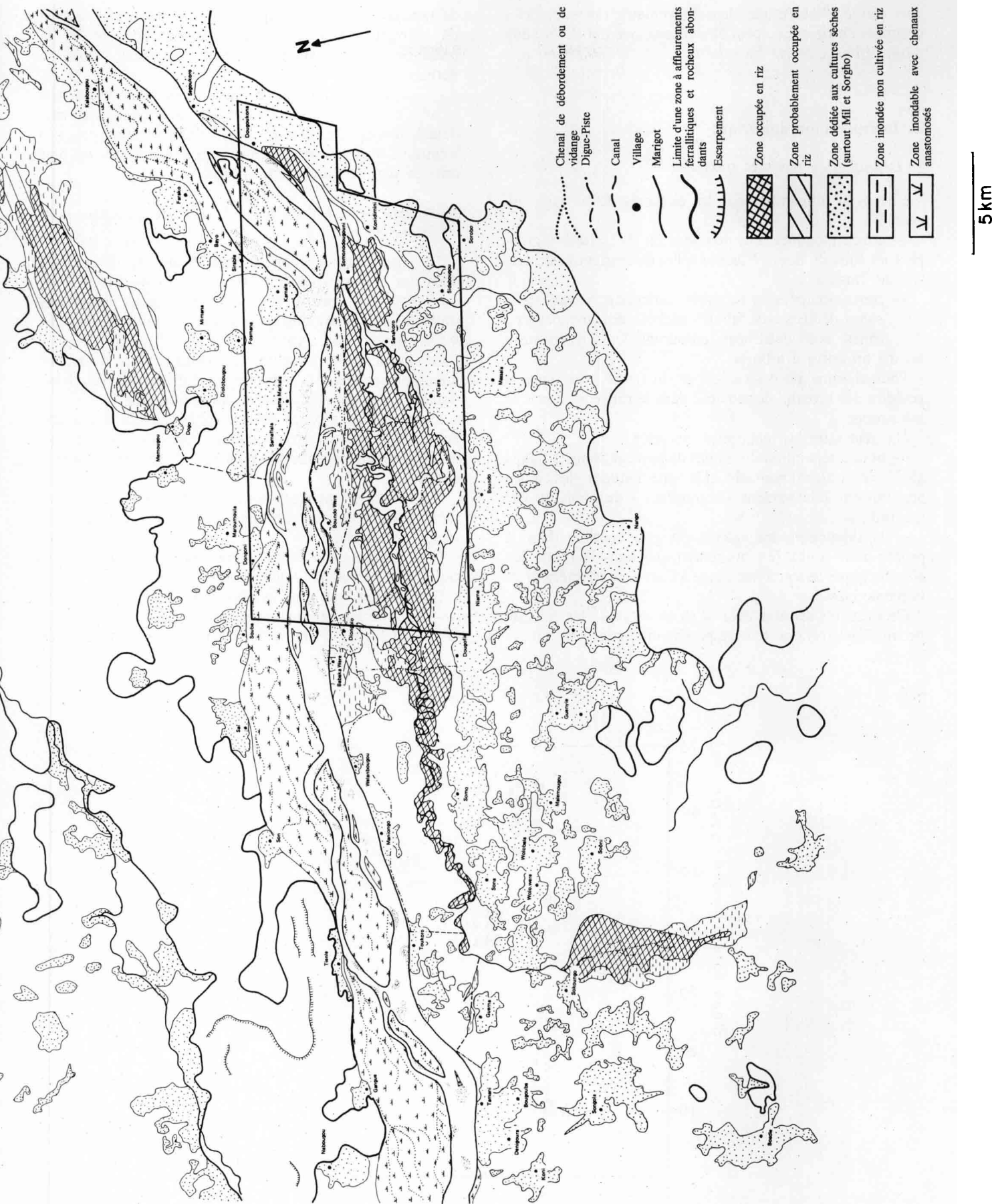


Figure 3
 Définition du mode d'occupation des terres dans la région de Ségou-Tamani (République du Mali). Interprétation visuelle d'une composition colorée du satellite LANDSAT. Scène du 28 novembre 1975.

Definition of land-use properties in the Segou-Tamani region (Republic of Mali). Visual interpretation of a LANDSAT color composite. Scene of November 28th 1975.

une marge d'incertitude dans l'inventaire des superficies occupées en riz qui ne peut être réduite que par l'utilisation d'une 2^e image située fin octobre.

B. Interprétation numérique

1. Définition de réponses spectrales

Elle a été effectuée pour les éléments de paysage suivants :

- zones inondées non occupées en riz : classe regroupant les eaux du fleuve Niger et celles du marigot central du site de Tamani ;
- zones occupées en riz (sans distinction de variété) ;
- zones dédiées aux cultures sèches : non inondables ;
- zones non défrichées entourant les précédentes : savane arbustive à arborée.

Pour chacune de ces catégories, la figure 4 présente la position des niveaux de radiance dans le rouge et le proche infra-rouge.

On peut faire les remarques suivantes :

— bonne séparation des unités de paysage choisies (choix guidé par l'objectif poursuivi et la zone d'étude) : les classes apparaissent relativement « homogènes » du point de vue spectral ;

— la dispersion des valeurs est plus sensible dans le proche infra-rouge (en ordonnée) que dans le rouge (en abscisse), que ce soit d'une classe à l'autre ou à l'intérieur de la même classe.

Ceci est très sensible dans la classe « eau » : les eaux du fleuve Niger (N) ont, dans le proche infra-rouge, un niveau

de radiance très bas par rapport au niveau moyen des eaux du marigot central (C) ; probablement à cause de la présence de végétation aquatique spontanée dans ce dernier.

— La classe « riz » se distingue très bien des classes « eau » et « savane » dans le proche infra-rouge, mais mal dans le rouge. Inversement, pour la différenciation « riz » et « cultures sèches », assez bonne dans le rouge, elle est plus critique dans le proche infra-rouge.

2. Résultat de classification par la méthode du « maximum de vraisemblance »

Tous les points de l'image étudiée ont été redistribués dans les classes « eau », « riz », « cultures sèches » et « savane » telles qu'elles ont été définies par les paramètres statistiques de distribution des niveaux de radiance dans les 4 bandes spectrales LANDSAT (cf. Chap. II B.2).

Le résultat est présenté sous forme d'un document infographique (fig. 5) : l'appartenance du pixel à une classe donnée est matérialisée par un niveau de gris.

L'extension des zones au sol, correspondant à chacune des classes « eau », « riz », « cultures sèches » et « savane », est obtenue en multipliant le nombre de pixels par le facteur 0,45 ha.

Ces résultats sont présentés dans le tableau 2, conjointement à ceux fournis par l'interprétation visuelle et à la réalité de terrain.

Ces résultats entraînent le même type de remarques que celles exposées pour l'interprétation visuelle.

Deux points sont à noter particulièrement :

— La position de l'image interprétée (28 novembre) dans le cycle de développement du riz (maturation avancée pour

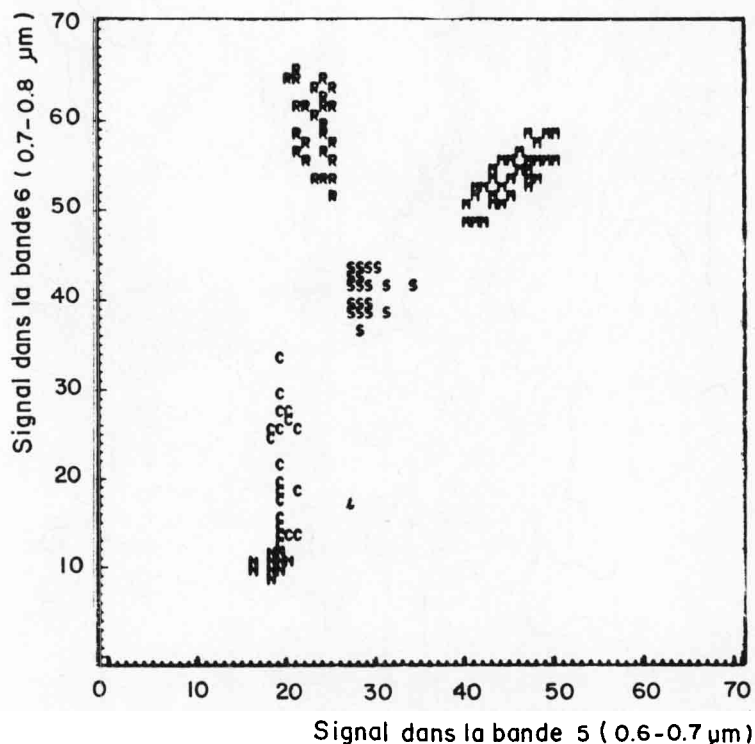


Figure 4

Caractérisation spectrale des 4 classes (Eau : N (du fleuve Niger), C (du marigot central) ; Savane : S ; Riz : R ; Cultures sèches : M) par leurs niveaux de radiance dans les bandes LANDSAT 5 et 6.

Radiance level of the 4 classes (Water : N (of Niger River), C (of principal marigot) ; Savane : S ; Rice : R ; Dry crops : M) in the 5 and 6 LANDSAT bands.



Figure 5
 Mode d'occupation des terres dans la région de Ségou-Tamani (République du Mali) : résultats de classification par la méthode du « maximum de vraisemblance ». Scène LANDSAT du 28 novembre 1975.

Land use properties in the Segou-Tamani region (Republic of Mali) : Results of classification by the « maximum likelihood » method. LANDSAT. Scene of November 28th 1975.

- Zone défrichée - Cultures sèches
- Zone non défrichée - Savane arborive à arborée
- Zone cultivée en riz
- Zone inondée avec ou sans végétation aquatique spontanée

TABLEAU 2

Inventaire des superficies occupées en riz dans la région de Ségou-Tamani (République du Mali), mois de novembre 1975.

1. Réalité de terrain.

2. Interprétation visuelle d'images LANDSAT.

3. Interprétation numérique d'images LANDSAT.

Inventory of areas of rice cultivation in the Segou-Tamani region (Republic of Mali), november 1975.

1. Ground-truth.

2. Visual interpretation of LANDSAT images.

3. Numerical interpretation of LANDSAT images.

Zone		Superficies occupées en riz (ha)	Erreur (% de la réalité de terrain)
Farako	1	3 968	—
	2	2 270 + (1 820) (*)	3 %
	3	2 527 + (1 820) (*)	10 %
Tamani (cas. Tamani + N'Gara + Konodimini)	1	8 860	—
	2	7 570 + (1560)	3 %
	3	6 207	- 30 %
Total	1	12 828	—
	2	13 220	3 %
	3	10 554	- 18 %

(*) (1820) : Superficie cartographiée comme « riz probable ».

naissance des superficies occupées en riz. Une 2^e image située fin octobre lèverait l'ambiguïté.

En effet, sur la base de la succession des phases pluviale et de submersion dans le développement du riz, une telle image permettrait d'établir la localisation possible des zones rizi-cultivables ; en d'autres termes, le plan d'eau de submersion observable en octobre représenterait le cadre géographique dans lequel viendrait se placer les éventuelles zones riz-cultivées repérées fin novembre.

— Compte-tenu des objectifs de l'étude, l'exploitation numérique de la scène LANDSAT sous sa forme digitalisée n'a pas apporté d'amélioration par rapport à l'interprétation visuelle des « compositions colorées ». Les résultats obtenus, en termes d'« inventaire » des superficies rizicoles, montrent nettement la supériorité de l'analyse visuelle pour l'étude concernée. Il n'en reste pas moins vrai qu'un apport indéniable de la configuration digitale est de pouvoir extraire, pour chaque pixel, les niveaux de radiance enregistrés dans les 4 bandes spectrales et, par la suite, d'en exploiter les comportements spécifiques en terme d'absorption et de réflexion : ces potentialités restent très intéressantes pour la reconnaissance de paramètres agronomiques conditionnant le rendement sur les sites rizicoles (variétés, stades phénologiques, etc...).

IV. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'exploitation par interprétation visuelle et numérique d'une image multibande LANDSAT a permis d'en définir quelques potentialités pour l'inventaire des superficies occupées en riz, compte tenu des conditions spécifiques de la riziculture développée le long du fleuve Niger au Mali.

les variétés dressées ; départ des eaux de submersion pour les variétés flottantes) introduit une confusion dans la définition des réponses spectrales, et donc, dans la recon-

L'analyse visuelle donne de meilleurs résultats que les traitements numériques, du moins lorsqu'il s'agit de différencier les superficies rizicoles par opposition aux objets non rizicoles.

Cette étude confirme l'importance revêtue par la position de l'image exploitée dans le cycle de développement des variétés de riz concernées. Bien que la scène choisie se situe dans la phase de pré-maturation, stade auquel l'état des plants de riz intègre les conditions qui ont prévalu durant les stades précédents, on se heurte à une assez forte indétermination au niveau de l'interprétation des résultats obtenus : sur certains casiers, 20 p. 100 de la superficie cultivée en riz est classée comme « riz probable ».

En fait, les références de terrain montrent qu'entrent, dans cette catégorie, des zones à riz dressé proche de la maturation ainsi que des zones à riz flottant encore submergées : les premières ont une réponse spectrale proche de celle observée sur les zones dédiées aux cultures sèches, les deuxièmes ont au contraire une réponse proche de celle observée sur les zones à végétation aquatique spontanée.

Paradoxalement, cette indétermination montre la richesse d'information contenue dans ces images, une retombée pratique étant l'appréciation de l'état végétatif, et

donc indirectement une certaine discrimination variétale. Par exemple, une parcelle de riz en phase de pré-maturation fin novembre sera très probablement occupée par une variété dressée ; les variétés flottantes n'atteignent ce stade que fin décembre dans la zone d'étude.

Une telle discrimination variétale constitue une donnée fondamentale pour d'éventuelles précisions de production.

En fait, ces potentialités ne sont réellement exploitables que dans le cas d'une approche multi-temporelle : au moins 2 images sont nécessaires entre fin septembre et fin novembre.

Notons enfin qu'une telle méthodologie ne peut être vraiment applicable sans un circuit rapide et efficace d'acquisition des documents de télédétection : il est en effet indispensable de disposer des images en temps voulu et non pas après la récolte comme cela arrive trop souvent. On peut penser que la mise en service de la station réceptrice de Ouagadougou, en République de Haute-Volta, apportera un début de solution au problème spécifique de l'Afrique de l'Ouest.

Reçu le 2 décembre 1981.
Accepté le 1^{er} juillet 1983.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agazzi A., Malet Ph., Russo S., 1977.** Utilization of the Spatial variability of Reflectance for Rice Phenologic Stages Determination. COSPAR, *W. Nordberg Memorial Symposium*.
- Angladette A., 1966.** *Le Riz*, Maisonneuve et Larose, Paris, 930 p.
- Anonyme, 1970.** *Monographie hydrologique du Bassin du Niger*. Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques. Rapport O.R.S.T.O.M., Paris, 3 tomes, 99 p., 138 p., 112 p.
- Anonyme, 1970.** *Amélioration et expansion de la riziculture*. Mali. Rapport t. II, t. IV, Aménagements. SCET-COOP.
- Anonyme, 1976.** *Rapport de campagne agricole 1975/1976*. « Opération-Riz-Ségou », République du Mali, 20 p.
- Berg A., Grégoire J.-M., 1980.** The Niger-Bani Project. première réunion du « Groupe ad hoc » : *Remote Sensing from Space*. C.C.R. Ispra.
- Bertrand R., 1974.** Les systèmes de paysages des plaines inondables du delta vif du moyen Niger (Mali). Une application de la cartographie morphopédologique en vue de l'aménagement hydroagricole. *Agron. trop.*, 2-3, 154-211.

- Cavelier M., 1977.** *Réflectance d'une culture de riz irrigué en fonction de quelques facteurs culturaux*. Thèse Doctorat Agronomie, Univ. Catholique Louvain.
- C.C.E., 1978.** Identification and Inventory of Rice Fields. AGREST Project, 7-43, in : *Agricultural Resources Investigations in Northern Italy and Southern France*, Final Report, 172 p.
- Dejace J., Megier J., Mehl W., 1977.** Computer-aided Classification for Remote Sensing in : *Agriculture and Forestry in Northern Italy*. 9th International Symposium on R-S of Environment, Ann Arbor, Michigan, 1269-1278.
- Grégoire R., 1981.** Community Aid for Rice Production. *The Courier* 66, 84-86, C.C.E. Brussels.
- Malet Ph., 1981.** Future Prospects of Crop-Weather Models and Use of Remote Sensing Data, 171-181. in *Application of Remote Sensing to Agricultural Production Forecasting*, Balkema, Rotterdam, 266 p.
- Turner B. J., 1972.** *Cluster Analysis of Multispectral Scanner Remote Sensor Data*. *Remote Sensing of Earth Resources*, Vol. 1, Shahrokki ed. Tullahoma.