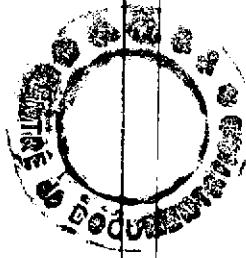


HAUT COMMISSARIAT

L'utilisation des données SPOT pour l'inventaire des superficies inondées et des superficies des cultures de décrue dans la vallée du Sénégal

(Crue 1986-1987)



Cette étude a été réalisée
en collaboration avec la DIR
avec le concours

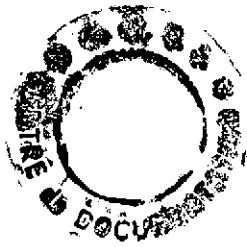
- FAC
- PNUD/81/059 et RAF/87/036
- BDPA

Juillet 1987

11349

ORGANISATION POUR LA MISE
EN VALEUR DU FLEUVE SENEgal
O.M.V.S

HAUT-COMMISSARIAT



LA TELEDETECTION COMME OUTIL DE SUIVI-EVALUATION

ET DE PLANIFICATION A L'OMVS

PREMIERE PHASE 1986-1987 RESULTATS

S O M M A I R E

A - LE PROJET

- I Contexte
- II Programmation des études
- III Utilisation des images spatiales à haute résolution

B - PREMIERE PHASE : 1986 - 1987 - RESULTATS

- I Acquisition des données SPOT
 - 1.2 Localisation et évaluation des superficies maximales inondés
 - 1.3 Localisation et évaluation des superficies en cultures de décrue
- II Exploitation des images et résultats
 - 2.1 Localisation et évaluation des superficies maximales inondées
 - 2.1.1 Sur la zone test de Matam
 - 2.1.2 Sur la vallée entre Matam et Saint-Louis
 - 2.2 Localisation et évaluation des superficies en cultures de décrue sur 2 zones test : Matam et Podor
- III Formation
- IV Conclusion
- V Annexe : localisation des scènes SPOT étudiées

C - DEUXIEME PHASE - 1987-1992 - PROPOSITIONS

- I Objectifs
- II Estimation des besoins
 - 2.1 Activité de télédétection
 - 2.2 Projets d'études thématiques
 - 2.2.1 vallée entre le barrage de Manantali et l'embouchure
 - 2.2.2 zone de Manantali
 - 2.3 Fourniture d'images satellites
 - 2.3.1 choix des images SPOT ou LANDSAT TM
 - 2.3.2 Acquisition des images
 - 2.4 Fourniture d'équipements
 - 2.5 Prestation d'assistance technique
 - 2.6 Formation
- III Cadre Institutionnel

- IV Activités en année 1 - 1987 - 1988
 - 4.1 Objectif
 - 4.2 Méthodologie
 - 4.3 Produits SPOT nécessaires
 - 4.4 Mission d'appui technique à l'OMVS
- V Annexe : Localisation des scènes SPOT étudiées
- VI Devis estimatifs

AVERTISSEMENT

Cette étude avait pour objet de définir une méthodologie d'utilisation de l'imageries satellitaires SPOT dans le cadre du système de suivi-évaluation du Haut-Commissariat de l'OMVS.

Pour réaliser ce document nous avons reçu le concours du FAC et du PNUD.

Le financement du FAC comprenait en plus la prise en charge du contrat de prestation de service avec le B.D.P.A qui nous a permis de bénéficier du soutien technique de Monsieur CERUSE qui avec Samba DIA de la C.E.P.C et Monsieur TANGARA de la D.I.R a participer activement à la finalisation de l'analyse des résultats de la phase pilote de recherche méthodologique accés essentiellement sur la détermination des superficies inondées et cultivées en vue de permettre ultérieurement au Haut-Commissariat d'évaluer notamment l'impact réel des crues artificielles de la phase transitoire.

Dans une deuxième phase il est envisagé à partir de l'utilisation de l'imagerie satellitaire de produire une série de cartes sur des thèmes variés pour les différents utilisateurs notamment : la carte d'occupation du sol, la carte de potentialités, la carte pédologique, la carte des forêts, la carte des périmètres irrigués en maîtrisé totale de l'eau, la carte des superficies inondées pour mieux caler la crue artificielle, la carte des inventaires agricoles, la carte des zones très sensibles à l'érosion, la carte des potentialités fourragères etc...

Septembre 1987

Assane DIOP

LA TELEDETECTION COMME OUTIL DE SUIVI
EVALUATION ET DE PLANIFICATION A L'OMVS

A) LE PROJET

I - CONTEXTE

Avec l'achèvement du barrage antisel de Diama et l'entrée en fonction du barrage de régularisation de Manantali dont la mise en eau a commencé en 1987 et dont la régulation est prévue en 1988, l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal + OMVS - doit assurer de manière optimale la mise en valeur des ressources naturelles du bassin du fleuve Sénégal.

Elle doit être capable de fournir rapidement, efficacement et à faible coût les données sur le milieu naturel et agricole indispensables aux projets d'aménagements et de gestion de l'environnement.

Le Haut-Commissariat a décidé d'intégrer la télédétection comme outil d'évaluation et de suivi pour répondre aux besoins avec en particulier l'utilisation des images spatiales à haute résolution.

Les applications de ces produits sont en effet nombreuses et la majorité des problèmes d'inventaire de l'OMVS peuvent trouver une réponse tout au moins partielle, elles doivent l'aider à :

- Collecter des données qui lui font défaut
- actualiser les données existantes
- suivre dans le temps ces données.

Avec la construction des deux barrages qui vont permettre la maîtrise des ressources hydrauliques du Bassin, certaines informations doivent être acquises en priorité. En particulier la mise en eau du barrage de Manantali va avoir une influence sur le régime des crues donc sur les cultures de décrue dont l'importance est déterminante dans la vallée. Il s'agit donc d'assurer un suivi annuel des surfaces inondées et des superficies cultivées et d'analyser leurs relations afin d'optimiser les crues artificielles qui se substitueront progressivement aux crues naturelles du fleuve. Cette estimation des quantités d'eau qui devront être mises régulièrement à la disposition de la vallée doivent permettre entre autre :

- . aux populations rurales de pouvoir continuer les cultures traditionnelles de décrue avant l'octroi de parcelles irriguées;
- . de maintenir l'équilibre écologique de la vallée ou de le redynamiser.

II + PROGRAMMATION DES ETUDES

Vu l'urgence de la saisie des informations, deux phases sont prévues :

2.1 Première phase : période 1986-1987 avant la mise en eau du barrage de Manantali.

Elle doit tester l'apport des images satellites à haute résolution sur deux thèmes d'étude prioritaires de la vallée et de dégager une méthodologie qui sera utilisée lors d'une deuxième phase.

- Localisation et évaluation des superficies maximales inondées.
Leur estimation est entreprise depuis 1970 par les méthodes classiques (filage de la courbe à partir de l'immigramme). Les superficies ainsi déterminées sont grossières.
- Localisation et évaluation des superficies emblavées en cultures de décrue.
Elles varient d'une année à l'autre en fonction entre autre des conditions hydrologiques.
Actuellement ces superficies ne sont connues qu'avec peu de précision.

Ces 2 thèmes sont analysés sur la portion de la vallée comprise entre Bakel et l'embouchure où sont localisées l'essentiel des superficies en cultures de décrue.

2.2 Deuxième phase : période 1987 - 1992 après le début du fonctionnement du barrage de Manantali.

Après la campagne 1986 - 1987 il sera nécessaire d'assurer le suivi pluriannuel des données recueillies précédemment. C'est au cours de cette deuxième phase que seront abordées les études de nouveaux thèmes tel que celui de l'impact des barrages sur l'environnement, le suivi des pâturages, des forêts, des périmètres rizicoles etc..

III UTILISATION DES IMAGES SPATIALES A HAUTE RESOLUTION

Les études de collecte de données et de leur suivi pluri-annuel sont difficiles à mener ou très coûteuses par les méthodes classiques (enquêtes au sol, photo-interprétation).

Les images SPOT paraissent les mieux adaptées aux études envisagées.

- Par leur haute résolution (10 m en panchromatique, 20 m en couleur). Elle est bien adaptée au parcellaire de petite taille caractéristique de la vallée.

- Par leur périodicité. Les prises de vue sont effectuées tous les 26 jours en visée verticale, plus rapprochées en visée oblique (3 à 4 jours). Cette possibilité permet de s'affranchir partiellement du couvert nuageux et de suivre les phénomènes évolutifs tels les crues.

- Par leur faible coût par rapport aux photographies aériennes (entre 10 et 300 FF du km² pour la photographie aérienne, 3 F. du km² pour l'image SPOT).

- Par les échelles de travail qu'elles autorisent (échelle pouvant aller jusqu'au 1/50.000). Les images peuvent être agrandies jusqu'au 1/50.000. Les données fournies par les images pourront donc être reportées directement sur les cartes au 1/50.000 (IGN - MAS) qui couvrent toute la vallée entre Bakel et Saint-Louis.

B) PREMIERE PHASE 1986-1987 + RESULTATS

I - ACQUISITION DES DONNEES SPOT :

Pour cette campagne d'études où seule est prise en compte la vallée comprise entre Bakel et l'embouchure il faut 15 scènes SPOT pour couvrir la zone. La priorité étant donnée à l'analyse de la crue maximale et des cultures de décrue, les images acquises sont conditionnées par le choix des dates d'enregistrement les plus appropriées à la saisie des 2 thèmes.

1.1 - Localisation et évaluation des superficies maximales inondées

Pour la première fois une programmation d'enregistrements d'image a permis de suivre de façon satisfaisante l'évolution du maximum de la crue sur une longue distance d'un grand fleuve.

a) Images multispectrales

		Dates programmées	Date d'acquisition	maximum de la crue
BAKEL	KJ 30 - 320	10/09/1986 ± 1 semaine	7/09/1986	9/09/1986
	KJ 29 - 320		non prise	
	KJ 29 - 319		24/11/1986	
MATAM	KJ 28 - 319		16/09/1986	10/09/1986
	KJ 28 - 318		16/09/1986	
KAEDI	KJ 27 - 318		16/09/1986	16/09/1986
	KJ 26 - 318		17/09/1986	
PODOR	KJ 26 - 317		22/09/1986	18/09/1986
	KJ 25 - 317		22/09/1986	
PODOR	KJ 24 - 317		24/12/1986	20/09/1986
DAGANA	KJ 23 - 317		24/12/1986	+2/11/1986
	KJ 22 - 318		12/10/1986	15/09/1986
ROSSO	KJ 22 - 317		1/10/1986	
S.LOUIS	KJ 21 - 318		1/10/1986	04/10/1986
	KJ 21 - 317	27/09/1986 ± 1 semaine	3/12/1986	06/10/1986

Un décalage de 6 jours peut exister entre le maximum de la crue et l'enregistrement, mais celui-ci ayant eu lieu après le pic de la crue, des indices tels que les sols engorgés permettent éventuellement de préciser les limites de la crue maximale.

Par suite du couvert nuageux trop important pendant les périodes de possibilité d'enregistrement de SPOT trois scènes n'ont pu être enregistrées pendant le passage de la crue. La prise de vue a été réalisée ultérieurement dès que les conditions atmosphériques ont été

satisfaisantes. Malgré le fort décalage de temps ces images sont exploitables. Il est encore possible de localiser les zones ayant été inondées grâce aux réponses des sols encore humides. Une scène n'a jamais pu être enregistrée.

Pour l'étude de ce thème on dispose des produits photographiques suivants :

- films au 1/400.000 X S noir et blanc et agrandissements sur papier au 1/50.000
- films au 1/400.000 X S et agrandissements sur papier au 1/50.000 et au 1/100.000.

b) - Bandes magnétiques CCT

Sur une zone pilote - Matam KJ 28 - 319 - (16 septembre) une bande CCT a été acquise afin de tester les possibilités de traitements numériques.

1.2 Localisation et évaluation des superficies en cultures de décrue

a) Images multispectrales

C'est au stade floraison - épiaison que ces cultures sont le mieux perceptibles sur les images. Comme elles sont en général sous la dépendance des conditions hydrologiques, on observe entre Bakel et l'embouchure les mêmes décalages dans le temps.

		Dates programmées	Dates d'acquisition
BAKEL	KJ 30 - 320	10/09/1986 ± 1 semaine	4/02/1987
	KJ 29 - 320		4/02/1987
	KJ 29 - 319		4/02/1987
MATAK	KJ 28 - 319		15/02/1987
	KJ 28 - 318		15/02/1987
KAEDI	KJ 27 - 318		15/02/1987
	KJ 26 - 318		20/02/1987
	KJ 26 - 317		20/02/1987
	KJ 25 - 317		20/02/1987
PODOR	KJ 24 - 317		25/02/1987
DAGANA	KJ 23 - 317		25/02/1987
	KJ 22 - 318		01/03/1987
ROSSO	KJ 22 - 317		01/03/1987
S.LOUIS	KJ 21 - 318		01/03/1987
	KJ 21 - 317	27/09/1986 ± 1 semaine	01/03/1987

A cette période de l'année, sans couverture nuageuse, les enregistrements ont été réalisés de façon satisfaisante ;

Pour ce thème, on dispose des produits photographiques suivants :

films au 1/400.000 X S couleurs et agrandissements sur papier au 1/50.000.

b) Bandes magnétiques CCT.

Sur deux zones tests, Matam KJ 28 - 319 et Podor KJ 24 - 317, les bandes CCT ont été acquises en vue de traitements numériques.

II - EXPLOITATION DES IMAGES ET RESULTATS

2.1 Localisation et évaluation des superficies maximales inondées

2.1.1 Sur la zone test de Matam

2.1.1.1 Analyse numérique

Elle a porté sur la scène KJ 28 - 319 du 16/09/1986, couvrant la région de MATAM.

Deux traitements ont été effectués.

a) Sur une portion de l'image située à l'Est de MATAM avec analyse portant sur tous les pixels

Trois classes ont pu être définies correspondant essentiellement à des différences de turbidité mais aussi à différentes profondeur d'eau.

Classe 1 (bleue) - eau de turbidité moyenne du lit mineur du fleuve, de quelques chenaux d'écoulement et des bordures de cuvettes de décantation.

Classe 2 (rouge) - eau à forte turbidité des cuvettes de décantation et de petites dépressions.

Classe 3 (verte) - sols engorgés ou sous une faible tranche d'eau des bordures de cuvettes, de dépressions ou des chenaux.

Superficies :	Classe 1 : 2.408 ha
	Classe 2 : 6.334 ha
	Classe 3 : 2.021 ha

Superficie totale inondée : 10.763 ha

b) sur la totalité de la scène. (voir figures 1 et 2)

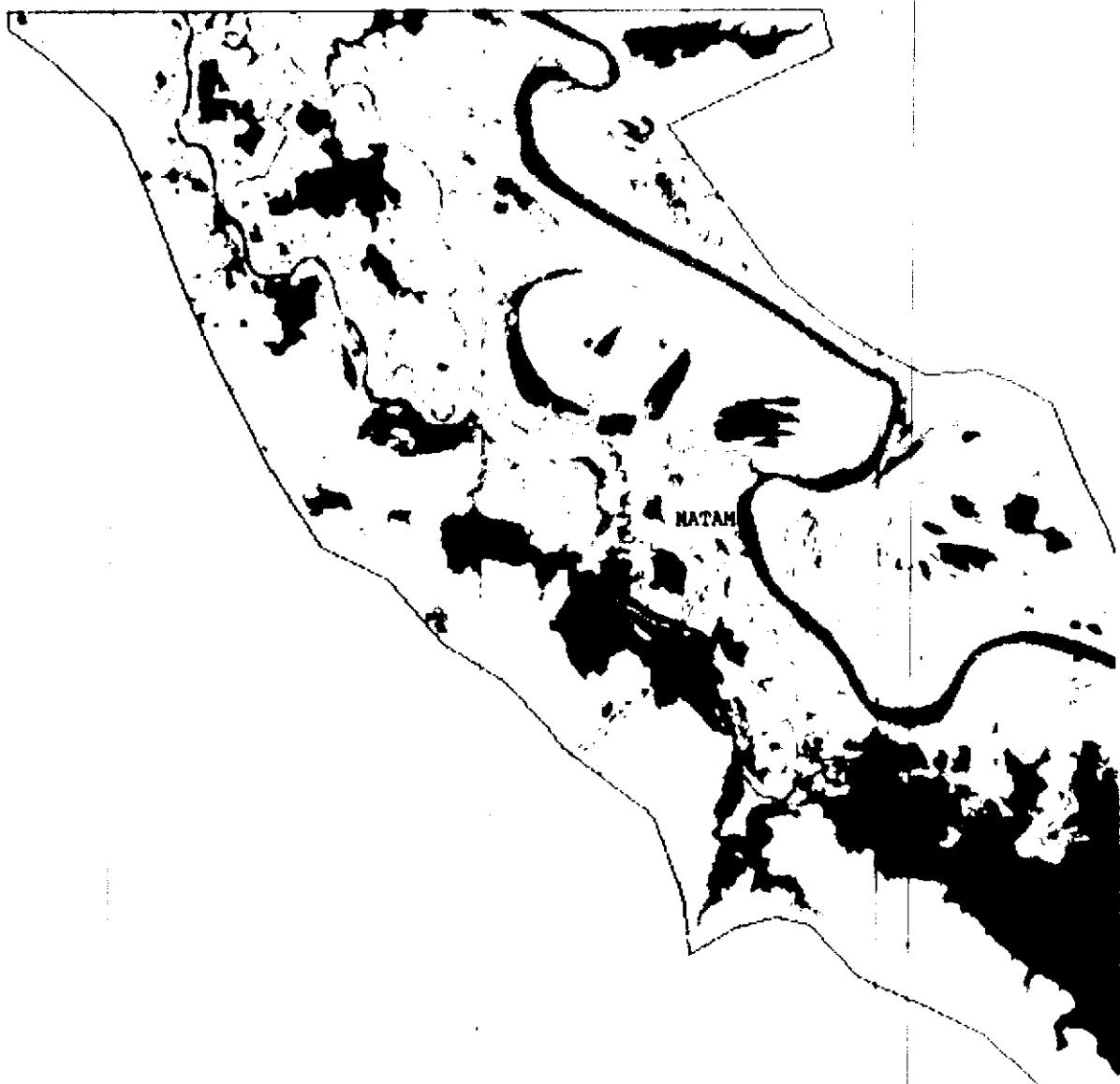
- Les paramètres ayant servi à définir les classes précédentes ont été utilisés pour l'analyse de la totalité de la scène. Cependant des ajustements ont été nécessaires pour obtenir une meilleure discrimination des eaux sur l'ensemble de cette scène.

Etant donné les contraintes d'affichage sur l'écran d'une image entière, l'analyse n'a porté que sur 1 pixel sur 3.

Les superficies inondées sur l'image de MATAM sont :

1) Les analyses numériques ont été effectuées sur le système de traitement d'images du Bureau pour le Développement de la Production Agricole - BDPA - Paris - FRANCE

INONDATIONS : Scène de MATAM KJ 28 - 319 du 16/09/1986



Classe 1 (bleue) - eau de turbidité moyenne du lit mineur du fleuve, de chenaux d'écoulement et de bordures de cuvettes.

Classe 2 (rouge) - eau de forte turbidité des cuvettes de décantation et petites dépressions.

Classe 3 (verte) - sols engorgés ou sous une faible tranche d'eau des bordures de cuvette, de dépressions ou des chenaux.

Figure 1



Figure 2

classe 1 :	6.309 ha
classe 2 :	15.601 ha
classe 3 :	4.175 ha
-----	-----
Superficie totale inondée	26.085 ha
	=====

2.1.1.2 Analyse visuelle

Sur l'image de Matam l'interprétation visuelle des zones inondées a été réalisée sur un agrandissement couleur au 1/50.000.

Ce mode d'exploitation ne permet pas de distinguer toutes les classes définies à partir des traitements numériques. Une seule classe peut être clairement individualisée, elle correspond aux classes 1 et 2 de l'analyse numérique. Son planimétrage donne une superficie de 22.227 ha.

2.1.1.3 Comparaison des analyses numérique et visuelle effectuées sur la totalité de l'image de MATAM

- Superficie inondées - analyse numérique classe 1 + classe 2 =	21.910 ha
- Superficie inondées - analyse visuelle	22.227 ha

La différence est d'environ 2%.

Les traitements à partir des bandes CCT permettent d'extraire une information plus riche qu'un traitement visuel effectué à partir de produits photographiques : ils permettent en particulier de créer une classe (classe 3) correspondant à des zones faiblement inondées, dont la superficie est de 4.175 ha. Or cette classe est parfois difficilement identifiable sur les agrandissements photographiques.

Si l'on prend en compte cette classe de faibles inondations, l'écart dans l'estimation des superficies inondées est d'environ 14%.

2.1.2 Sur la vallée entre Matam et Saint-Louis

Les résultats acquis sur la zone test de Matam ont permis l'interprétation visuelle des crues maximales à partir des images agrandies au 1/50000 sur la vallée entre Matam et Saint-Louis. Seules deux images n'ont pu être étudiées : KJ 30 - 320 sur Bakel car trop nuageuse et KJ 29 - 320 située immédiatement en aval qui n'a pas été enregistrée à cause du couvert nuageux persistant.

Entre Matam et Saint-Louis les superficies inondées au maximum de la crue sont estimées à : 266.563 hectares après planimétrage effectué en collaboration avec la Direction des Infrastructures Régionales (D.I.R.).

2.2 Localisation et évaluation des superficies en cultures de décrue sur deux zones test : Matam et Podor

2.2.1 Analyse numérique

Elle a porté sur 2 scènes tests :

MATAM KJ 28 - 319 du 15/02/1987

PODOR KJ 24 - 317 du 25/02/1987

a) Scène de MATAM

Deux zones situées au sud et à l'est de Matam (tous les pixels ont été pris en compte) ont été analysées.

A la date de l'enregistrement les différents traitements utilisés n'ont pas permis de discriminer avec suffisamment de précision les cultures de décrue des autres formations végétales (forêts, périmètres irrigués etc...), les réponses étant très voisines.

Seule une analyse multitemporelle (superposition de l'image de la période des cultures de décrue et de l'image de la période des crues) a permis d'isoler les cultures de décrue liées aux cuvettes inondées et de les analyser.

Superficies des cultures de décrue :

- | | | |
|------------------|---|---------------------|
| - zone Matam | : | 864 ha (figure 3) |
| - zone Matam Est | : | 2.813 ha (figure 4) |

Cultures de décrue - zone MATAM - scène KJ 28 - 319 du 15/02/1987

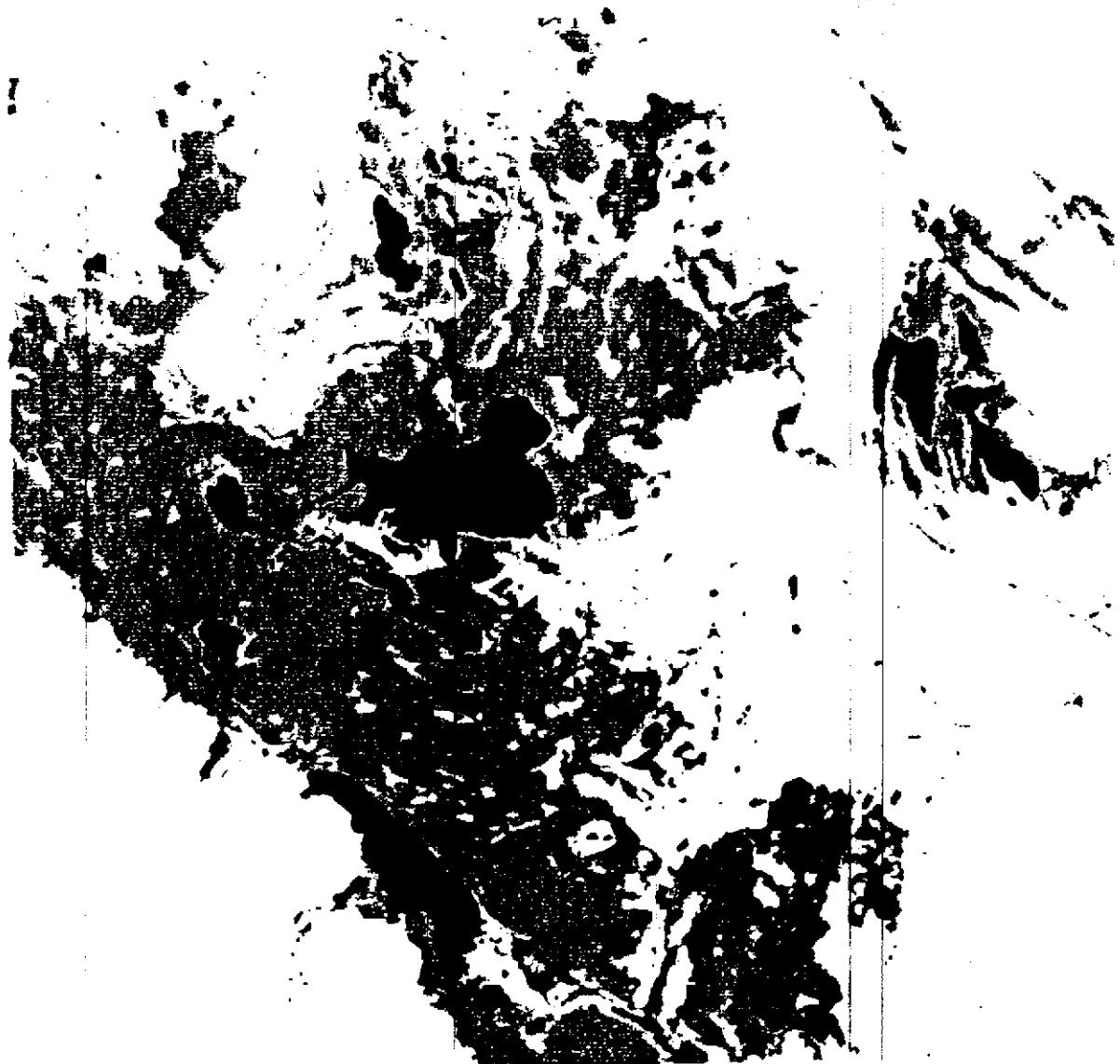


Classe 1 (grise) - culture de décrue

Classe 2 (noire) - eau libre

Figure 3

Cultures de décrue - zone MATAM EST : scène KJ - 28 + \$19 du 15/02/1987



Classe 1 (grise) - cultures de décrue

Classe 2 (noire) - eau libre

Figure 4

Dans la zone de Matam Est les superficies emblavées occupent environ 50% des superficies qui avaient été inondées.

b) Scène de Podor (figure 5)

Les cultures de décrue ont pu être identifiées par exploitation du seul canal X S 2.

Par contre les réponses fournies par les forêts et les périmètres irrigués sont trop voisines dans chacun des 3 canaux pour que ces formations puissent être séparées à cette époque de l'année.

- Superficies estimées des cultures de décrue sur la totalité de l'image de Podor : 11.738 ha. Elles représentent environ 64% des superficies inondées calculées à partir du planimétrage de l'interprétation visuelle de l'image de Podor enregistrée après le passage de la crue.

2.2.2 Analyse visuelle

D'une façon générale les cultures de décrue sont difficilement identifiables sur les agrandissements couleur au 1/50.000, tout au moins aux dates auxquelles les enregistrements ont été effectués. Lorsqu'elles peuvent être discernées, leur délimitation est difficile à saisir.

III - FORMATION SUR PROJET

Un expert national en télédétection de l'OMVS a été formé au BDPA (Bureau pour le Développement de la Production Agricole, Paris - France) aux techniques d'exploitation des images satellite à haute résolution SPOT sur les zones test des deux projets prioritaires définis dans cette phase.

La durée de la formation a été de 2 mois :

- 1 mois pour le thème des inondations (février 1987)
- 1 mois pour le thème des cultures de décrue (juin 1988)

Cultures de décrue - PODOR KJ - 24 - 317 du 25/02/1987 (moitié OUEST
de la scène)



Classe 1 (verte) - Cultures de décrue

Classe 2 (rouge) - Forêts et périmètres irrigués

Classe 3 (bleue) - eau libre

Figure 5

IV - CONCLUSION :

Au cours de cette première phase précédant la mise en eau du barrage de Manantali, l'étude des 2 thèmes prioritaires basée sur l'interprétation des images à haute résolution SPOT est un test qui a permis de préciser quel était l'apport de ces images dans la collecte des données sur le milieu naturel et agricole de la vallée. Ce test a permis d'autre part la mise au point d'une méthodologie qui sera utilisée et développée au cours de la deuxième phase qui suit la mise en eau du barrage.

- Acquisition des données SPOT

- Grâce aux possibilités de dépointage de SPOT la crue a pu être enregistrée de façon relativement satisfaisante sur toute la zone programmée et de façon satisfaisante pour les cultures de décrue.

- Localisation et évaluation des superficies inondées

Elles peuvent être déterminées avec une précision relativement bonne sur la base d'une interprétation visuelle des agrandissements couleur au 1/50000. Des analyses numériques sur 20% des scènes donneront un complément d'informations qui permettra un étalonnage pour l'interprétation des agrandissements couleur 1/50000.

- Localisation et évaluation des superficies en cultures de décrue

La localisation et l'évaluation des superficies en cultures de décrue par traitement analogique est difficile.

Les traitements numériques, apportent seuls une solution satisfaisante.

Parmi les traitements utilisés

- les analyses multitemporelles ne peuvent être envisagées de façon systématique sur toute la vallée. Elles nécessiteraient en effet l'acquisition d'un double jeu de bandes magnétiques (saison des pluies et saison sèche) avec dans certains cas un niveau de prétraitement permettant la superposition correcte des images.

- les analyses par seuillages ne donnent des résultats satisfaisants et rapides que sur les différentes scènes où les réponses des cultures de décrue sont suffisamment différentes des réponses des autres formations végétales pour assurer leur discrimination.

- Pour les scènes où les traitements numériques ne pourront assurer une discrimination satisfaisante on pourra se limiter à une simple amélioration numérique de l'image faisant ressortir les cultures de décrues qui sont souvent non ou mal perceptibles visuellement sur les produits photographiques. Ces images améliorées seront alors interprétées visuellement.

ANNEXE

Localisation des scènes SPOT étudiées en 1986 - 1987

