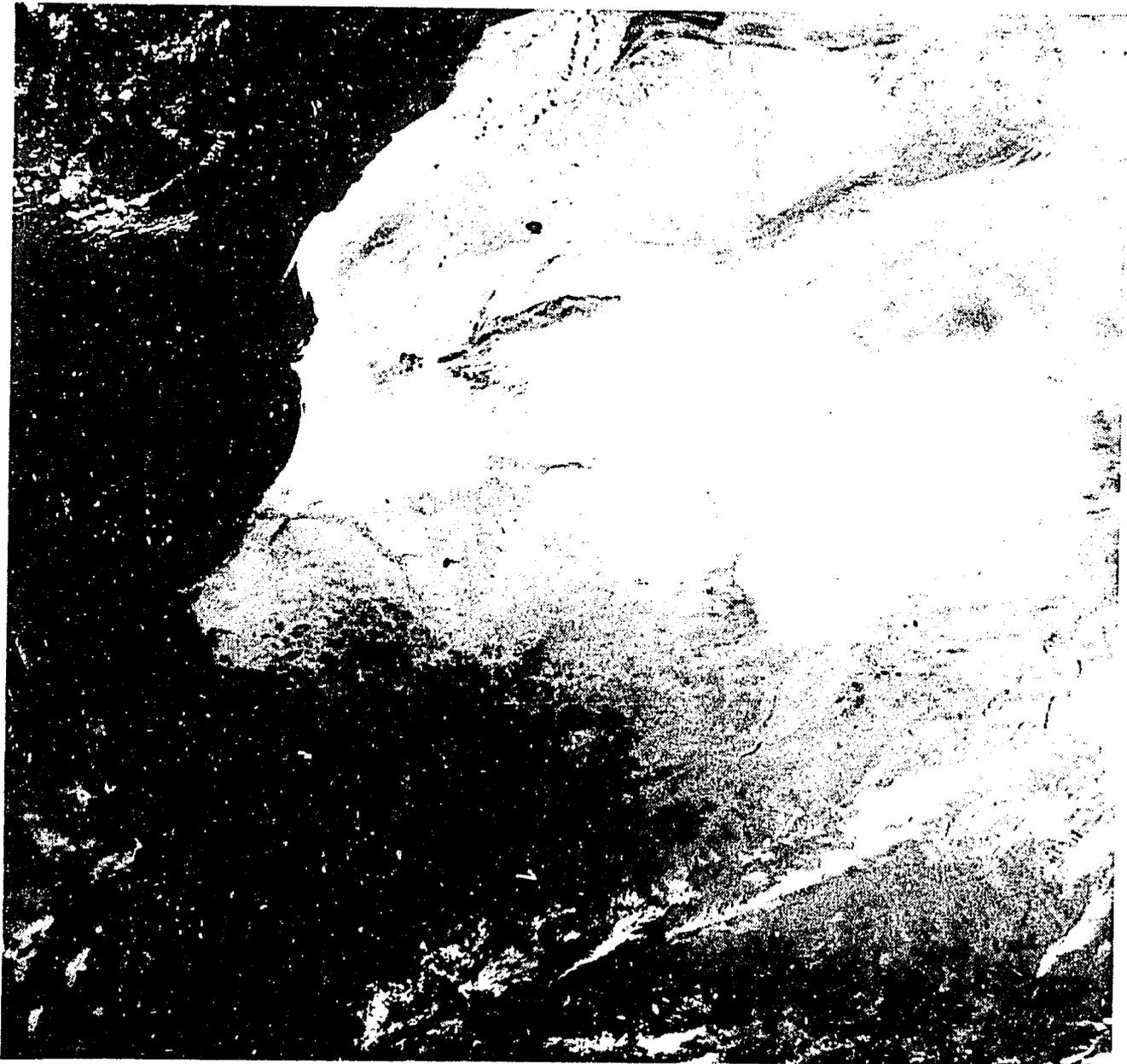


PW-ABI-1540  
71948

**ATELIER SUR L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION  
POUR LA SURVEILLANCE DE LA VEGETATION DANS  
LE CADRE DES PROGRAMMES DE LUTTE  
CONTRE LES SAUTERELLES EN AFRIQUE DE L'OUEST**

Juin/Juillet 1987



Préparé par le  
**U.S. Geological Survey  
EROS Data Center  
Sioux Falls, South Dakota**



ATELIER SUR L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION  
POUR LA SURVEILLANCE DE LA VEGETATION DANS  
LE CADRE DES PROGRAMMES DE LUTTE CONTRE LES SAUTERELLES  
EN AFRIQUE DE L'OUEST

Préparé par le

U.S. Geological Survey  
National Mapping Division  
EROS Data Center  
Sioux Falls, South Dakota 57198

sous l'initiative du  
U.S. Agency for International Development

## TABLE DE MATIERES

Esquisse de la Présentation
Introduction à la Télédétection
Fiches de Commande des Données Landsat
Indices de la Couverture Landsat
Les Satellites NOAA
Indices de Végétation
La Grille de Référence
Exercice 1: Photographies Aériennes
Exercice 2: Images Landsat
Exercice 3: Images NOAA-AVHRR
Exercice 4: La Différence Normalisée

ATELIER SUR L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION POUR LA SURVEILLANCE  
DE LA VEGETATION DANS LE CADRE DES PROGRAMMES DE LUTTE  
CONTRE LES SAUTERELLES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Juin/Juillet 1987

Esquisse de la Présentation

- I. Introduction
  - A. Résumé du Programme
  - B. Objectifs et Portée
- II. Définitions et Perspectives Historiques
  - A. Définition de la Télédétection
  - B. Evolution de la Télédétection
- III. L'Energie Electromagnétique
  - A. Le Spectre Electromagnétique
  - B. Signatures Spectrales
  - C. Perturbations Atmosphériques
- IV. Approche Multiple
  - A. Multispectral
  - B. Plusieurs Plateformes
  - C. Multitemporel
- V. Systèmes Photographiques
  - A. Caméras
  - B. Films
  - C. Photographies Aériennes
  - D. Avantages et Désavantages
- VI. Les Principes de la Photointerprétation
  - A. Les Principes de Base
  - B. Les Instruments
- VII. Les Systèmes Non-Photographiques
  - A. Les Balayeurs
  - B. Les Radiomètres et Spectromètres
  - C. Avantages et Désavantages

## VIII. La Télédétection Spatiale

### A. Le Système des Satellites Landsat

1. Les Caractéristiques Orbitales
2. Le Balayeur Multispectral
3. Le Thematic Mapper
4. Exemples des Images Landsat
5. Sources des Données

### B. Le Système des Satellites Landsat

1. Les Caractéristiques Orbitales
2. Le Système AVHRR
3. Exemples des Images AVHRR
4. Sources des Données

## IX. Surveillance de Végétation Verte à Partir des Satellites NOAA

### A. Indices de Végétation

1. Rapport Simple
2. Différence Normalisée

### B. Cartes d'Indice de Végétation

1. Composites Temporelles
2. Changements d'Indice

### C. Applications des Cartes

1. Surveillance Agricole
2. Surveillance de Sécheresse
3. Programmes de Lutte contre les Sauterelles

## X. Conclusions

## I. INTRODUCTION

Le but, de cette présentation et des exercices qui suivent, est de montrer les applications, l'utilité, et les potentialités aussi bien que les contraintes de la télédétection pour la gestion des ressources naturelles. On étudiera des exemples de l'utilisation de la télédétection pour l'étude, le suivi, et l'inventaire des composantes physiques de la surface terrestre tels que le sol, l'eau, la géologie, et la végétation.

On présentera d'abord, les notions de base de la télédétection d'une manière très sommaire, les notions physiques, afin de se consacrer plus totalement à l'interprétation et les applications des données acquises sur l'Afrique de l'ouest.

Finalement, on étudiera quelques applications des données des satellites NOAA dans le suivi et l'évaluation de la couverture végétale, et l'utilité des indices de végétation dans le cadre du programme de la lutte contre les sauterelles.

Il est indéniable que la télédétection représente une source originale d'informations photographiques, numériques, et cartographiques sur la biosphère. La réalisation de nombreux travaux et études sur les ressources naturelles témoignent le progrès constant, lors du lancement du premier satellite de la série Landsat en 1972. La compréhension de ses principes de base est très importante si l'on veut comprendre les potentialités et les limites de la télédétection pour la gestion des ressources. La télédétection est une technique qui ne doit être utilisée que par des spécialistes ayant déjà acquis une autre formation de base. Il ne suffit pas généralement d'être seulement spécialiste en télédétection. C'est un outil qui sert dans plusieurs disciplines.

## II. Définition et Perspectives Historiques

### A. Définition

La télédétection est l'acquisition des informations à distance sur la biosphère; cette acquisition est basée sur les propriétés du rayonnement électromagnétique. Le système étudie les variations spectrales, spatiales et temporelles des ondes électromagnétiques entre les variations et les caractéristiques des différents objets observés, il permet:

- de traiter ces données par des méthodes visuelles, opto-électriques et informatiques;
- d'interpréter par des méthodes techniques et statistiques les renseignements physiques semblables et de les restituer sous une forme directement utilisable; inventaires et classifications statistiques supervisés ou non-supervisés à partir de données de terrain, de cartes thématiques et de synthèse et des résultats statistiques en surface correspondant aux classifications.

### B. Historique

C'est grâce à l'invention de la photographie, et celle de l'avion que l'on doit les principaux progrès dans la collecte de données sur les ressources de la Terre, ces observations intéressantes de vastes étendues et étant prises d'une distance considérable.

Une des premières tentatives de photographie aérienne eu lieu en 1858, par M. Gaspard Tournachon qui a pris des photos d'un village Français à partir d'un ballon. L'avion fournit une plate-forme plus navigable. Wilbur Wright fut le premier à utiliser l'avion dans ce but lorsqu'il a obtenu des photos de Centocelli, en Italie, en 1909.

La télédétection spatiale a commencé en 1959 lorsque la première photo spatiale de la Terre a été obtenue à partir du satellite Explorer 6 (satellite non-habité). Les applications de la télédétection spatiales sont devenues plus apparentes pendant les programmes spatiaux de la NASA dans les années 60: Mercury, Gemini, et Apollo. En mai 1961, Alan B. Shepard Jr. a fait un vol sub-orbital pendant 15 minutes. Lors des missions Mercury qui ont suivi, des photos en couleurs ont été prises avec des appareils photographiques Hasselblad. La quatrième mission Gemini fut la première expérience de photographie spatiale à des fins d'études géologiques de certaines régions. Ces photos ont conduit à des découvertes sur le plan tectonique, volcanologique et géomorphologique. A la fin du programme Gemini, plus de 1100 photos en couleurs avaient été prises pour des applications des ressources terrestres, démontrant la valeur de la télédétection spatiale. Les missions Apollo ont permis d'observer la Terre dans son entier pour la première fois dans l'histoire de l'homme. Ses missions ont conduit à la réalisation des premières expériences multispectrales avec l'utilisation d'un système de quatre appareils photographiques qui prenaient des photos simultanément dans différentes parties du spectre. Pendant la mission Skylab (le laboratoire spatial) en 1973, 35.000 photos de la Terre ont été prises.

Après la collecte des photos spatiales des ressources terrestres fournies par les premières missions de satellites habités, la NASA s'est décidée de lancer une série de satellites non-habités consacrés à l'étude des ressources de la Terre. C'est donc en 1972 que le premier satellite de la série Landsat a été mis sur orbite. Ce programme a été conçu comme système expérimental afin d'évaluer la possibilité de la collecte des données sur les ressources terrestres à partir des satellites non-habités. Depuis 1972, quatre autres satellites Landsat ont été mis sur orbite. Ces satellites Landsat fournissent des données qui sont utilisées pour l'étude des ressources naturelles.

Plus récemment, dans les années 80, il y a eu des développements importants dans la télédétection terrestre qui joueront un rôle dans les accomplissements à long terme dans ce domaine. Un de ces développements est l'utilisation des satellites qui fournissent des données à fréquence temporelle élevée avec une résolution au sol relativement grossière. L'instrument principal pour la télédétection terrestre à résolution grossière c'est le radiomètre AVHRR sur les satellites NOAA. Le système est capable de fournir des données multispectrales de toute la surface de la Terre tous les jours. Les données sont très favorables à l'étude des phénomènes régionaux, continentaux, et même mondiaux.

### III. L'Energie Electromagnétique

#### A. Introduction

L'énergie électromagnétique s'adresse à toute énergie se propageant à la vitesse de la lumière et suivant un dessin onduleux harmonique. La vitesse de la lumière dans le vide  $(c) = 299.793 \text{ km/sec}$ . La longueur d'onde  $(\lambda)$  = la distance entre n'importe quelle position A d'un cycle jusqu'à une position identique B du cycle suivant (fig. 1).

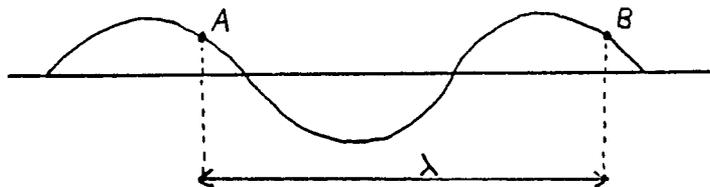


Fig. 1.--Courbe sinoidale d'une longueur d'onde  $(\lambda)$ .

La fréquence  $(f)$  = le nombre de crêtes d'onde passant un point donné pendant une unité de temps spécifiée.

Hertz = L'unité de fréquence d'un cycle par seconde.

La relation entre  $c$ ,  $\lambda$ , et  $f$  est montrée par l'expression suivante:

$$c = \lambda f$$

## B. Le Spectre Électromagnétique

Le spectre électromagnétique est divisé en plusieurs domaines qui ne sont pas tous utilisés en télédétection. L'oeil perçoit une partie très restreinte du spectre électromagnétique, la région dite

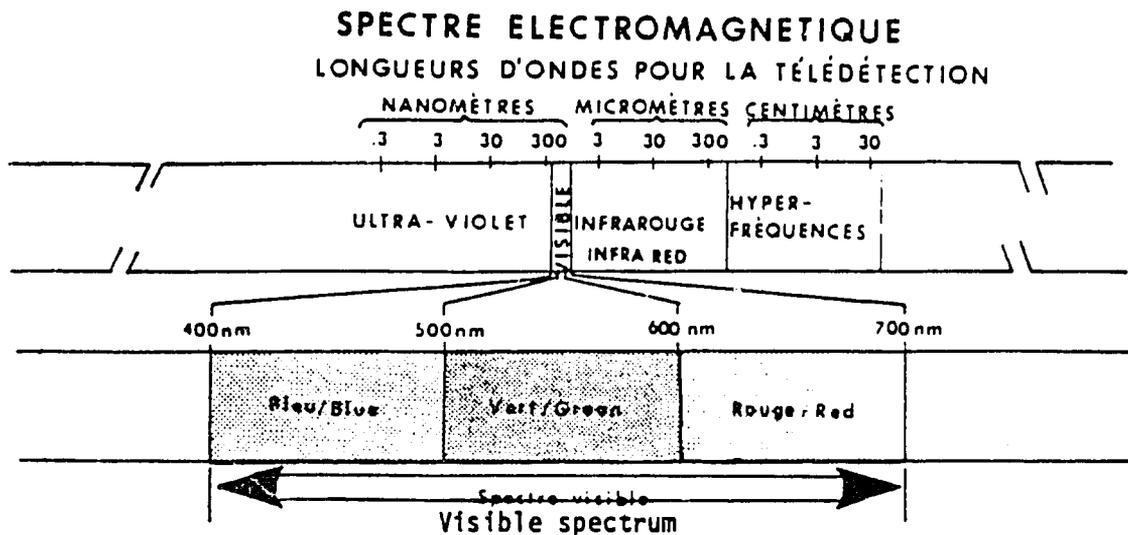


Fig. 2 Spectre Electromagnétique: longueurs d'ondes pour la télédétection.

Les caméras photographiques fonctionnent dans le domaine du visible et du proche infrarouge, produisant des enregistrements permanents sur film.

La lumière visible (blanche) peut être diffractée dans ces couleurs (ou longueurs d'onde) composantes en traversant un prisme.

Les longueurs d'onde d'environ  $0,4 \mu\text{m}$  au  $0,5 \mu\text{m}$  apparaissent en bleu pour les yeux humains; celles de  $0,5 \mu\text{m}$  au  $0,6 \mu\text{m}$  représentent la couleur verte; et les longueurs d'onde de  $0,6$  au  $0,7 \mu\text{m}$  apparaissent en rouge (fig. 3).

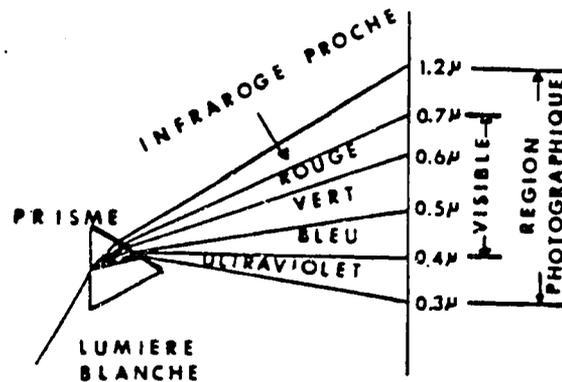


Figure 3. Lumière blanche dissociée en couleurs spectrales.

D'autres capteurs sont sensibles à des parties du spectre au delà de la région du visible: les parties de l'ultraviolet, l'infrarouge, et les hyper-fréquences. Les films photographiques spéciaux sensibles au proche infrarouge, et des capteurs mesurant la température d'un objet à distance sont des exemples de capteurs sensibles à la partie invisible du spectre.

L'ultraviolet est peu utilisé en télédétection. Il est défini par les longueurs d'onde de  $0,29 \mu\text{m}$  au  $0,40 \mu\text{m}$ . Le domaine du visible se trouve entre  $0,4 \mu\text{m}$  et  $0,7 \mu\text{m}$ . Ensuite il y a l'infrarouge, divisé en trois parties: le proche infrarouge (entre  $0,7$  et  $0,9 \mu\text{m}$ ), le moyen infrarouge (entre  $3,0$  et  $5,5 \mu\text{m}$ ), et l'infrarouge thermique (entre  $8,0$  et  $14,0 \mu\text{m}$ ).

Finalement, les hyperfréquences se trouvent au delà de l'infrarouge, avec des longueurs d'onde à l'ordre des millimètres et mètres. Elles sont utilisées en télédétection car elles ont une bonne propagation à travers l'atmosphère quelles que soient les conditions météorologiques.

### C. Les Signatures Spectrales

Les caractéristiques de réflexion des objets terrestres peuvent être quantifiées en mesurant la partie de l'énergie incidente qui est réfléchi. Ceci est mesuré en fonction de la longueur d'onde: c'est la réflectance spectrale.

Une courbe de réflectance spectrale c'est la réflectance spectrale d'un objet (ou une surface) en fonction des différentes longueurs d'onde. Ceci est illustré par le graphique ci-dessous

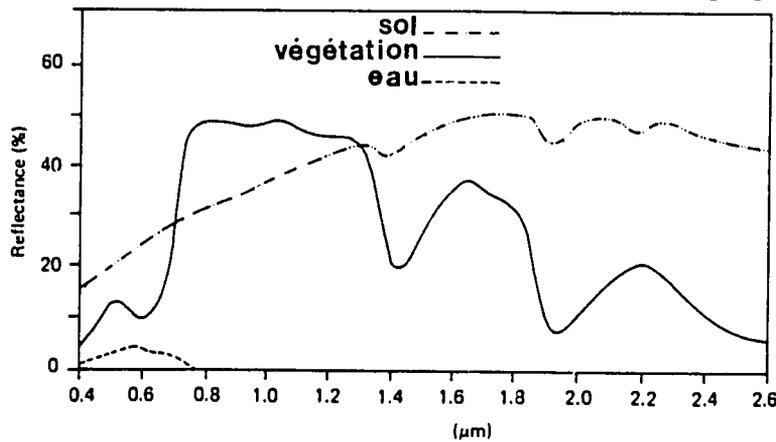


Figure 4.--Des courbes de réflectance spectrales typiques pour la végétation, le sol, et l'eau.

La configuration des courbes de réflectance spectrales nous permet d'étudier le comportement des caractéristiques spectrales des objets dans les différentes parties du spectre électromagnétique. Ceci joue un grand rôle dans le choix des longueurs d'onde dans lesquelles des données télédéteçtées sont acquises pour une application donnée.

### D. Les Perturbations Atmosphériques

Dans le vide, la propagation s'effectue en ligne droite et sans absorption.

L'atmosphère cependant, est un milieu dynamique composé d'un mélange hétérogène de gaz et de particules. Lorsque les rayonnements traversent un tel milieu, il y a des perturbations sélectives suivant la longueur d'onde. Elles sont dûes à:

- l'absorption par les gaz atmosphériques
- la diffusion ou diffraction par les molécules
- l'émission propre du milieu
- la réfraction (propagation non-rétiligne)

Certains éléments atmosphériques produisent une absorption ou un blocage de certaines parties de l'énergie électromagnétique traversant l'atmosphère. Seulement une partie du rayonnement solaire est transmise et ceci dans des parties bien définies du spectre. C'est ce que l'on appelle les fenêtres de transmission de l'atmosphère, par lesquelles l'énergie traverse avec très peu d'interférence.

Name \_\_\_\_\_ Company \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

City/State \_\_\_\_\_ Zip \_\_\_\_\_

Phone (Home) \_\_\_\_\_ (Business) \_\_\_\_\_

This data will be used to initiate a computer geosearch which will be returned to you as a computer listing with a listing key from which Landsat products can be selected and ordered. The preferred manner for inquiry is to identify the appropriate Landsat Worldwide Reference

System (WRS) path/row scene centers. A WRS map for your area of interest will be sent to you on request. If WRS information is not available, complete the required information for either the point search or area rectangle inquiry.

**PREFERRED TYPE OF COVERAGE**

**Black & White    False Color**

Landsat 1-3 .....  .....

Landsat 4-5 .....  .....

MSS     RBV     TM

**PREFERRED TIME OF YEAR**

JAN-MAR            ALL COVERAGE

APR-JUNE            LATEST COVERAGE

JULY-SEPT            SPECIFIC DATES \_\_\_\_\_

OCT-DEC       

**MINIMUM QUALITY RATING ACCEPTABLE**

0     2     5     8

(VERY POOR)    (POOR)    (FAIR)    (GOOD)

**NOTE**

Classification of percent of cloud cover is subjective and is relative to the amount of clouds appearing on the imagery and not on their location.

**MAXIMUM CLOUD COVER ACCEPTABLE**

10%     30%     50%     70%     90%

**Important**

*WRS maps: Landsat 1,2, and 3 have different paths/rows than Landsat 4 and 5. USE CORRECT SIDE OF MAP.*

**Landsat 1,2,3**

Single Scene			Contiguous Area		
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ TO PATH ____	PATH ____ TO PATH ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ TO PATH ____	PATH ____ TO PATH ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	

**Landsat 4,5**

Single Scene			Contiguous Area		
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ TO PATH ____	ROW ____ TO PATH ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	PATH ____ TO ROW ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ TO PATH ____	ROW ____ TO PATH ____	
PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	PATH ____ ROW ____	ROW ____ TO ROW ____	PATH ____ TO ROW ____	

**POINT SEARCH**

	POINT NO. 1	POINT NO. 2	POINT NO. 3
LAT. _____	LAT. _____ N or S	LAT. _____ N or S	LAT. _____ N or S
LONG. _____	LONG. _____ E or W	LONG. _____ E or W	LONG. _____ E or W

Imagery with any coverage over the selected point will be included.

**AREA RECTANGLE**

	AREA NO. 1	AREA NO. 2	AREA NO. 3
LAT. _____	LAT. _____ N or S to _____ N or S	LAT. _____ N or S to _____ N or S	LAT. _____ N or S to _____ N or S
LONG. _____	LONG. _____ E or W to _____ E or W	LONG. _____ E or W to _____ E or W	LONG. _____ E or W to _____ E or W

Imagery with any coverage within the selected area will be included.

**Comments:** \_\_\_\_\_

**Return completed form to ..... c/o Earth Observation Satellite Company (EOSAT)**  
 EOS Data Center, Sioux Falls, South Dakota 57198  
 For additional information or to receive the appropriate WRS map for your area of interest, ... Please call: 1800 387-2801

9

# Landsat Price List

**PRICES SUBJECT TO CHANGE**

All products are sold subject to EOSAT's Agreement for Purchase and Protection of Satellite Data ("Agreement") which prohibits the reproduction of EOSAT products. A copy of this Agreement is on the reverse side of this order form. If you have previously signed a copy of this Agreement you need not sign it again. However, no data will be shipped until there is a signed copy of the Agreement on file with EOSAT.

## Standard Photographic Products

### Black and White Products

NOMINAL IMAGE SIZE	APPROX. SCALE	PRODUCT		PRICE \$	
		MATERIAL	CODE	MSS/RBV	TM
18.5cm (7.3 in.)	1:1,000,000	Film Negative	03	90	160
18.5cm (7.3 in.)	1:1,000,000	Film Positive	13	80	150
18.5cm (7.3 in.)	1:1,000,000	Paper	23	50	100
37.1cm (14.6 in.)	1:500,000	Paper	24	100	170
74.2cm (29.2 in.)	1:250,000	Paper	26	150	250

### Color Composite Products

NOMINAL IMAGE SIZE	APPROX. SCALE	PRODUCT		PRICE \$	
		MATERIAL	CODE	MSS	TM
18.5cm (7.3 in.)	1:1,000,000	Film Positive	53	150	360
18.5cm (7.3 in.)	1:1,000,000	Paper	63	100	300
37.1cm (14.6 in.)	1:500,000	Paper	64	200	400
74.2cm (29.2 in.)	1:250,000	Paper	66	350	500

### Color Composite Generation †

PRODUCT CODE	PRICE \$	
	MSS	TM
59	200	300

Customer must designate which band combination is desired by entering band selection in the "Color Combination" column on order form. All band combinations are produced in blue-green-red sequence. Cost of products produced from composite are in addition to generation fee.

\*Excludes RBV. † Unless otherwise requested standard color composites will be generated as follows: Landsat 1, 2, 3 — MSS bands 4, 5, 7; Landsat 4, 5 — MSS bands 1, 2, 4, TM bands 2, 3, 4.  
 Note: For custom orders or for priority service there is a surcharge.  
 —Custom enlargements of photographic prints are available at a fee of \$100.00/scene/enlargement.  
 —PRIORITY SERVICE: a 7 calendar-day turnaround is available on your product order. This applies only to products made from existing color composite or black and white masters. There will be a 3x fee.

## Standard Digital Products (Computer Compatible Tapes)

TRACKS	BPI	FORMAT	MSS All Bands (band Sequential)		MSS All Bands (band Interleaved)		RBV Single Subscene		Set Of Four RBV Subscenes		TM Full Scene		TM Quarter Scene*		Mss/Tm CCT Copies †				TM ¼ Scene Copies	
			CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$	CODE	PRICE \$
9	1600	TAPE SET	184-A	660	184-B	660	184-C	660	184-D	1320	81	3300	63	1650	92	120	86	720	94	180
9	6250	TAPE SET	185-A	660	185-B	660	185-C	660	185-D	1320	80	3300	82	1650	93	60	90	240	95	60

CCT data formats and data acquisition dates: MSS BIP-2 (CCT-X)—Prior to Jan. '79; BSQ or BIL (corrected only)—Jan. '79-May '81; BSQ or BIL (corrected or uncorrected)—June '81 to present; RBV CCT not available prior to Sept. '80; SSQ (corrected only)—Sept. '80-May '81; SSQ (corrected or uncorrected)—June '81-March '83; TM BSQ or BIL (corrected or uncorrected)—TIPS Apr. '84-present.

\* TM CCT Quarter numbering scheme

1	2
3	4

Customer must designate which TM CCT quarter scene is desired in CCT column on order form using (1,2,3,4).

† Additional copies

Because of the trade secret agreement additional copies of MSS or TM CCT's (not more than 10 of same scene) may be purchased at the time of original order only.

## Special Acquisition Surcharges\* (to schedule new scene acquisitions)

(Product cost must be added to special acquisition surcharge)

	PER SCENE PRICE \$
MSS Data Acquisition	360
TM Data Acquisition	1600
Cloud Cover (Guarantees images with 30% or less scene cloud cover)	27

**WAIVED FOR REMAINDER 1986**

To request a Special Acquisition Please Call...

**1 800 367-2801**

or **(605) 594-6511**

**TWX 910-668-0310**

\* Requires a minimum of 48 hours lead time; in general, notification at least 21 days in advance is preferred for scheduling TDRSS and other system components.

## RELATED PRODUCTS

### 70mm Landsat MSS

For those customers who have additive color viewers and wish to composite and view Landsat MSS bands using this system, 70mm film positives and negatives are available. Please call for additional information.

	Product Code	Unit Price \$
Film Positive	11	80
Film Negative *	01	90

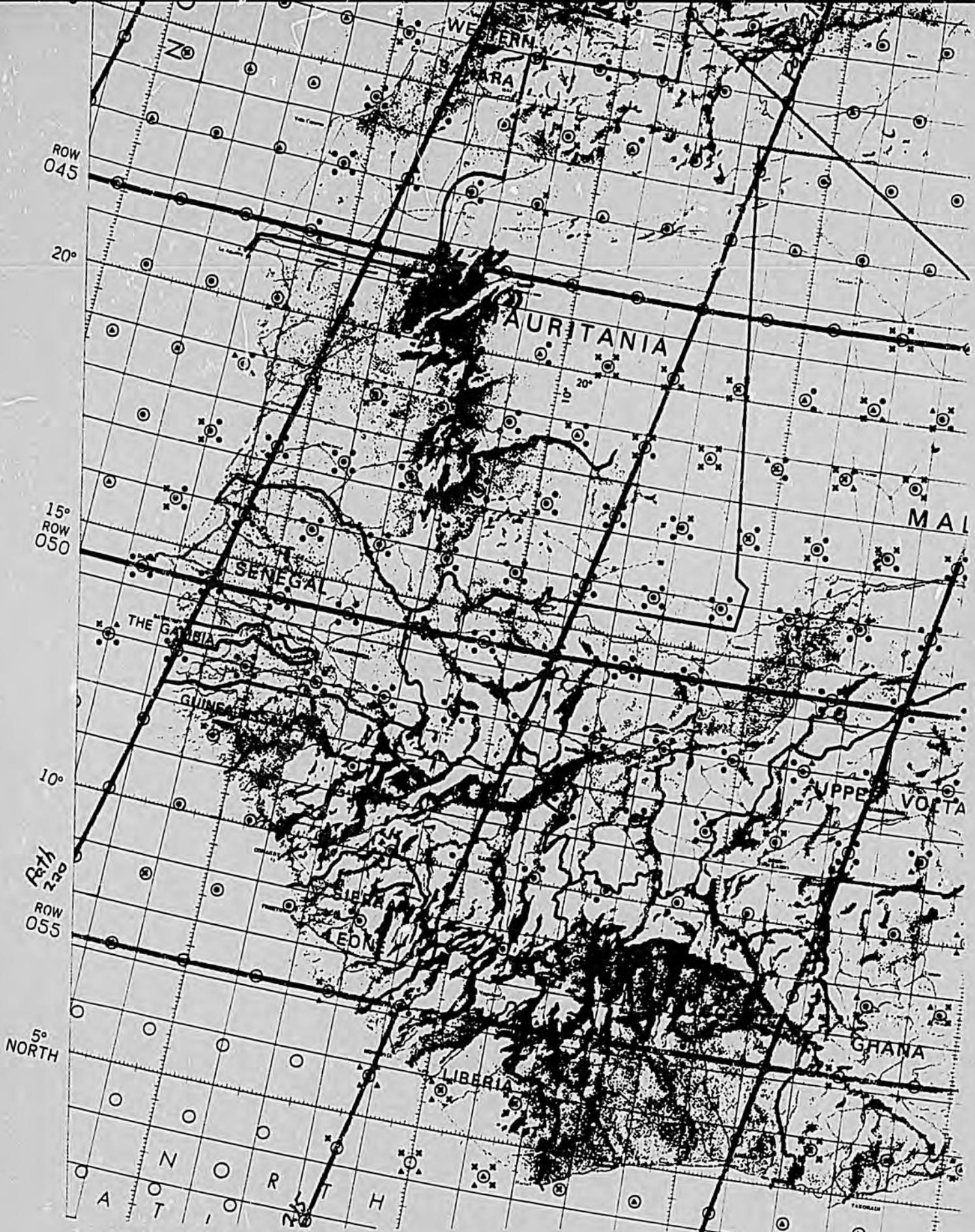
### Sample CCT's (Computer Compatible Tapes)

A sample Landsat 4 MSS scene and a sample TM scene are available with ancillary materials. Please contact EOSAT customer services.

	Product Code	Unit Price \$
MSS CCT	988	50
TM CCT	989	200

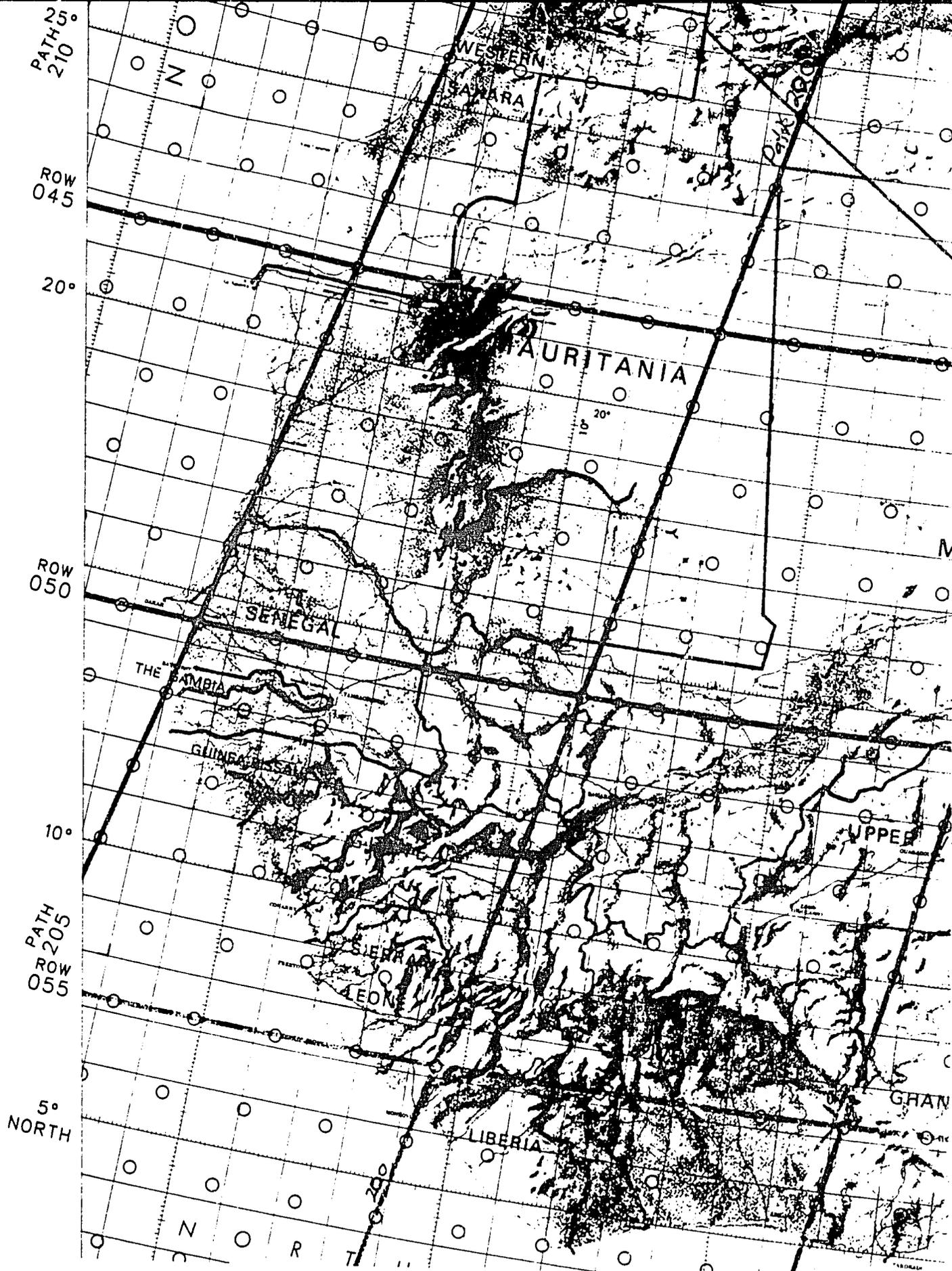
For shipments outside the U.S. customer pays shipping and handling cost. See current EOSAT shipping/handling chart.





Indice de la couverture des satellites Landsat 1, 2, et 3 en Afrique de l'Ouest  
 Index to Landsat 1,2, and 3 coverage of West Africa

Row



Indice de la couverture des satellites Landsat 4 et 5 en Afrique de l'Ouest  
 Index to Landsat 4 and 5 coverage of West Africa

## LES SATELLITES NOAA

### I. Caractéristiques des Données AVHRR

Le radiomètre AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) se trouve sur les satellites de la série NOAA. Les satellites tournent autour de la Terre dans une orbite sub-polaire.

Couverture: bande de visée large de 2400 km.

Résolution: 1,1 km au nadir

Répétitivité: Tous les 12 heures

Dates de Lancement: NOAA-8: 28 mars 1983

NOAA-9: 12 décembre 1984

NOAA-10: 17 septembre 1986

Altitude: 833 km

Période orbitale: 102 minutes

Inclinaison: 98,7°

Distance entre deux orbites: 25,5°

Angle de balayage de nadir:  $\pm 55,4^\circ$

Champ instantané de prise de vue: 1,1 km (au nadir)

Traversée de jour de l'Equateur: NOAA-8: 07:30 heures

NOAA-9: 15:00 heures

NOAA-10: 07:30 heures

Bandes Spectrales:	1	0,58 - 0,68 $\mu\text{m}$	Visible (rouge)
	2	0,72 - 1,10 $\mu\text{m}$	Proche infrarouge
	3	3,55 - 3,93 $\mu\text{m}$	Moyenne infrarouge
	4	10,5 - 11,3 $\mu\text{m}$	Infrarouge thermique
	5	11,5 - 12,5 $\mu\text{m}$	Infrarouge thermique

Stations réceptrices:

1. Gilmore Creek, Alaska
2. Redwood City, California
3. Wallops Island, Virginia

#### Archives:

- World Weather Building, Washington, D.C., de permanence
- Stations réceptrices (pendant 90 jours)

#### Les avantages des données AVHRR:

- Couverture quotidienne
- Accès immédiat aux données
- Couverture de grandes surfaces
- Source alternative aux données Landsat
- Utile pour surveillance
- Un coût modéré

#### Quelques applications:

- Surveillance de la végétation
- Météorologie
- Océanographie
- Surveillance des combustibles
- Surveillance des feux de brousse
- Suivi des conditions agricoles
- Suivi des sécheresses
- Préparation des mosaïques de grandes surfaces

## II. Résumé du Système NOAA-AVHRR

Le radiomètre AVHRR embarqué sur les satellites météorologiques de la série NOAA c'est un radiomètre à 5 bandes spectrales. Les satellites gravitent autour de la Terre sur une orbite sub-polaire héliosynchrone. La durée d'une révolution est de 102 minutes et chaque satellite fait 14,1 fois le tour de la Terre en 24 heures. Ils gravitent à une altitude de 833 km. Les traces au sol des satellites ne se répètent pas de jour à jour,

mais à cause de la largeur de visée (2400 km) du système de balayage, la couverture quotidienne est assurée.

L'heure locale de la traversée des satellites sur une latitude donnée est invariable de jour à jour. Normalement, il y a 2 satellites opératifs avec 6 heures de décalage entre eux (l'un qui survole le matin, l'autre dans l'après-midi). Cette répétitivité fréquente augmente les chances d'obtenir une image sans couvert nuageux, un grand avantage pour l'analyse des ressources terrestres.

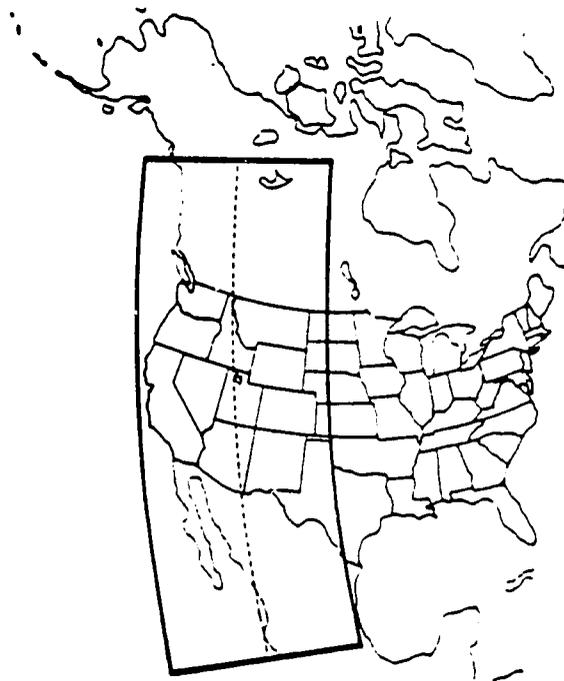


Figure 1.--Exemple de la couverture des données du satellite NOAA sur l'Amérique du Nord occidentale.

Le radiomètre AVHRR c'est un balayeur qui enregistre l'énergie réfléchie (ou émise) par la surface terrestre dans cinq bandes de longueur d'onde. La bande rouge (AVHRR 1) couvre une bande de 0,55 à 0,68  $\mu\text{m}$ , l'infrarouge (AVHRR 2) couvre une bande de 0,72 à 1,10  $\mu\text{m}$ . Les satellites possèdent également des bandes thermiques (AVHRR 3,4, et 5).

Les satellites fournissent des images enregistrées en`continue et couvrant le globe (GAC: Global Area Coverage) ayant une résolution de 4 km au nadir ainsi que des couvertures locales (LAC: Local Area Coverage) ayant une résolution d'un km transmises seulement si l'ordre est donné depuis le sol. Les données transmises par les satellites sont traitées par ordinateur pour produire plusieurs produits. Les produits peuvent consister en images normales ou accentuées, des bandes magnétiques avec des données numériques, et même des images de différence normalisée qui sont corrélatives à la biomasse végétale.

Les données AVHRR sont archivées au World Weather Building sous le nom des données LAC/HRPT. Ces données archivées peuvent être commandées de l'adresse suivante:

National Climatic Data Center  
Satellite Data Services Division  
Room 100, World Weather Building  
Washington, D.C. 20233

Téléphone: 301/763-8111  
Telex: 24836

## Indices de Végétation

Les indices de végétation sont utilisés dans plusieurs applications: distinction de surfaces couvertes de végétation de celles sans végétation, et l'évaluation des conditions agricoles dans plusieurs situations d'environnement, de saison et de météorologie. En principe, l'indice de végétation est le rapport ou la différence entre les valeurs de réflectance dans les domaines spectraux du proche infrarouge et du visible. Il en résulte que les surfaces ayant à peu près la même réflectance dans le visible et le proche infrarouge (ex, les sols, le goudron, le béton) auront des valeurs d'indice de végétation très faibles (à l'ordre de zéro), tandis que les surfaces couvertes de végétation saine ayant une grande différence de réflectance entre le visible et le proche infrarouge auront des valeurs très élevées. Donc, les indices de végétation déterminent la quantité de végétation verte.

Il y a plusieurs avantages dans l'application des indices de végétation. Les indices de végétation sont calculés à partir des données de deux ou plusieurs bandes spectrales. Les valeurs résultant représentent une compression importante des données. En plus, ils enlèvent une grande partie des variations d'irradiance solaire. Ils rectifient en partie les influences atmosphériques sur le trajet de l'énergie solaire et même les différences de réflectance des surfaces dues aux changements de l'angle de balayage des capteurs.

Idéalement, un indice de végétation serait sensible à la végétation, insensible au sol, et non influencable par les effets atmosphériques. Plusieurs indices de végétation ont été analysés et les deux plus importants sont décrits ci-dessous:

### (1) Le Rapport Simple

Le rapport simple des bandes du visible et du proche infrarouge est un indicateur de la croissance végétale, grâce à la différence entre les réflectances des surfaces végétales et non-végétales dans le domaine du rouge visible (R) et du proche infrarouge (PIR). Cependant, cet indice est très sensible aux perturbations atmosphériques. Mathématiquement, le rapport simple est exprimé par  $(PIR/R)$ .

### (2) La Différence Normalisée

L'indice de végétation par la différence normalisée (ND ou NDVI) est plus sensible à des surfaces couvertes de végétation clairsemée, surtout dans les prairies, que les indices par le rapport simple. Des expériences au laboratoire ont confirmé que la différence normalisée des bandes du rouge visible et du proche infrarouge est très corrélative au pourcentage de la couverture herbacée ( $R^2 = 0,99$ ). Cet indice est exprimé mathématiquement par:

$$NDVI = \frac{(PIR - R)}{(PIR + R)}$$

Procédé pour l'Utilisation de la Grille de Référence avec  
les Cartes d'Indice de Végétation

La grille de référence sur feuille transparente est utilisée avec les cartes d'indice de végétation du Sénégal, de la Gambie et de la Mauritanie afin d'identifier et de localiser la situation géographique et l'étendue des phénomènes terrestres. La grille de référence codée permet rapidement de situer tous les phénomènes et problèmes localisés grâce à ces coordonnées géographiques, ce qui permettra à tout utilisateur de se situer géographiquement à partir des coordonnées fournies par la grille, soit par moyen de télécopie ou de téléphone. Le document sert comme guide dans l'utilisation et l'établissement d'un système de codification géographique. Le suivant est le mode d'emploi de la grille:

1. Placez la grille de référence sur la carte d'indice de végétation utilisant des points de repère tels que les limites d'état apparaissant sur les deux feuilles.
2. Pour repérer des points ou des surfaces restreintes (plus petits qu'une cellule), localisez la zone d'intérêt à l'intérieur des carrés d'un degré, et ensuite à l'intérieur des cellules. Utilisez le système numérique dans la légende pour la codification.

Exemple: La ville de Linguère, Sénégal, est située dans le carré 24, cellule 34. Cette localité est codifiée par: B24-C34.

Afin de localiser plus précisément un point à l'intérieur d'une cellule, divisez la cellule en quadrants utilisant la codification suivante: NE, NO, SE, ou SO.

Exemple: Linguère est située dans le quadrant sud-ouest de la cellule 34. Donc, sa position est codifiée par: B24-C34-SO.

3. Pour définir de grandes surfaces à forme irrégulière, utilisez le même système de codification. Premièrement, cherchez tous les carrés d'un degré situés dans la zone d'intérêt. Ensuite, enregistrez tous les cellules recouvrant la zone carré par carré. Si moins de la moitié d'une cellule se retrouve dans la zone, ne considérez pas la cellule comme partie de la zone. Composez la liste de carrés et de cellules qui se trouvent dans la zone par ordre numérique.

Exemple: Linguère est située dans le quadrat sud-ouest de la cellule 34. Donc, sa position est codifiée par: B24-C34-SO.

Exemple: La Région de Thiès au Sénégal représente une grande surface à forme irrégulière, définie par sa limite régionale. Utilisant le système de codification, cette région est définie par: ZONE-B14-C31, C32, C33. B16-C1, C2, C3, C4, C7, C8, C9, C10, C11, C15. B23-C6, C11, C12, C18, C23, C24, C30.

4. Afin de définir de grandes surfaces à forme régulière géométrique, on peut utiliser la méthode ci-dessus, ou par la définition du périmètre de la surface.

Exemple: La surface à l'intérieur d'un périmètre défini par les villes de Diourbel, Tambacounda, Louga, et Linguère est codifiée par: PERIMETRE-B16-C27, B12-C8, B23-C27, B24-C34.

## Exercice 1

### CARACTERISTIQUES ET INTERPRETATION DES PHOTOS AERIENNES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Cet exercice est basé sur plusieurs photographies aériennes à une échelle de 1/60.000 environs. L'exercice vous introduira aux caractéristiques de plusieurs types d'occupation du sol et éléments terrestres dans les environnements sahélien, soudanien et guinéen. Dans la partie A, les questions sont relatives aux caractéristiques générales des photographies aériennes. La partie B s'agit de l'interprétation des éléments spécifiques sur les photographies.

#### PARTIE A.

1. Est-ce que ces photos représentent des prises de vue verticales ou obliques? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Quelle type de film a-t-on employé pour tirer ces photos? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Quelle est la sensibilité (dans le spectre électromagnétique) de ce film? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Est-ce qu'un objet sur une photo à une échelle de 1/24.000 est plus grand ou plus petit que le même objet sur une photo à une échelle de 1/60.000? \_\_\_\_\_
5. Est-ce qu'une photo à 1/60.000 représente une échelle plus grande ou plus petite par rapport à une photo à 1/24.000? \_\_\_\_\_

6. Un centimètre sur la photo représente quelle distance sur le terrain?

---

7. Calculer la superficie en  $\text{Km}^2$  représentée par une photo aérienne étant donné que la dimension d'une photo est 23 par 23 cm. \_\_\_\_\_

---

8. Combien de photos aériennes faudrait-il pour avoir une couverture complète de l'ensemble du territoire sénégalais en supposant un recouvrement latéral de 60% et un recouvrement longitudinal de 10%. La superficie du Sénégal est 200.000  $\text{Km}^2$  environ. \_\_\_\_\_

---

---

#### PART B.

Dans cette partie, vous examinerez plusieurs séries de photos aériennes afin d'identifier les éléments indiqués par les lettres en rouge sur les photos. D'abord, trouvez le numéro de chaque photo sur son rebord. Ensuite, remplissez les vides suivants à côté des numéros des photos appropriés avec le nom ou la description de chaque élément.

N'écrivez pas sur les photos. Finalement, essayez d'identifier l'environnement (sahélien, soudanien ou guinéen) où les photos ont été prises, et si possible, la région exacte du Sénégal ou de la Gambie. Vérifiez vos réponses avec les renseignements sur le verso des photos.

En interprétant, considérez les sept caractéristiques de base des éléments sur les photos: la forme, la dimension, la configuration, la teinte, la texture, l'ombre, et la localité.

Nos. des photos/  
Photo Numbers

Eléments à Identifier/  
Features to Identify

27-28	A.	B.
	C.	D.
	Région:	
29-30	A.	B.
	C.	D.
	Région:	
49-50	A.	B.
	C.	D.
	E.	F.
51-52	A.	B.
	C.	D.
	E.	Région:
70	A.	B.
	C.	Région:
108-109	A.	B.
	Région:	
114-115	A.	B.
	C.	D.
	Région:	
128	A.	B.
	C.	Région:

156	A.	B.
	C.	Région:
176-177	A.	B.
	C.	Région:
190-191	A.	B.
	C.	D.
	E.	Région:
250	A.	B.
	C.	D.
	Région:	
254-255	A.	B.
	C.	D.
	E.	F.
	Région:	
325-326	A.	B.
	C.	D.
	E.	Région:
359-360	A.	B.
	C.	D.
	Région:	
369-371	A.	B.
	C.	D.
	E.	Région:

450-451

A.

B.

C.

D.

Région:

## Exercice 2

### CARACTERISTIQUES ET INTERPRETATION DES IMAGES LANDSAT EN AFRIQUE DE L'OUEST

Cet exercice est basé sur plusieurs images du satellite Landsat à une échelle de 1/1.000.000. L'exercice vous introduira aux caractéristiques sur les images de plusieurs types d'occupation du sol et d'éléments terrestres dans les environnements saharien, sahélien, soudanais, et guinéen. Dans la partie A, les questions sont relatives aux aspects généraux des images Landsat. La partie B est consacrée à l'interprétation des éléments spécifiques sur les images.

#### PARTIE A.

1. Est-ce que ces images représentent des prises de vue verticales ou obliques? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Quelle est la gamme de sensibilité spectrale des images en couleurs?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Est-ce qu'un objet sur une image à une échelle de 1/1.000.000 est plus grand ou plus petit que le même objet sur une photo aérienne à 1/50.000? \_\_\_\_\_
4. Est-ce que l'échelle des images Landsat est plus grande ou plus petite par rapport à l'échelle des photos aériennes à 1/50.000? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Un centimètre sur ces images représente combien de kilomètres sur le terrain? \_\_\_\_\_

6. Calculer la superficie en  $\text{Km}^2$  représentée par une image Landsat étant donné que la dimension d'une image est 18,5 par 18,5 centimètres.

---

7. Combien d'images faudrait-il pour avoir une couverture complète de l'ensemble du Sénégal en supposant un recouvrement latéral de 20% et un recouvrement longitudinal de 10%? La superficie du Sénégal est 200.000  $\text{km}^2$  environ.

---

#### PARTIE B.

Dans cette partie, vous examinerez plusieurs images Landsat afin d'identifier les éléments indiqués par les lettres en rouge sur les images. D'abord, trouvez le numéro de chaque image sur son rebord. Ensuite, remplissez les vides suivants à côté des numéros des images appropriés avec le nom ou la description de chaque élément. N'écrivez pas sur les images. Finalement, essayez d'identifier l'environnement (saharien, sahélien, soudanais, ou guinéen) représenté dans les images, et si possible, les pays et les régions couverts.

En interprétant, considérez les sept caractéristiques principaux des éléments sur les photos: la forme, la dimension, la configuration, la teinte, la texture, l'ombre, et la localité.

- 520 km! 5210  
42.4.150 d 5210 S

Nos. de images

1,2,3

Identifiez: A.

B.

C.

D.

E.

Régions:

Quelle est la différence entre l'image no. 1 et l'image no. 2?

\_\_\_\_\_

Quelles sont les dates de ces images?

4,5

Expliquez pourquoi l'image no. 4 est plus rougeâtre que  
l'image no. 5. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quelle image est plus utile pour l'identification des villes  
et villages? \_\_\_\_\_

La ville de Diourbel est indiquée par la lettre A. Quelles  
sont les villes indiquées par les lettres B, C, D, E, et F?

6,7,8,9

Ces images ont été acquises pendant quelle saison?

Régions:

Identifiez: A.

B.

C.

D.

E.

F.

10

Identifiez: A.

B.

C.

D.

E.

F.

Régions:

Nos. de images

11,12

Quelles sont les dates de ces images?

---

Quelles sont les saisons représentées?

---

Quelles sont les régions?

---

Identifiez: A. B.  
C. D.  
E. F.

13

Trouvez visuellement la zone couverte par la photo aérienne no 53 sur l'image Landsat no.13.

14,15

Quelle est la différence entre ces images?

---

Région représentée? \_\_\_\_\_

Quelle image préféreriez-vous pour une interprétation de l'occupation du sol?

---

Identifiez: A. B.  
C. D.  
E. F.

16,17,18,19

Faites une petite mosaïque avec ces quatre images en déterminant l'ordre du nord au sud des images. Quelles sont les régions couvertes par la mosaïque? \_\_\_\_\_

Combien de recouvrement y-a-t-il entre ces images (en pourcentages)? \_\_\_\_\_



29

Quelle est la région couverte? \_\_\_\_\_

Identifiez: A. B.  
C. D.  
E.

30

Quelle est la région couverte? \_\_\_\_\_

Identifiez: A. B.  
C. D.

## EXERCICE #3\*

### INTRODUCTION AUX CARACTERISTIQUES DES IMAGES NOAA-AVHRR: EXEMPLE SUR L'AFRIQUE DE L'OUEST

#### OBJECTIFS

1. Evaluation des images NOAA-AVHRR en noir et blanc et en couleurs, et leur aptitude pour l'interprétation des ressources naturelles.
2. Identification des teintes de gris de certains éléments du terrain apparaissant sur les images dans les domaines du visible et du proche infrarouge.
3. L'utilisation de ces informations dans l'estimation des couleurs de chaque élément terrestre sur l'image en couleurs.
4. Se familiariser avec les caractéristiques des images NOAA-AVHRR.

#### MATERIELS

1. Trois images NOAA-AVHRR (26 mars, 1987: Bandes 1,2, et une composition colorée), à l'échelle de 1/3.000.000.
2. Feuille transparente pour la localisation de certains éléments et surfaces terrestres.

#### INTRODUCTION

Chaque image (ou bande) NOAA-AVHRR en noir et blanc est dérivée des données des différentes parties du spectre électromagnétique. Parmi les cinq bandes AVHRR, deux sont utilisées dans cet exercice (les bandes 1 et 2). Typiquement, un élément terrestre peut apparaître en différentes teintes de gris sur les différentes bandes. Chaque bande (image en noir et blanc) est plus utile pour l'interprétation et l'analyse de certains éléments terrestres, et moins utile dans l'interprétation d'autres éléments. En plus, certaines interprétations sont plus faciles à réaliser par l'analyse des compositions colorées qui représentent une combinaison photographique de deux ou trois bandes (images en noir et blanc). Une compréhension de l'apparence des éléments terrestres sur chaque bande et sur une composition colorée est indispensable pour la réalisation des analyses rationnelles des images satellite.

Bande NOAA-AVHRR	Sensibilité spectrale (longueurs d'onde)
1 (dans l'exercice)	,58 - ,68 $\mu\text{m}$ rouge
2 (dans l'exercice)	,72 - 1,10 $\mu\text{m}$ proche infrarouge
3	3,55 - 3,93 $\mu\text{m}$ moyen infrarouge
4	10,50 - 11,50 $\mu\text{m}$ infrarouge thermique
5	11,50 - 12,50 $\mu\text{m}$ infrarouge thermique

\* Modifié d'un exercice préparé par William C. Draeger.

13

La production des compositions colorées se fait généralement par la combinaison de trois bandes différentes et par l'attribution d'une couleur primaire à chaque bande. Afin de simuler une photographie en couleurs infrarouge ou une composition colorée Landsat, seuls les deux premières bandes AVHRR sont utilisées dans une composition colorée. Puisque la composition colorée est toujours produite utilisant les trois couleurs primaires, la bande 1 est utilisée deux fois (une fois avec la couleur bleue, une fois avec la couleur verte). Les couleurs apparaissant sur les compositions colorées sont schématisées par le tableau suivant:

La teinte la plus dominante (claire) dans chaque bande est représentée par "X".

Rouge (Bande 1)	Rouge (Bande 1)	Proche Infrarouge (Bande 2)	Couleur sur la Composition Colorée
X	X	X	rouge cyan (bleu-rouge)
X	X	X	blanc à gris, selon la clarte

La tableau ci-dessus ne défine que la couleur dominante. La clarté d'une couleur est déterminée par la teinte (le niveau de gris) de chaque bande. Par exemple:

<u>Bande 1</u>	<u>Bande 1</u>	<u>Bande 2</u>	<u>Couleur sur la Composition</u>
gris foncé	gris foncé	gris moyen	rouge foncé
gris foncé	gris foncé	blanc	rouge vif
gris claire	gris claire	blanc	rose

Remarquez: la bande 2 est dominante dans tous les cas.

#### LE PROCEDE

1. Estimez le niveau de gris de chaque élément terrestre sur les images noir et blanc utilisant la feuille transparente. Remplissez le tableau suivant avec les mots "blanc," "gris clair," "gris," "gris foncé," ou "noir." Vous pouvez également utiliser les valeurs numériques suivants: blanc = 100, gris clair = 75, gris = 50, gris foncé = 25, noir = 0.
2. Remplissez le talbeau avec le nom ou la description de la couleur de chaque élément terrestre apparaissant sur la composition colorée.

#### DISCUSSION

Indiquez quatre avantages et quatre incovénients possibles dus à l'utilisation des photos aériennes, des images Landsat, et des images NOAA-AVHRR dans l'étude et la surveillance des ressources naturelles.

- Cartographie des Sols
- Cartographie de Géomorphologie
- Cartographie du Réseau Hydrographique
- Cartographie des Routes et Villes
- Cartographie de Végétation Forestière
- Cartographie de Savanes Boisées
- Cartographie des Mangroves
- Cartographie des Surfaces d'Eau
- Cartographie des Surfaces Sableuses
- Cartographie d'Agriculture sous Pluie
- Cartographie d'Agriculture Irriguée
- Cartographie des Feux de Brousse

BANDES AVHRR		Composition Colorée
1	2	

## EXERCICE 4

### LA DIFFERENCE NORMALISEE (ND)

La différence normalisée est une transformation de données qui combine les réflectances du visible (AVHRR bande 1) et du proche infrarouge (bande 2) en un seul variable qui est corrélatif à la quantité de biomasse verte. Donc, plus que la biomasse et la couverture végétale augmente, plus il ya une augmentation des valeurs de la ND. Rappelez les courbes de réflectance spectrale pour la végétation, les sols, et l'eau. Le rapport entre les valeurs de ND et la quantité de végétation verte est assez constant dans différentes saisons et dans différentes localités. Pour cela, la ND est très utile pour l'évaluation et la surveillance de la couverture végétale dans des régions arides et semi-arides.

La différence normalisée est calculée par la formule:

$$1. \text{ ND} = \frac{\text{Proche infrarouge} - \text{rouge}}{\text{Proche infrarouge} + \text{rouge}}$$

Pour les données NOAA-AVHRR:

$$2. \text{ ND} = \frac{\text{Bande 2} - \text{Bande 1}}{\text{Bande 2} + \text{Bande 1}}$$

Ces formules produisent des valeurs entre -1,0 et +1,0.

### MATERIELS

1. Photo aérienne de la zone de Kerewane en Gambie.
2. Une matrice sur feuille transparente.
3. Une matrice avec les valeurs numériques.

### PROCEDE

Alignez la matrice de pixels (transparente) sur la photo aérienne. Quelle est la date de la photo? \_\_\_\_\_ . Remarquez la grande superficie

terrestre représentée par un pixel (élément photographique représenté par les cellules de la matrice). Toute la variabilité terrestre à l'intérieur d'un pixel AVHRR est représentée par un seul numéro (par bande spectrale). Voir les diapos de la matrice de pixels: bande 1, bande 2, composition colorée). Ensuite, alignez la matrice avec les valeurs numériques des pixels sur la photo. Les numéros du côté gauche représentent les valeurs de la bande 1 (visible), à droite: les valeurs de la bande 2 (proche infrarouge).

Calculez la différence normalisée (ND) pour les pixels B2, C13, F10, F13, H6, et J8 utilisant la formule 2 ci-dessus.

Comparez ces valeurs de ND avec les différents types de surfaces terrestres (eau, mangroves, forêts, etc.) à l'intérieur des pixels. (Voir la diapositive de la ND).

#### DISCUSSION