

11847

HAUT COMMISSARIAT

DIRECTION DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA COORDINATION

CELLULE D'EVALUATION ET DE
PLANIFICATION CONTINUE

DDC 36.30

NOTE D'EVALUATION PRELIMINAIRE SUR LE
RECOURS A LA TELEDETECTION DANS LE CADRE
DES ACTIVITES DE L'O.M.V.S.

(Inventaire, évaluation, suivi, planification)

Sidy Mohamed SECK

AOUT 1984

S O M M A I R E

I. PRESENTATION GENERALE DE LA TECHNIQUE-----	p. 2
II. POTENTIALITES ET UTILISATIONS POSSIBLES	
DANS LE CADRE DE L'O.M.V.S.-----	p. 6
III.LIMITES ET CONTRAINTES D'UTILISATION-----	p. 9
IV. STRATEGIE POUR L'O.M.V.S. D'ACCEDER A LA	
TELEDETECTION : QUELQUES ORIENTATIONS-----	p. 13
V. CONCLUSION-----	p. 15

NOTE D'EVALUATION SUR LE RECOURS A LA
TELEDETECTION DANS LE CADRE DE L'OMVS
(inventaire, évaluation, suivi, planification)

I. PRESENTATION GENERALE DE LA TECHNIQUE

11) Définition

La télédétection (remote sensing) est l'observation- et l'étude - de la surface terrestre en utilisant le rayonnement électromagnétique comme porteur d'informations. Elle a pour objectif, une meilleure connaissance de la surface de la terre, des océans, des continents et de l'atmosphère en vue d'un inventaire, d'un contrôle, d'un aménagement...etc.

12) Principe et procédé de base

La télédétection repose sur le principe de l'enregistrement de la réflectance de chaque élément du paysage. On conçoit en effet, que dans des conditions données, chaque objet, chaque élément de la surface de la terre réfléchit ou émet une certaine quantité d'énergie dont l'enregistrement et la mesure permettent l'identification (principe de la signature spectrale).

Pour l'enregistrement et la mesure de cette énergie, la télédétection met en oeuvre un ensemble de techniques à partir de vecteurs (ballons, avions, satellites) équipés de capteurs ou radiomètres de sensibilité différente, susceptibles d'enregistrer des radiations de longueur d'onde donnée.

La télédétection exploite ainsi des rayonnements de longueur d'onde très différente, allant actuellement du spectre visible (canaux 4,5 et partiellement 6 des landsat) aux micro-ondes ou hyper-fréquences (radars) en passant par l'infra-rouge (canaux 6 et 7). Alors que nos yeux sont sensibles à la seule partie visible de la terre, la télédétection dépasse les possibilités de nos sens

et permet d'appréhender des phénomènes mal discernés à la surface du sol ou sub-superficiels.

13) Echelle spatiale

Chaque élément à la surface terrestre est susceptible d'enregistrement de télédétection mais seulement à partir d'une tâche élémentaire qui constitue un seuil minimum d'identification.

Cette tâche élémentaire ou pixel (pictural élément) varie suivant les capteurs et l'altitude du vecteur et correspond à ce que l'on désigne par résolution spatiale. Celle-ci couvre moins d'un demi hectare dans le système landsat et quelques centaines de mètres carrés dans le futur système français SPOT (Satellite Probatoire pour l'Observation Terrestre).

14) Transmission et présentation finale de l'information

Les radiations enregistrées par le satellite sont transmises au sol après amplification. Les signaux retransmis sont individualisés canal par canal et fournis sous deux formes : une forme numérique (bande magnétique chiffrée) et une forme photographique (image) correspondant à la visualisation des bandes magnétiques. Aussi on peut passer aisément d'une forme à une autre : visualiser des données numériques ou numériser une image.

14-1) Les images ou clichés fac-similés sont en noir et blanc mais peuvent donner lieu à des images en couleurs.

D'une manière générale, les images fournies sont susceptibles de toute une série de traitements photographiques parmi lesquelles on peut noter :

- le renforcement des contrastes pour mettre en évidence un phénomène peu discernable dans l'épreuve originale,

- les équidensités qui consistent à discerner par exemple dans la gamme de gris d'une image, une ou plusieurs nuances de gris correspondant à une scène donnée au sol (un périmètre par exemple),
- les images en couleurs composites: avec le système landsat enregistrant par balayage (scanner) sur plusieurs canaux, il est possible de constituer des assemblages colorés en superposant les informations obtenues dans chaque canal, chacun des canaux correspondant à une couleur à différentes nuances.

L'ensemble de ces procédés permettent de mettre en évidence des phénomènes difficilement visibles à l'oeil nu.

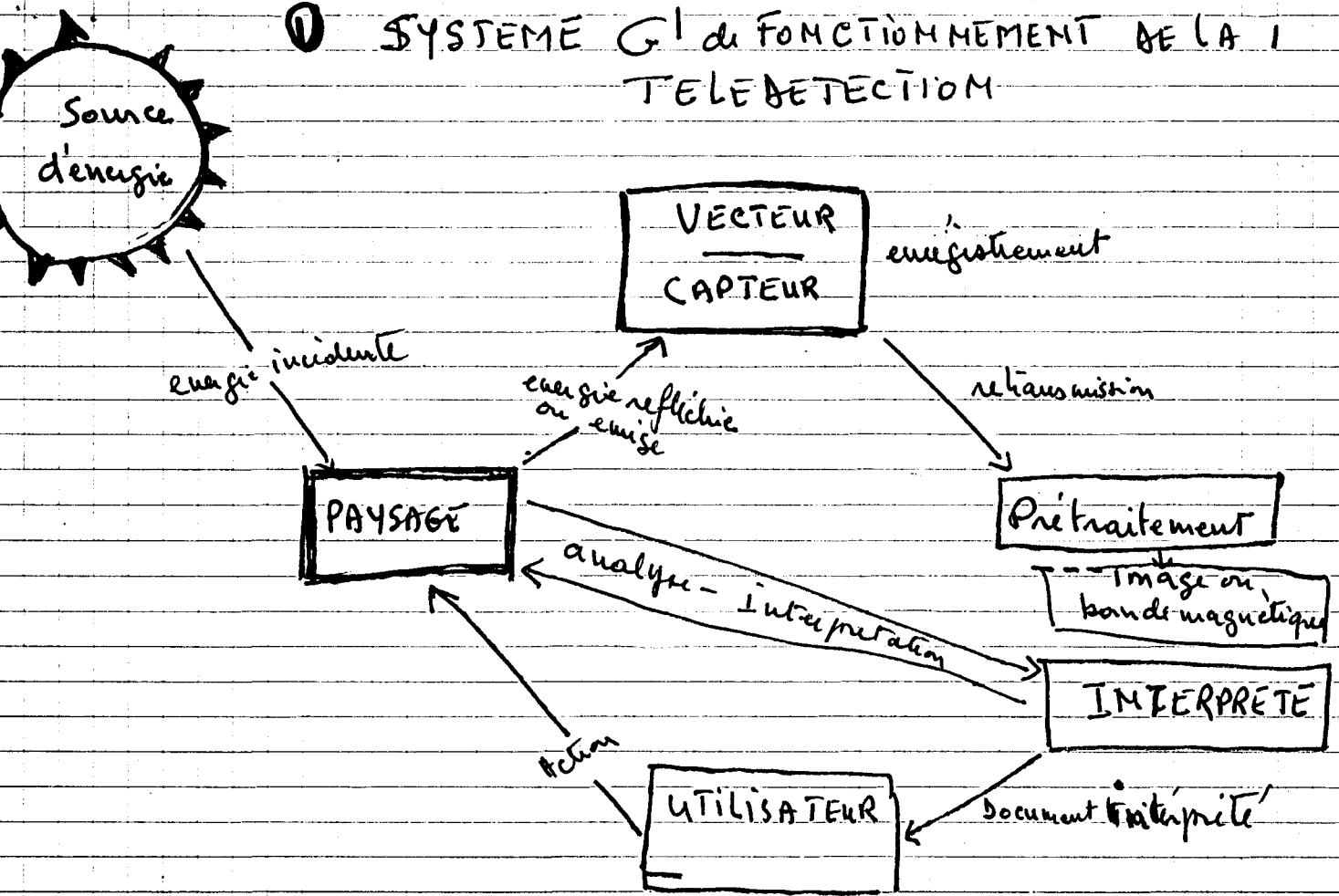
Toutefois, ces procédés connaissent un certain nombre d'inconvénients car la transcription des données en image utilise une gamme de gris limitée (entre 10 et 20 niveaux chromatiques, ce qui est déjà trop pour l'oeil humain) alors que les données enregistrées différencient théoriquement 256 niveaux (environ 40 à 120 niveaux en pratique).

14-2) Les données numériques

Les informations retransmises par le satellite sont codées sur bande magnétique en données alpha numériques grâce à l'ordinateur. Chaque information correspondant à un rayonnement différent, (4 valeurs de rayonnement possibles par pixel) le traitement informatique permet de faire sortir les différentes nuances grâce à un système de numérisation.

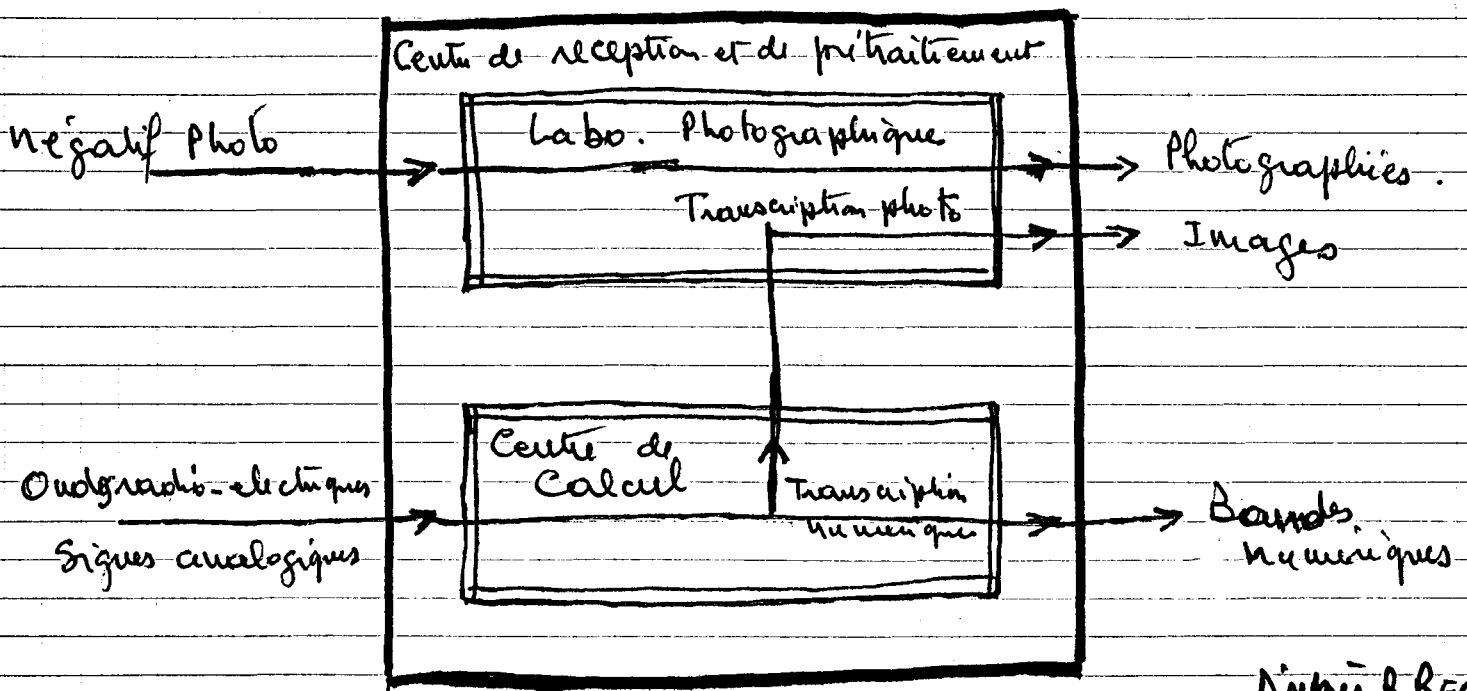
L'utilisation de l'informatique autorise ainsi des traitements multiples d'une gamme extraordinaire d'informations, de faire appel à des techniques mathématiques, de visualiser les données sur écran et de réaliser leur cartographie automatique (infographie).

① SYSTEME G¹ de FONCTIONNEMENT DE LA TELEDETECTION



② NATURE DES DOCUMENTS UTILISABLES

FORME DES DONNEES ↔ TRAITEMENT ↔ DOCUM. DE SORTIE



D'après R. REGRAIN

Notons enfin qu'il existe deux principales techniques de télédétection accessibles, en voie de coexister ou de se succéder (?). La première, le système landsat (USA), qui est la plus ancienne, offre une résolution spatiale (pixel) d'environ 0,44 ha (39 x 56 m); la seconde, le système SPOT (français) en cours de mise en place (le satellite SPOT n'étant pas encore lancé, mais les tests et simulations sont concluants) offrira une résolution spatiale de l'ordre de la centaine de m² (10 x 10m), donc des possibilités plus grandes.

2. POTENTIALITES ET UTILISATION DANS LE CADRE DE L'O.M.V.S.

21) Potentialités technologiques

La télédétection offre des potentialités technologiques d'étude et d'analyse très importantes.

Suivant la nature du filtre et de l'intensité du captage, elle permet d'obtenir différentes images, les unes dans le visible ou proche visible, les autres dans l'infra-rouge. En utilisant de façon unitaire ou combinée les différents canaux, on peut faire ressortir un élément ou un autre du paysage en isolant par exemple :

- . le sol : mise en évidence de la salinité, des fractures, des dunes, des zones rocheuses...etc.
- . la biomasse : distinction du couvert végétal (forêt, savane, steppe; densité du couvert, niveau de dégradation : mise en évidence des formes d'occupation du sol, d'espaces cultivés par rapport à d'autres (champs de décrue, périmètres...)
- . l'air : suivi des masses nuageuses, d'une séquence pluvieuse, des matériaux en suspension (vent de sable), de la température de l'atmosphère (thermographie)
- . l'eau : étude de la relation entre l'eau et la topographie, observation de la qualité de l'eau (limpidité, charge solide, salinité, température...), détermination de l'humidité

relative du sol, localisation des cours d'eau et mares, des nappes (relativement peu profondes), détermination du sens du drainage...etc. Les combinaisons multispectrales élargissent le champs d'étude en permettant la superposition d'informations diverses sur un même support spatial.

22) Utilisations possibles dans le cadre de l'OMVS

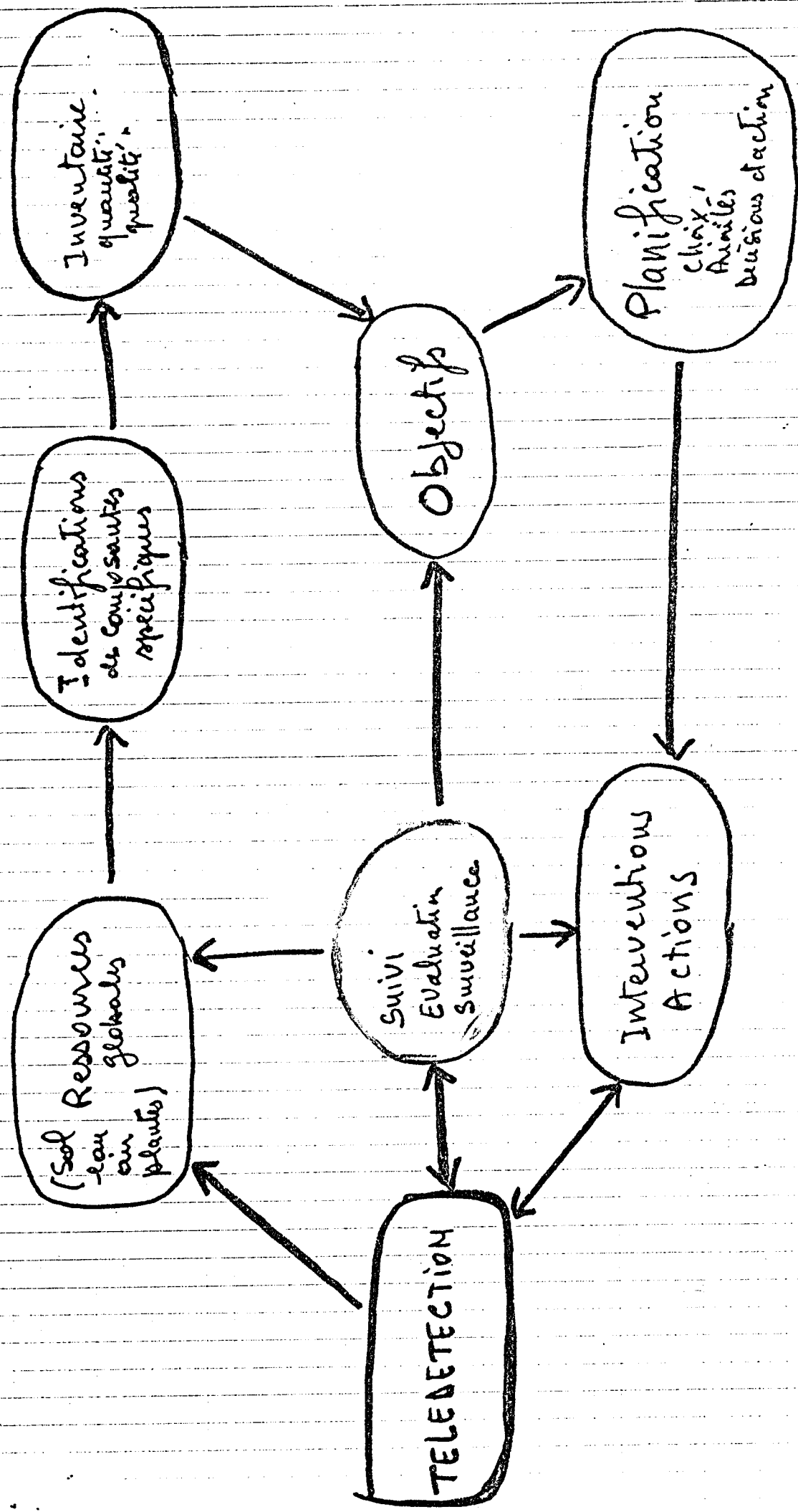
La nature et la diversité des composantes du programme OMVS d'une part, les interactions de ces dernières et leurs impacts sur l'environnement d'autre part, autorisent à croire que la télédétection peut jouer un rôle très important pour l'OMVS.

Ce rôle se situe à différents niveaux ;

22-1) Inventaire : L'analyse de l'image et/ou des données numériques permet d'identifier, de quantifier et de qualifier les différentes ressources. On notera que cet inventaire n'est réalisable que dans le domaine accessible à la technique, ce qui en l'état actuel exclut dans une certaine mesure les ressources profondes (nappes, gisements...)

22-2) Evaluation : L'évaluation et la localisation d'une ou de plusieurs ressources est possible grâce à son identification à travers son rayonnement spectral spécifique transcrite en image. Par ailleurs l'imagerie landsat permet de faire ressortir divers éléments difficilement réparables et quantifiables soit parce qu'ils échappent à l'oeil nu, soit parce qu'ils ont une extension spatiale qu'on ne peut pas apprécier d'un bloc sur le terrain (masses végétales, dynamique de l'eau, sédimentation ...etc.).

22-3) Suivi-évaluation : Les actions s'imprimant dans l'espace peuvent être suivies dans leurs progressions : périmètres irrigués, reboisement, désertification, salinisation des terres, déplacement du bétail, évolution de la crue, ensablement des cours d'eau, avancée des dunes...etc.



Utilisation de la Télédétection
Pour le suivi - évaluation et la planification

32) Les niveaux chromatiques : Les données enregistrées se différencient sur 40 à 120 niveaux alors que la restitution photographique ne peut dépasser 10 à 20 niveaux. Cela signifie d'une part, une forte réduction et suppression des nuances et d'autre part, une difficile identification visuelle sur une photo des différents niveaux de gris. Cette contrainte dans l'imagerie oblige à un recours à l'informatique pour valoriser les potentialités de la technologie.

33) L'appui des études au sol pour le traitement : le traitement et l'analyse des données nécessitent souvent une étude sur le terrain (vérification, contrôle) et il serait erroné de penser que la télédétection supprime ces études; elle permet cependant de les limiter fortement dans les temps et dans l'espace. On remarquera par exemple que dans les méthodes de traitement dites supervisées, on part de zones témoins (terrain) de dimensions et de contenu connus pour cartographier tous les pixels ayant la même réponse spectral. Dans les méthodes dites non supervisées, les pixels sont regroupés en fonction de leurs réponses spectrales dans différentes bandes du spectre. Dans la première méthode les données caractérisant les zones témoins doivent être nécessairement connues et mises en mémoire avant l'enregistrement de télédétection, dans la seconde, la numérisation précède l'enquête de contrôle sur le terrain.

34) Les déformations de l'image : dans certains cas, par suite de l'obliquité de l'angle de balayage et de la rotondité de la terre les images peuvent être déformées dans leurs marges. Il est alors nécessaire dans de pareils cas de recourir à plusieurs scènes pour faire la rectification et la reconstitution.

35) Contraintes atmosphériques : l'enregistrement de télédétection est très sensible au temps et aux perturbations atmosphériques car des radiations émises, les capteurs ne peuvent recevoir que ce que laisse passer l'atmosphère. Et on sait que les nuages peuvent dans certaines conditions empêcher la réception des radiations. Cette contrainte atmosphérique se traduit par des risques de biais plus ou moins importants ainsi qu'une

limitation dans le temps (saison) des possibilités d'utilisation de la télédétection. On retiendra également que la réflectance d'un phénomène peut varier en quelques heures ou minutes dans des proportions importantes. Par conséquent, la réalisation des enregistrements de télédétection nécessite une programmation précise, un calage rigoureux dans le temps et parfois une complicité météorologique.

36) Périodicité des enregistrements et pérennité du système : les possibilités offertes par la télédétection dans le cadre précisé précédemment ne sont significatives qu'à la condition d'avoir des enregistrements réguliers sur un même espace.

Les fonctions suivi-évaluation et surveillance environnementale en particulier, ne peuvent être réalisées que dans de telles conditions. Les enregistrements à période plus ou moins fixes dans l'année et ceux établis à diverses périodes de l'année vont respectivement permettre le suivi et l'évaluation inter-annuelle d'un phénomène (culture de décrue par exemple) et l'évolution saisonnière de l'occupation de l'espace (alternance cultures de décrue, pâturages par exemple).

Une autre condition de l'utilisation de la télédétection réside dans la nécessité d'assurer la pérennité des systèmes et des programmes landsat et SPOT eux mêmes et cela pour des raisons évidentes, si l'on veut dépasser la phase inventaire.

37) Coût : Comme pour nombre de technologies nouvelles (et monopolisées), la télédétection implique des équipements et des produits dont les coûts élevés peuvent constituer une contrainte à son utilisation. Sans parler des satellites et des stations de réception, on peut souligner à titre indicatif les aspects suivants :

37-1) Coût des produits

Le tableau ci dessous indique les caractéristiques et le coût de quelques produits photographiques usuels du système landsat (les prix donnés en CFA sont établis à partir d'une conversion du dollars US à 425 CFA).

Taille de l'image nominale	Echelle	Nature du Produit	Prix unitaire en	
			Noir et blanc	Fausse couleur composite
18,5 cm	1/1000.000e	Papier	12.750 CFA	19.125 CFA
18,5 cm	1/1000.000e	Film positif	12.750	31.450
18,5 cm	1/1000.000e	Film négatif	14.875	-
37,1 cm	1/500.000e	Papier	24.650	38.250
74,2 cm	1/250.000e	Papier	40.375	74.375

Environ 15 images landsat sont nécessaires pour obtenir une couverture de l'ensemble du Bassin du Fleuve Sénégal : suivant l'échelle choisie, le coût de cette couverture varie environ de 190.000 FCFA à 610.000 FCFA en noir et blanc et de 285.000 FCFA à 1.120.000 FCFA en couleur.

Les coûts des bandes magnétiques n'ont pas pu être obtenus et ceux des produits du système SPOT ne sont pas encore disponibles.

37-2) Coût des appareils de traitement

Aux coûts des produits s'ajoutent le coût des appareils pour leur traitement. On a deux types de traitement, donc d'équipement :

- lecture directe avec filtre : ce type de traitement différentiel offre l'avantage de travailler sur une image directement observable, pouvant être agrandie et modifiée pour faire ressortir

une ou plusieurs gammes chromatiques.

Le coût des équipements est relativement onéreux et celui de la maintenance élevée : par exemple, l'équipement Péricolor 2024 a un coût de base hors taxe de 20.000.000 CFA et un coût de maintenance annuelle de l'ordre de 4.000.000 CFA (prix en France).

- lecture à partir des bandes magnétiques : image obtenue après traitement (décodage) des données alpha numériques. Dans ce type de traitement, l'obtention de l'image est plus lente, la manipulation plus lente (l'image se mettant en forme point par point); mais le traitement peut être fait à partir de n'importe quel ordinateur équipé d'un écran et d'une table traçante, sous réserve d'avoir le logiciel d'analyse.

37.3) Coût de formation : la capacité d'analyse est fonction de la compétence de l'interprète : formation, expérience. Le coût de la formation ne peut être estimé ici car il dépend du niveau de base du futur interprète, de la durée et du lieu de formation...etc.

4. STRATEGIE POUR L'OMVS D'ACCEDER A LA TELEDETECTION :

Quelques orientations.

Globalement le coût des appareillages, du traitement et de l'analyse est à priori tel, qu'il est économiquement peu réaliste pour l'OMVS de vouloir s'assurer de façon autonome toutes les étapes du traitement et de l'analyse. Dès lors, il semble judicieux de rechercher une stratégie permettant à l'Organisation d'atteindre ses objectifs attendus de la télédétection au moindre coût.

Dans cette perspective on considérera :

41) Que le Sénégal (pays siège de l'OMVS) s'oriente vers la création d'un centre national de télédétection pour coordonner les diverses actions dans ce domaine, rapprocher les divers utilisateurs

(PNAT, Université, Eaux et Forêts...etc), établir un réseau d'échange d'information, réaliser des économies d'échelle....etc.

42) Que l'Université de Dakar (département de géographie) (1) dispose d'une équipe compétente en matière de Télédétection au sein d'un laboratoire de géographie physique qui a pu acquérir un équipement spécifique de haut niveau. Cette équipe collabore étroitement avec l'Ecole Normale Supérieure de Montrouge (France) dont le matériel offre une complémentarité qui permet au Laboratoire d'assurer la totalité des traitements nécessaires. Elle dispose également d'un radiomètre lui permettant de s'assurer de la fiabilité des interprétations par des mesures radiométriques de terrain mais manque encore d'un système de visualisation - copies d'écran, imprimante...- dont l'OMVS est déjà équipée avec la station de cartographie automatique de la Cellule.

43) Dès lors, il serait souhaitable pour l'OMVS, d'éviter la duplication et de chercher à s'équiper en totalité alors qu'une partie non négligeable du matériel est déjà disponible sur place."

44) Une stratégie judicieuse consisterait alors à collaborer avec l'Université et à réaliser un accord avec elle. Les termes de celui-ci devront être examinés de près compte tenu des besoins, des possibilités et des contraintes des uns et des autres. Il pourrait être notamment envisagé (1) :

- d'assurer une complémentarité entre le matériel des deux organismes

- de fournir à l'Université les produits de bases (images, données...etc) et à charge pour elle de réaliser selon les besoins de l'OMVS, le traitement de l'image, sa transcription alpha numérique...etc : l'OMVS s'assurant à partir d'une formation de ses agents et en fonction de ses objectifs, une capacité endogène d'analyse de ces données traitées qui lui seront retournées,

(1) Il s'agit d'un projet USAID/Université de Dakar dans le cadre des activités de recherches du laboratoire de géographie physique. Des réunions avec les responsables de ce projet ont déjà permis d'explorer des possibilités intéressantes de collaboration.

- d'établir une connexion entre l'OMVS et l'Université (et d'autres utilisateurs intéressés) de manière à ce qu'un terminal connecté par l'intermédiaire d'un modem permette de disposer des informations sans se déplacer,
- de faire jouer à l'OMVS le rôle de gestionnaire de ces différentes données qui resteront accessibles aux divers utilisateurs selon des modalités à préciser (banque de données).

5. CONCLUSION

Cette note visait à donner aux Experts de l'OMVS et à ceux de la Cellule en particulier, un ensemble d'informations sur la Télédétection de manière à leur permettre de mieux apprécier cette technologie et ses possibilités et de mieux juger de son intérêt et de son opportunité d'utilisation pour l'OMVS dans ses fonctions d'évaluation et de suivi. De ce fait, elle comporte des informations volontairement détaillées et théoriques ainsi que des indications et orientations pratiques centrées sur nos préoccupations.

Il reste que les différents aspects qui y sont soulevés

- aspects techniques, potentialités technologiques, contraintes d'utilisation, stratégie...etc- mériteraient d'être approfondis et quantifiés, en faisant ressortir les diverses stratégies (d'acquisition de la technologie) possibles en l'état actuel pour l'OMVS et leurs coûts ainsi que les aptitudes et limites de cette technologie à satisfaire des objectifs précis de l'OMVS.

Une consultation spécialisée sur la question s'avère nécessaire et devrait permettre, outre un jugement sur l'opportunité d'utilisation, d'avoir les éléments permettant une décision et des choix.

ADDITIF A LA NOTE D'EVALUATION PRELIMINAIRE SUR
LE RECOURS A LA TELEDETECTION DANS LE CADRE DES
ACTIVITES DE L'OMVS (S.M. SECK Août 1984)

L'extrait ci-dessous est tiré du document "Eude agro-pédologique de la Vallée et du Delta du fleuve Sénégal 1976 par T.G. BOYADGIEV (Projet Recherche Agro. PNUD/OMVS RAF 73/060, page 51 à 58).

Il est destiné à servir de complément à la note référenciée en titre et rédigée en Août 1984. Ce document montre que l'intérêt de l'utilisation de la Télédétection par l'OMVS a été souligné depuis longtemps et illustre dans le domaine morpho-pédologique et de l'étude de l'évolution des milieux par exemple les possibilités d'analyse qu'offre cette technique. Le recul permet cependant de noter le manque de suivi qui marque divers projets ou initiatives au sein de l'OMVS, il serait bon de savoir pourquoi ce projet n'a pas abouti.

16/0ct./84

3.5.6. Interprétation des photos par satellite et caractéristiques des unités du paysage

3.5.6.1. Généralité

Devant le grand intérêt que l'organisation pour la mise en Valeur du Bassin du fleuve Sénégal (O.M.V.S.) a manifesté à l'égard de l'utilisation de photos prises par satellite, le projet de recherche agronomique RAF/73/060 a demandé et obtenu une série de photos prises par LANDSAT 1. Ces images, faites pendant la période sèche - froide (Janvier, Février et Mars 1972 et 1973), représentent toute la vallée du fleuve Sénégal et les régions avoisinantes. Les photos mises à la disposition du projet sont mentionnées sur le tableau II-26.

L'interprétation des photos en couleur a conduit à la préparation d'une carte physiologique de la vallée du fleuve Sénégal entre Bakel et Richar-Toll.

Se reporter au document cité ci-dessus p. 1