



01423

MICROFICHE N°

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية  
وزارة الزراعة

المركز القومي  
للتوثيق الفلاحي  
تونس

F

1

CNDA

01423

Service Technique

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

Direction des Recherches en Sol et en Sol

DIVISION DES SOLS

M 25

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE DE DOCUMENTATION AGRICOLE

13 DEC. 1977

# LES APPORTS DE LA TELEDETECTION A LA PEDOLOGIE

RAPPORT DE MISSION A ROME  
Septembre 1977

Par Tahar ALOUI Ingénieur Principal à la Division des Sols

E - S 130

- LES APPORTS DE LA TELEDETECTION A LA  
PEDOLOGIE -

RAPPORT DE MISSION EN ITALIE

Septembre 1 9 7 7

Par :

Tahar ALGOU - Ingénieur Principal  
à la Division des sols

- S O M M A I R E -

---

	Pages
<u>PREMIERE PARTIE</u>	
1.- <u>INTRODUCTION</u> .....	1
1.1.- But du Colloque .....	1
1.2.- Données préliminaires sur la Télédétection.....	1
<u>DEUXIEME PARTIE</u>	
2.- <u>PRINCIPAUX THEMES EVOQUES LORS DU COLLOQUE</u> .....	5
2.1.- Les éléments du sol directement décelables.....	5
2.2.- Relations sol-eau, sol-sels.....	6
2.3.- Erosion, Etat de la surface du sol.....	9
2.4.- Paysage et sol.....	13
2.5.- Utilisation de la Télédétection et de la photointerprétation pour la cartographie pédologique.....	15
2.6.- Méthodologie.....	17
<u>TROISIEME PARTIE</u>	
3.- <u>DISCUSSIONS ET CONCLUSION</u> .....	20
3.1.- Discussions.....	20
3.2.- Conclusion.....	22
<u>QUATRIEME PARTIE</u>	
4.- <u>RECOMMANDATIONS DU COLLOQUE</u> .....	24
<u>CINQUIEME PARTIE</u>	
5.- <u>LISTE DES NOMS ET ADRESSES DES PERSONNES CITEES DANS CE RAPPORT</u> .....	28

---

- PREMIERE PARTIE -

---

## 1.- INTRODUCTION :

### 1.1.- But du Colloque

La Télédétection comme on le verra plus loin touche à plusieurs domaines et les applications que l'on peut en faire sont multiples. Et c'est à cause de cette multiplicité des applications que la commission - Pédologie Télédétection - relevant de l'Association Internationale de la Science du Sol a organisé le Colloque pour essayer de dégager les apports spécifiques de la Télédétection à la Pédologie.

Ce colloque qui a donc pour thème " Pédologie et Télédétection " s'est déroulé au siège de la F.A.O. à Rome du 29 Août au 9 Septembre 1977.

### 1.2.- Données préliminaires sur la Télédétection :

Un cours introductif de deux journées ( 29 et 30 Août) sur la Télédétection a été organisé pour initier ceux parmi les participants qui ne sont pas encore familiarisés avec cette science relativement nouvelle.

Dans cette rubrique et à titre d'information, nous donnons un bref résumé de ce cours. Pour plus de détails, " la Télédétection des ressources terrestres " ( A. SOUSSI, 1973) constitue, entre autres, un document à consulter.

La Télédétection ou " remote sensing " est le fait de se renseigner sur des phénomènes ou objets placés à une certaine distance ( n'importe quelle distance ) de l'observateur.

La grande majorité des corps terrestres réfléchissent une partie des radiations incidentes solaires ou autres. Les méthodes de détection basées sur les radiations solaires réfléchies sont dites passives et celles se basant sur l'envoi

des radiations par un appareillage approprié ( radar et autres...) et l'enregistrement de la partie réfléchie sont dites actives.

Les vibrations lumineuses sont dues à un phénomène électromagnétique et sont caractérisées par la présence simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

Il existe des radiations visibles et des radiations invisibles (voir tableau ci-dessous), les unes et les autres sont caractérisées par leur fréquence et leur longueur d'onde.

Différentes radiations	Longueurs d'onde correspondantes en m.
Ondes de T, S, F.....	$3 \cdot 10^4$ à 3
Ondes courtes et ultra-courtes.....	3 à $3 \cdot 10^{-4}$
Infrarouge.....	$3 \cdot 10^{-4}$ à $8 \cdot 10^{-7}$
Lumière visible.....	$8 \cdot 10^{-7}$ à $4 \cdot 10^{-7}$
Ultraviolet.....	$4 \cdot 10^{-7}$ à $10^{-8}$
Rayons X.....	$10^{-8}$ à $10^{-11}$
Rayons $\gamma$ .....	$10^{-11}$ à $10^{-12}$

Ainsi suivent que l'on capte les radiations réfléchies par les corps ou leurs effets qui se traduisent par une énergie émise par ces corps, on distingue des capteurs imageants et des capteurs non imageants.

Les premiers sont essentiellement des appareils photographiques dont l'appareil photographique multispectral permet de détecter les corps dans 4 gammes de longueurs d'onde du visible et du proche infrarouge et c'est justement ce type d'appareil qui est utilisé par Landat 1 et Landat 2.

Ces bandes sont :

- la bande verte ou bande n°4 : 0,5 à 0,6  $\mu$
- la bande rouge ou bande n°5 : 0,6 à 0,7  $\mu$
- la bande n°6 (proche infrarouge) : 0,7 à 0,8  $\mu$
- la bande n°7 (proche infrarouge) : 0,8 à 1,1  $\mu$

Les bandes 6 et 7 donnent la réflectance des objets réfléchissant le rayonnement infrarouge. La chlorophylle est considérée parmi les corps les plus réfléchissants dans ces longueurs d'onde. Ainsi plus la végétation est en bonne santé plus sa réflectance est bonne.

Dans la réalisation des images fausses couleurs on fait de sorte que la végétation apparaisse en rouge, l'eau claire qui absorbe le rayonnement infrarouge en bleu foncé, l'eau boueuse qui le réfléchit en bleu-clair, et les immeubles et routes des villes apparaissent en bleu-grisâtre.

Les capteurs non imageants sont essentiellement des radiomètres, spectromètres, des scanners et radars. Les radiomètres permettent de détecter l'énergie émise par les corps et qui dépend étroitement de leur température. Le Scanner ressemble au radiomètre, mais le rayonnement est décomposé à l'aide d'un prisme en plusieurs bandes spectrales focalisées sur des détecteurs. Les renseignements qui sont enregistrés sur bandes magnétiques peuvent être visualisés ou traités par ordinateurs. Le radar compte parmi les méthodes actives puisqu'il émet ses propres ondes et en capte celles réfléchies par l'objet étudié.

Avant de terminer ce chapitre il est important de noter les trois points suivants :

- à cause des obstacles atmosphériques, seule une partie du spectre électromagnétique est détectable au niveau de la surface terrestre ; c'est ce qu'on désigne sous le vocable de fenêtres atmosphériques.

- La réflectance varie énormément avec la nature des objets réfléchissants.

- Enfin seule la couche superficielle des objets est réfléchissante ( en méthode passive surtout ).

Ainsi le sol qui est un espace à trois dimensions souvent couvert et d'une façon très variable suivant les endroits, ne trouve pas encore des possibilités d'études directes et efficaces dans les méthodes dites passives. Les méthodes dites actives bien qu'encore peu développées semblent plus prometteuses.

- DEUXIEME PARTIE -

---

## 2.- PRINCIPAUX THEMES EVOQUES LORS DU COLLOQUE :

Pour la rédaction de ce chapitre, nous allons adopter le même plan suivant lequel les différents thèmes ont été discutés durant le colloque.

### 2.1.- Les éléments du sol directement décelables

Durant la première session du colloque, on s'est occupé essentiellement des techniques permettant d'améliorer les réponses des éléments de surface des sols tout en essayant de cerner les réponses spécifiques de chaque élément.

Nous citons à ce propos les communications présentées par Dr. JANSE, J. LEVERD, Mme KING, Dr. BIALOUSZ et Dr. K. C. GIRARD.

Compte tenu du changement d'aspect des éléments de surface suivant l'angle de vue, Dr. JANSE a essayé de développer des formules mathématiques qui aboutissent à des facteurs de discrimination entre les différents éléments.

J. LEVERD dans sa communication " Mesure d'Echo de sol en micro-onde actif " a essayé de montrer l'influence de la surface du sol et d'avoir une idée sur l'effet de son humidité. Les résultats expérimentaux ont été comparés avec un modèle mathématique. D'après l'auteur, ces recherches conduisent à connaître la part de l'humidité dans l'écho global de la surface terrestre.

Mme. KING dans sa communication " Examen des possibilités des hyperfréquences en Pédologie " a essayé de mieux connaître les conditions d'humidité et de porosité du sol en surface ( voir en subsurface).  
Pour pouvoir interpréter le signal rétrodiffusé d'un sol nu, la démarche à suivre nécessite :

- une détermination des facteurs qui permettent d'obtenir une information optimale;

- une caractérisation d'un état de surface ou les conditions hydriques d'une couche de sol;

- un échantillonnage valable de la mesure du signal rétrodiffusé;

- l'isolement d'un seul paramètre de terrain pour déterminer son influence propre sur le signal rétrodiffusé;

- une synthèse des influences respectives des paramètres qui ont pu être identifiés et isolés.

Évidemment, la démarche proposée est encore loin d'être appliquée efficacement. Mais l'avenir de la méthode permet un certain optimisme puisque sa sensibilité pour la teneur en eau et la rugosité est importante et elle présente une certaine capacité de pénétration ce qui permettrait de considérer le sol en tant que volume.

Dr. BILLOISE a essayé d'étudier le rôle que peut jouer la matière organique en quantité et en qualité dans le grisé des photographies aériennes. Les résultats positifs sont minimes devant les perturbations apportées par les façons culturales dans l'espace et dans le temps ainsi que par l'humidité de surface.

Dr. GIRARD termina la séance en rappelant le fait que pour le pédologue le sol est un volume et qui à part les micro-ondes, les autres longueurs d'onde ne permettent que sa détection superficielle. La surface du sol souvent couverte ou ayant subi des modifications souvent importantes ne permet que des relations limitées entre les éléments du sol et les photographies que le pédologue essaye d'interpréter.

### 3.2.- Relations sol-eau, sol-sels

La session relative aux relations sol-eau, sol-sels a été ouverte par Dr. MISTY qui a présenté un travail fait à LAUSANNE et qui avait pour but de déterminer l'humidité du sol en le détectant à des distances de 10 à 15 m moyennant une tour mobile portant des caméras, des radiomètres et des

Scattéromètres ou à des distances de 300 à 5000 m moyennant un avion portant un scanner, des canaux du visible et du proche infra-rouge et un canal de l'infrarouge thermique. Ainsi l'humidité de la surface du sol peut-être déterminée. Dans le visible ou le proche infra-rouge on mesure le pouvoir de réflectance du sol, qui varie avec le degré d'humidité. Dans le domaine de l'infrarouge thermique, on cherche des corrélations entre les variations de température du sol et son humidité.

Les données ainsi recueillies sont confrontées aux mesures faites sur le terrain et il s'est avéré que la connaissance préalable des différents types de sols et des végétaux qu'ils portent est nécessaire pour une bonne interprétation des données de Télédétection.

Dans une deuxième communication, Dr. DIALOISZ a essayé de rationaliser la photointerprétation classique.

Un troisième auteur - DUSHEIL - a tenté de montrer qu'il était possible, dans une région donnée et en s'aidant de la détection à distance ( altitude moyenne ) de connaître les surfaces irriguées à un moment donné.

Pratiquement on a procédé de deux façons : - par une enquête on a essayé de connaître les parcelles irriguées en une période donnée ainsi que leur forme et les cultures qu'elles portent.

- la zone ainsi étudiée a été prise en image infra-rouge couleur.

La confrontation des résultats obtenus par les deux procédés a montré qu'il était possible de " détecter " les différentes espèces végétales avec 95 % de certitude et de connaître relativement bien les surfaces irriguées.

Dans une autre communication F. I. MASSOUD a montré qu'il était possible d'utiliser, de façon assez efficace, les images - Satellites pour détecter et délimiter des sols affectés par les sels.

L'étude a été faite dans trois zones différentes :

- Dans la plaine de l'Indus au Pakistan, l'intérêt de l'utilisation des images E.R.T.S. dans l'évaluation de la salinité dans les zones cultivées a été montrée mais à condition de disposer des données d'une carte de sols comme information de base.

- En Californie, les images-Satellites ont donné des résultats encourageants dans la délimitation des zones salines dans les sols nus; les résultats sont très irréguliers dans les zones cultivées.

- Au Texas et au moyen du Skylab S 192 KSS on a pu se rendre compte que les résultats concernant l'état de salinité des sols est plus facilement détectable en infra-rouge que dans le spectre visible.

L'auteur conclut que malgré les quelques résultats positifs, les techniques doivent être améliorées davantage pour arriver à des résultats meilleurs.

La dernière intervention lors de la session concernant les relations "sol-eau sol-sels" a été celle de R.G. THOMAS intitulée "la Télédétection pour les études de l'eau".

L'auteur a rappelé que l'une des utilisations courantes de la détection à distance est la détermination des variations des superficies couvertes par l'eau.

L'utilisation simultanée des bandes 6 et 7 de Landsat peut donner certains détails en surface et en profondeur de l'eau, alors que l'utilisation des bandes 4, 5 et 6 peut donner quelques détails concernant les sédiments des rivières, les dépôts dans les lacs...

Les images dans l'infra-rouge thermique peuvent permettre de localiser les zones froides ou chaudes de l'eau et semblent mettre en évidence l'eau du sol.

Landsat s'est avéré également utile dans les études de la neige et les réserves d'eau qu'elle forme. Il s'ajoute à ceci les images des Satellites météorologiques qui sont utilisées dans les estimations des précipitations et indirectement pour aider à résoudre les problèmes de l'eau.

Quant à la détection de la qualité chimique de l'eau, il n'y a pas encore de méthodes opérationnelles pour la faire. Mais les recherches sur les bandes à très haute fréquence montrent que la réflectance peut renseigner sur les composants chimiques de l'eau.

Enfin l'auteur note que la Télédétection n'a pas encore ajouté à des méthodes qui permettent les mesures directes de l'eau du sol.

### 2.3.- Essai, Etat de la surface du sol

Une première communication " utilisation des images Landsat pour la détermination de la dégradation des sols au Maroc " a été donnée par R. A. PACIENQ qui a présidé la session consacrée aux apports de la Télédétection aux études de la surface du sol.

L'approche suivie avait d'abord pour but d'aider à donner des informations de base pour les décisions de planification concernant les problèmes de dégradation des sols pour pouvoir prévenir les éventuels dommages qui peuvent subir les ressources terrestres.

L'approche de l'inventaire des terres a été également développée pour pouvoir répondre aux besoins de planification des pays en voie de développement d'une façon uniforme des points de vue temps, échelles et classification et ceci après un aperçu rapide et global des ressources terrestres en s'aidant des images Satellites.

Un autre objectif de l'étude consistait en l'investigation des caractéristiques de Landsat dans le but d'aider à améliorer les cartes pédologiques à petites échelles et à les interpréter en vue de l'établissement des cartes thématiques.

L'intérêt de la méthode c'est qu'elle est rapide et peu coûteuse, donc à la portée même des laboratoires les moins équipés. Elle a été appliquée dans la réalisation au 1/1.000.000<sup>e</sup> de la carte de dégradation des sols du Maroc et il s'est avéré qu'elle est utile et généralisable pour la réalisation de pareils travaux.

Le deuxième essai était celui fait par K<sup>ed</sup> EL-ANAKI et A. HANZA et que nous avons présenté nous mêmes.

Cet essai consiste en la réalisation au 1/200.000<sup>e</sup> des cartes pédologiques et de l'érosion des sols de la feuille de Sfax (Tunisie Centrale).

Ils disposent pas de documents géomorphologiques à moyenne et grande échelles et disposent de travaux pédologiques très variés des points de vue temps, auteurs et échelles les deux chercheurs ont vu que l'utilisation des images Satellites pourrait les aider dans la réalisation de leur tâche.

Faute de moyens et du fait que l'expérience compte parmi les premiers essais de la Division des sols dans le domaine de la Télédétection, les auteurs ont utilisé un agrandissement de l'image n° E 1199 - 093 11 du 7 Février 1973 de la bande 5 qui ressemble le plus aux photographies panchromatiques donc relativement plus susceptible aux interprétations visuelles. La démarche a été faite comme suit :

- délimitation visuelle, sur l'image, des zones homogènes (de même intensité de gris).
- confrontation des zones ainsi délimitées avec la réalité sur le terrain.
- précision des zones délimitées en se basant sur les études à plus grandes échelles.

Il est à noter que toute la zone est couverte pédologiquement par des études au 1/50,000<sup>e</sup> et au 1/100,000<sup>e</sup>. Les auteurs ont constaté du point-de-vue pédologique et suivant les intensités du gris que les sols minéraux bruts et peu évolués d'érosion et les rendzines et sols bruns calcaires à croûte calcaire proche de la surface apparaissent en blanc et gris clair sur l'image.

Les sols à caractères d'hydromorphie tels que les sols peu évolués hydromorphes d'apport, les sols hydromorphes salins et les sols bruns steppiques hydromorphes apparaissent aux fonds des vallées dans des tons foncés du gris.

Les zones à excès de selure semblent apparaître en un ton gris encore plus foncé.

Enfin les zones présentant des combinaisons enchevêtrées de différents tons de gris ont été difficiles à interpréter.

Du point de vue de l'état d'érosion et des formes de surface, les processus géomorphologiques anciens sont reconnaissables à travers les formes de terrain qu'ils ont engendrées (glacis, lunettes...).

Les zones de concentration des eaux, qui sont dans le cas présent des montagnes calcaires à intercalations marneuses, apparaissent sur l'image dans un ton de gris clair.

Dans les zones où coexistent les phénomènes d'érosion et de concentration ce sont les intensités de la chevelure des ravins et du grisé qui permettent de voir si c'est l'érosion ou la concentration qui l'emporte.

Dans les plateaux, les zones de concentration, à cause de leur hydromorphie, apparaissent en gris foncé; les lits d'oueds, les zones d'épandages et les systèmes de badlands apparaissent en blanc.

Les zones de transition ou des tâches blanches et grises sont combinées étaient difficiles à caractériser et le recours aux études pédologiques et à la prospection du terrain étaient nécessaires.

En conclusion, les auteurs constatant que la démarche leur a permis de réaliser le travail en un temps relativement court et pourrait de ce fait être appliquée avec intérêt dans la préparation des avant-projets d'aménagement.

À la lumière de ce que nous avons pu connaître des possibilités actuelles et des éventuels progrès que la Télé-détection offre ou peut offrir dans l'avenir, nous nous permettons de formuler certaines critiques pour mieux ressortir les bons et les moins bons aspects de la méthode.

À cause du manque de travaux géomorphologiques de détails, la démarche suivie par les auteurs, qui se base sur les trois phases citées précédemment, est à notre avis justifiable pour l'étude de l'état d'érosion des sols bien que la carte au 1/200,000<sup>e</sup> de la dynamique érosive, compte tenu de son caractère trop synthétique, nous paraît d'un intérêt limité. Du point de vue pédologique et compte tenu du caractère essentiel des images Satellites où seule la surface des objets reflète le rayonnement solaire en plus de leur pouvoir de résolution de 80m qui ne permet de voir que peu de chose et compte tenu de la nature tridimensionnelle du sol dont les renseignements qu'offre la surface ne renseignent souvent que trop peu sur sa nature exacte, la démarche suivie donne beaucoup plus d'importance à l'image que ce qu'elle en vaut réellement. À notre avis, en Pédologie et parallèlement au fond topographique sur lequel on reporte les différents renseignements apportés par les documents de détails, l'image peut être utilisée utilement pour permettre certaines corrections des limites et faciliter ainsi la synthèse de ces renseignements.

La rapidité que constatent les auteurs à juste titre dans la réalisation du travail perd partiellement de son intérêt à cause de l'omission d'informations qu'engendre la méthode. Du point de vue de " l'intérêt que paraîtrait la démarche dans la préparation des avant-projets " nous pensons qu'un tel essai ne peut apporter qu'un nombre limité d'informations parmi tant d'autres que nécessite la réalisation des avant-projets d'aménagement.

Quant au choix de la méthode malgré son caractère simpliste et après avoir attiré l'attention sur les possibilités réelles relativement limitées qu'elle permet, nous ne pouvons qu'appuyer l'initiative et encourager les recherches dans ce domaine pour aboutir à de meilleurs résultats.

La troisième intervention de la session consacrée à " l'état de la surface des sols " a été celle de M. HAINQUET qui a collaboré à l'étude des problèmes de désertisation en utilisant des photographies aériennes et des images Satellites. Les photographies aériennes ont permis de déceler des figures actuelles de remise à vif du phénomène érosion en liaison avec la crise climatique de 1969-73 et les images Satellites ont permis la découverte de phénomènes de déflation géants qui sont des " saunettes d'alarme des phénomènes de désertisation " et ceci en se basant sur les grands courants de déplacement des vents et des sables.

L'auteur constate que l'utilisation simultanée des photographies aériennes et des images Satellites est bénéfique puisque leur complémentarité permet de révéler des phénomènes d'écailles et d'âges différents.

La communication suivante a été celle présentée par Dr. HEJSC concernant la quantification des processus érosifs à partir d'une analyse cartographique du bassin versant du SEFID RUD en Iran.

Le projet avait pour but de mettre au point un plan antiérosif du bassin versant. Ce plan doit être économiquement rentable. Pour cela il était indispensable de déterminer les formes et les possibilités d'extension de l'érosion et d'en comprendre les mécanismes de déclenchement en rapport avec le milieu.

L'examen rapide des photographies aériennes au 1/50,000<sup>e</sup> et la reconnaissance du terrain par avion et routes ont permis de connaître la typologie des principales formes d'érosion et d'en établir une légende appropriée.

Les limites des zones affectées par les différentes formes d'érosion ont pu être tracées à la suite d'une photo-interprétation systématique.

Ensuite, le calcul des pertes en terre a été effectué en mesurant les différentes formes d'érosion cartographiées par le dessin versant élémentaire et en utilisant des stations de jaugeage.

Enfin par estimation de la valeur des quantités de terres perdues, un calcul du coût économique de l'érosion a été fait. Ce qui permet à l'utilisateur une meilleure orientation des investissements dans le traitement des différentes formes de l'érosion.

#### 2.4.- Paysage et sol

La session intitulée " paysage et sol " a été ouverte par J. A. HOLLARD qui a présenté une communication dont il est coauteur avec J. A. PACHECO. Cette communication est intitulée " les applications de la Télédétection par Satellites aux formes de terrain et aux sols ".

Après un rappel de l'utilité que procure la connaissance des sols aux pratiques agricoles, forestières et autres et après un rappel de la méthodologie courante employée dans la préparation des cartes pédologiques, l'auteur a essayé de montrer les apports de la Télédétection par Satellites aux cartographies pédologiques.

L'approche consiste en :

- La délimitation par des techniques manuelles sur les images Landsat des formes de terrain apparaissant homogènes;
- L'événuation des informations supplémentaires concernant l'environnement climatique, biologique... du sol;
- La détermination des limites d'association des sols;
- La collection des données aériennes et terrestres pour la vérification et l'ajustement des travaux cartographiques.

L'approche suggérée, dit l'auteur, est présentée non comme une réponse définitive aux problèmes de cartographie des sols en utilisant les images Satellites mais plutôt comme un exemple de procédé permettant de faciliter la cartographie à petite échelle des associations des sols en utilisant cette source supplémentaire de données.

Succédant à R.A. PACHECO qui a présenté une partie de la communication précédente, BOYADGIEV est intervenu en présentant " Interprétation des photographies par Satellites et Caractéristiques des unités du paysage de la Vallée du fleuve Sénégal ".

Ce travail a consisté en une confrontation des photographies Satellites en couleur composée avec les études pédologiques et géomorphologiques au 1/50.000° déjà réalisées ainsi qu'avec les études détaillées de certains endroits sélectionnés.

ainsi ont pu être distinguées les unités de paysage et corrélativement les unités d'aptitudes culturales suivantes :

- Cuvettes de décantation avec des parties souvent inondées correspondant à des vertisols et des parties longuement inondées correspondant à des sols hydromorphes.

- Cuvettes et bourrelats de terres à inondation variable avec des sols en association et des forêts de densité variable.

- Dunes rouges non romanées, jamais inondées, avec dominance de sols brun-rouges subarides.

Enfin l'auteur note le succès que présente l'utilisation des images Satellites dans les domaines de l'hydromorphie, géomorphologie, sylviculture, pâturage et agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal.

F.W. HILWIG dans " Méthodologie de l'interprétation visuelle des images multitemporelles prises par Satellites pour les études de reconnaissance " a montré que le but recherché est l'évaluation de l'interprétation visuelle des images Landsat prises à des moments différents pour une étude de reconnaissance des sols au 1/250.000° aux Indes.

Une corrélation des images Satellites avec une étude aérienne et un projet de recherche étalé sur plusieurs années ont pu être faite.

Une évaluation qualitative a été donnée aux différentes bandes multispectrales en tenant compte de l'utilisation des terres ( calendrier des cultures...) et des facteurs climatiques ( précipitations, température...).

Le travail a été fait en vue de l'obtention de données concernant la physiographie, l'étude des sols, l'utilisation des terres et en vue de tester la technique des couleurs additives ( couleurs composites).

Enfin Mme. MAINQUET est de nouveau intervenue pour parler de la " Typologie des édifices sableux au Sahel ".

#### 2.5.- Utilisation de la Télédétection et de la photo- interprétation pour la cartographie pédologique

Cinq exposés concernant ce thème ont été présentés.

Le premier exposé a été présenté par Dr. BIALOUSZ qui rappelle le principe général de reconnaissance des sols. Ce principe consiste à cerner les facteurs de pédogenèse qui renseignent sur les processus de formation des sols; lesquels processus permettent de connaître dans une étape finale les propriétés des sols et leur nature.

Mais pour essayer de tirer profil des photographies ou images, on est obligé de procéder inversement. C'est à dire qu'à partir des propriétés des sols, on essaye de se renseigner sur leurs processus de formation qui permettent de connaître les facteurs de pédogenèse les plus influents. Et ce sont ces facteurs qu'on essaye de percevoir en photointerprétation. Ainsi cette inversion de conception est déjà un inconvénient.

En plus les paysages et les sols sont des systèmes hiérarchisés et qu'à plusieurs sous unités de paysage il peut ne correspondre qu'un seul type de sol et une unité principale de paysage peut correspondre à plusieurs type de sols. Ceci conduit souvent, dans le cas des cartographies des sols se basant sur la Télédétection de la surface terrestre; à des aberrations parfois importantes.

L'auteur termine en concluant que la pédologie, pour plus de rigueur et d'efficacité, doit développer davantage ses aspects chimiques et physiques aux dépens de son aspect géographique et à titre d'exemple il cite une expérience, faite à Philadelphie, de détection à distance du degré de luminescence du phosphore : ce qui permet de dégager des zones différentes.

GIRARD dans les " Apports de la Télédétection à la cartographie des sols : Possibilités limitées " montre que déjà les photographies aériennes utilisées depuis longtemps dans la prospection pédologique ne renseignent que trop peu sur la nature exacte des sols : les essais d'identification des sols par les grisés sont souvent voués à l'échec. La plupart du temps les relations entre la nature des grisés des photographies et la nature des sols ne sont pas biunivoques. À part les facilités qu'elles permettent dans la distinction des unités de paysage les unes des autres, les problèmes que les photographies ou les images à haute ou très haute altitude présentent dans les interprétations sont encore plus importants.

Un autre essai fait au Vietnam montrant l'utilité des images Satellites mais toujours dans les travaux à très petite échelle a été présenté par CERUSE : dans le cadre de mise en valeur du Bassin du Mekong, les images Satellites ont permis de préciser, au 1/1.000.000<sup>e</sup>, les limites des unités pédologiques déterminées antérieurement. La vérification sur le terrain de la nature de ces unités n'a pas pu être faite pour des raisons militaires.

Un travail semblable au précédent fait en Empire Centrafricain par Y. DOULVERT a été également présenté.

Enfin H.F. PURHELL a terminé la session par un exposé intitulé " Les différents types de cartographies dans le monde et les utilisations qui ont été faites de la Télédétection pour leur établissement ".

L'auteur rappelle que pour les prospections détaillées, les photographies aériennes à grande échelle sont préférées. Pour les prospections de reconnaissance, les photographies à petites échelles (blanc et noir, couleur, ou infrarouge) peuvent faciliter le travail. Les images Satellites peuvent être utilisées pour les travaux exploratoires à petites échelles. Le Radar à antennes latérales est préférable quand la nébulosité est importante ou quand la rapidité d'intervention est nécessaire.

Mais avec n'importe quel procédé de Télédétection, la prospection du terrain est à faire, rappelle l'auteur.

### 2.5.- Methodologie

Le premier exposé se rapportant à cette rubrique et intitulé "Essai de méthodologie appliquée à la cartographie des sols à partir des traitements photographiques des données" a été donné par B. NAERT.

Cet exposé a été résumé par l'auteur comme suit :

" À partir d'un exemple d'interprétation de photographies aériennes sur une tourbière, une carte de sols a pu être dressée uniquement par traitement photographique de deux images. Ce travail sert de support à une étude critique des possibilités d'appliquer les techniques de la Télédétection en cartographie pédologique et un inventaire des problèmes qui se posent concrètement au prospecteur est tenté.

Les aspects abordés portent sur la couverture végétale des sols (cultures, végétation spontanée herbacée ou arbustive, forêts) sur l'échelle et sur le but de la cartographie (inventaire, repérage, particularités ou surveillance de phénomènes évolutifs ).

De cette analyse, - étayée sur des exemples de traitements et d'interprétation réalisés au service d'Études des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique - , sont tirées des conclusions sur le niveau et le mode de Télédétection qui peuvent aisément être inclus dans la demande cartographique de terrain ".

La seconde intervention se rapportant à la session concernant la méthodologie et qui a pour titre " Les applications de la Télédétection en Pédologie " a été donnée par R. A. MILDERS.

L'auteur rappelle le fait qu'à l'heure actuelle, les applications de la Télédétection en Pédologie sont peu nombreuses mais que dans l'avenir, certaines méthodes pourront s'avérer intéressantes :

- En ce qui concerne le domaine du visible, le Scanner multispectral avec l'utilisation de filtres spécifiques pourra être développé de plus en plus vite pour la caractérisation des matériaux naturels.

- Dans le domaine de l'infrarouge, l'utilisation des images fausse couleur est très utile pour les études de la végétation, mais en ce qui concerne les études des sols, la méthode reste peu explorée.

- L'infrarouge thermique offre un moyen d'étudier les variations de température et permet de connaître la part des plantes et des sols dans les transferts de chaleur. Mais à l'heure actuelle et en raison de la complexité des objets étudiés, l'interprétation des images thermiques reste difficile à faire.

- Les avantages que présente le radar dans la pénétration des nuages et des objets terrestres en font un moyen valable pour les études des sols d'autant plus qu'il est possible d'obtenir des images stéréoscopiques.

- Quant à l'utilisation des images Satellites, compte tenu de leurs échelles petites et du fait qu'elles ne se recouvrent pas, elles doivent, à l'heure actuelle, se restreindre :

- aux zones sans couverture aérienne complète mais où il y'a la possibilité d'utiliser des zones tests (avec couverture aérienne) et la technique des couleurs additives pour les cartographies à petite échelle;
- à l'observation à des périodes différentes et toujours à petite échelle des conditions d'humidité des sols et de la végétation;
- à des vues d'ensemble en vue des études péologiques ou pour les opérations de planification;
- à des fins cartographiques si on a la possibilité d'utiliser des images radars ou des photographies à haute altitude.

L'auteur conclut que les méthodes variées de Télé-détection offrent déjà la possibilité d'étudier certaines ressources terrestres plus ou moins bien. Dans certains cas il est même possible d'obtenir des renseignements malgré les obstacles que constituent les conditions atmosphériques. Les techniques sont cependant à développer davantage pour une meilleure interprétation des corrélations entre les renseignements enregistrés et les objets détectés. Les techniques informatiques de stockage des données sont également à développer.

GIRARD dans " Essai de Modélisation de l'interprétation des photographies et images en Pédologie " constate que seules les recherches concernant les domaines du visible et du proche infra-rouge en basses et hautes altitudes peuvent apporter certains résultats pratiques dans le proche avenir. Pour le reste, les recherches sont à développer davantage mais les applications ne seraient sûrement pas pour le proche avenir.

A. LE COOQ a présenté l'expérience ARZOTU faite au Sud Tunisien que nous nous contentons simplement de citer, sa publication étant déjà faite.

La dernière intervention sous le titre " d'application de la Télé-détection à la cartographie des phénomènes géomorphologiques et des formations superficielles " a été celle de A. SIKOHIN.

L'intérêt de la démarche réside dans le traitement automatique des données recueillies sur le terrain. Les traitements ont porté sur deux Scènes Landsat d'une même année ( 1975 ) : l'une à la fin de la saison sèche ( Mai ), l'autre à la fin de la saison humide ( Novembre ), dans la partie saharienne de la haute Volta.

Les résultats obtenus, paraissent prometteurs en cartographie géomorphologique à petite échelle.

- TROISIEME PARTIE -

### 3.- DISCUSSIONS ET CONCLUSION

#### 3.1.- Discussions

Durant le colloque, les matinées ont été réservées aux différents exposés et à des explications sommaires en réponse à des questions précises. Les après-midi, au contraire, ont été réservées aux discussions et critiques se rapportant aux exposés présentés le matin de la même journée.

Ainsi, bien que tous les thèmes ont été passés en revue d'une façon assez complète dans la 2<sup>ème</sup> partie de ce rapport, certaines discussions, notamment celles se rapportant aux sessions consacrées au "Paysage et sol", "Avenir du Colloque" et "Méthodologie", nous ont paru d'un grand intérêt. Le fait de les noter dans ce rapport constitue une sorte de conclusion dont l'utilité est certaine.

À la suite de la session dont le thème était "paysage et sol" la discussion suivante a eu lieu:

GIRARD a remarqué que certains exposés ont laissé entendre qu'il était possible de faire des cartes pédologiques en se basant sur les images Satellites alors que ce n'est peut être pas vrai.

PACHECO reconnaît que de telles pratiques ne sont pas possibles. Les images Satellites permettent de limiter les unités superficielles mais la prospection du terrain reste encore obligatoire à l'heure actuelle.

HOWARD ajoute que les images Satellites permettent tout de même d'avoir une idée d'ensemble concernant les problèmes d'une région.

Un autre participant se demande s'il est peut-être possible de dresser des cartes pédologiques se basant sur les unités que l'image permet de voir et que la connaissance du milieu par les habitants locaux permet de compléter comme c'est le cas de certaines cartes faites aux U.S.A.

PACHECO montre que les connaissances régionales n'auraient pas de sens pour les habitants d'autres régions.

DUTCHELL appuie la remarque de PACIECO.

HENGLER souligne l'intérêt des cartes se basant sur le paysage parce qu'elles sont plus lisibles.

HOWARD rappelle qu'on peut tout de même distinguer certaines unités en se basant, entre autres, sur le type de végétation... Il s'ajoute que la cartographie géomorphologique à petite échelle est tout de même faisable.

ENGLER voit que les cartes se basant sur les images Satellites constituent la base des travaux futurs.

L'interprétation des images ne permet pas d'avoir des indications pédologiques constate PURNELL.

MULDERS appuie la remarque précédente et ajoute que la photo-interprétation a été et reste toujours la même c'est-à-dire qu'elle peut être positive ou négative suivant qu'elle se vérifie ou non sur le terrain.

HILWIG remarque que les participants sont partagés en deux groupes, les uns cherchant des relations simples entre les images et les objets qu'elles représentent et les autres, ceux du terrain, réclament les renseignements plus complets. Il ajoute qu'il ne faut pas mettre l'accent sur les coûts de la méthode car elle est encore plus expérimentale que pratique.

GIRARD s'appuyant sur l'exemple théorique caractérisé par les trois points suivants :

- 1 - Sol sur pente,
- 2 - Ce sol est argileux,
- 3 - Ce sol est un vertisol,

dit que les images Satellites nous renseignent sur le premier point, pourraient nous renseigner partiellement sur le second mais elles ne pourront jamais nous renseigner sur le troisième.

Et il ajoute qu'à partir des images, s'il est possible d'établir des cartes au 1/5.000.000<sup>e</sup>, il ne serait jamais possible d'établir des cartes au 1/50.000<sup>e</sup>.

HOWARD dit qu'à son avis il faut attacher de l'importance à la classification des sols par la végétation interposée.

MILWIF reprenant l'exemple de GIRARD montre que même le caractère argileux ne pourrait pas être mis en évidence par les images car c'est toujours le problème tridimensionnel des sols qui se pose.

Mme MAINGUET reprenant le premier point de l'exemple de GIRARD montre qu'en plus de la topographie il y'a un contenu de forme de l'objet que l'on voit, un contenu de position spatiale et un contenu dynamique et c'est déjà beaucoup comme informations apportées par les images.

Lors d'une autre discussion, on s'est demandé si on n'est pas entrain d'essayer de cartographier les matériaux superficiels ? Et on a répondu que c'est justement cela qui se produit effectivement puisque dans les zones nues on met en relief la nature du matériau superficiel et dans les zones couvertes on met l'accent sur la végétation. Ainsi, constatent certains qu'en Pédologie le tout reste à faire puisqu'on ne s'est occupé que de certains cas simples.

HAERT précise que l'étude même de cas simples ayant des relations de loin ou de près avec la Pédologie peut apporter certains résultats d'ordre pédologique et que l'étude de ces cas simples reste plus étendue que si on s'intéresse directement aux phénomènes pédologiques.

### 3.2.- Conclusion

Notre conclusion ne peut que s'inspirer du procès verbal ci-haut mentionné qui reflète d'une façon nette et précise l'état d'avancement des recherches dans les domaines de détection à distance et les applications pédologiques que ces recherches permettent.

Les applications nombreuses de ces recherches dans la Télédétection des problèmes de la végétation, de l'eau, de la pollution, de l'état de dégradation de la surface terrestre... et des relations que la pédologie peut avoir avec certains de

ces facteurs, paraissent encore insuffisantes en comparaison avec les efforts matériels et scientifiques dont cette science bénéficie.

Mais ce déséquilibre entre les grands efforts fournis et les applications apparemment peu nombreuses qui en découlent disparaîtra dans un avenir sûrement proche : à l'heure actuelle le scanner multispectral ( dans le visible), les techniques des fausses couleurs ( dans le proche infra-rouge), les variations de température des objets (infra-rouge thermique) et la possibilité de pénétration des objets (radar)... qui s'améliorent de jour en jour permettant déjà des applications ( en pédologie notamment), de plus en plus intéressantes. D'autres techniques encore secrètes et dont les applications seraient importantes seront également divulguées.

Ainsi pour bien bénéficier des techniques de la Télédétection qui prend de plus en plus de l'importance et qui évolue d'une façon très rapide, l'implantation de cette science, en Tunisie, s'impose et les résultats auxquels on pourrait s'attendre dépendront de l'intérêt qu'on lui accorde.

- QUATRIEME PARTIE -

---

#### 4.- RECOMMANDATIONS DU COLLOQUE

Dans ce chapitre nous nous contentons de reproduire la synthèse des recommandations faites à la fin du Colloque par un certain nombre de participants. Cette synthèse a été faite par M. C. GIRARD.

Ces recommandations ont été présentées par : Mrs. ALOUI ( Tunisie ), BROUHERS ( France ), DOULEVERT ( Empire Centre Africain ), GIRARD ( France ), MILWIG ( Pays-Bas ), JANSE ( Pays-Bas ), LE COCO ( France ), MULDER ( Pays-Bas ), MUSY ( Suisse ), HAERT ( France ), OJANUGA ( Ni-gérie ) PACIECO ( F.A.O. ), et par le Comité National de Télédétection de Haute Volta.

Ces recommandations ont porté sur les points suivants :

##### FORMATION

Il est recommandé :

- d'organiser périodiquement des cours internationaux sur " Pédologie et Télédétection " ;
- d'intensifier les recherches et les applications de la Télédétection en Pédologie ;
- de poursuivre la bibliographie commencée au colloque de Rome pour mettre à la disposition de chacun le plus grand nombre de références et résumés utiles ;
- de permettre la diffusion des résultats déjà acquis.

##### - RELATIONS AVEC LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

- " Il est recommandé aux institutions internationales et aux pays développés de :
  - faciliter matériellement la participation des pays en voie de développement aux différentes manifestations scientifiques ;
  - mettre à leur disposition, de façon continue : les ouvrages et bibliographies scientifiques ;
  - faciliter leur accès aux universités, écoles et laboratoires de recherches " (1)

(1)- Recommandation faite par l'auteur de ce rapport.

- Dresser une liste des pédologues spécialistes en Télédétection, susceptibles d'assurer aux pays en voie de développement une aide pour des problèmes locaux et de participer à des projets ;
- Rappeler aux autres pays l'intérêt de renouveler les couvertures aériennes souvent anciennes dans les pays en voie de développement. Ce renouvellement devrait être fait en utilisant en particulier les missions à haute altitude (échelle du 1/50.000<sup>e</sup> et du 1/100.000<sup>e</sup>).

#### - RECHERCHE

Il est recommandé de :

- Développer l'étude du sol dans les domaines de l'infrarouge thermique et des hyperfréquences ;

Les études dans les micro-ondes sont nécessaires, compte-tenu de l'intérêt de ces longueurs d'onde. Elles doivent être faites dans le cadre du groupe de travail de l'ISSS.

- inciter les pédologues à des études fondamentales en relation avec des problèmes d'applications spécifiques ;
- utiliser des méthodes d'analyses numériques, des traitements statistiques, et des analyses diachroniques ;
- s'attacher particulièrement aux études sur la cartographie des sols, et les propriétés des sols ;
- développer la méthodologie d'utilisation de la Télédétection pour l'étude des sols.

#### - UTILISATION DES IMAGES LANDSAT

- Il est regrettable de ne pas pouvoir obtenir une couverture LANDSAT, de certaines régions, en particulier pour l'Afrique Equatoriale.
- Il est demandé une mise au point des possibilités d'emploi des images Satellites pour l'inventaire et la cartographie, à petite échelle, des terres cultivées, particulièrement pour les régions humides d'élevage, à haute densité de population, en zone tropicale et équatoriale. Une démarche analogue est aussi souhaitée pour les photographies à petite échelle (= 1/100.000<sup>e</sup>) en zones cultivées ou de pâturage.

Il est recommandé qu'à un stade opérationnel, une révision soit faite à l'aide des images LANDSAT, des détails planimétriques des vieilles cartes topographiques à petites échelles.

- Il serait nécessaire de procéder à des approches à différents niveaux de perception (LANDSAT, SLARS, photographies à grande échelle, ...) pour collecter une information sur les sols par Télédétection. Les images Satellites devraient servir pour une première investigation synthétique, les recherches de détail étant faites avec des photographies à grande échelle et des investigations de terrain.

#### - CHOIX DES MOYENS D'ETUDE

##### + Sélection des moyens d'acquisition et de traitement

- En raison de l'écoulement du matériel utilisable pour le traitement, l'analyse, la reproduction de données de Télédétection, il est nécessaire de réaliser des études comparatives et d'établir les capacités et les coûts des différents systèmes.

Il serait possible de promouvoir l'utilisation des techniques ayant fait leurs preuves. Entre autres, les techniques particulières utilisant les compositions colorées devraient être présentées et classées afin de pouvoir les utiliser au mieux.

- Compte-tenu du coût encore élevé du traitement automatique d'images, celles-ci sont le plus souvent interprétées par l'homme.
- La résolution spectrale des documents de Télédétection utilisés pour des études de sol à petite échelle varie beaucoup. Les photographies à haute altitude, avec leur bonne résolution, représentent un bon outil pour des cartographies d'unités de paysage.
- Il est recommandé d'utiliser des photographies aériennes, balayeurs multibandes, ... à grande échelle pour des études de détail en Pédologie de préférence à d'autres techniques. Le choix d'un matériel ou d'un autre devant être

fait de façon à répondre au mieux aux exigences du pédologue.

+ Problème des zones-test

- Il est nécessaire :
- de développer des études au sol, en relation avec les données Satellites, sur de petites zones-échantillon (quelques kilomètres carrés à quelques dizaines de Km<sup>2</sup>) relativement simples et homogènes, représentant une large gamme de milieux naturels.
- de réaliser un inventaire des zones test existant déjà, et les cartographier, et éventuellement, le relier au réseau de l'organisation météorologique internationale.
- de mieux préciser la localisation des études de détail et leur nature sur les cartes établies à partir d'images Satellites.
- d'indiquer " carte d'interprétation " quand celle-ci provient essentiellement de l'interprétation d'images Satellites et qu'il y'a eu peu ou pas de travail au sol.

- CINQUIÈME PARTIE -

---

5.- LISTE DES NOMS ET ADRESSES DES PERSONNES CITEES DANS CE RAPPORT :

Etant conscient de l'intérêt qu'opportent les échanges scientifiques, nous donnons la liste suivante des noms et adresses des chercheurs que nous avons cités dans ce rapport et que les personnes ou organismes intéressés pourront consulter.

- ALOUÏ Tahar : Division des Sols - Avenue de la République  
Tunis-Port - TUNISIE.
- AMANI Mohamed : Division des Sols - Avenue de la République  
Tunis-Port - TUNISIE.
- BIALOUSZ Stanislas : Ecole Polytechnique de Varsovie, Faculté  
de Géodésie, Cartographie Plac Jedności  
Robotniczej 00 - 661 - Warszawa - POLOGNE.
- DOULUERT Yves : O.R.S.T.O.M. - DP-893 - Bangui - EMPIRE  
CENTRE AFRICAIN.
- DOYADGIEV Todor : Service National des Sols P.N.U.D. -  
DP.575 Ouagadougou - HAUTE VOLTA.
- BROUÏERS :
- DUTCHELL :
- CERUSE : 202 Rue de la Croix-Nivert - 75015 - Paris  
- FRANCE.
- DUSCHEN :
- ENGLER :
- GIRARD H.C. : Institut National Agronomique - 78050  
Thiverval - Grignon - FRANCE.
- HAKZA Ali : Division des Sols - Avenue de la République  
Tunis-Port - TUNISIE.
- HEUSCH Bernard : S.O.G.R.E.A.N. - D-P. N° 172 - 38042 -  
Grenoble - Cédex - FRANCE .
- HILTING Frederik Willem : I.T.C. - P.O. Box 6 - Enschede The  
NETHERLANDS.

- HOWARD J.A. : F.A.O. 2 Via delle Terme di Caracalla -  
00100 - Rome - ITALIE.
- JANSE Antony : De Dreyen 3 - Wageningen - PAYS-PAS.
- KINS Cristine (Hao) : Institut National Agronomique - 78850  
Thivernel - Grignon - FRANCE -
- LE COCO André : Montsarrac - Séné - 56000 Vannes - FRANCE -
- LEVERD Lorenzo Joel : Centre d'Etude Spatiale des Fayonnements -  
9 Avenue du Colonel Roche - D.P. 4346.31029  
Toulouse Cédex - FRANCE .
- MAINGUET Monique (Hao) : Laboratoire de Géographie Physique  
Zonale - Université - 57 Rue Taittinger  
51084 - Reims - FRANCE -.
- MASSOUD I. Fathy : F.A.O. 2 Via Delle Terme di Caracalla  
00100 - Rome - ITALIE -.
- MULDERS Michel A. : Dept. Of Soil Science And Géology -  
Agricultural University - Suivandreal -  
10 - P.O. Box 37 - Wageningen - HOLLAND -.
- LUSY André : Institut de Génie-Rural en Bassenge -  
1024 Ecublens ( Leusanne )- SUISSE .
- NAERT Bernard : Service d'Etude des Sols - C.R.A.N. -  
9, Place Viala 34080 - Montpellier - Cédex-  
FRANCE.
- OJANUGA :
- PACHECO R. : F.A.O. 2 Via delle Terme di Caracalla 00100  
Rome - ITALIE.
- PURNELL Maurice : F.A.O. 2 Via delle Terme di Caracalla 00100  
Rome - ITALIE.
- SIMONIN André : C.R.E.G. DU C.N.R.S. Cellule de Télédé-  
tection 191 Rue Saint Jacques 75005 -Paris-  
FRANCE -.
- SOUISSI Ahmed : Division des Sols, Avenue de la République  
Tunis-Port - TUNISIE.
- THOMAS R.G. : F.A.O. 2 Via Delle Terme di Caracalla 00100  
Rome - ITALIE.-

**FIN**

... **37** ...

**VUES**