

Commission VII  
Groupe de Travail n° 2  
Exposé sur invitation  
Colette M. GIRARD  
Docteur - Ingénieur  
Maître-Assistant en Botanique et Ecologie Végétale  
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS - GRIGNON  
16 Rue Claude Bernard  
75231 PARIS Cedex 05 FRANCE

-:-

TÉLÉDÉTECTION DES DOMMAGES CAUSÉS À LA VÉGÉTATION.  
Rapport sur les besoins en Agriculture.

-:-

Durant la période 1976-1980, séparant les Congrès d'Helsinki et de Hambourg de la SIP, nous avons développé une certaine activité sur le thème : Télédétection des maladies des plantes.

En Décembre 1977, un colloque commun réunissait à Paris les membres de la Société Française de Pathologie, un groupe de travail de l'Assemblée Européenne des Laboratoires de Télédétection ainsi que le groupe de travail sur les maladies des plantes de la SIP.

Les actes de ce colloque ont été publiés dans le bulletin de la Société Française de Photogrammétrie (1).

Depuis, des rencontres avec le groupe de l'EARSel et des contacts personnels ont permis de regrouper divers chercheurs ou organismes appartenant à différents pays européens et concernés par l'étude des maladies des cultures (2). Certains d'entre eux vous présenteront les résultats de leurs travaux au cours de ce Congrès.

En ce qui me concerne, je voudrais souligner les directions importantes que prennent actuellement les différents responsables de la lutte contre les maladies des plantes, c'est-à-dire les véritables thématiciens, et dégager comment la télédétection pourrait être utilisée pour résoudre certains des problèmes qu'ils se posent.

I.- Quel est tout d'abord l'étendue du problème, c'est-à-dire l'impact des maladies ?

Selon un des derniers rapports internationaux (ils sont rares dans ce domaine !), c'est-à-dire celui de la FAO en 1954, les maladies des plantes occasionnent des pertes équivalant à 12 % de la production mondiale.

Pour la seule Europe, les maladies provoquent des pertes équivalant à 13 % de la production, les insectes, ravageurs et causes diverses occasionnant aussi des pertes égales à 13 % de la production.

En France, la perte potentielle moyenne a été de 7 milliards de Francs en 1978, soit 5 % des recettes de l'agriculture. Ce chiffre n'est pas négligeable, pas plus que ne les sont les sommes investies pour combattre de tels dégats.

La France en 1980, investit 2 500 000 F dans la lutte contre le seul "Feu Bactérien", ce qui montre l'importance économique de ces pertes.

Il est donc nécessaire de limiter les pertes de récoltes. Les moyens de lutte sont variés :

- traitements chimiques
- sélection génétique de cultures résistantes
- utilisation de méthodes de lutte naturelle (lutte intégrée)
- utilisation de méthodes culturales de lutte.

La crise actuelle de l'énergie conduit les responsables à s'orienter vers des méthodes de traitement efficaces, mais sobres. La combinaison harmonieuse de divers moyens de lutte conduit à des résultats satisfaisants assortis d'une économie financière.

En France, des essais sur blé d'hiver en 1977 ont montré :

- 1) qu'avec des traitements fongicides systématiques, on obtenait un excédent de coût vis-à-vis de la production de Blé de 300 000 000 F soit une perte économique de 3 % ;
- 2) qu'avec un traitement fongicide raisonné (aux périodes importantes), on obtenait une économie de 130 000 000 F, soit un gain économique de 1 %.

Ces chiffres soulignent de façon éloquent la nécessité de n'employer les méthodes chimiques de lutte qu'à bon escient.

## II.- Quelles sont les orientations actuelles et futures des responsables de la protection des cultures ?

Les agriculteurs et divers producteurs poursuivent plusieurs buts :

- produire des quantités de nourriture suffisantes pour pourvoir aux besoins humains
- maintenir une qualité satisfaisante des produits
- limiter les coûts énergétiques de production
- réaliser de substantiels bénéfices.

Compte-tenu de la conjoncture actuelle, les secteurs de recherche qui doivent permettre d'atteindre ces buts sont les suivants :

- Etude approfondie des agents pathogènes et de leur multiplication, et, à partir de ces données, établissement des modèles utilisables sur les risques d'épidémie ou de contamination.
- Connaissance des mécanismes de prédisposition des végétaux cultivés vis-à-vis des maladies et sélection génétique de races ou de variétés résistantes.

- Assurer une meilleure nutrition des cultures et par là même, limiter les risques de maladies.
- Améliorer les prévisions en matière de maladies ou de parasites, mieux connaître les paramètres climatiques de façon à avertir les agriculteurs aux périodes critiques.

### III.- Comment la télédétection peut-elle être utilisée en protection des Cultures ?

Nous venons de dégager les problèmes les plus importants en ce qui concerne la protection des cultures. La télédétection peut aider à les résoudre, de quelle façon ?

Actuellement, les techniques de télédétection sont utilisées en Agronomie pour :

- reconnaître les différentes espèces
- cartographier leur extension
- suivre certaines modifications de la réflectance en relation avec des troubles physiologiques ou sanitaires.

Les appareils les plus employés sont :

- des caméras multispectrales
- des balayeurs multispectraux
- des radiomètres.

Des exemples de ces applications seront présentés au cours des séances suivantes.

Certaines applications ne sont pas encore ou ne sont que peu développées, on peut en citer quatre par exemple :

- 1) La surveillance des passages des perturbations atmosphériques à partir des données des satellites météorologiques.
- 2) La définition des micro-climats locaux à partir d'enregistrements météorologiques de terrain, mais aussi d'enregistrements radiométriques dans l'infra-rouge moyen ou thermique (7).

De telles données concernent la définition des micro-climats en conditions normales. Ces données sont nécessaires pour établir les modèles de prévision d'attaques.

Mais les phénomènes occasionnels, brutaux ont aussi une grande importance dans les risques de dommages. Par leur nature même, ils sont imprévisibles, mais leurs conséquences doivent pouvoir être calculées rapidement.

Il faudrait disposer d'un système de télédétection enregistrant systématiquement certaines données climatiques.

Les satellites actuels travaillant dans le thermique ne peuvent être considérés comme satisfaisants, la résolution au sol étant trop grossière vis-à-vis des dimensions des phénomènes que l'on veut suivre (800 m pour Nimbus G).

Par contre, le prochain satellite Landsat D possède un canal 10.4 - 12.6  $\mu\text{m}$  dont la résolution au sol sera de 120 m.

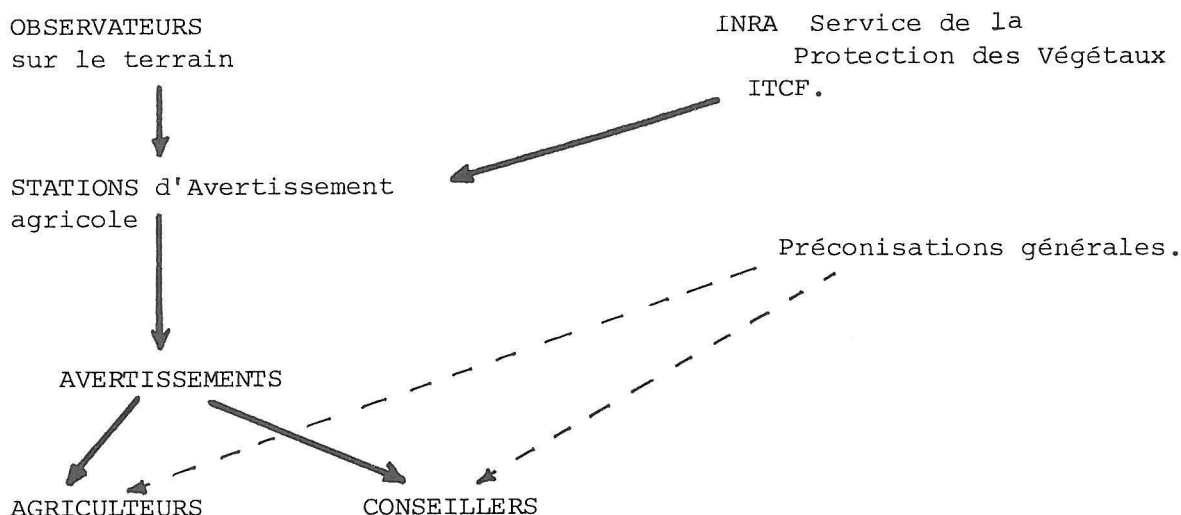
On trouve là des caractéristiques intéressantes.

Il existe en ce moment en Europe 15 modèles de prévision de maladies. En France, il y en a 5. Les bioclimatologues travaillent pour en établir d'autres mais il ne semble pas qu'ils envisagent l'intégration de données fournies par télédétection. Il est fondamental que les agro-météorologues, les bioclimatologues travaillent avec les agronomes pour établir des modèles de prévision d'attaque et qu'ils se préparent à utiliser les données fournies par les satellites, de façon à être prêts à les utiliser quand elles seront disponibles.

Tout cela ne peut être obtenu que par un important travail au sol et en altitude, permettant d'établir des modèles efficaces et opérationnels.

3) Le suivi de l'état phénologique et physiologique des cultures et l'intégration rapide de ces données dans un réseau national.

En France, le réseau d'observation des céréales mis en place en 1976 et coordonné par le Service de la P.V. est le suivant (d'après M. LESCAR) (3).

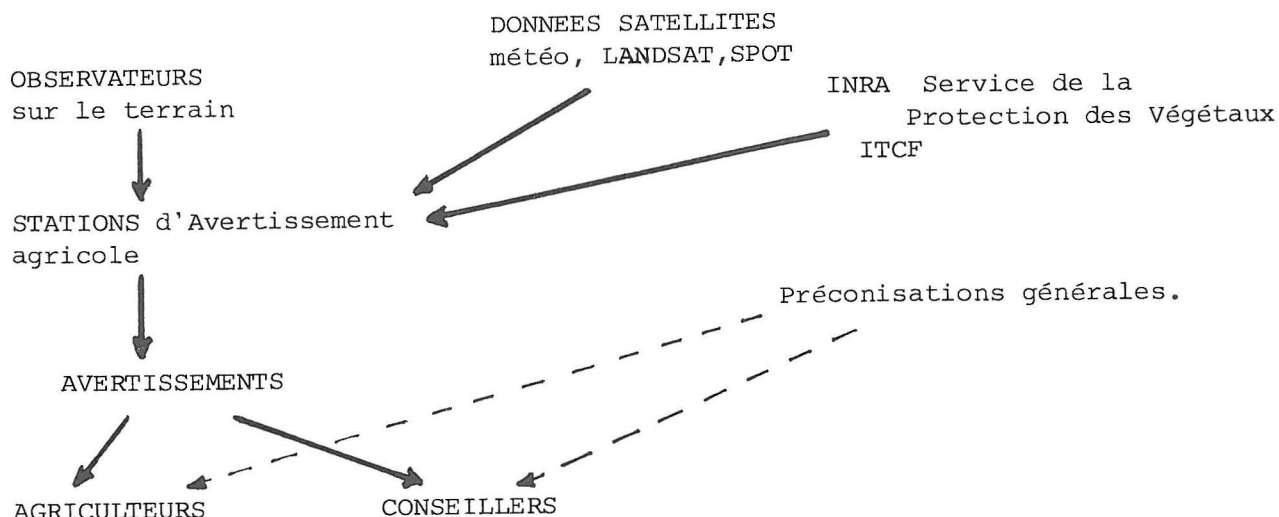


En 1978, ce réseau a fonctionné sur 11 000 observations effectuées par 540 observateurs. On pourrait peut-être réduire le nombre de telles observations si l'on pouvait utiliser des données spectrales et les interpréter correctement.

A cet égard, des études sont entreprises en ce moment pour mieux connaître les modifications de la réflectance des végétaux en relation avec leur état sanitaire (inf. SANWALD (4) RIOM (5)). De telles recherches doivent être encouragées, car leurs résultats permettront d'insérer de nouvelles données dans l'organigramme précédent.

Landsat D et SPOT auront des résolutions au sol compatibles avec une surveillance de l'état des cultures dans le visible et le proche IR. Il faudra être prêt à utiliser les données qu'ils fourniront dans ce domaine pour augmenter la quantité et diversifier les informations de base.

On pourrait modifier l'organigramme précédent de la façon suivante :



En dehors du suivi de l'état physiologique des cultures, il apparaît nécessaire dans un certain nombre de cas (Tournesol par exemple) de mieux définir les stades phénologiques de la plante.

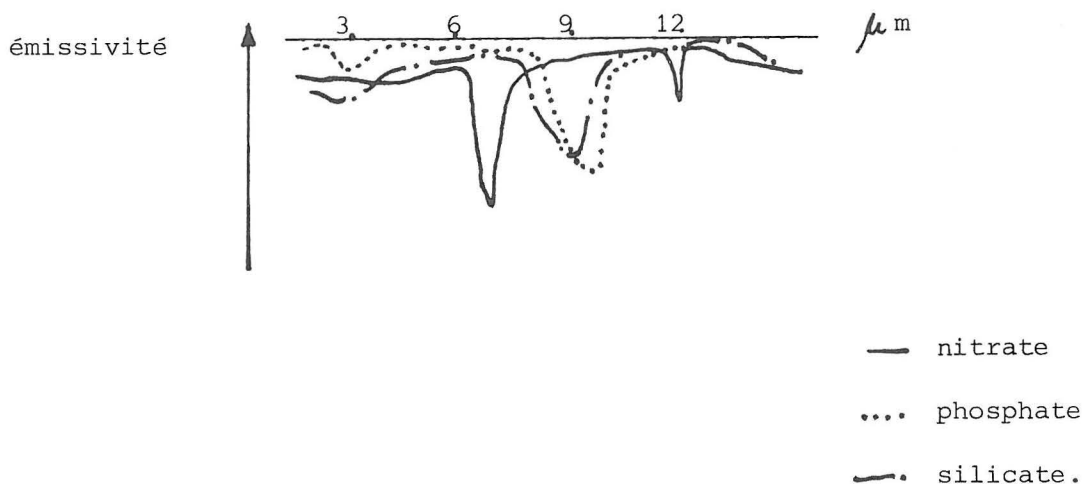
La définition des stades phénologiques peut se faire à partir de critères morphologiques mais aussi de critères physiologiques. La télédétection peut introduire des critères de comportement spectral qui seront peut-être utiles, combinés à d'autres critères, pour mieux définir ces stades phénologiques.

#### 4) Le suivi de l'alimentation minérale des cultures.

Certaines recherches ont montré qu'un végétal mal nourri (nutrition azotée trop abondante par exemple) était plus sensible aux maladies ou aux dégâts (tels que la verse sur les céréales) qu'un végétal recevant une nutrition équilibrée.

Il faut que l'agriculteur observe donc un certain nombre de règles de fertilisation en tenant compte, entre autres, du précédent cultural.

Il est peut-être, aussi, nécessaire de développer des recherches dans l'infra-rouge moyen et thermique, celui-ci présentant la particularité d'être sensible à la composition minérale du sol comme le montre le schéma suivant (VIEILLEFOSSE (6)).



Le minimum d'émissivité des roches se déplace vers les grandes longueurs d'onde lorsque la teneur en silicate de la roche décroît.

Il serait peut-être possible, dans ces longueurs d'onde, de classer les terrains en fonction de leur teneur en éléments minéraux, et donc en fonction de l'intensité de la fumure.

Il faut reconnaître que le niveau des connaissances en ce domaine est encore très insuffisant et que les recherches doivent se poursuivre pendant un certain temps avant que l'on puisse proposer des solutions opérationnelles.

#### CONCLUSIONS

Il me semble nécessaire de conclure ce rapport concernant la télédétection des dommages causés aux cultures par une série de recommandations.

Ces recommandations sont le fruit d'une réflexion personnelle ainsi que de contacts et discussions avec des chercheurs (pathologistes, virologues...) et des gens de la profession, en France, comme en d'autres pays européens.

Elles veulent tenir compte aussi bien des besoins actuels et donc présenter un aspect opérationnel, qu'elles doivent préparer l'avenir, c'est-à-dire orienter les recherches dans des voies qui devront être opérationnelles demain.

#### 1ère Recommandation

Continuer, et développer la reconnaissance et la cartographie des espèces cultivées, ceci à l'aide de photographies et d'enregistrements mulstispectraux, aéroportés ou spatiaux.

#### 2ème Recommandation

Continuer et développer les connaissances sur le comportement spectral des végétaux sains. Apprécier comment ce comportement est affecté par des maladies ou des dommages divers.

Ces études doivent se poursuivre au sol, avec des radiomètres.

Pour ces études fondamentales, les chercheurs souhaitent que les constructeurs développent des radiomètres de terrain, légers, maniables,

permettant des visées simultanées vers le ciel et vers la cible et possédant des bandes passantes nombreuses et fines.

#### 3ème Recommandation

Développer des mesures radiométriques à diverses altitudes et niveaux de perception de façon à mieux maîtriser les effets de l'atmosphère sur les rayonnements et ainsi, mieux interpréter certaines données de satellite.

#### 4ème Recommandation

Etablir et renforcer des relations avec les météorologues, et utiliser plus systématiquement les données des satellites de météorologie.

#### 5ème Recommandation

Développer la connaissance des climats locaux en intensifiant le réseau de collecte de données de terrain et en les complétant par des données acquises en thermographie aéroportée et spatiale.

#### 6ème Recommandation

Renforcer des équipes pluridisciplinaires : bioclimatologues - agronomes - pathologistes ... de façon à établir des modèles de prévision de maladies ou d'attaques parasitaires.

Les données de télédétection apporteront une information synthétique tenant compte de la dynamique des phénomènes.

#### 7ème Recommandation

Développer le suivi de l'état phénologique et physiologique des cultures, par collecte de données de terrain étayées par des données provenant de satellites. Les conditions de la réalisation de cette recommandation se trouvent dans le développement de la 2ème Recommandation.

#### 8ème Recommandation

Développer et intensifier des recherches sur l'alimentation minérale des cultures, et pour cela, promouvoir des recherches portant sur la caractérisation chimique des sols dans l'infra-rouge thermique.

#### 9ème Recommandation

Encourager et développer toute recherche permettant l'insertion de données de télédétection dans les programmes de protection des cultures. C'est avant l'envoi de nouveaux satellites, et non après qu'il faut prévoir l'utilisation qui sera faite des données.

A cet égard, il faut développer et renforcer toute coopération entre pathologistes, services de protection des végétaux, agronomes, physiologistes, bioclimatologues... en souhaitant à chacun de se montrer le plus imaginatif et le plus ouvert qu'il soit possible !!

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) Bulletin Société Française de Photogrammétrie et Télédétection (1978) - n° 69 sur les maladies des plantes.
- (2) EARSeL W.G.V. (1979) - Potential of multispectral remote sensing systems (visible and IR) for the detection of vegetation stresses. (Preliminary report to ESA).
- (3) L. LESCAR (1979) - Les méthodes de lutte contre les maladies des céréales. 3èmes Journées Françaises sur les maladies des plantes. ACTA.
- (4) SANWALD E. (1979) - Die Spektralen Reflexionscharakteristiken gesunder und durch Zystennematoden geschädigter Zucherrübenpflanzen und ihre Abbildung auf Infrarot. Farbluftaufnahmen. Vorstellung eines praktikablen Verfahrens. PhD.
- (5) RIOM (1980) - Interférences spectrales du sol et de la végétation dans l'étude de défoliations, applications en forêts. (Compte-rendu du Congrès SIP de Hambourg - à paraître).
- (6) VIEILLEFOSSE (1978) - La thermographie multispectrale. Bull. Soc. de Photogrammétrie et Télédétection. n° 71/72.
- (7) GOILLOT, GUYOT, MALET (1976) - Utilisation de la télédétection infrarouge pour les études mésoclimatiques. Table ronde CNRS. Les bocages : Histoire, Ecologie, Economie. 5-6 Juillet.