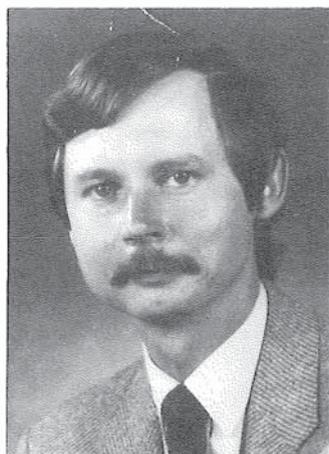


La télédétection appliquée à la foresterie

par Dr. Wolfgang TZSCHUPKE



M. TZSCHUPKE

Ingénieur des Forêts de la Direction des Forêts de KARLSRUHE actuellement détaché au Centre de Recherches Nucléaires de cette ville, pour le Projet de Centre Européen de Recherches pour la Purification de l'Air.

(Postfach 3640, DE - 7500 KARLSRUHE 1 — R.F.A.).

Introduction

C'est le caractère typique de la foresterie que d'agir sur de vastes surfaces. Les moyens de production et les produits contenus dans les forêts et les bois sont plus ou moins répartis entre différentes stations. Aussi, la gestion d'un centre ou d'une entreprise forestière a un besoin permanent d'informations sur l'état actuel de ses territoires boisés.

Autrefois les données sur les ressources forestières ont été recueillies exclusivement par des méthodes terrestres. Aussi fallait-il beaucoup de personnel et beaucoup de temps pour réaliser un tel inventaire, ce qui est toujours une affaire très coûteuse. Il n'était donc pas étonnant que la foresterie ait adopté d'emblée la photographie aérienne comme technique d'inventaire nouvelle dans les années vingt lorsqu'elle était assez avancée au sens technologique. C'est ainsi que l'on commençait dès 1923 à réaliser des inventaires forestiers basés sur des photographies aériennes au Canada, en même temps que les premiers survols forestiers en Allemagne.

Application actuelle des différentes méthodes de la télédétection au domaine de la foresterie

Dans beaucoup de pays des missions de prises de vues forestières sont devenues une affaire courante. La situation actuelle sera décrite dans le chapitre suivant, cependant ce sont surtout des expériences allemandes qui y seront rapportées.

En ce contexte il bien sûr bon de faire quelques brèves remarques sur les fonctions principales d'un service forestier ce qui permet d'indiquer les tâches qui profitent plus ou moins de l'application, de la télédétection.

Les domaines principaux de l'application de la télédétection au réseau forestier sont sans doute l'inventaire et l'aménagement des forêts.

L'objectif principal d'un **inventaire forestier** de grandes surfaces, dans le cadre national, c'est l'acquisition des données suivantes :

- surface boisée et répartition des forêts
- composition en essences forestières
- l'âge des peuplements
- volumes de bois
- taux possibles de la récolte du bois.

Selon la précision désirée et selon la surface des régions à inventorier il faut appliquer différentes méthodes d'inventaire. En général c'est un échantillonnage à deux ou trois phases qui garantit des résultats assez détaillés et sûrs.

— Le premier échantillonnage sur photographies aériennes (échelle 1 : 10.000 — 1 : 50.000) permet de déterminer les surfaces boisées et le pourcentage des différentes essences. De plus, cette première phase sert à la stratification des échantillonnages au sol.

— A la deuxième phase les échantillonnages au sol sont effectués en des placettes déterminées sur les photos aériennes. Le but de cette deuxième phase terrestre est d'ajuster et de compléter les informations acquises en première phase. On mesure surtout d'une façon plus précise les données qui permettent de calculer le volume et l'accroissement des peuplements.

En France c'est Brénac (1962) qui a développé un tel système d'échantillonnage pour l'inventaire national des forêts et, autre exemple, pour l'inventaire forestier de la Suisse on a choisi le même échantillonnage (Mahrer 1980).

Lorsqu'il s'agit d'effectuer un inventaire pour un pays très vaste il est aussi possible de développer un inventaire par un premier échantillonnage effectué sur des photos aériennes ou des images satellite à petite échelle.

Pour l'aménagement des forêts il faut avoir des informations sur les peuplements en particulier. C'est alors qu'il y a lieu de dresser un inventaire complet de toutes les surfaces boisées. Les caractéristiques qu'il faut y mesurer correspondent à ceux d'un inventaire basé sur un échantillonnage.

Ces données sont résumées et décrites soit sous forme de tableaux soit de cartes forestières. Il est évident que là aussi l'interprétation de photos aériennes peut contribuer à la collecte de beaucoup d'informations et c'est surtout pour la production de cartes forestières qu'elle est d'une valeur vraiment très importante. On estime que l'usage de photos aériennes permet de réduire le temps de travail jusqu'à 40 %, en comparaison de celui d'un inventaire exclusivement terrestre (Hildebrandt et v. Laer 1969).

La technique de la photogrammétrie pour la production des cartes forestières est normalement très simple : ce sont principalement le rectificateur optique et le stéréorectificateur qui sont employés. En général cette photogrammétrie simplifiée garantit des résultats suffisants pour deux raisons :

- Il s'agit seulement d'une mise à jour de cartes existantes,
- Une trop grande précision n'est pas exigée.

Il faut quand même mentionner que des systèmes photogrammétriques et cartographiques plus modernes et plus avancés existent déjà : C'est ainsi que quelques services forestiers appliquent des orthophotocartes au lieu des cartes forestières classiques. (Voss 1970 et Dexheimer 1973).

Un autre progrès très important est marqué par le développement des systèmes photogrammétriques qui permettent la production de cartes forestières à l'aide des techniques du traitement électronique des données où l'ordinateur exécute le dessin des cartes en calculant en même temps les surfaces des peuplements prédélimitées. En Europe centrale ce sont surtout Kölbl (1976) et Akça (1980) qui ont adapté cette conception de cartographie numérique aux besoins spéciaux de la foresterie ; c'est une conception qui permet de rationaliser très sensiblement la production de cartes des peuplements.

Pourtant il faut avouer que la grande majorité des services forestiers préfère toujours les méthodes connues et éprouvées depuis longtemps et que des méthodes plus modernes ne sont acceptées que par quelques-uns.

Depuis quelque temps il existe un autre exemple très actuel d'utilisation de la photointerprétation forestière : c'est l'identification et la surveillance des dégâts causés par le dépérissement des forêts.

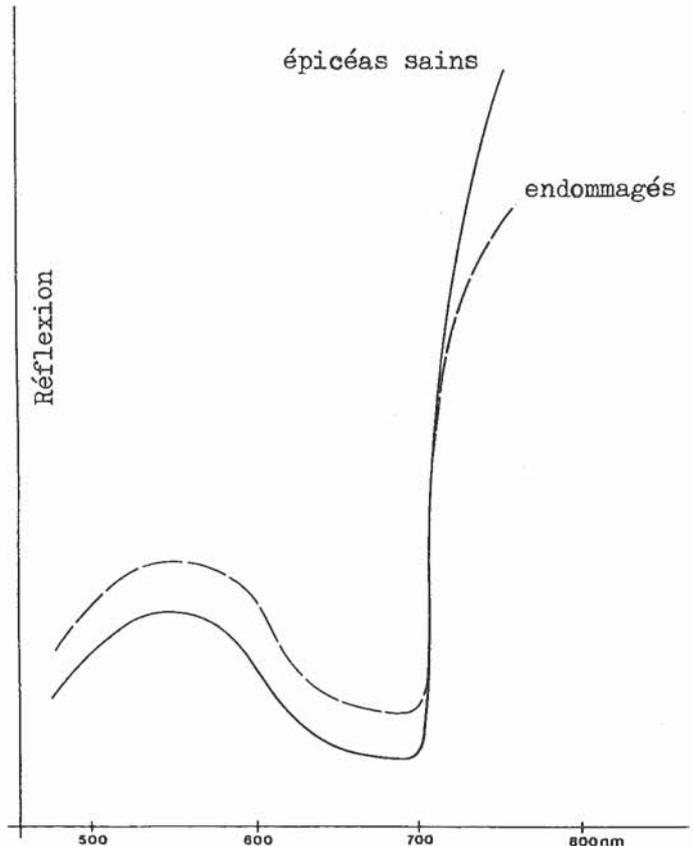
Ce dépérissement inquiète les forestiers d'Europe Centrale depuis trois ou quatre années. En été 1984 plus de la moitié des forêts Ouest-allemandes ont été touchées par cette maladie inconnue jusque-là. D'ailleurs on observe de pareils dégâts dans beaucoup d'autres pays européens, même à l'Est de la France,

surtout dans les Vosges. Il s'agit donc d'un problème international !

La discussion sur les causes de la soi-disant "Mort des forêts" n'est pas le sujet de mon exposé, mais il faut quand même mentionner que la plupart des experts sont convaincus que le dépérissement des forêts est essentiellement causé par des polluants atmosphériques, surtout par les oxydes sulfureux, les oxydes azotés et l'ozone.

Les symptômes principaux de cette maladie nouvelle sont surtout :

- une perte d'aiguilles ou de feuilles,
- une décoloration des aiguilles et des feuilles,
- une déformation des cîmes des arbres atteints.



— Réflexion spectrale d'épicéas sains et endommagés. (d'après KRITIKOS 1983)

Tous ces symptômes influencent la réflexion spectrale des arbres et rendent très favorable une mission de télédétection. Aussi, c'est en 1983 que pour la première fois l'on a procédé à de vastes survols pour la surveillance de l'état sanitaire des forêts Ouest-allemandes. Les méthodes appliquées et les expériences acquises à cette occasion, surtout en ce qui concerne la situation particulière du "Land Baden-Württemberg", qui comprend aussi la Forêt Noire, sont les suivantes :

- **Type de film** : Dès les premières considérations sur un tel survol il n'y avait pas de doute que seul le film en fausses couleurs (couleurs infrarouges) garantira un diagnostic assez sûr des dégâts forestiers.

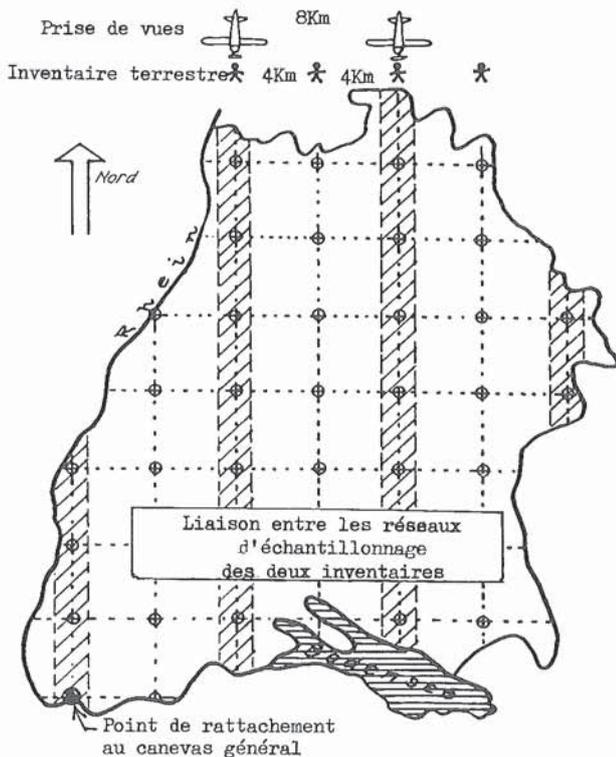
... Premier Congrès International de l'AFT

— **Échelle** : L'échelle des survols fixée à 1 : 5 000 était le résultat d'un compromis qui permettait d'identifier en même temps des arbres particuliers dans les peuplements plus jeunes, sauf dans les régénérations, et qui en même temps limitait les frais de cette surveillance à un niveau acceptable.

— **Saison de survol** : Pour l'interprétation des feuillus la saison pour les survols est restreinte aux mois de juillet et d'août.

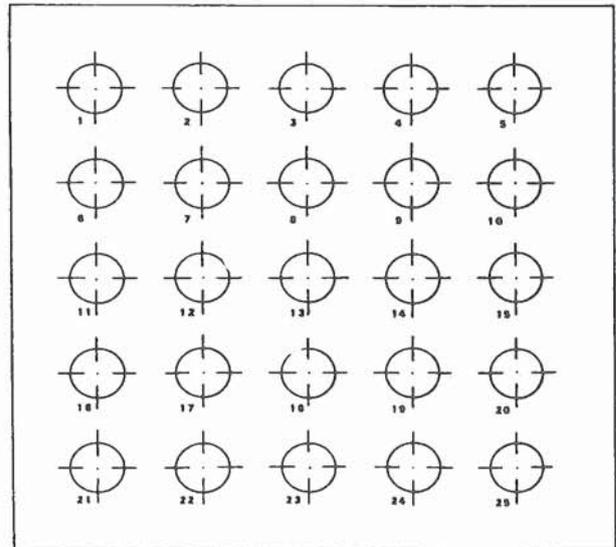
— **Orientations des survols** : A cause du changement des couleurs dans les clichés résultant de directions différentes de la projection du territoire photographié les survols suivaient des axes nord-sud. Ainsi les différences entre les couleurs des images ont été corrigées par interprétation stéréoscopique.

— **Méthodes d'échantillonnage** : A cause de l'étendue des forêts de Baden-Württemberg (1,3 million d'hectares) il était impossible d'établir des survols couvrant tout le "Land" et de plus il était impossible d'interpréter tous les peuplements photographiés ainsi. Se basant sur un avis de Hildebrandt la station de recherches forestières du Baden-Württemberg a alors développé un échantillonnage qui était caractérisé par une distance de huit kilomètres entre les axes nord-sud des survols. En effet, ce sont environ 12 % de la surface du "Land" qui ont été enregistrés par plus de 8 400 images couleurs infrarouges.



La raison de cette distance de huit kilomètres était l'adaptation à un inventaire terrestre basé sur un réseau d'échantillonnage systématique de 4 x 4 km. Cet inventaire terrestre a été établi également en 1983.

La constatation de l'état sanitaire des arbres fut exécutée à l'aide d'un système de cercles d'échantillonnage avec une distance de 200 m d'un cercle à l'autre.



— Grille de sondages à répartition régulière (Dimensions réelles = 23 x 23 cm)

Dans le cas des résineux c'était vingt arbres particuliers qui furent interprétés dans chaque cercle d'échantillonnage si possible, pendant que la vitalité des feuillus et des résineux jeunes était jugée intégralement pour chaque cercle.

En plus de la vitalité des différentes espèces, beaucoup d'autres données ont été relevées dans chaque cercle d'échantillonnage, par exemple l'altitude au sol et l'exposition, mais sur lesquelles je ne m'étendrai pas ici.

Au total ce sont 84 312 arbres particuliers et 10 897 cercles intégraux qui ont été examinés au cours de cet inventaire de télédétection.

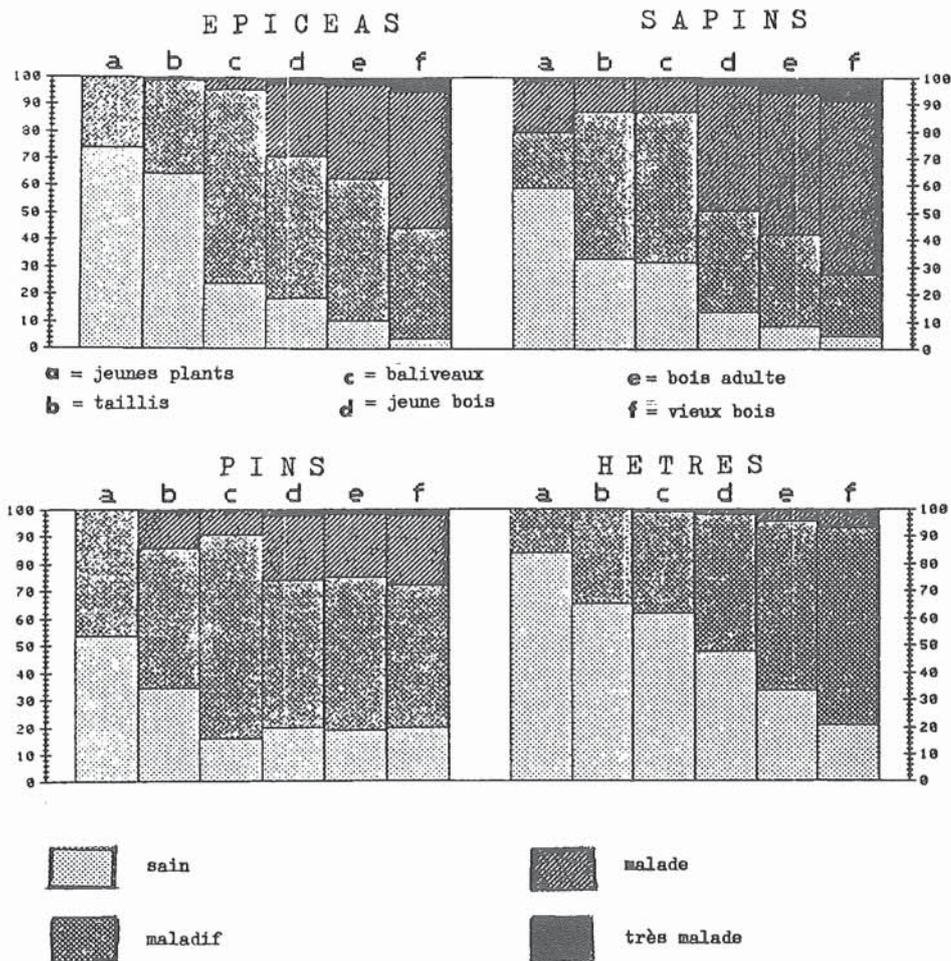
Les résultats les plus marquants de cet inventaire peuvent se résumer comme suit :

- Les espèces les plus endommagées sont l'épicéa, le sapin et le pin.
- Les dommages causés sont directement proportionnels à l'âge des arbres.
- L'altitude, l'exposition des pentes et la topographie n'ont pas d'influence sensible sur l'intensité des dégâts.

La comparaison avec la surveillance terrestre qui a été exécutée simultanément indique pour les photos aériennes les avantages et les inconvénients suivants :

- La prise de vue "d'en haut" permet d'identifier plus exactement les changements survenus dans les parties supérieures des couronnes.
- La prise de photos aériennes permet d'enregistrer les informations désirées dans un délai beaucoup plus court en comparaison d'un inventaire terrestre.
- L'état des forêts est clairement fixé par les photos. Ainsi, il est toujours possible d'examiner et de compléter les résultats d'un inventaire par télédétection si nécessaire.
- Les frais globaux sont inférieurs à ceux d'un inventaire terrestre (frais totaux de l'inventaire photo-aérien en couleur infrarouge au Bade-Württemberg

- REPARTITION DES DEGRES D'ENDOMMAGEMENT
PAR AGE DE PEUPEMENT (en pourcentages)



(Inventaire général de Baden-Württemberg - 1983)

en 1983 = 800 000 DM, frais totaux de l'inventaire terrestre = 1 400 000 DM.

— Le désavantage le plus important d'un inventaire par télédétection c'est sa dépendance du temps qui, au moins en Europe Centrale, peut remettre en cause l'exécution des survols.

— Par ailleurs un inventaire de l'état sanitaire des forêts basé sur l'interprétation des photos aériennes ne permet d'identifier les causes des dégâts relevés que dans quelques rares cas. Pour cela il faut appliquer des méthodes terrestres y compris des analyses microscopiques et chimiques.

En dépit de ces limitations il faut quand même constater que la comparaison des deux méthodes a nettement prouvé que l'utilisation des photos aériennes en fausses couleurs est d'une efficacité supérieure (Schöpfer et al. 1984).

Perspectives d'avenir de l'utilisation de la télédétection pour la foresterie

Les exemples donnés jusqu'ici devaient expliquer l'application et l'importance actuelle de la télédétection

au réseau de la foresterie. De plus ces exemples, indiquent que jusqu'à ce jour la foresterie n'utilise pratiquement pas de systèmes de télédétection plus avancé au sens technologique, par exemple les différents types de "scanners", les images Landsat ou l'interprétation automatisée à l'aide d'ordinateurs. Cette situation s'explique bien sûr par beaucoup de causes raisonnables, mais l'argument principal est sans doute le fait que normalement tous ces systèmes nouveaux ne fourniraient pas de meilleures informations que les systèmes d'informations éprouvés depuis de longues années déjà. D'ailleurs il faut constater que l'utilisation de tous ces systèmes plus sophistiqués demande des investissements non négligeables et beaucoup plus importants que ceux des systèmes dits "classiques".

Ces remarques concernent surtout la situation en Europe. Pourtant, en dehors de l'Europe on peut constater une situation différente, au moins pour les images "Landsat" qui sont devenues une source d'informations importante pour la surveillance des forêts non ou peu explorées - telles que les forêts tro-

... Premier Congrès International de l'AFT

picales et les forêts boréales d'URSS et d'Amérique du Nord.

Pour l'Europe on peut prévoir un changement à cette situation dès que les images des satellites "Thematic Mapper Landsat" et "Spot" seront disponibles. La résolution géométrique des scanners de ces satellites étant notablement plus haute que celle des satellites fonctionnant actuellement, il est fort probable que ces systèmes de télédétection nouveaux fourniront des informations très instructives notamment en matière forestière, même pour des massifs fortement remaniés et composés d'un grand nombre d'espèces diverses. Les différentes simulations des données des futurs satellites "Spot" et "Thematic Mapper Landsat" renforcent cette prédiction (par ex. Chaume 1982 et Kritikos, etc... 1983).

Pour l'instant il y a avant tout trois objectifs pour lesquels on peut s'attendre à une application favorable de ces systèmes de télédétection nouveaux :

- L'inventaire et la cartographie des massifs forestiers au niveau d'un pays ou de la CEE.
- La mise en évidence des déboisements et des reboisements dans les différentes parties d'un pays.
- Enregistrement et contrôle d'importants dégâts forestiers causés par des feux, des insectes ou des polluants atmosphériques.

Pour toutes ces tâches d'avenir un grand nombre d'expertises préparatoires ont déjà été publiées par Karo (1984), Mauser et Stibig (1983) et d'autres auteurs.

En rapport avec la télédétection forestière il y a un autre problème qui n'a pas été résolu jusqu'à présent : c'est l'interprétation automatique ou semi-automatique des données à l'aide d'ordinateurs. Quand même, la question du traitement automatique apparaîtra de façon de plus en plus évidente à cause de l'augmentation de la résolution géométrique des scanners et de l'augmentation du nombre des canaux spectraux. On peut s'attendre ainsi à une nouvelle discussion de ce problème à la suite des futures missions de télédétection.

Lorsqu'on traite ce sujet du point de vue forestier il faut considérer deux aspects différents :

- D'abord l'interprétation d'images ou de données à petite échelle où on ne peut plus distinguer des arbres particuliers
- l'interprétation d'enregistrements à une échelle moyenne ou grande où les cimes des arbres sont figurées plus ou moins en détail.

Dans le premier cas - s'agissant exclusivement de l'imagerie satellite - c'est surtout la signature spectrale des différents éléments des "pixels" qui permettent une classification et une identification des données. Par cette approche multispectrale il est possible d'identifier les formes principales de l'utilisation du sol (Binzegger 1975, Haberäcker 1977 et Quiel 1979) ; ainsi il est par exemple possible de différencier les surfaces boisées des surfaces agricoles. Une distinction sûre des différentes formes de forêts selon leur composition en espèces - surtout lorsqu'il s'agit de peuplements mixtes - est pourtant impossible avec les satellites qui ont été lancés en orbite avant le "Thematic Mapper Landsat". Pour ce problème particulier on peut prévoir une solution avec les nou-

veaux satellites. Grâce à la haute résolution spatiale des scanners de ces satellites, le nombre de "pixels" mixtes diminuera très sensiblement. Aussi peut-on s'attendre à un perfectionnement proche des méthodes d'un traitement et d'une classification automatique ou semi-automatique pour des systèmes de télédétection avec une résolution géométrique jusqu'à 10 m sur terre. Il faut quand même avouer que l'application forestière de tels systèmes restera restreinte à des tâches spéciales où il faut acquérir des informations plutôt synoptiques.

Dès que des informations plus exactes seront nécessaires au niveau régional ou local, il sera inévitable d'appliquer des techniques de télédétection qui permettent d'identifier et d'interpréter des arbres particuliers. C'est alors qu'une résolution spatiale d'environ un mètre est nécessaire - c'est le domaine des missions aériennes "classiques" et des "scanners" montés sur avion.

Pour ces enregistrements d'échelle moyenne ou grande, la classification à l'aide d'ordinateurs est encore d'une valeur limitée à cause de différents obstacles, au moins pour l'application à la foresterie.

En effet, il n'existe pas un seul système opérationnel permettant une interprétation automatique de données forestières. Cela s'explique surtout par le fait que les méthodes de classification utilisées en traitement d'enregistrements-télédétection sont principalement multispectrales, alors que les différentes approches proposant une utilisation des informations texturales (par ex. Flouzat 1982) sont encore au stade expérimental.

La comparaison avec les facteurs intervenant dans l'interprétation visuelle d'une image confirme cette explication. Là l'information multispectrale est seulement un facteur - et probablement pas le facteur le plus important - parmi d'autres (la forme, le contexte, la texture, l'image stéréoscopique etc...).

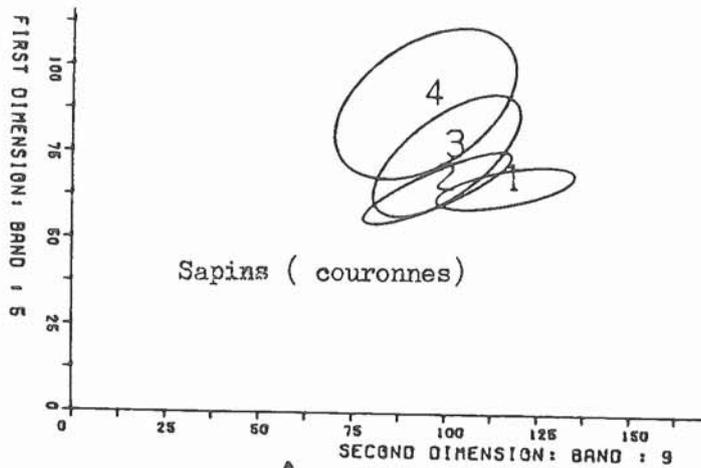
Le problème dominant de la classification multispectrale est qu'en général chaque "pixel" représente seulement une petite partie d'un objet, par ex. d'un arbre. Tant qu'il s'agit d'objets homogènes quant à leur réflexion spectrale (par ex. des routes ou des sols nus) ce n'est pas désavantageux, mais lorsque la variabilité de la réflexion spectrale augmente, le taux des classifications fausses augmente aussi.

La transparence optique du cliché, réflexion de la signature spectrale, n'est pas seulement plus haute dans la partie ensoleillée de la cime que dans la partie ombragée, mais elle varie même dans la partie ensoleillée très sensiblement. Pour un interprète humain cette variation n'est pas un obstacle insurmontable - l'homme identifie un arbre d'abord par sa forme, c'est-à-dire par une variation typique de la signature spectrale. Malheureusement une telle approche est encore trop compliquée pour un traitement numérique.

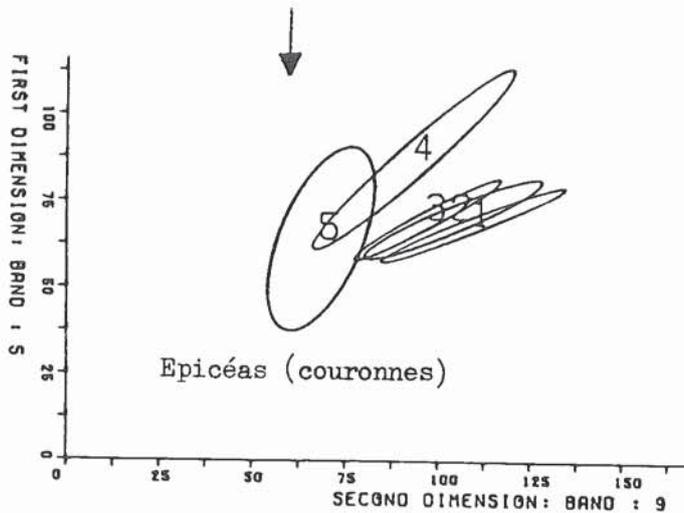
À cet égard, il n'est pas très surprenant que l'interprétation forestière automatique basée sur une classification multispectrale ne fournira que des résultats insuffisants : selon les expériences américaines et européennes l'identification de différentes espèces d'arbres est entachée d'une erreur entre 10 et 30 % et les premières expériences essayant une identifica-

- SIGNATURES DE REFLEXION SPECTRALE DE SANTE DE CIMES ET PEUPEMENTS
DIFFEREMMENT ATTEINTS GROUPEES EN FIGURES EN DEUX DIMENSIONS -

1 = sain 2 = maladif 3 = malade 4 = très endommagé 5 = mort
(Hauteur de prise de vues = 300m)



↑
Echelle de valeur des gris = 12,5/cm



(Hildebrandt et Kadro - 1984 - Aspects of Countrywide Inventory and Monitoring)

.... Premier Congrès International de l'AFT

tion automatique d'arbres dépérissants ont été confrontées au même problème (Hildebrandt et Kadro 1984).

Un autre obstacle gênant toute classification automatique à l'aide d'ordinateurs, c'est l'énorme variation naturelle des signatures spectrales causée par des effets météorologiques, par le traitement sylvicultural, par l'influence des stations, etc...

Alors il faut conclure qu'il y a lieu d'utiliser non seulement la signature spectrale, mais aussi la forme, le contexte, la texture et d'autres facteurs, si on veut

arriver à un système d'interprétation automatique plus efficace. Mais jusque-là le chemin sera encore très difficile.

En résumant, ce que l'on peut attendre de l'application future de la classification automatique des données visibles et infrarouges à la foresterie, c'est de prévoir une opérationnalité prochaine de tels systèmes pour les enregistrements à petite échelle (imagerie satellite), tandis que pour les enregistrements à grande échelle, les problèmes à résoudre retarderont encore un tel succès.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - A. Akça 1980, "Digitale Waldkartierung und Einsatzmöglichkeiten in der Forsteinrichtung". Allgemeine Forstzeitschrift vol. 35/1980.
- 2 - R. P. Binzegger 1975, "ERTS-Multispektraldaten als Informationsquelle für thematische Kartierung". Dissertation, Univ. Zurich.
- 3 - L. Brenac 1969, "L'utilisation des photographies aériennes pour l'inventaire des forêts françaises". Bulletin N° 8, S.F.P.T.
- 4 - R. Chaume 1982, "Comparaison simulation SPOT-LANDSAT en milieu forestier - Ermenonville 1980". Symposium Intern. Com. VII, I.S.P. Vol. 24-VII/1.
- 5 - W. Dexheimer 1973, "Praktische Erfahrungen bei der Einführung der Orthophotos in die Forsteinrichtung". Symp. IUFRO S. 6. 05 Freiburg i.B.
- 6 - G. Flouzat 1982, "Analyse texturale par transformation multidimensionnelle d'une image classée". Symp. Int. Com VII I.S.P. Vol. 24-VII/1.
- 7 - P. Haberäcker 1977, "Untersuchung zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung". DFVLR-Forschungsbericht DLR-FB 77-72, Oberpfaffenhofen, R.F.A. 1977.
- 8 - G. Hildebrandt + W. von Laer, 1969 "Luftbildverwendung bei der Forsteinrichtung". Exposé non publié.
- 9 - G. Hildebrandt + A. Kadro 1984, "Aspects of countrywide inventory and monitoring of actual forest damages in Germany". Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe, 52/1984.
- 10 - A. Kadro 1984, "Investigation of spectral signatures of differently damaged trees and forest stands using airborne multispectral data". IGARSS 84, Symp. Strasbourg.
- 11 - O. Kölbl 1976, "Photogrammetrische Bestandskartierung mit automatisierter Flächenberechnung und Kartenzeichnung". Eidg. Anstalt Forstl. Versuchswesen, CH 8903 Birmensdorf.
- 12 - G. Kritikos, D. Kübler, I. Dörfel, N. Kadro et D. Koch 1983, "Untersuchung von Scannerbilddaten zur Erfassung von Waldschäden". Rapport d'un séminaire de la DFVLR, Oberpfaffenhofen, 8.12.83.
- 13 - G. Kritikos, D. Kübler et H. J. Dörfel 1983, "Untersuchung der Eignung von SPOT-Simulationsdaten zur Erfassung von Waldschäden". Étude de la DFVLR, Oberpfaffenhofen, 1983.
- 14 - F. Mahrer, "Application of aerial photography in the Swiss National Forest Inventory (N.F.I.) Inter. Arch. of Photogrammetry, Congrès de Hambourg, Vol. XXIII, B 8.
- 15 - W. Mauser et H. J. Stibig 1983, "Neue Sensoren für die Vegetationsbeobachtung mit Satelliten". Allg. Forstzeitschrift 38/1983.
- 16 - P. Murtha 1972, "A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada". Can. Forestry Service, Pub. N° 1292/1972.
- 17 - F. Quiel 1979, "Luftbildinterpretation und multispektrale Klassifizierung zur Gewinnung von Landnutzungsdaten". Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe, 47/1979.
- 18 - J. Riom 1980, "Réponse spectrale de forêts de pins défoliés, importance de l'environnement de l'arbre". Arch. Intern. de Photogrammétrie ISP, Congrès de Hambourg, Vol. XXIII, B 10.
- 19 - W. Schöpfer et J. Hradetzky 1984, "Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983 mit Infrarotbildern". Mitt. Forstl. Versuchsanstalt Freiburg i. B., N° 111/1984.
- 20 - W. TZSCHUPKE 1980, "Mittleuropäische Waldbestände im Satellitenbild". Allg. Forstzeitchrift, 35/1980.
- 21 - F. Voss 1970, "Zur Herstellung von Forstbetriebskarten mit Hilfe masstäbiger Luftbildkarten und automatischer Rechen- und Kartieranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen". Allg. Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt, 141/1970.

EXEMPLES DE DÉPÉRISSEMENTS VISIBLES SUR PHOTOS EN COULEURS INFRAROUGES



N° 1

Peuplement de jeunes sapins et épicéas plus ou moins endommagés.

“Le Ballon” près de Badenweiler Forêt Noire.

(Autorisation 2570/85 du 6.12.83 R.P. Darmstadt).

N° 2

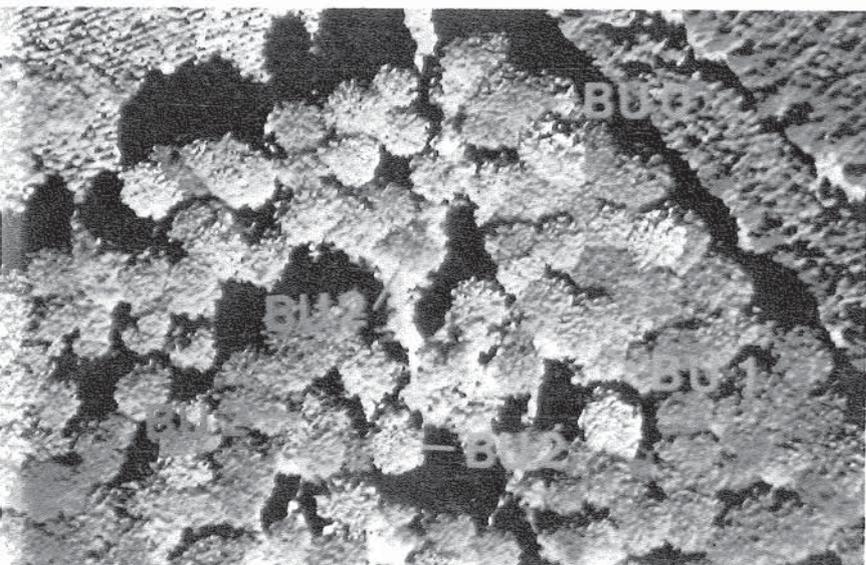
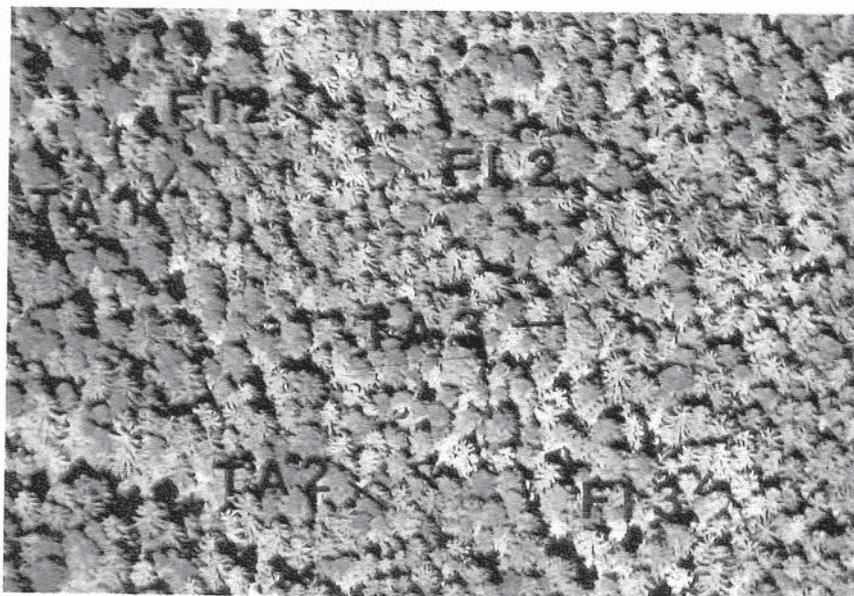
Massif gravement endommagé à Freudenstadt - Forêt Noire.

TA = Sapin blanc Fi = épicéa.

(Autorisation 18 P 153 du 13.12.83 R.P. Dusseldorf)

Classement des dommages

- 0 = sans symptômes visibles,
- 1 = maladif,
- 2 = dommages moyens,
- 3 = dommages graves.



N° 3

Peuplement de hêtres gravement endommagés dans l'Odenwald.

(Autorisation 050/2018 du 3.8.83 R.P. Stuttgart).