

14ème Congrès de la Société Internationale de Photogrammétrie  
HAMBOURG 1980 - Commission n° VII - Groupe de travail n° 2

Communication : Exploitation numérique du film infrarouge couleur  
pour l'étude de la maladie de l'écorce du hêtre (*Fagus sylvatica* L.)

P. BOISSARD<sup>†</sup>, R. PERRIN<sup>°</sup>, B. ANDRIEU<sup>†</sup> et P. VALÉRY<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Laboratoire de Télédétection, I.N.R.A., route de St Cyr, 78000 VERSAILLES

<sup>°</sup> Laboratoire de Pathologie Forestière, I.N.R.A., CHAMPENOUX 54280 SEICHAMPS

### SOMMAIRE

Cette étude porte sur la hêtraie de Lyons (Eure, France), d'une superficie de 10 700 ha. La maladie de l'écorce du hêtre, association spécifique d'une cochenille et d'un champignon, est une attaque sporadique connue dans le monde entier et pouvant occasionner des dégâts importants.

Un suivi biologique précis a été mené, de 1975 à 1979, sur 180 arbres-test, appartenant à une même unité stationnelle et sylvicole. On dispose, sur cette zone, de photographies aériennes, sur film infrarouge couleur au 1/5 000.

On a numérisé les vues puis effectué une analyse en composantes principales. Après classification, on compare la réalité de terrain et les résultats acquis par télédétection et l'on montre que :

- 88% des arbres se classent conformément à leur degré d'attaque;
- 8,5% sont ambigus et nécessitent une nouvelle acquisition 1 an au plus tard ;
- 3,5% constituent des erreurs de diagnostic.

### INTRODUCTION

Depuis 1960, les nombreuses études faisant appel à la photographie aérienne couleur et infrarouge couleur pour l'évaluation des dommages subis par les arbres ont connu des fortunes diverses, illustrant les difficultés d'application de ces méthodes dans le contexte forestier. Dans le cas particulier des épiphyties des essences feuillues MEYER et FRENCH (1966) appliquent avec succès la photographie IRC à la maladie hollandaise de l'Orme. Par contre, ROTH et al (1963) n'aboutissent pas à des résultats aussi satisfaisants dans le cas du flétrissement du Chêne aux U.S.A. Les études conduites en hêtraies s'accordent pour reconnaître l'utilité de la photographie aérienne infrarouge couleur pour la détection des arbres souffrant d'une affection de l'écorce (PARKER 1974) même sur des documents à l'échelle 1/12 000 (HILDEBRANDT et KENNEWEG 1968). Les enseignements procurés par ces travaux désignaient la photographie IRC comme un moyen d'investigation de choix pour l'étude de la maladie de l'écorce du hêtre.

Les résultats préliminaires, à l'issue de trois années d'études biologiques (PERRIN 1978), basés sur une interprétation visuelle des documents IRC, révélaient une étroite relation entre l'état sanitaire des hêtres et la modification de leur réponse spectrale. Les multiples intérêts d'une analyse affinée de cette relation (diagnostic, prévision, étude des phénomènes de prédisposition, appui aux investigations écologiques et étiologiques.) nécessitaient de rationaliser l'exploitation des informations fournies par les documents IRC, à l'aide d'un traitement numérique approprié.

## I - LA MALADIE DE L'ECORCE DU HETRE

Elle sévit en Amérique du Nord et en Europe où elle engendre d'importants dégâts. Son étiologie est restée longtemps confuse. Le hêtre subit, en premier lieu, l'infestation d'une cochenille, *Cryptococcus fagisuga* Lind qui permet la pénétration d'un champignon ascomycète *Nectria coccinea* (Pers ex Fries) Fries et favorise son activité d'altération des tissus corticaux. L'action combinée des deux organismes aboutit à la mort de l'écorce du hêtre.

### Le syndrome pathologique

La maladie débute par les pullulations de la cochenille qui puise sa nourriture dans l'écorce mais n'atteint toutefois les tissus conducteurs que chez les très jeunes sujets où l'écorce est peu épaisse. Pour se protéger contre les agressions extérieures, les insectes groupés en colonies, élaborent un revêtement cireux blanchâtre d'apparence cotonneuse, généralement confiné à une seule face du tronc. Le noircissement localisé de ces cires est le premier indice, parfois fugace, d'une infection de l'écorce par *Nectria coccinea*. Peu de temps après, généralement au printemps, apparaît un suintement, d'abord ponctuel, puis plus étendu trahissant une nécrose corticale déjà très avancée. La rapidité du déclin de l'arbre est sujette à des variations individuelles et régionales. Certains arbres voient leur feuillage jaunir puis flétrir prématurément en période estivale, d'autres ne parviennent pas à réaliser leur débourrement végétatif au printemps. L'écorce altérée se dessèche, puis se décolle par larges plaques et le bois mis à nu est la proie d'insectes xylophages et de champignons lignivores qui le déprécient très rapidement.

La maladie de l'écorce du hêtre est parfaitement décrite par cette succession de symptômes, qui constituent un syndrome spécifique correspondant à une perception dynamique du phénomène maladif. Contrairement à ce qui est trop souvent avancé, la spécificité du syndrome est une règle générale en pathologie.

### I.1. Matériel et méthode pour l'acquisition des données biologiques

#### I.1.1. Choix du site, caractéristiques écologiques

L'homogénéité des conditions topographiques (plateau), édaphiques (sol lessivé à moder sur limon) et sylvicoles (futaie régulière de 130-160 ans) et l'assurance d'une certaine incidence de la maladie nous a conduit à retenir la parcelle 6 de 3ème série de la Forêt de LYONS (Seine maritime). Quelques chênes dispersés dans la parcelle constituaient une excellente référence.

#### I.1.2. Méthode d'appréciation de l'état sanitaire

Le niveau d'infestation des cochenilles est estimé en octobre par l'abondance des cires blanches selon un barème à 6 niveaux (PARKER 1974 - 0 à 5) en retenant, pour chaque arbre, le degré d'infestation maximum. La présence du champignon est révélée par le noircissement des cires ou l'apparition de suintements sur les portions d'écorce préalablement infestées de cochenille. A cette fin, on utilise un barème à 6 niveaux (DECOURT et al 1980). Enfin, on a noté l'intervention de champignons et d'insectes secondaires.

## II - MATERIEL ET METHODE DE TELEDETECTION

### II.1. Réalisation de la mission aérienne

Les photographies aériennes ont été effectuées le 24 juin 1976, entre 12 et 13h (G.M.T.), grâce à un appareil Hasselblad 6 x 6, avec un objectif planar 100 mm et filtre wratten 12, chargé avec un film aéro-

chrome Kodak infrarouge 2443, embarqué à bord d'un avion Broussard (Armée de l'air) volant à la vitesse de 90 noeuds, à 500 m au-dessus du couvert forestier (altitude 700m). Des ballons météorologiques, ancrés au sol par des piquets, matérialisaient les lignes de vol et ont servi de points de repère au sol.

## II.2. Traitement des données acquises à distance

### II.2.1. Numérisation

Les photographies (au 1/5000) de la mission ont été numérisées en 256 niveaux sur un microdensitomètre Optronics P 1000†. Afin de mesurer, en chaque point, la densité optique des trois couches, le cliché est balayé successivement au travers de 3 filtres de sélection trichromatique††, correspondant aux couleurs primaires (bleu, vert, rouge) du film traité en diapositive (RIOM, GOILLOT, 1979). Le pas utilisé est de 0,1mm.

Pour chaque photographie, on obtient ainsi trois fichiers numériques enregistrés séquentiellement sur une bande magnétique (CCT). On réalise, alors, par moyen informatique, une réduction de la résolution spatiale en prenant la moyenne des pixels 4 par 4. Les pixels résultant correspondent donc, sur le film, à des éléments de surface de 0,2mm x 0,2mm. Un houppier en comprend environ 25.

### II.2.2. Prétraitement des données : correction de l'effet éclaircissement

#### Choix de la méthode

L'analyse des canaux bruts met en évidence des hétérogénéités locales d'éclaircissement liées aux variations de l'angle d'incidence des rayons solaires entre les parties nord et sud de chaque houppier. Les très fortes corrélations positives entre les réponses des 3 couches confirment que l'éclaircissement est la cause principale de la variance des données. (Cf Fig. 1 et 2).

Un premier temps consiste donc à éliminer cet effet gênant, suivant la procédure décrite ci-dessous.

On sait qu'au voisinage du point d'inflexion, la courbe caractéristique d'une émulsion peut être approchée par une loi du type :

$$D = D_0 - \gamma \text{Log } L \quad (1)$$

où : D : densité optique                      D<sub>0</sub> : constante spécifique du film

γ : contraste (plus bas γ<sub>R</sub>, γ<sub>V</sub>, γ<sub>B</sub> désignent les contrastes des couches rouge, verte et bleu respectivement)

L : lumination (énergie reçue au cours de l'exposition).

Une modification d'éclaircissement d'un facteur α se traduit donc, dans l'espace engendré par les 3 canaux, par une translation définie par le vecteur  $\vec{T}$

$$\vec{T} = \text{Log } \alpha \begin{vmatrix} \gamma_R \\ \gamma_V \\ \gamma_B \end{vmatrix}$$

† Le microdensitomètre est étalonné linéairement en fonction de la densité optique. Il délivre la valeur 0 pour la densité nulle et la valeur 255 pour la densité 3.

†† Filtres Kodak Wratten N° 25 (rouge), 58 (vert), 47B (bleu).

L'orientation de ce vecteur est donc fixe pour une vue donnée, ou pour un même lot de vues. Cependant, les contrastes des différentes couches dépendent notamment des conditions de stockage et de développement du film et ne sont donc pas connues a priori.

Pourtant, nous avons pu constater, lors de traitement de divers films IRC portant sur des scènes différentes (paysage urbain et forestier), que le premier vecteur propre fourni par une analyse en composantes principales normée restait quasiment invariant et très proche du vecteur  $l_3 = (1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{3})$ .

La forte stabilité de ce résultat est due, en partie, aux limites de la sélectivité spectrale de la chaîne d'acquisition, liées

- aux caractéristiques spectrales des pigments et des filtres utilisés à la numérisation ;
- au recouvrement des gammes de sensibilité des 3 couches<sup>†</sup>.

On peut, donc, faire l'hypothèse que le vecteur  $l_3$  qui supporte, sur des scènes très différentes, la principale part de la variance, traduit les variations d'éclairement. L'observation de la projection des images sur cet axe va dans le sens de cette hypothèse.

Pour cette application, nous avons donc effectué, sur chaque photographie, une analyse en composantes principales sur les densités réduites, en ne conservant que les composantes 2 et 3 pour effectuer la classification.

#### Résultats de l'analyse

Cinq vues ont été successivement analysées. Les résultats obtenus sont très stables et l'on peut donc considérer que le changement de repère effectué est le même pour l'ensemble des vues. On donne, ci-dessous, les principaux résultats pour la première photographie

Tableau 1

	FILTRE	R	V	B
ECART TYPE	$\sigma$	29	21,6	19,8
VECTEURS PROPRES		C P 1	C P 2	C P 3
	$d_R$	- 0,56	0,75	0,35
	$d_V$	- 0,60	0,07	0,79
	$d_B$	- 0,57	0,66	0,49
INERTIE	%	88,1	9,8	2,1

où :

$$d : \text{densité centrée réduite} : d_R(x) = \frac{D_R(x) - D_R}{\sigma_R}$$

$D_R(x)$  : densité de la couche rouge au point x

$D_R$  : moyenne de  $D_R$  sur l'image

$\sigma_R$  : écart type de  $D_R$

† Cette dernière cause liée à la nature même du film intervient pour une part plus faible que la première sur les surfaces végétales : on envisage donc d'améliorer la sélectivité spectrale en utilisant des filtres à bande étroite lors de la numérisation.

On voit que la première composante est très proche (au signe près) du vecteur  $l_3$  ; elle supporte plus de 88% de la variance globale et sera utilisée pour établir un masque permettant d'éliminer les zones d'ombre.

L'information thématique sera tirée des composantes 2 et 3 qui traduisent les variations de couleurs.

### II.2.3. Classification

#### Sélection de la zone utile de chaque cliché.

L'examen des vues numérisées montre que la densité moyenne des canaux considérée sur plusieurs houppiers varie avec la position dans l'image. Il apparaît, en outre, que ce phénomène, particulièrement important pour la composante rouge, affecte les bordures de l'image situées en contre-jour et accepte pour axe de symétrie la trace du plan vertical passant par le nadir et le soleil. Les phénomènes qui interviennent ici sont assez complexes et, dans le cadre de ce travail, nous éliminerons simplement ces zones marginales. La partie utile représente, alors, environ les 2/3 de la surface de chaque cliché.

#### Méthode de classification

La démarche adoptée n'utilise aucune information provenant de l'enquête au sol, ceci afin de pouvoir apporter une information indépendante qui sera finalement confrontée à la réalité biologique observée sur le terrain.

En utilisant une unité de traitement d'image, on cherche une partition de la projection du nuage des points dans le plan (C P 2, C P 3), basée sur des critères de forme de l'histogramme et conduisant, dans l'image, à une classification pour laquelle les pixels d'un même houppier soient autant que possible affectés à une seule classe. (Ce dernier critère traduit le fait que, la cochenille perturbant la physiologie de l'ensemble de l'arbre, il est peu probable que des atteintes d'intensité différente se manifestent au sein d'un houppier donné).

On dispose d'un programme qui permet de réaliser très rapidement une partition quelconque de l'histogramme bidimensionnel et de visualiser immédiatement la classification correspondante. Ce travail conduit à proposer finalement un mode de partition à 6 classes (Fig. 3-4) déterminées par 4 droites, ces dernières limitant une zone d'indétermination qui, dans l'état actuel de la méthode, s'avère irréductible.

La classification résultante est donnée en Fig. 3 pour deux photographies de la mission.

#### Interprétation de la classification en termes de réflectance

On peut exprimer, en termes de réflectance pondérée, le critère d'appartenance aux classes "atteints" et "mourants" : soient  $\rho_R$ ,  $\rho_V$  et  $\rho_B$  les réflectances spectrales de la végétation supposée Lambertienne pondérées par les coefficients respectifs de sensibilité spectrale des trois couches :

$$\rho_i = \int_{\Delta\lambda_i} R(\lambda) s_i(\lambda) d\lambda$$

où :  $\Delta\lambda_i$  : domaine spectral de la couche  $i$  ;  
 $R(\lambda)$  : facteur de réflectance spectrale ;

$s_i(\lambda)$  : fonction de transfert de la chaîne d'acquisition.

Avec les hypothèses :

- que les contrastes  $\gamma_i$  sont du même ordre (Cf Fig. 2) ;
- que l'éclairement est indépendant de  $\lambda$  dans la gamme 500-900nm, <sup>\*</sup> alors l'appartenance aux classes "atteints" et "mourants" se traduit respectivement par les inégalités 2 et 3 ci-dessous (forme exponentielle de la relation 1) :

$$\rho_B^{2,2} / \rho_V^{2,2} \rho_R > K_A \quad (2) \quad \rho_V^{4,6} / \rho_B^{4,4} \rho_R > K_M \quad (3)$$

où :  $K_j$  : constante liée à la classe  $j$ .

On conclut que le mode de partition adopté :

- dans le premier cas, attribue un poids prépondérant à la réflectance dans la gamme 500-600nm ;
- dans le second cas, attribue sensiblement le même poids aux réflectances dans les bandes rouge et proche IR, celles-ci intervenant dans des sens opposés.

### III RESULTATS

La méthode se révèle être un excellent moyen de diagnostic phytosanitaire.

La méthode décrite précédemment a été appliquée aux parties exploitables de 2 photographies successives, recouvrant une superficie d'environ 6 ha, où figuraient 57 arbres-test pour lesquels nous avons confronté la classification obtenue après traitement des images IRC, à celle que procurent les données biologiques.

#### III.1. Correspondance entre les classifications biologiques et de télédétection : détermination de la précision du diagnostic

Les résultats sont rassemblés dans le tableau 2, page suivante.

La concordance entre les classifications ne souffre que peu d'exceptions dont la majorité porte sur un faible décalage, -une classe- (arbres soulignés dans le tableau 2), relatif aux premiers stades de la maladie. Deux arbres, cependant, encadrés dans le tableau 2, sont considérés très atteints par télédétection alors qu'ils sont indemnes. Cette contradiction résulte vraisemblablement d'influences locales qui s'exercent au niveau individuel, indépendamment du phénomène biologique étudié, mais qui affecte notablement la physiologie de l'arbre.

Le traitement utilisé pour l'exploitation des images IRC permet d'établir un diagnostic conforme à la réalité biologique pour 88% des arbres, et acceptable au plan pratique pour 96% des arbres. La méthode se caractérise par sa précision remarquable dans la détection des hêtres dépérissants.

Par comparaison avec les clichés pris en 1978, les arbres exploités, principalement pour raison sanitaire, ont pu être inventoriés et localisés sur les documents issus de la mission 1976. La répartition des 59 arbres disparus ou morts figure dans le tableau 3, selon la classification établie par télédétection. (Tableau 3, page 8)

---

\* Il résulte de mesures faites dans les bandes de LANDSAT, avec un radiomètre EXOTECH, que les écarts, par rapport à la moyenne des flux incidents dans ces bandes, n'excèdent pas 15%, vers le midi solaire, par ciel sans brume ni nuages.

N° Arbre	Classe T	Etat sanitaire		
		75	76	77
R3	S	1	1	1
R4	S	1	0	1
R5	S	1	1	1
R6	S	1	1	1
R7	S	QUERCUS		
R8	S	1	1	1
R9	S	1	1	1
R16	S	< 1	2	1
R17	S	1	1	1/S
R18	S	0	1	1
R19	S	0	1	1
V6	S	0	1	1
V8	S	2	1	3
V9	A (TA)	2	2	2
V10	TA	5	5	5/S
V11	TA (A)	3	4	5
V12	TA	3	2/S	2/S
V13	TA (A)	4	4	5/S
V14	TA	5	3/S	4/S

N° Arbre	Classe T	Etat sanitaire		
		75	76	77
V15	TA	0	0	1
V16	A (TA)	2	2	1
V18	TA	4	3/S	S
V19	A	> 1	1	1
V20	TA (A)	3	4	5
V21	A	> 1	1	1
V42	A	2	3	1
V44	TA	4	3/S	+
V45	M	5	5/S	S
V46	A (TA)	2	3	1
V47	A	1	3	2
V48	S	0/1	1	1
V49	A (S)	2	3	1
V50	A (TA)	2	3	2
V51	TA (M)	3	4	5/S
V52	I	2	3	3
V53	TA	3	4	2
V54	TA	4	2/S	S
V70	S	0-1	0	1

N° Arbre	Classe T	Etat sanitaire		
		75	76	77
V73	TA	4	5	5/S
V74	TA	5	4	D+
V75	TA	2	4	2
V80	TA	3	4	2
B1	TA	4	4	4
B2/B3	A (TA)	3	3	1
B4/B5	TA (M)	4	4	S
B7	TA	4	4	4
B8	A	> 1	1	2
B9	TA (M)	2	4/S	4/S
B14	TA	4	4	5/S
N3	S (TA)	3	2	1
N4	M (S)	S	S	+
N5	M	5	4	3/S
N6	A	4	3	2
N7	TA (M)	5	4	5/S
N8	S (A)	1	0-1	1
N9	M	4/S	S	+
N15	TA	4/S	3/S	5/S

CLASSIFICATION } .Télédétection\*  
 \*La classe entre pa- } .Biologique  
 renthèses est minoritaire.

S                    A                    TA  
 Sain                Atteint                Très Atteint  
 + 0-1                2-3                    4-5  
 Cochenille

M                    I  
 Mourant            Morts                Indéterminés  
 S                    +  
 N. COCCINEA

TABLEAU 2

Tableau 3

Répartition des arbres morts entre 1976 et 1978

Classe état sanitaire	Sain	Atteint	Très atteint	Mourant	Indéterminé
Effectif	1	17	15	23	3
% arbres morts/classe	0,7	25,3	46,8	57,5	2,7

Les arbres morts entre 1976 et 1978 étaient, pour la plus grande majorité (96,6%), classés atteints, à divers degrés, par la méthode de traitement. Si l'on rapporte ces valeurs absolues à la proportion de chaque classe pour la zone considérée, on remarque que la proportion d'arbres morts s'accroît avec l'aggravation de leur état sanitaire déterminé par télédétection en 1976. A la précision du diagnostic, la méthode de traitement ajoute une prédiction assez fidèle de la mort des arbres 1 à 3 années à l'avance.

### III.2. Jugement de la justesse et de la finesse de la méthode.

Cette méthode permet de discerner trois niveaux d'infestation de cochenille. Cette partition atteste de la sensibilité de la méthode et possède une signification biologique particulière. Elle différencie le stade (0-1) état où la cochenille existe partout en Europe à l'état endémique, du stade (2-3) de pullulations moyennes et du stade (4-5) de très forte infestation. On considère, en effet, qu'au delà du stade 3 les risques d'infection par le champignon deviennent très élevés.

On décèle, en outre, des situations intermédiaires que les évolutions biologiques ultérieures confirment. C'est notamment le cas d'arbres qui, sur le document final, comptent un certain nombre de pixels de la classe des mourants alors que l'apparition du symptôme correspondant (suintement) est différé de plusieurs mois. Il est fort probable que l'altération de l'écorce effective en 1976, décelée par télédétection, par suite d'un retentissement sur l'état physiologique global de l'arbre, ne s'extériorise au sol que l'année suivante.

### DISCUSSION - CONCLUSION

La méthode décrite dans cette étude permet de déterminer l'état sanitaire du hêtre avec précision et sensibilité au niveau de la parcelle choisie. Elle permet, en outre, dans le cas de la maladie de l'écorce du hêtre, un pronostic précédant de 1 à 3 ans l'issue fatale de l'arbre, information dont l'utilité n'échappera pas au praticien. Avant de considérer cette méthode comme opérationnelle en surveillance phytosanitaire, il est nécessaire d'en éprouver la reproductibilité dans le temps, mais également de vérifier sa fidélité dans les conditions écologiques très diversifiées que connaissent les hêtraies françaises. Nous appliquerons donc la méthode à une hêtraie, en conditions stationnelles différentes, où la maladie se maintient à l'état endémique.

Si, dans les conditions forestières de l'Europe, l'intérêt de la méthode, au titre de l'inventaire, paraît limité à la détection des foyers primaires, son pouvoir discriminant remarquable rend possible une étude complète et diversifiée des facteurs du milieu qui favorisent le déclenchement ou conditionnent la gravité de la maladie. Dans les forêts européennes, la sylviculture intensive conduit à des peuplements où l'équilibre hôte/parasite est souvent précaire. Une déviation même minime ou temporaire des conditions de cet équilibre suffit à le faire basculer définitivement en faveur du parasite. Il est donc fondamental de déterminer les conditions assurant

aux peuplements une plasticité suffisante aux phénomènes biologiques pour en assurer la pérennité. A ce titre, la méthode proposée constitue un précieux moyen d'investigation.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent la validité d'une démarche consistant à réaliser des études thématiques de base pour déterminer les modifications spectrales associées à des phénomènes biologiques précis, où la part de la connaissance a priori du contexte écologique peut être décisive. Une telle approche démontre pleinement l'intérêt et la valeur de la télédétection dans le domaine phytosanitaire et s'oppose à la méthode globale visant à déceler un "stress", résultant de divers événements sans parenté les uns avec les autres. Cette notion de "stress", qui est une négation de la singularité des phénomènes biologiques peut être à l'origine d'erreurs d'interprétation en télédétection.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DECOURT N., MALPHETTES C.B., PERRIN R., CARON., 1980.  
Ann. Sci. Forest, 37 (2), sous presse.
- HILDEBRANDT G. et KENNEWEG H., 1968. Allg. Forst. & Jagdzeitung, p 205-213.
- MEYER M.P. et FRENCH D.W., 1966. Photogram. Engng. 32, 5, p.812-814.
- PARKER E.J., 1974. Thèse doctorat Univ. de Surrey, nov.161p. 31 illust., 49 tab.
- PERRIN R., 1978. Bull. Soc. For. Photogram. 69, p. 16-21.
- RIOM J., GOILLOT Ch. et FABRE J.P. 1979.  
Ann. Sci. Forest., 1979, 36 (4), p. 299-320.
- ROTH E.R., HELLER R.C. et STEGALL W.A. 1963.  
J. For. 61, 10, p. 69-73.

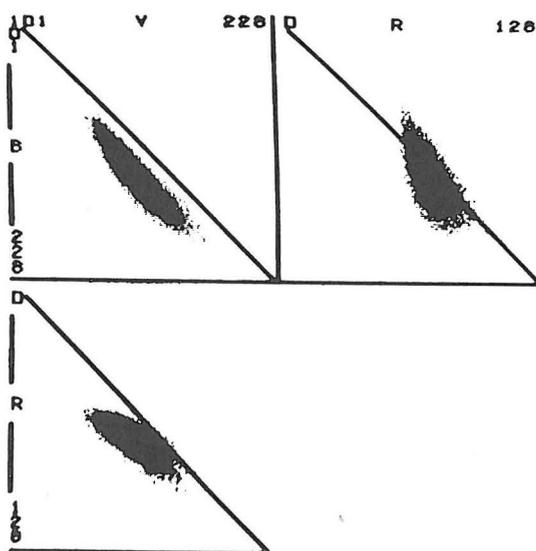


Fig. 1 - photo entière

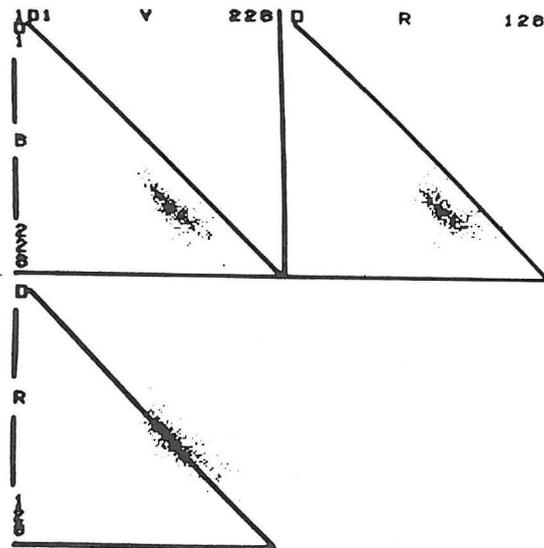


Fig. 2 - classe des chênes

Histogrammes bi-dimensionnels projetés des canaux bruts (R.V.B)

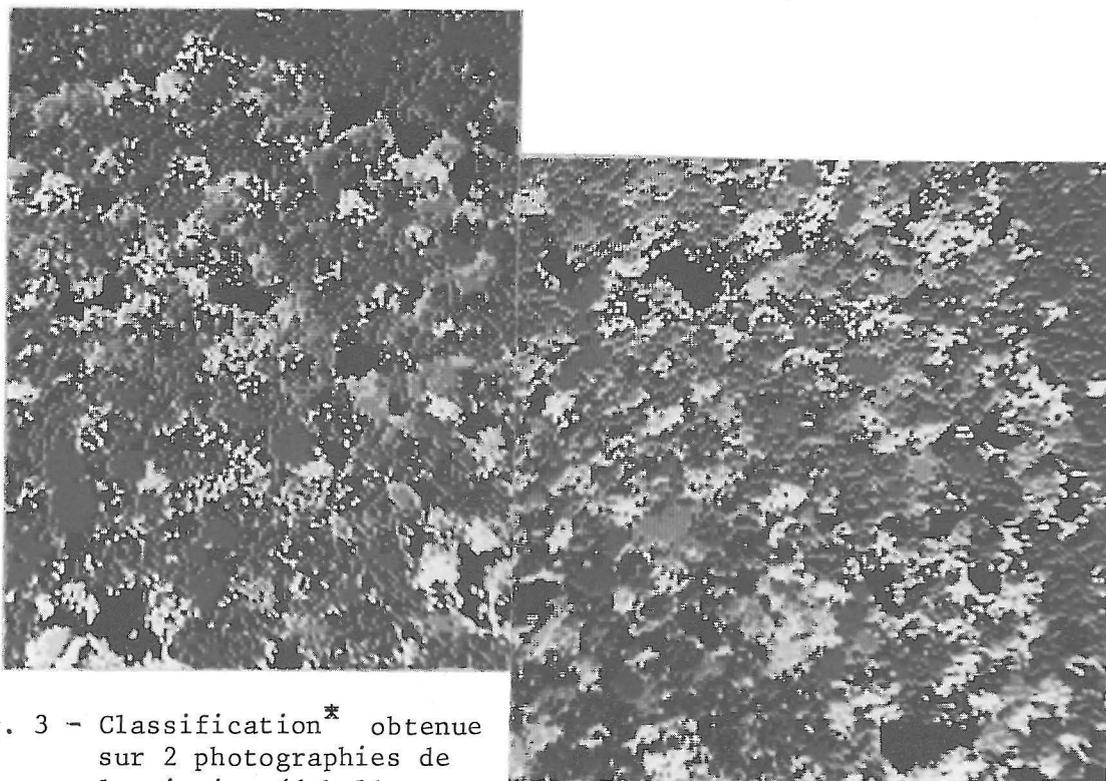
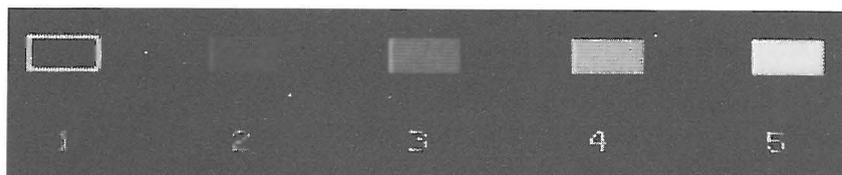
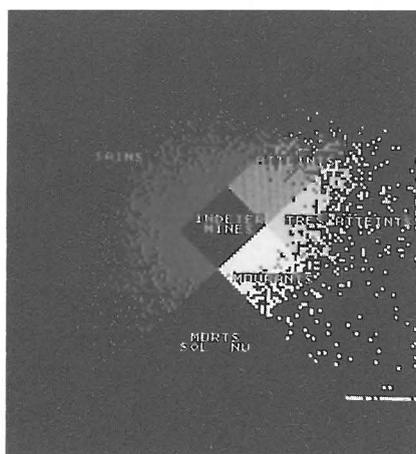


Fig. 3 - Classification\* obtenue sur 2 photographies de la mission (échelles : 1/5000<sup>e</sup> pour la prise de vue et 1/2000<sup>e</sup> pour la reproduction)  
 1: morts, sol nu , 2 : sains, 3 : atteints, 4 : très atteints, 5 : mourants.



\* Les personnes qui feront une demande de tiré à part recevront un tirage couleur de cette planche.



CLASSE	Nbre PX	%
SAINS	16 175	30,5
ATTEINTS	7 845	14,8
TRES ATTEINTS	3 826	7,2
MOURANTS	4 640	8,8
MORTS, SOL NU	7 648	14,4
INDETERMINES	12 881	24,3
<u>TOTAL</u>	<u>53 015</u>	<u>100,0</u>

Fig. 4 - Mode de partition du nuage des points dans le plan des composantes principales CP2 et CP3.

Statistique sur les classes obtenues.