Symposium International de Cartographie Thématique
Dérivée des Images Satellitaires, Saint-Mandé 2-4 octobre 1990

O Applications à l'agriculture, aux forêts et à l'usage du sol
Applications to agriculture, forests and land use

LA REPRISE DE L'ACTIVITÉ VÉGÉTALE SUR ZONE INCENDIÉE OU L'APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION AÉROSPATIALE
L'exemple d'Eze-La Turbie (Alpes Maritimes)

par Andrée DAGORNE et A. DAUPHINÉ
Laboratoire d'Analyse Spatiale «R. Blanchard», Nice

et M. LENCO
Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement, Paris

Résumé

En 1986, les Alpes Maritimes ont payé un lourd tribut aux feux. La «vitrine de la Côte d'Azur», la zone d'Eze-La Turbie n'a pas été épargnée. Il est montré comment la télédétection aérospatiale calée sur des vérités-terrain peut être employée pour constater les dégâts et suivre la reprise de l'activité végétale.

L'année 1986 fut pour le département des Alpes Maritimes, une année noire : 448 feux détruisirent 10 583 ha d'espaces forestiers et sub-forestiers. Durant les trois années suivantes, les feux furent moins destructeurs : moins de 1000 ha brûlés en 1987 et 1988, 1 306 ha détruits en 1989. Quel sera le bilan en 1990 ? L'inquiétude est de mise en ce début de période estivale, compte-tenu du déficit accusé de la pluviométrie et de la faiblesse des réserves en eau du sol.

◆ L'incendie d'EZE-La TURBIE du 24 Juillet 1986.

L'incendie du 24 Juillet 1986, dont la responsabilité semblait incomber à un agriculteur qui avait voulu se débarrasser de mauvaises herbes et n'avait pu maîtriser le feu (le Tribunal Correctionnel de Nice, dans sa séance du 18 Mai 1990, vient de déclarer l'agriculteur non-responsable de ce désastre dont la facture s'élève à 180 millions de francs ; il avait brûlé les herbes la veille du sinistre) avait été repéré par une patrouille du Parc Forestier Départemental de la Grande Corniche à 12h15mn. En moins de 24 h, le feu attisé par un vent violent et chaud avait parcouru près de 1 100 ha dont 300 sont situés dans le Parc géré par l'Office National des Forêts. Eze et La Turbie ont été touchées ; une victime et de nombreux dégâts matériels sont à déplorer. En raison du caractère accidenté du relief, du mitage de l'habitat et de la météorologie (avec des vents tourbillonnaires), la lutte fut difficile et les efforts se sont d'abord portés sur la défense des habitations et de leurs habitants. Le paysage est endommagé pour plusieurs années ; certains végétaux peuvent rejeter de souche notamment un certain nombre de feuillus et de plantes rudérales fortement enracinées sur ces substratums calcaires ; l'élimination des rémanents de l'incendie sera longue et l'on peut souhaiter que les responsables du reboisement retiennent des espèces plus résistantes au feu.

◆ La télédétection aérospatiale, un outil pour évaluer les dégâts.

Les images fournies par le satellite SPOT 1 les 24 et 29 juillet 1986 (diffusion SPOT-Image publicité) sont de véritables **documents-preuves**. L'image du 29 juillet montre comment le feu a littéralement encadré la commune d'Eze, atteignant le niveau de la mer au niveau de la Pointe de Cabuel. C'est à partir de l'image SPOT 1 (scène 054/262) du 23 septembre 1986 (fig. 1, doc. I.G.N. publié dans le journal «Le Patriote») qu'a été élaborée la carte de l'extension du sinistre à l'échelle de 1 : 50 000 (fig. 2). A plus grande échelle, les clichés aériens à l'échelle de 1 : 12 500 en émulsion IRC demeurent complémentaires pour affiner la carte des dégâts.

◆ La télédétection aérospatiale, un outil pour suivre la reprise de l'activité végétale.

Cette reprise est appréhendée en mode analogique ou numérique ; deux aspects sont à envisager : la reprise de la végétation spontanée et le suivi des reboisements.

• La reprise de la végétation spontanée

En **mode analogique**, l'étude de la composition colorée obtenue à partir des canaux 1, 3 et 4 du Thematic Mapper de LANDSAT 5 (scène 195-030 du 26 janvier 1989) à l'échelle de 1 : 125 000 montre que que le secteur d'Eze est particulièrement réflectif ce qui est signe d'une très faible couverture végétale. Malheureusement, sur cette image de janvier, les ombres couvrent une partie des vallons interdisant de connaître l'état des lieux sur les versants nord (fig. 3).

En **mode numérique, l'indice d'activité végétale** a été calculé à partir des données XS2 et XS3 du scanneur de SPOT 1 (enregistrement du 29 mai 1989, scène 054-262 de niveau 1B, inclinaison de 001°9' vers l'est) en utilisant le logiciel TITUS de l'Institut National de la Recherche Pédagogique[1]. La formule de cet indice est ainsi établie :

((XS3-XS2)/(XS3+XS2) +1) (128))

ainsi, les valeurs négatives sont éliminées et les données étalées entre 0 et 256. L'histogramme de ce néo-canal «Végétation» (fig. 4) est bimodal avec un pic autour des valeurs de 85 (il s'agit des pixels correspondant au domaine maritime) et un second avec un maximum de fréquence autour de 155. La partition de cet espace de mesures est faite en équiclasses et les frontières retenues tiennent compte de celles qui avaient été choisies pour l'analyse similaire qui porte sur le massif de Tanneron à la limite du Var et des Alpes Maritimes de manière à aider à la comparaison (Dagorne A. et Dauphiné, 1990). La première classe a une borne supérieure à 110 et non à 100 comme le suggèrerait l'analyse de l'histogramme pour bien séparer le milieu marin du continent en évitant des bruits parasites liés à la turbidité ou a des proliférations planctoniques en mer (?). Sur l'ensemble du fichier de 767 colonnes x 768 lignes (dont seule, une partie est affichée car il s'étend vers le nord jusqu'à L'Escarène), la couleur, les limites et les fréquences des pixels dans chaque classe, sont les suivantes :

en noir, la classe 1, de 001 à 110, 189 046 pixels, soit 32,15%
en bleu foncé, la classe 2, de 111 à 130, 47 153 pixels, soit 8,01%
en bleu clair, la classe 3, de 131 à 140, 47 204 pixels soit 8,02 %
en gris, la classe 4, de 141 à 150, 80 787 pixels soit 13,73 %
en jaune, la classe 5, de 151 à 160, 95 360 pixels, soit 16,21 %
en orangé, la classe 6, de 161 à 170, 69 853 pixels, soit 11,88 %
en marron-rouge, la classe 7, de 171 à 180, 42 407 pixels, soit 7,21 %
en magenta, la classe 8, plus de 181, 16 346 pixels, soit 2,79 %

Le choix du diapason coloré repose sur l'utilisation de couleurs de moins en froides -du noir au bleu clair- allant vers des couleurs de plus en plus chaudes -de plus en plus rouge- pour signifier l'intensité de la reprise de l'activité végétale. L'infocarte (fig. 5) à l'échelle de 1 : 50 000 peut être comparée aux figures 1 et 2. On pourra constater qu'à l'emplacement du feu de 1986, les couleurs bleue et jaune dominent (le bleu et le noir traduisent aussi les zones minéralisées du bord de mer....d'où une attention requise au niveau de l'interprétation de l'infocarte !). L'indice d'activité végétale atteint parfois des valeurs plus fortes notamment en versant nord ou dans des parcelles qui avaient été peu touchées lors du feu de 1986. Globalement, les valeurs de IV sont plus faibles que celles enregistrées dans les massif de Tanneron ; l'explication est à rechercher dans la nature des substratums. Sur les calcaires marneux du Crétacé, en versant nord, le tapis végétal est relativement continu (versant nord du Mont Bastide) ; par contre sur les calcaires plus compacts du Jurassique et en exposition sud, le couvert végétal est beaucoup plus discontinu...d'où des chutes de pierres fréquentes sur la route de corniche ; le versant sud dominé par le fort de la Revère est quasiment dénudé.

Ailleurs, les sujets préservés coexistent avec des arbres gris trop traumatisés pour repartir semble-t-il. Dans les ravins plus humides, la végétation rudérale constitue avec les tiges calcinées un fourré dense. Toutes ces remarques relatives à la texture de la végétation découlent de l'observation des photographies aériennes en couleurs de 1988 (fig. 6) où le secteur nord d'Eze apparaît particulièrement nu tout comme la crête jalonnée par le fort de la Revère. Les photographies réalisées sur le terrain confirment la médiocrité de la repousse spontanée (fig. 7), le mélange des sujets gris et des résineux verts en versant sud (fig. 8), les fourrés d'arbres calcinés et de plantes rudérales, à base de Centranthus notamment, de versant sud (fig. 9) s'opposant à une couverture plus dense en versant nord du Mont Bastide (fig.9).

---

[1] *Ce traitement informatique a été réalisé au Lycée du Parc Impérial de Nice en liaison avec l'Equipe "Télédétection" de G. Escleyne, L. Guéron et L. Baudoin.*

• Les reboisements - Le nettoyage des rémanents de l'incendie.

Au 31 août 1987, l'Office National des Forêts estimait que 20,4 ha de terrains parcourus par le feu avaient été traités sur le secteur d'Eze ; 551 arbres calcinés avaient été abattus et le nettoyage était programmé pour 39 ha supplémentaires. Sur le territoire de la commune de La Turbie, 4 ha avaient été nettoyés. Globalement, les travaux de nettoyage et de reboisement, outre qu'ils sont morcelés spatialement (fig. 12), ne concernent qu'une toute petite partie de la surface dévastée par le feu. Parcouru au printemps de 1989, l'état des reboisements du Parc de la Grande Corniche (dont une partie a été réalisée par des élèves d'établissements scolaires le long de la piste de la Revère) ne se comparait ni à ceux du massif de Tanneron ni à ceux de la région des Paillons ; que les plantations aient ou non été accompagnées de la pose d'ombrières, les sujets plantés étaient dans l'ensemble beaucoup plus rachitiques (fig. 10) à l'exception de la plantation de pins noirs (fig. 11) réalisée en bordure de la route très fréquentée de la Grande Corniche. A cela rien d'étonnant en raison de la médiocre qualité des sols calcaires ou calci-magnésiens, à la fois plus maigres et plus secs que dans les deux régions sus-citées. Une visite faite sur le terrain au printemps de 1990 laisse perplexe quant à la date de reconstitution du paysage ancien : de la pinède claire d'avant (fig. 13) dont l'état est mémorisé par la photographie aérienne de 1981, il ne subsiste trop souvent que des troncs ou des souches calcinées. Le pourcentage d' échecs des plants mis en terre s'est accru et le degré de la couverture végétale, surtout en versant sud, sur les calcaires compacts est fort réduit.

◆ Conclusion

L'imagerie satellitaire demeure un outil fort appréciable pour l'évaluation des dégâts occasionnés par les feux de forêts, qu'il s'agisse des enregistrements fournis par les scanneurs de LANDSAT 5 ou de SPOT 1. L'utilisation de ces données peut être conduite en *mode analogique* -il s'agit alors de simple spatio-interprétation- ou en *mode numérique* avec un simple seuillage des valeurs radiométriques enregistrées dans le canal infra-rouge pour cartographier l'extension des dégâts. Cette imagerie peut aussi être utilisée pour suivre la reprise de l'activité végétale en mettant en oeuvre un algorithme simple, ici, le calcul de l'**indice d'activité végétale IV**. Mais la simple lecture de la composition colorée (image TM) laisse rêveur quant à la reconquête des espaces dévastés par le feu dans ce secteur. Si l'utilisation de l'imagerie satellitaire est opérationnelle en mode multi-satellite, multi-scanneurs et multi-dates jusqu'à l'échelle de 1 : 50 000, il convient de compléter cette imagerie par l'analyse texturale des clichés aériens à plus grande échelle, ici le 1 : 20 000 et le 1 : 15 000 et de caler le tout sur des parcelles de vérités-terrain. Cette approche multi-niveaux nous semble la plus efficace pour fournir aux décideurs une *information rapide, actualisée, thématique, quantitative, synthétique et diachronique* des espaces qu'ils ont mission de gérer.

Ne peut-on aller au delà et tenter d'intégrer les données numériques en mode matriciel avec les données vectorielles pour générer une iconocarte d'un nouveau genre ? Tel est l'objectif que cherchent à atteindre les différents logiciels de Systèmes d'Informations Géographiques sans y bien parvenir encore aujourd'hui. Plus pragmatiquement, il nous paraît simple et rapide d'appliquer sur l'infocarte de la fig. 5, un transparent de la carte topographique à 1 : 50 000 de l'I.G.N., ce qui autorise une intégration manuelle des données du scanneur et de la traduction graphique de la BD-CARTO de l'Institut Géographique National en fabrication. Cette solution, au demeurant peu onéreuse, ne satisfait pas l'informaticien mais permet de fournir rapidement un diagnostic de la qualité du milieu naturel et/ou aménagé par l'homme et parcouru par un flux destructeur : **le feu**. Suivant la démarche du médecin généraliste et muni des informations extraites des scanneurs jointes aux «signes sémiologiques» de l'espace-support, le gestionnaire peut alors proposer une «thérapie», un aménagement. Aujourd'hui, la lenteur de la reconstitution spontanée ou anthropique des paysages dans ce type de milieu interpelle : raison de plus pour développer des campagnes de prévention et inciter les usagers de l'espace à la prudence.

Bibliographie

CANAVESE A., DAGORNE A. et ALEXANDRIAN D. - Géo-cartographie et feux de forêts : le cas des Alpes Maritimes. Bull. X Y Z, n° 38, 1989, pp. 47-79, 21 fig.

DAGORNE A. et all - Numéro spécial de la Revue d'Analyse Spatiale, Quantitative et Appliquée consacré aux feux de forêts, 1988, 174 p.

DAGORNE A. - Télédétection aérospatiale : mode d'emploi. 1 brochure publiée par le lab. R. Blanchard, Nice, 1989, 606 p., 13 planches couleurs in texto et 9 cartes h.-t. en couleurs.

DAGORNE A. et DAUPHINÉ A. - La reprise de la végétation sur zones incendiées ou l'apport de la télédétection aérospatiale - le cas des Alpes Maritimes. Rapport Ministère de l'Environnement, 1990, 114 p. nbx fig.

LENCO M. - Etude par télédétection de la déprise agricole dans le Massif Central. Rapport Ministère de l'Environnement, 1989, 16 p.

LENCO M. - Etude des possibilités offertes par l'imagerie satellite pour détecter les zones de dépérissement forestier dans les Vosges. Colloque Aix-Les-Bains, 1988, pp. 91-95.

LENCO M. - Note méthodologique sur l'indice de biomasse. Parc Régional du Morvan. Colloque Aix-Les-Bains, 1988, p p. 110-111.

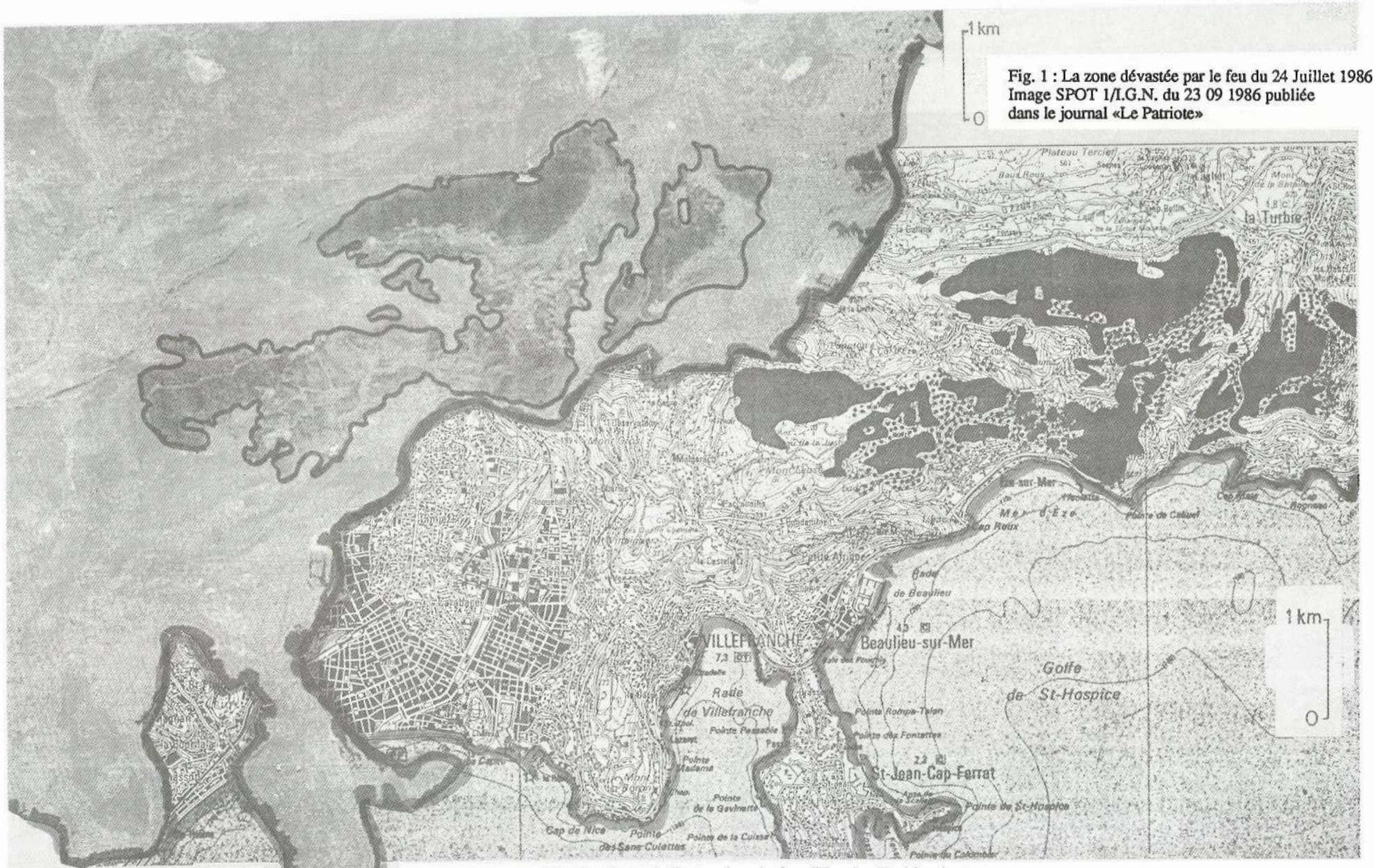
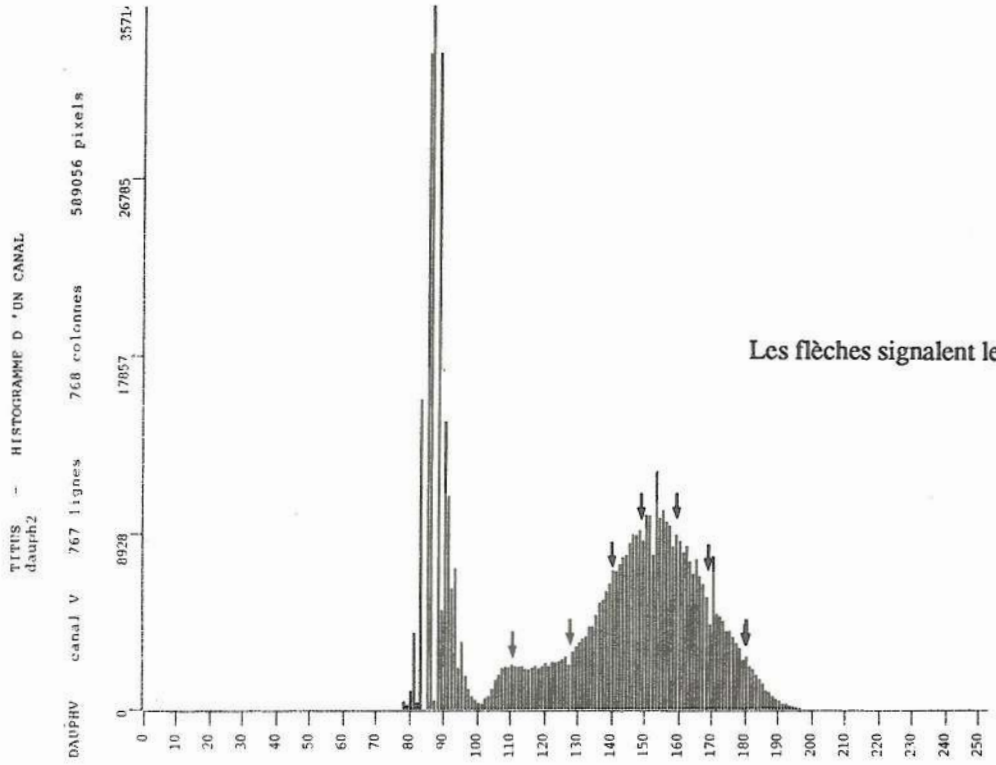


Fig. 1 : La zone dévastée par le feu du 24 Juillet 1986
Image SPOT 1/I.G.N. du 23 09 1986 publiée
dans le journal «Le Patriote»

Fig. 2 : Carte de l'extension du feu d'Eze-La Turbie obtenue par spatio-interprétation de l'image SPOT avec report sur fond topographique à 1 : 50 000.
En noir, les zones détruites (de forte biomasse)
En pointillé, les zones détruites (de faible biomasse)

0 1 km

Fig. 3 : Extrait d'une composition colorée (canaux 1, 3 et 4) du Thematic Mapper de Landsat 5
Enregistrement du 26 01 1989, scène n° 195-030 à l'échelle de 1 : 125 000



Les flèches signalent les bornes retenues

Fig. 4 : Histogramme des fréquences du néocanal IV "Indice d'activité végétale"
Scène SPOT 1 n° 054-262 du 25 05 1989

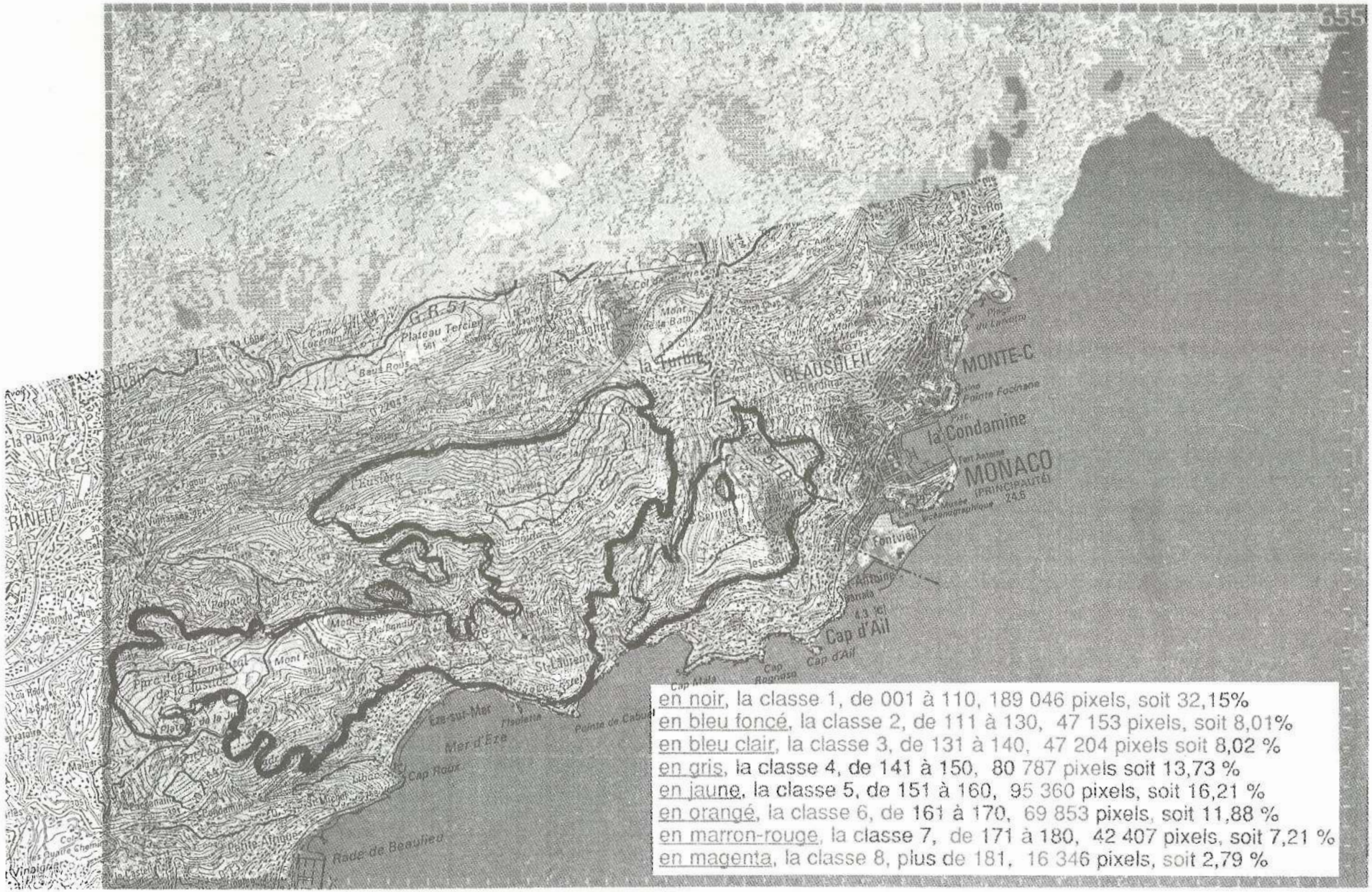
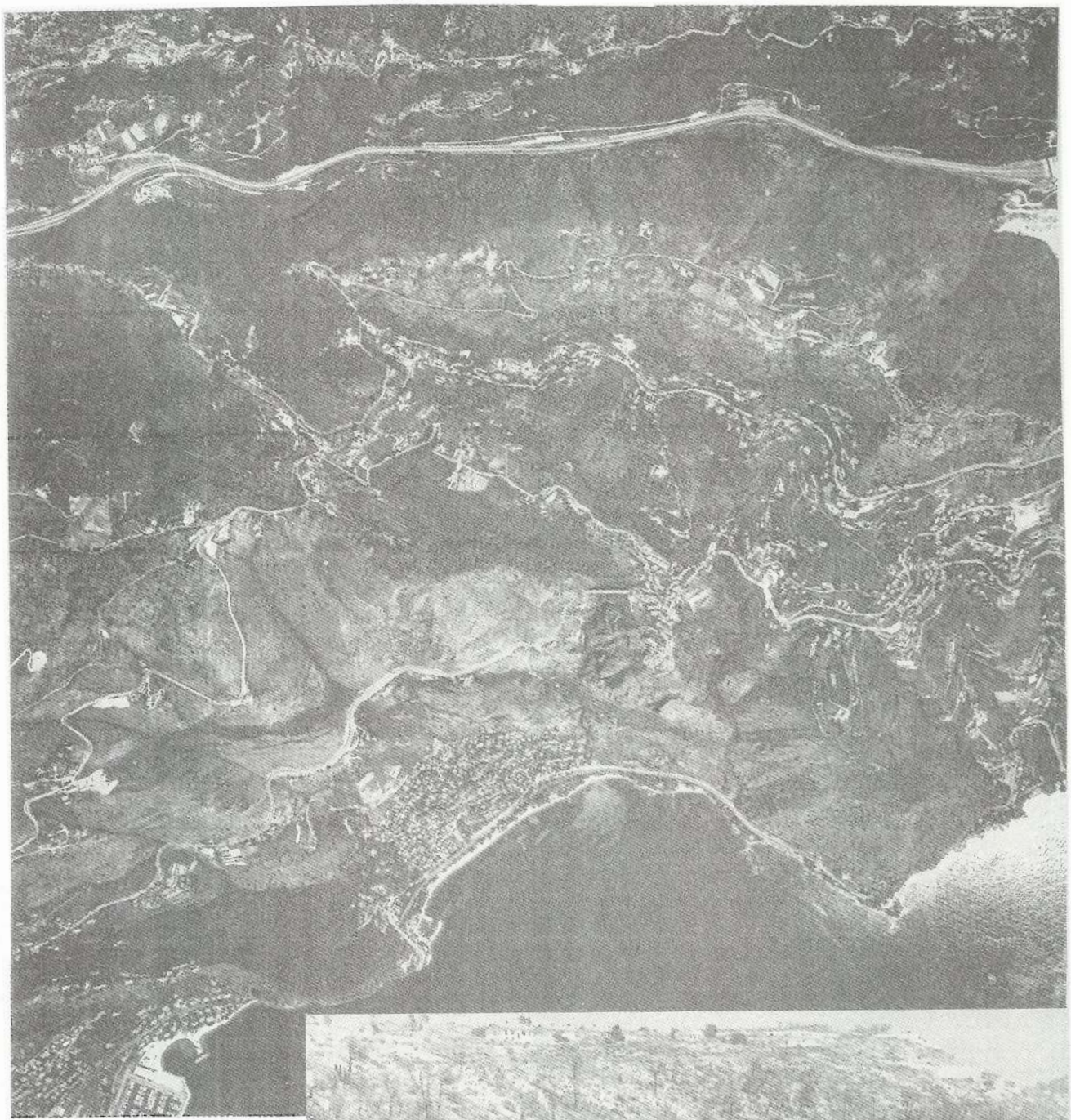


Fig. 5 : Infocarte de l'indice de végétation : région d'Eze-La Turbie - 25 05 1989
Sur le fond transparent issu de la carte topographique, ont été portées les limites du feu de 1986.

Photographie aérienne du secteur d'Eze de 1988
(Mission aérienne FD 06/200, cliché n° 127 (C))
Echelle approximative : 1 : 20 000

Fig. 6 :



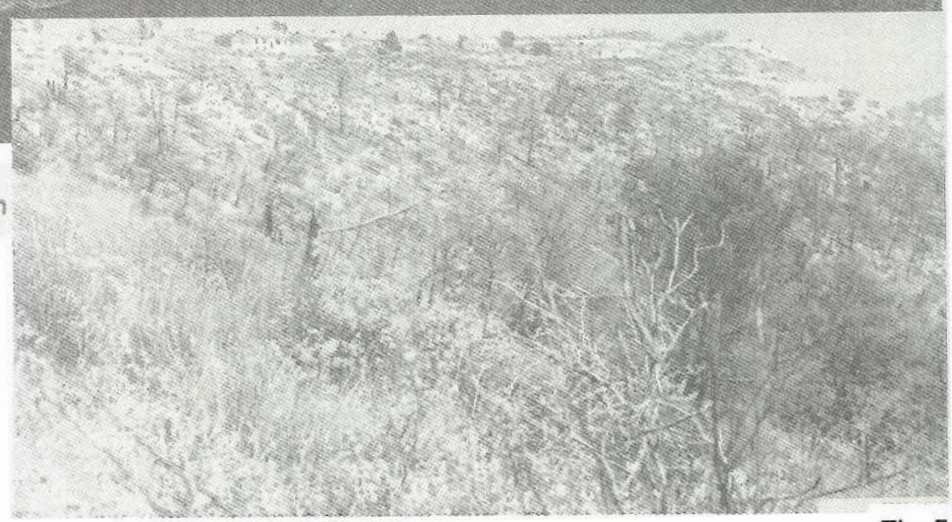


Fig. 7

Le versant sud à la hauteur du fort de la Revère est fort dénudé (cliché de Mars 1989)

Versant sud de la Revère : mélange de sujets gris et de résineux encore verts. (Mars 1989)

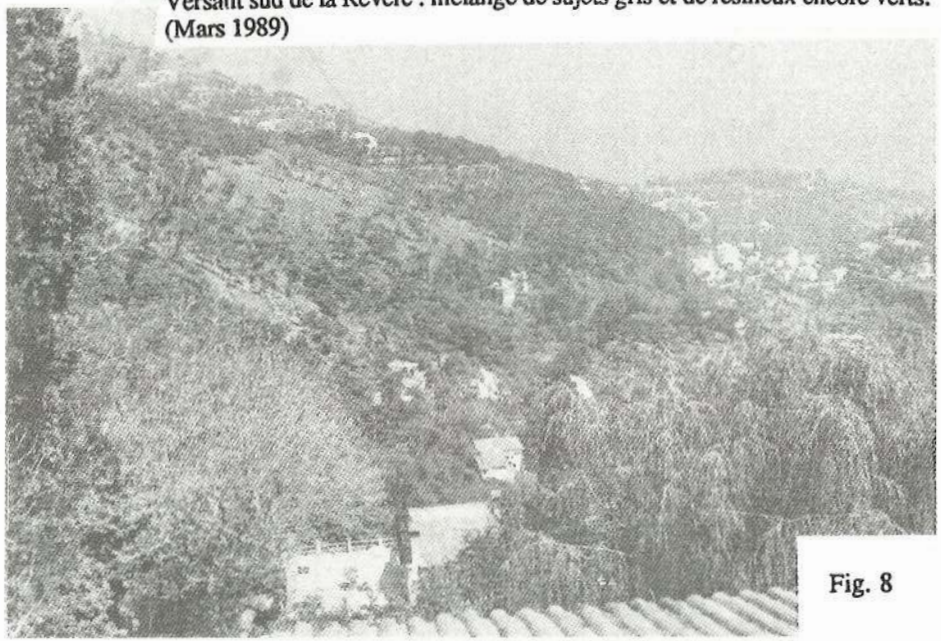


Fig. 8

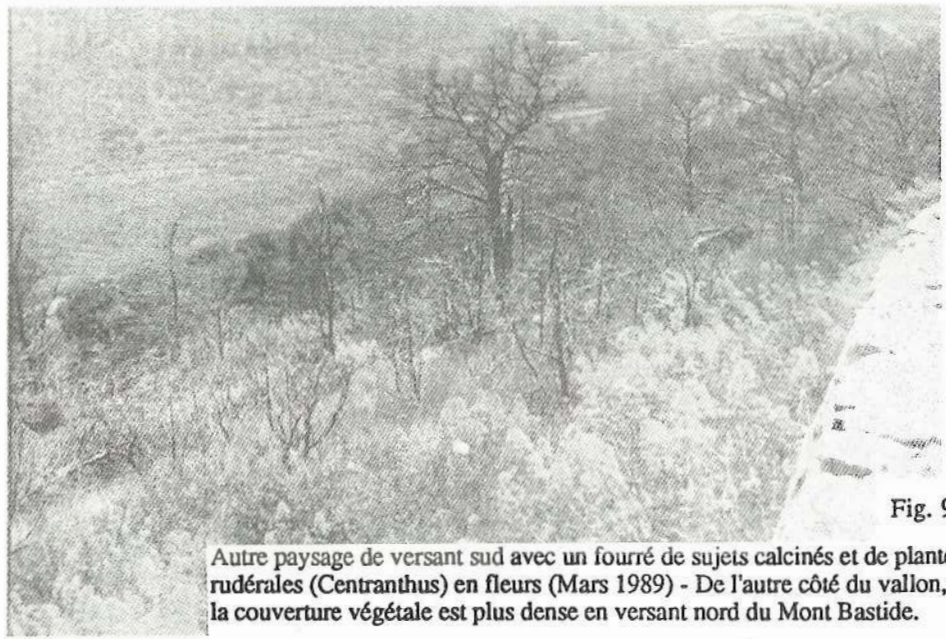


Fig. 9

Autre paysage de versant sud avec un fourré de sujets calcinés et de plantes rudérales (Centranthus) en fleurs (Mars 1989) - De l'autre côté du vallon, la couverture végétale est plus dense en versant nord du Mont Bastide.

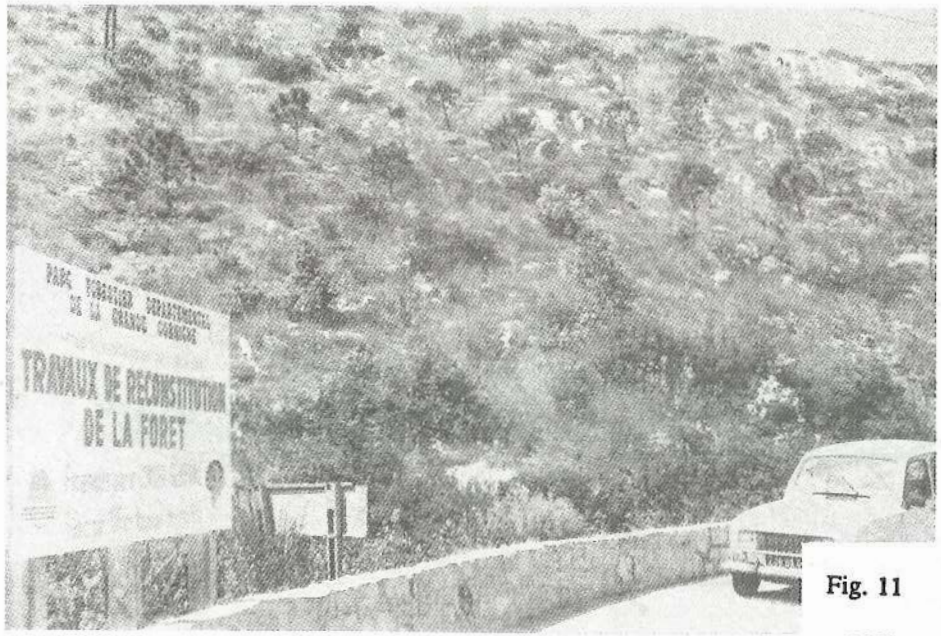


Fig. 11

La plantation de pins noirs en bordure de la route de la Grande Corniche (Mars 1989)

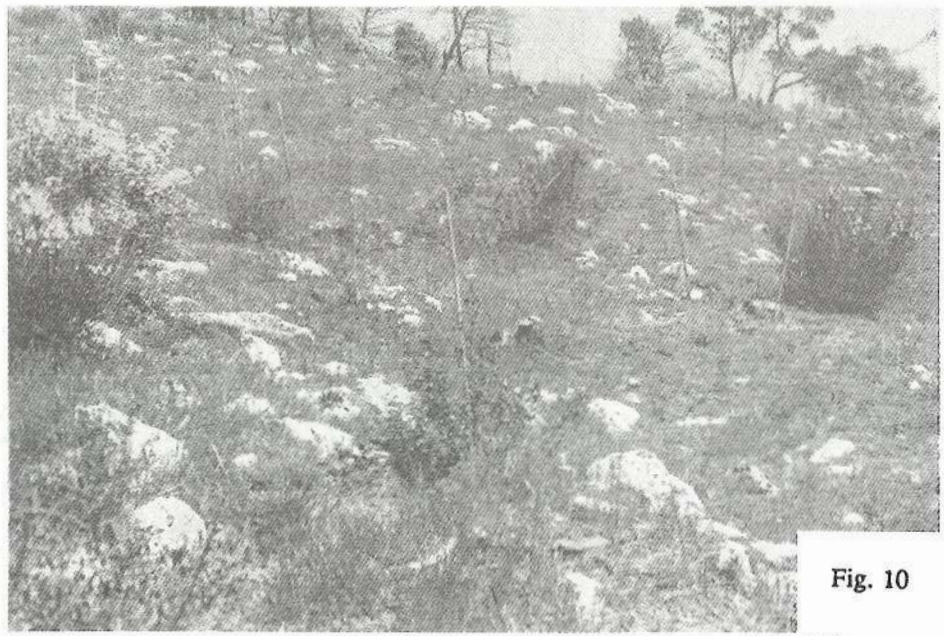


Fig. 10

Aspect des plantations de résineux en Mars 1989 ; les tuteurs marquent des emplacements trop souvent vides.

Une photocopie couleur des documents d'origine peut être obtenue sur demande auprès du Comité Français de Cartographie

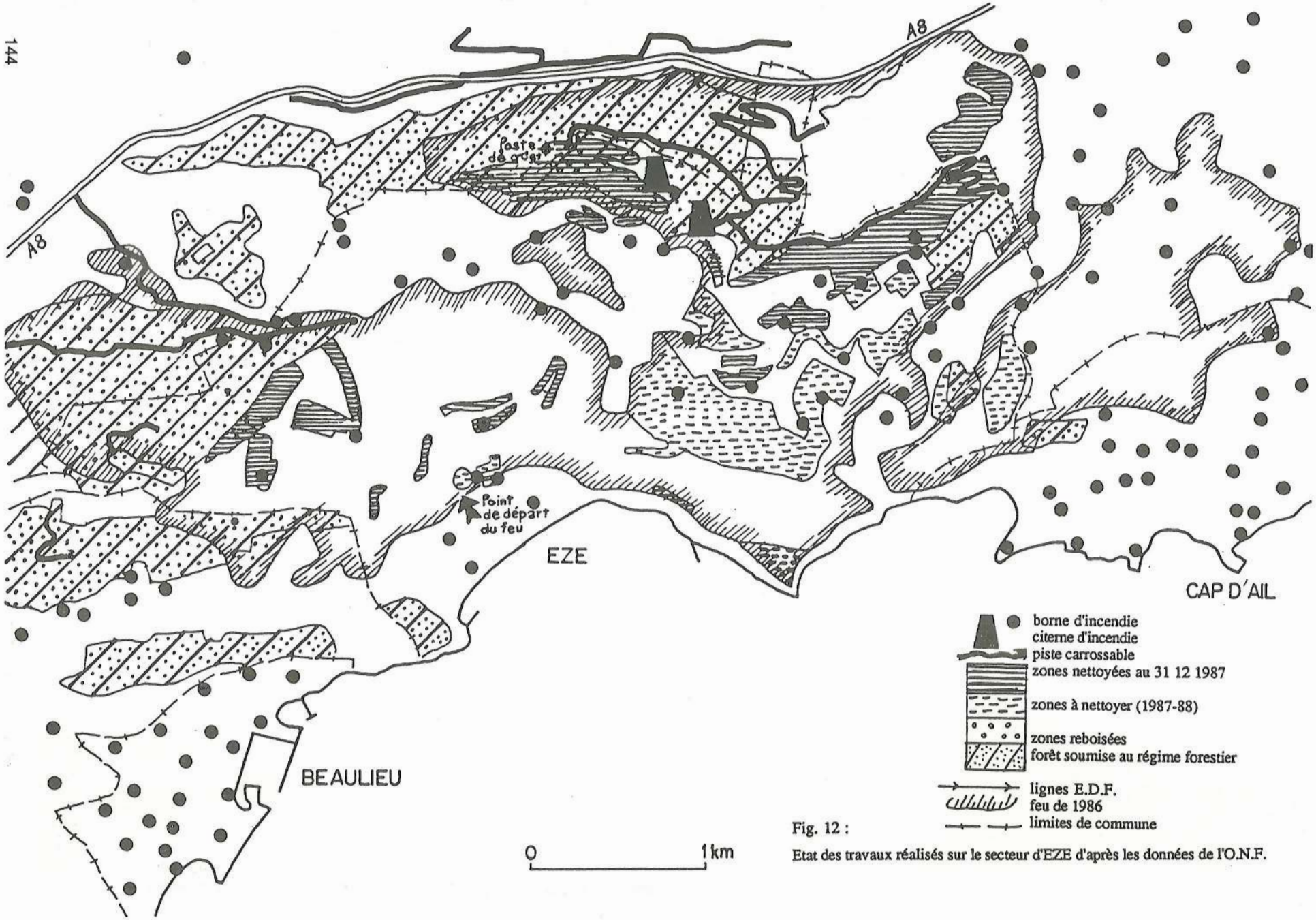
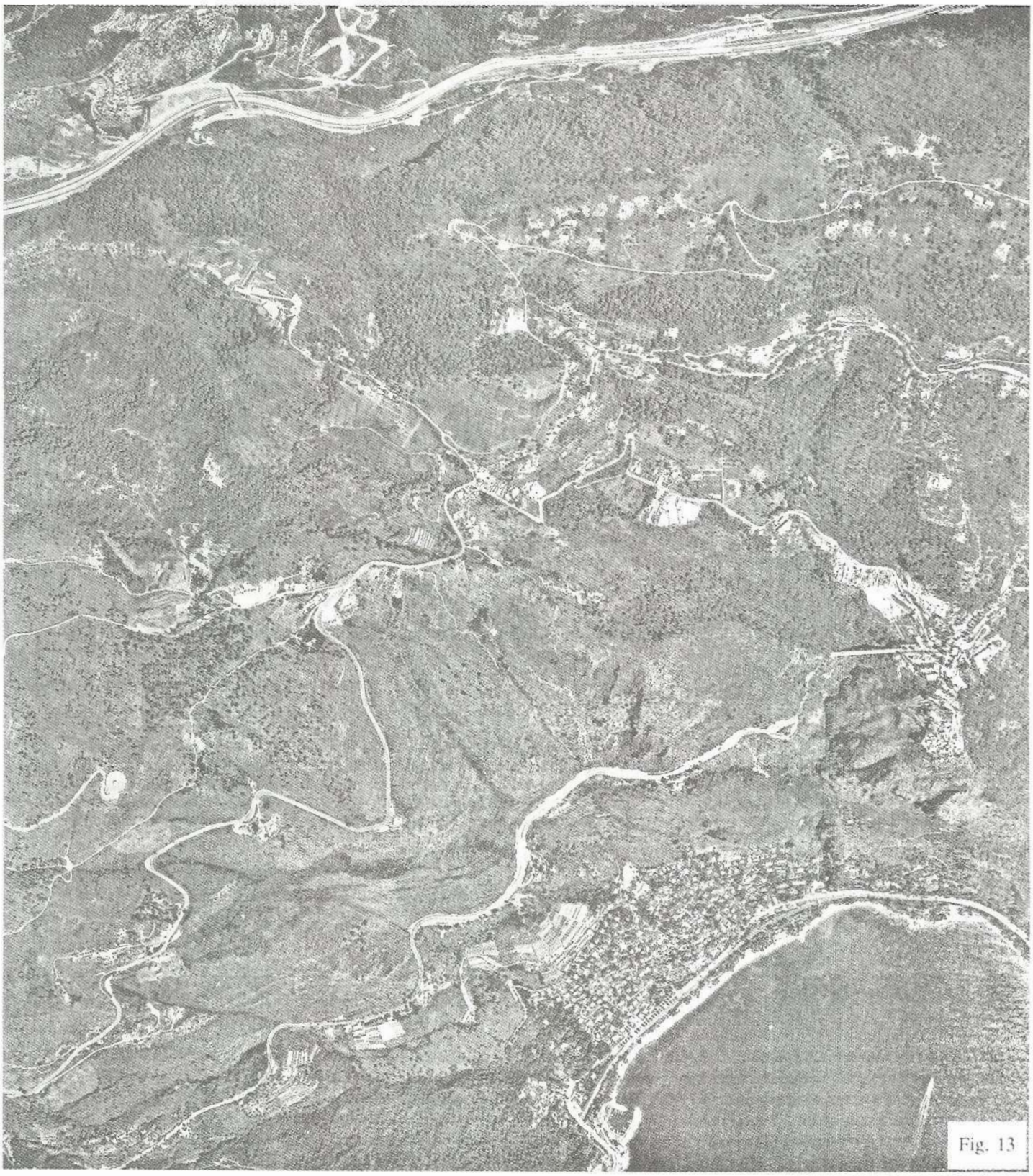


Fig. 12 :

Etat des travaux réalisés sur le secteur d'EZE d'après les données de l'O.N.F.



L'état des lieux avant le feu, d'après la photographie aérienne centrée sur Eze de 1981
(Mission F 81 150 3-23-8, cliché n° 534, émulsion panchromatique, échelle approximative de 1 : 15 000)