

L'EVOLUTION DES ZONES INCENDIEES

Le cas du Massif du Pivora (Alpes-Maritimes)

par Andrée DAGORNE* et Olivier ROUSSEL**

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 années suivantes, les feux furent moins destructeurs : 257 ha brûlés en 1987, 974 ha en 1988, 1 321 ha en 1989, 4 338 ha en 1990, 377 ha en 1991 et 206 ha en 1992. Quel sera le bilan en 1993 ? La vigilance reste de mise et l'on espère tirer le plein profit des programmes de prévision des jours à risques et des travaux de prévention menés sur le terrain.

La journée du 24 juillet 1986 fut particulièrement éprouvante pour les pompiers de la zone des «Paillons» au nord-est de Nice. A peine le feu de Berre-des-Alpes/Bendejun/Contes était-il maîtrisé qu'un autre foyer se développait en soirée sur le Mont Pivora (ou Pivola selon les documents cartographiques), sis sur le territoire des communes de L'Escarène et de Touet-de-L'Escarène. Le bilan de la journée était lourd : **2 238 ha brûlés** dont 55,1 ha sur le secteur de L'Escarène. Bien que ce dernier

feu ne soit pas spatialement très étendu, il est fort regrettable dans la mesure où ces espaces communaux - il s'agit d'une ancienne futaie de Pin mésogéen - , soumis au Régime forestier venaient de faire l'objet de reboisements partiels consécutifs à une exploitation en coupes rases sanitaires de 1979 à 1985 à la suite d'atteintes parasitaires portées par *Matsucoccus feytaudi* et par les incendies (notamment ceux de 1977 et de 1982 où 28 ha avaient brûlé). Le massif marno-calcaire du Pivora occupe une surface totale de 96 ha 85 a dont 69 ha 25 a appartiennent à la forêt communale de L'Escarène (parcelles n° 11, 12, 13 et 14 en

adret essentiellement - et classées dans l'étage mésoméditerranéen -) tandis que les 27 ha 60 a restants appartiennent à la commune de Touet-de-L'Escarène (parcelles n° 9 et 10, en ubac et classées dans l'étage supraméditerranéen héliophile ou sciaphile).

L'incendie de 1986 a laissé le sol presque à nu, détruisant les plantations de Cèdre faites en 1985 avec l'aide du Fonds forestier national. Comment s'est faite la reconquête du milieu après le dernier incendie et quel est l'état des lieux en ce printemps 1993, telles sont les questions auxquelles nous nous efforçons de répondre.

1 - L'évaluation des dégâts et de la reprise de la végétation - l'utilisation de la télédétection aérospatiale*

1-1- L'évaluation des dégâts

• La simple lecture de la composition colorée réalisée à partir des données du scanneur HRV du satellite SPOT 1 (Cf. fig. 1) montre l'extension des dégâts au temps **t zéro** (scène du 23 septembre 1986). Sur ce document, le feu de L'Escarène correspond au triangle bleu localisé au centre-nord de l'extrait d'image. Il s'agit là d'un véritable **document-preuve** faisant ressortir l'ampleur des dégâts. Les éléments du réseau hydrographique n'ont pas servi de

coupe-combustible et la ligne jalonnée de rouge au centre de la masse bleue correspond à la zone de constructions de Berre-les-Alpes où se sont portés les efforts

* Laboratoire d'Analyse Spatiale «R. Blanchard», 98 Bd Edouard Herriot BP 209 06240 Nice cedex 3 Tél : 93 37 54 64 Fax : 93 37 53 58

** Groupe technique de l'Office National des Forêts, L'Escarène Service départemental - 18 avenue Gay 06000 Nice Tél : 93185151

* La première partie de cette note est, en partie, incluse dans un rapport réalisé pour le Ministère de l'Environnement avec A. Dauphiné et M. Lenco (1990). Les figures 1, 2 et 4, en couleurs dans le texte original, sont ici reproduites en noir et blanc. Les documents originaux sont consultables auprès de Forêt Méditerranéenne et des Auteurs.

des pompiers ; malgré cela, quelques maisons ont beaucoup souffert du passage du feu.

• A plus grande échelle, les clichés aériens à l'échelle de 1 : 12 500 en émulsion Infra Rouge Couleurs demeurent complémentaires pour affiner la carte des dégâts. C'est à l'aide de ces documents qu'a été élaborée la carte de la fig. 2. Ce document à 1 : 10 000 offre une cartographie plus précise des zones brûlées : la colline du Brec et tout le versant nord du Mont Pivora ont été parcourus par le feu en 1986. A cette échelle - échelle de l'aménageur forestier -, il est possible d'intégrer grâce à la couleur, des informations issues d'autres sources (cadastre et missions aériennes plus anciennes) afin de mettre en place les parcelles foncières et les anciennes terrasses de culture, en vue du réaménagement des terrains brûlés. Sur cette carte, ont aussi été portées, pour mémoire, les limites du feu de 1982.

1-2- La reprise de l'activité végétale

Cette reprise peut être appréhendée grâce aux images-satellite (en mode analogique et/ou numérique) et aux photographies aériennes ; deux aspects sont à envisager : la reprise de la végétation spontanée et le suivi des reboisements.

1-2-1 - A l'aide des images satellitales

• **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 n'a pas été utilisable pour le secteur de l'Escarène. En effet, sur cette image de janvier, les ombres

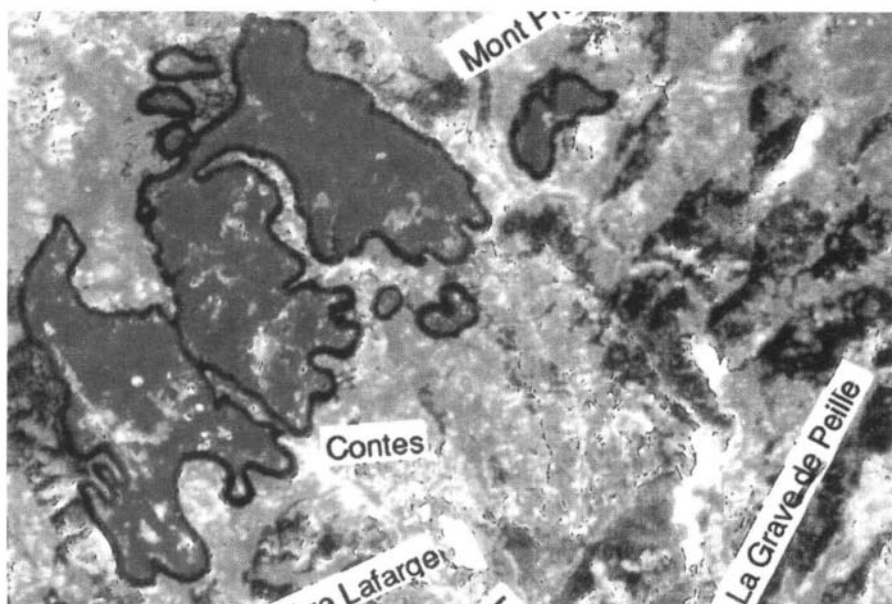


Fig. 1 : Le feu de Contes-L'Escarène sur une composition colorée (ici reproduite en noir et blanc) réalisée avec les trois bandes SPOT du 23 09 1986 (commercialisation Science-Image). Sur cette image, les zones brûlées ressortent en bleu-vert - zone entourée de noir - comme sur les clichés IRC ; les carrières sont en blanc tandis que la végétation non touchée par le feu reste en rouge. *

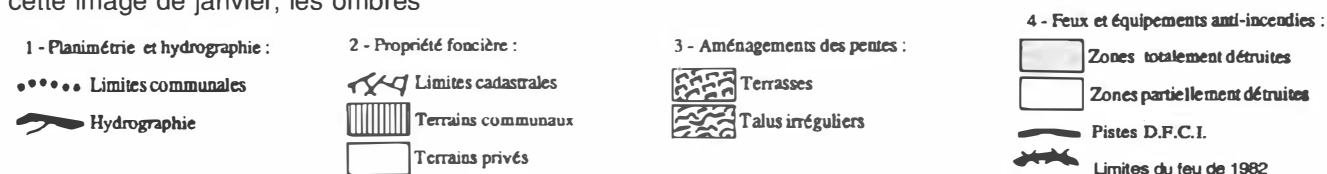
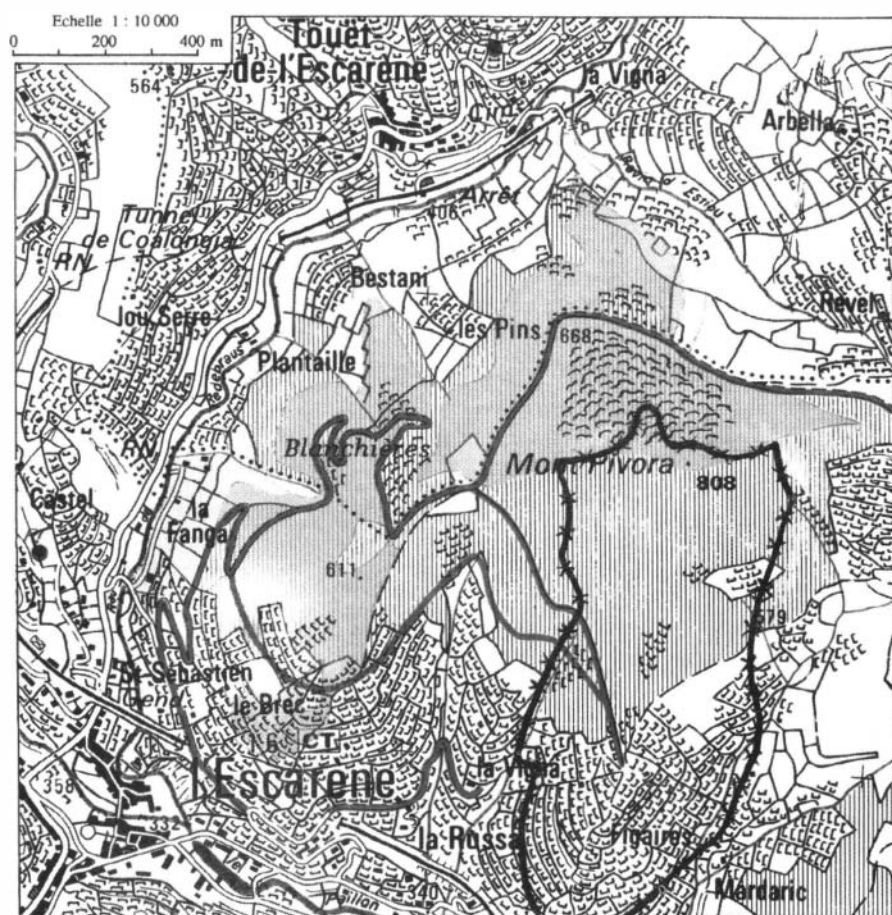


Fig. 2 : Milieux naturels et/ou aménagés parcourus par le feu, la zone de l'Escarène : incendie du 24 juillet 1986. *

couvrent une partie des vallons interdisant de connaître l'état des lieux sur les versants nord. Pour le secteur de Contes, l'image donne une bonne idée des différences de reprise d'activité végétale à **t+3**, c'est-à-dire en 1989, les différences étant très fortement corrélées avec les types de substratums.

• **En mode numérique, l'indice d'activité végétale IV** a été calculé à partir des valeurs de luminance des canaux 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 opérant sur microsystème informatique (IBM-PC)¹. La formule de cet indice est ainsi établie (voir encadré ci-dessus).

Ainsi, en ajoutant 1 au quotient, les valeurs négatives sont éliminées et les données sont étalées entre 0 et 256 en multipliant le résultat par 128. Cet indice est «*en étroite corrélation avec la quantité de végétation ayant une activité de photosynthèse donc avec la phytomasse*» ; cet indice est traditionnellement considéré comme «*un bon indice pour caractériser la qualité des milieux naturels, la valeur du cadre de vie et des paysages*» (Lenco, 1988). L'histogramme de ce canal «*Végétation*» (Cf. fig. 3) est bimodal avec un pic autour des valeurs de 85 (il s'agit des pixels² correspondants au domaine maritime - et un masque permettrait de les éliminer le cas échéant en seuillant à la valeur 100 - , le fichier de 767 lignes x 768 colonnes s'étend vers le sud jusqu'à la mer) et un second avec un maximum de fréquence autour de 155. La partition de cet espace de mesures tient compte de la configuration de l'histogramme des fréquences ou utilise les **équiclasses** (classes d'égale ampli-

1 - Ce traitement informatique a été réalisé au Lycée du Parc Impérial de Nice avec l'Equipe «Télédétection» de G. Escleyne, L. Guéron et L. Baudoin.

2 - N.d.e. **pixel** : la plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée par un système informatique et pouvant être transmise.

$$IV = [(XS3-XS2)/(XS3+XS2) +1] \cdot [128]$$

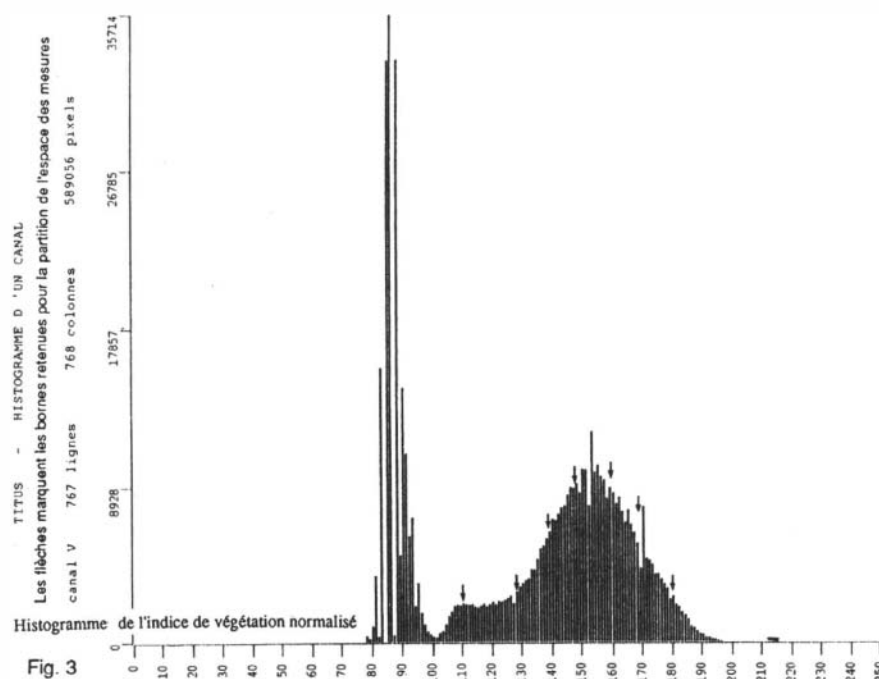


Fig. 3 : Histogramme des fréquences de l'Indice d'Activité Végétale IV

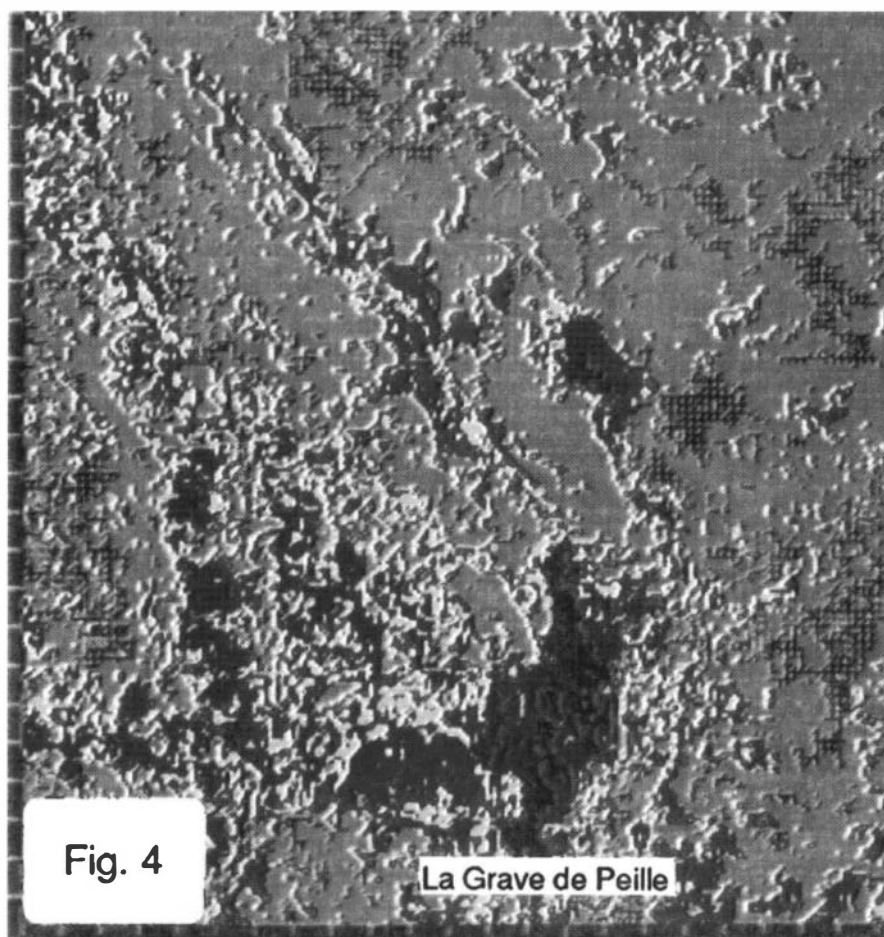


Fig. 4 : Répartition spatiale des valeurs de l'Indice d'Activité Végétale IV. *

tude) quand l'histogramme est régulier. Ainsi, la première classe est-elle "bornée" à 110 et non à 100 pour englober le milieu marin et les zones très réfléchives comme les carrières de La Grave de Peille (Cf. fig. 4). Le palier de la courbe entre 110 et 130 nous a fait choisir la seconde borne à 130 et ensuite, les classes ont une égale amplitude. Sur l'ensemble du fichier dont seule, une partie est affichée à l'échelle de 1 : 50 000, la couleur et les limites de chaque classe, sont les suivantes:

- en noir, la classe 1, de 001 à 110
- en bleu foncé, la classe 2, de 111 à 130
- en bleu clair, la classe 3, de 131 à 140
- en gris, la classe 4, de 141 à 150
- en jaune, la classe 5, de 151 à 160
- en orangé, la classe 6, de 161 à 170
- en marron-rouge, la classe 7, de 171 à 180
- en magenta, la classe 8, plus de 181

Le choix du *diapason* coloré repose sur l'utilisation de couleurs de moins en moins froides - du noir au bleu clair - allant vers des couleurs de plus en plus chaudes - de plus en plus rouges - pour signifier l'intensité de l'activité végétale. Le document résultant - on peut parler d'*info-carte* compte-tenu du mode de fabrication - (Cf. fig. 4) à 1 : 50 000 peut être comparé à la figure 1. On pourra constater qu'à l'emplacement du feu de 1986, et à t+3 (1989), le bleu (classe 3, IV = 135, en moyenne) domine. L'indice d'activité végétale atteint parfois des valeurs plus fortes notamment en versant nord (avec du jaune de la classe 4) ou dans des parcelles qui avaient été peu touchées lors du feu de 1986. Pour les zones non touchées par le feu, on notera que les valeurs ne dépassent pas 190 alors que, théoriquement, on peut aller jusqu'à 256 ! Globalement, les valeurs de l'indice IV sont plus faibles que celles obtenues dans le massif de Tanneron où les substratums sont siliceux ; ici, sur les calcaires marneux du Crétacé, en versant nord, le tapis végétal bas est

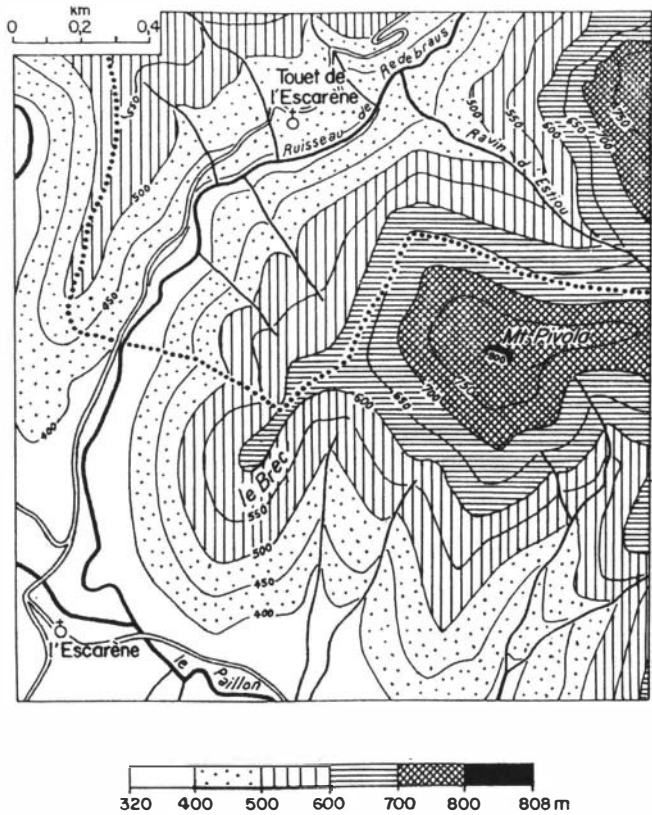


Fig. 5a : Schéma hypsométrique du Massif du Pivora

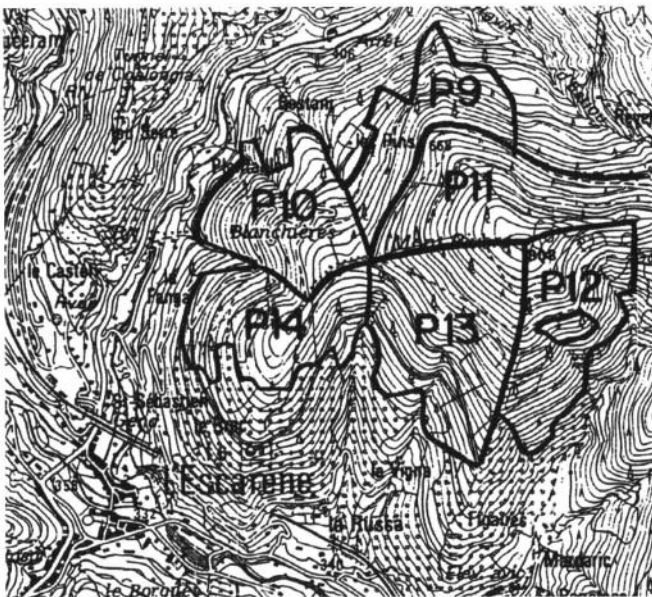


Fig. 5b : Les parcelles forestières étudiées (communes de L'Escarène, n° 11, 12, 13 et 14 et de Touet-de-L'Escarène, n° 9 et 10)

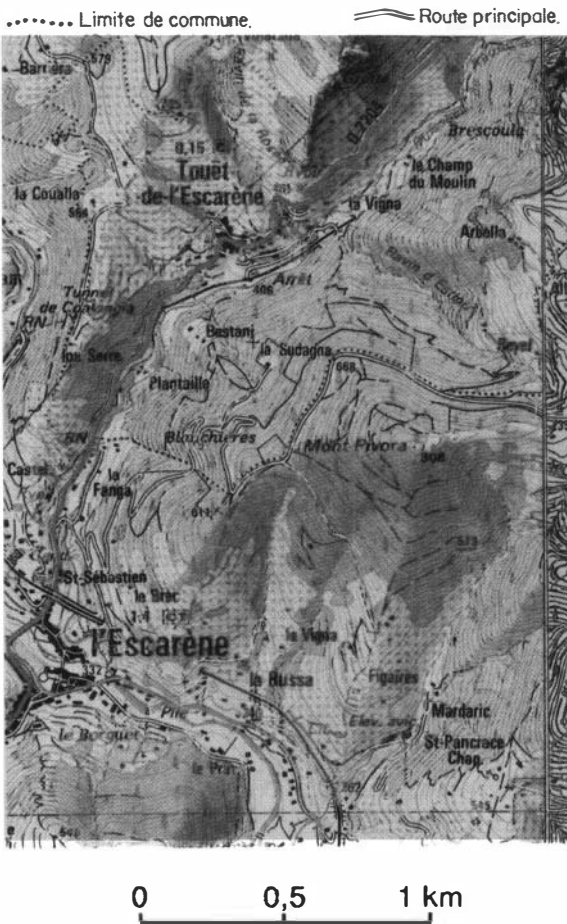


Fig. 6 : Extrait de la carte topographique de l'I.G.N. à 1 : 25 000, feuille de Contes n° 3742 W. *

relativement continu (versant nord du Mont Pivora) ; par contre, en exposition sud, le couvert végétal est beaucoup plus discontinu, d'où l'extension des taches bleues. Les surfaces noires, particulièrement réfléchies sur cette carte correspondent aux carrières de Peille. Le lecteur pourra compléter cette infocarte matricielle (à structure maillée) avec les données vectorielles des cartes topographiques et forestières qui fournissent l'hypsométrie, la toponymie et les limites des parcelles forestières (Cf. fig. 5 a et b et 6). Un masque des limites des forêts communales des deux communes soumises au Régime Forestier pourrait aussi être intégré à l'image-satellite de manière à connaître de façon précise les surfaces de chaque classe. Les calculs des surfaces sont l'un des gros avantages des traitements numériques ; n'oublions pas, cependant, la résolution du pixel SPOT 20 x 20 m en mode multispectral ou, en mode panchromatique, 10 x 10 m.

1-2-2 - Les clichés aériens en couleurs de 1988 (Cf. fig. 7b) fournissent des renseignements complémentaires sur la texture de la végétation, l'état des pistes de Défense des Forêts Contre l'Incendie (l'une d'entre elles a été bien élargie). L'observation du cliché plus ancien de 1983 (Cf. fig. 7a) offre une visualisation des massifs

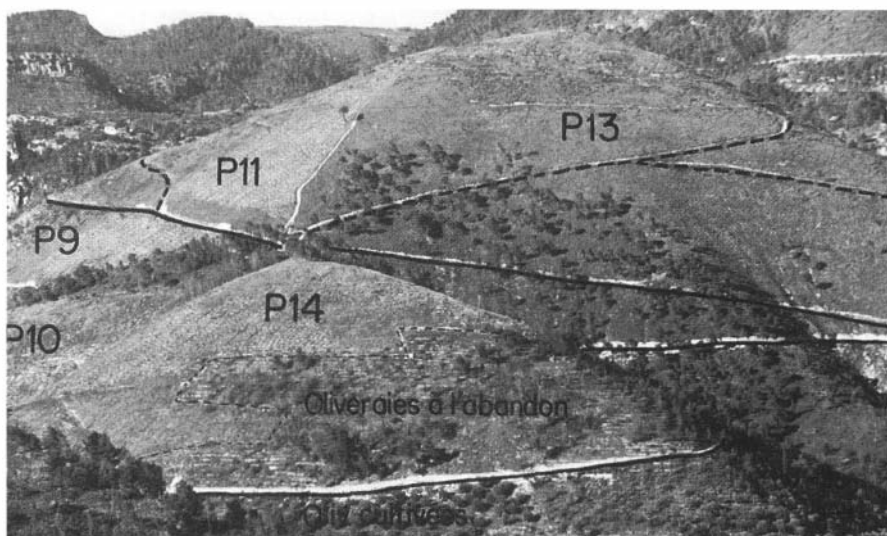


Photo 1 : Les massifs du Pivora et du Brec piquetés à la pelle-araignée. Les parcelles sont numérotées
Photo O. Roussel

———— Piste forestière - - - - - Traine de débardage

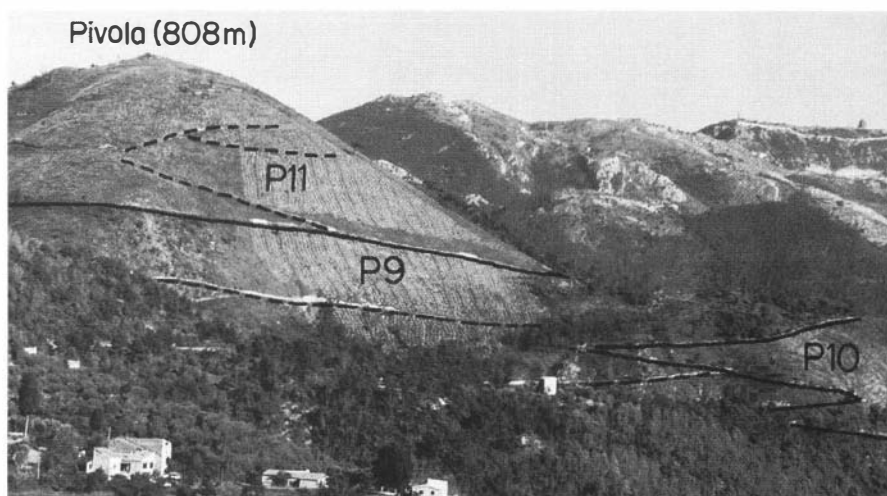


Photo 2 : Autre aspect des parcelles travaillées mécaniquement à la pelle araignée
Photo O. Roussel

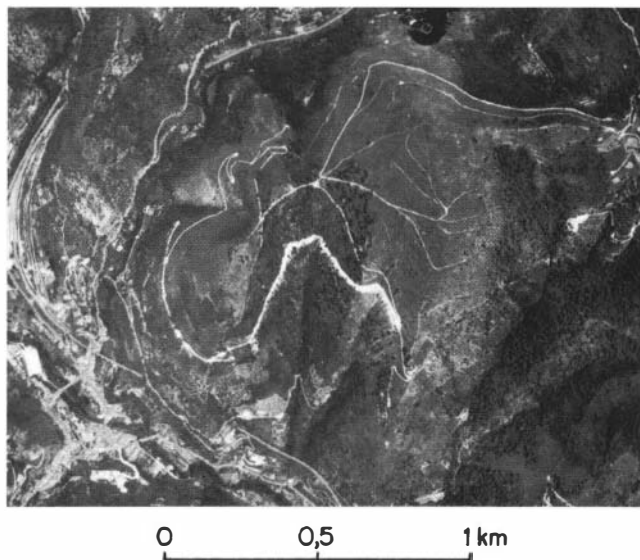
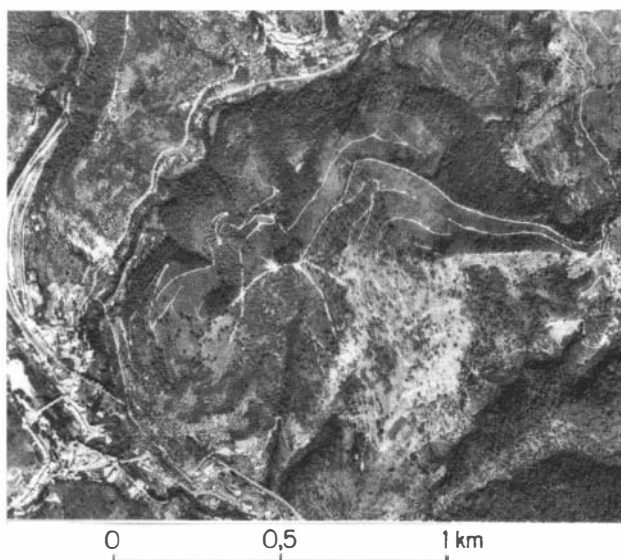


Fig. 7a et b : L'état du Massif du Pivora (Pivora et Brec) d'après les clichés aériens de 1983 (Mission IFN 06-83-08/170, émulsion N/B panchromatique, cliché n° 0253 à 1 : 17 000) et de 1988 (Mission FD 06-200, en couleurs, cliché n° 181, échelle de 1 : 20 000) Documents I.G.N. *

du Brec et du Pivora avant le feu de 1986 ; on notera que cette image porte encore les stigmates du feu de septembre 1982 qui avait détruit le versant sud du Pivora (zone plus claire) ; la couverture arborée est loin d'être continue sur ces massifs soumis au Régime Forestier. Enfin, l'aspect pelé des monts Brec et Pivora photographiés en 1989 (Cf. photos 1 et 2) ne peut qu'interpeller les responsables et les usagers de l'espace. La reconstitution des paysages méditerranéens est lente sur des substratums à dominante cal-

caire, raison de plus pour affiner la prévision des jours à risque sévère ou très sévère et mener des campagnes de Prévention des Forêts Contre l'Incendie dans les zones comportant des risques potentiels eu égard à la combustibilité de la végétation, la pente, l'exposition, l'habitat diffus....

Combiner les caractéristiques de la végétation, de l'espace-support (avec la BD-Carto ou la BD-Topo de l'Institut Géographique National), du milieu humain (routes, habitat) en

pondérant l'importance de chaque paramètre, conduit à souhaiter la mise en place de **Systèmes d'Information Géographique**. Sur micro-systèmes informatiques, les logiciels fonctionnent soit en mode raster (maillé) soit en mode vectoriel. Aussi, d'une manière très pragmatique, on peut se contenter d'intégrer manuellement l'*infocarte* matricielle obtenue à l'échelle de 1 : 50 000 avec un transparent de la carte topographique, ce qui fournit un document cartographique - une *iconocarte* - d'un nouveau style.

2 - Les reboisements réalisés depuis 1986 (état du printemps 1993)

La carte de la figure 8 se veut une synthèse des travaux forestiers réalisés depuis 1986, que les travaux aient été faits en mode manuel avec des bénévoles ou des ouvriers forestiers ou à l'aide de la pelle-araignée (Cf. photos 3 et 4) pour la forêt communale de l'Escarène et celle de Touet-de-L'Escarène.

Fig. 8 : L'état des travaux forestiers réalisés depuis 1986 sur les massifs du Pivora et du Brec. (Communes de L'Escarène et de Touet-de-L'Escarène)

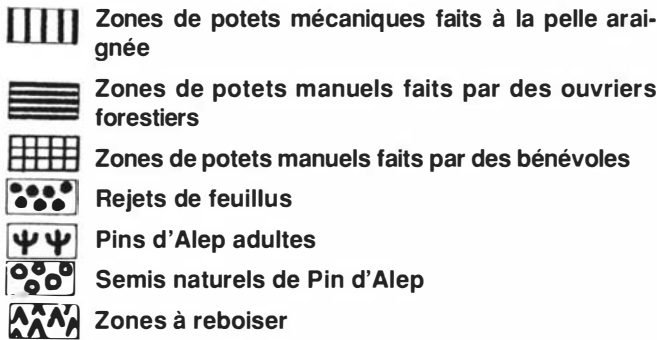


Photo 3 : La pelle araignée opérant en pente descendante
Photo O. Roussel



Photo 4 : La pelle araignée opérant en pente montante. Noter la vigueur des pentes
Photo A. Dagorne

2-1- La forêt communale de L'Escarène

27,5 ha ont brûlé lors de l'incendie du 24 juillet 1986 et 28 ha avaient été détruits le 12 septembre 1982. Les limites des deux feux se recoupent légèrement (3 ha).

• **Sur le secteur parcouru par le feu de 1986**, l'état actuel de la végétation est le résultat de la *réaction naturelle du milieu* avec rejets de souche (Chêne pubescent, Erable à feuilles d'Obier, Ostrya) et rares semis naturels de Pin d'Alep, *des plantations de bénévoles scolaires* à caractère pédagogique, *de plantations manuelles faites par l'Office national des forêts* en 1988 (Rotary), *de reboisements O.N.F. avec travail mécanique du sol par potets individuels à la pelle araignée* au printemps 1989 (crédits du Programme Intégré Méditerranéen 1987) - très visibles sur les clichés 1, 2 et 3 - au printemps 1993 (crédits P.I.M., 1991), *des reboisements O.N.F./Scolaires/Agéfond* du printemps 1992 après travail du sol à la pelle araignée, *des travaux de regarnissage* faits par l'O.N.F. à l'automne 1992 et au printemps 1993, l'ensemble portant sur les parcelles forestières n° 11 et 14. (Voir encadré ci-contre).



Photo 5 : L'état des cèdres plantés à l'automne 1986.

Noter la concurrence des plantes herbacées. Photo A. Dagnone

3 - N.d.e. **phénotypique** : relatif aux propriétés structurales et fonctionnelles observables chez un organisme.

L'état des lieux au printemps 1993 pour le secteur détruit en 1986 (27,5 ha) est le suivant :

- Il existe des *rejets de feuillus* sur les versants nord et ouest des parcelles n° 11 et 14 en quantité suffisante pour couvrir environ **8 ha**. Ces feuillus installés à la faveur du peuplement préexistant de Pin maritime mésogéen, ont vigoureusement rejeté après le passage de l'incendie. Ils se développent en pleine lumière et doivent faire prochainement l'objet de travaux d'amélioration : sélection de tiges et élagages.
- Des *plants de Cèdre et de Pin pignon* ont été installés par les élèves et les parents d'élèves du groupe scolaire de L'Escarène à l'automne 1986 sur potets manuels. Ces plants ont bénéficié de l'apport nutritif des cendres de l'incendie et de l'absence initiale de concurrence herbacée ainsi que de chutes de pluies hivernales favorables (248 mm durant les trois mois de décembre 1986, janvier et février 1987). Cette surface d'environ **3 ha** concernant la parcelle n° 14 présente aujourd'hui des sujets dont la hauteur varie entre 1 m et 2,50 m. Il serait souhaitable de diminuer la concurrence des graminées (Cf. photo 5) et des genêts (*Spartium junceum*) ; cette action a été entreprise par un centre d'aide par le travail sous contrôle de l'O.N.F.
- Des *plants de Pin de Salzman, de Cèdre, de Frêne à fleurs* ont été mis en terre sur des potets manuels au printemps 1988 dans la parcelle n° 14 par des ouvriers forestiers sylviculteurs de l'O.N.F. (**1 ha**). Les cèdres ont eu de mauvais résultats tandis que les pins de Salzman ont eu une bonne croissance. A la place des cèdres et des feuillus, ont été plantés des Pins d'Alep. A l'exception des sujets de Pin de Salzman, les autres plants ne dépassent pas la strate herbacée. L'ensemble de la plantation a souffert de l'exposition sud de la parcelle et d'un sol assez compact. De plus, les «*ombrières*» niçoises en canisses ont favorisé le développement des plantes herbacées autour des plants trop ombragés.
- Au printemps 1989 ont été installés sur environ **11,3 ha** (2ha dans la parcelle n° 14; 8,2 ha dans la parcelle n° 11; 0,5 ha dans la parcelle n° 12 et 0,6 ha dans la parcelle n° 13) après travail mécanique du sol à la pelle-araignée, *des plants de Pin de Salzman, de Cèdre de l'Atlas, d'Ostrya, d'Aulne à feuilles en cœur, d'Erable à feuilles d'obier*. Le taux de reprise de ces plants est très bon sauf pour l'Aulne bien que certains sujets soient très beaux. Par contre, la croissance est insuffisante sauf pour le Pin de Salzman le mieux à sa place compte-tenu du sol et de l'exposition. La bonne reprise s'explique par les conditions favorables de l'installation :

- le travail mécanique du sol par potets individuels au godet de 60,
- les pluies d'Avril 1989 bien emmagasinées par les potets : 222,5 mm en un mois.

La faible croissance est liée à la pauvreté du sol et surtout à la forte sécheresse estivale qui a suivi jusqu'à l'automne 1991 (soit pendant les trois dernières années) et attestées par les chiffres ci-dessous enregistrés par le poste météorologique de L'Escarène situé à la cote 384 m :

Moyenne	Précipitations annuelles	juin-juillet et août
81/90	757,4 mm	101,5 mm
1989	547 mm	19,5 mm
1990	564 mm	43 mm
1991	799 mm	30,5 mm
1992	895 mm	199 mm

Les bonnes conditions pluviométriques de l'année 1992 ainsi que des travaux de regarnissage réalisés aux printemps de 1992 et 1993 (mise en place sur 54 % des cèdres et 55 % des feuillus, de Pin de Salzman dans la parcelle n° 11 et de Pin d'Alep dans la parcelle n° 14) permettent de penser que l'avenir de ces plants est assuré. Cependant, il serait utile de procéder à un élagage des rameaux latéraux les plus bas, sur les sujets d'Ostrya et de Pin de Salzman afin d'accélérer la croissance en hauteur et d'améliorer leur port futur. En effet, les sujets de Pin de Salzman ont développé des rameaux latéraux en chandelier (tendance phénotypique³ accentuée par un démarrage difficile) tandis que les sujets d'Ostrya qui avaient été préventivement rabattus avant plantation ont un aspect de petit buisson d'où émerge une pousse terminale dominante pouvant atteindre 1 mètre de haut. On notera l'aspect piqueté des versants du Pivora à la suite des campagnes faites à la pelle-araignée (Cf. photos 1 et 2)

- Des plants de *Pinus brutia* et *Pinus eldarica* ont été installés au printemps 1992 par les élèves du groupe scolaire de L'Escarène sur potets mécaniques individuels (surface traitée : **1 ha** dans la parcelle n° 14). Ces plants ont bien démarré et ne souffrent pas de la concurrence herbacée grâce au travail mécanique réalisé et à la moindre dynamique de la couverture herbacée dans cette partie de la parcelle.

- Enfin, des plants de Pin noir d'Autriche ont été installés au printemps 1993 (sur crédits du P.I.M. 1991) après travail mécanique du sol à la pelle araignée en exposition nord et nord-ouest sur la parcelle n° 11 (surface traitée : 3,2 ha). Cette essence bien adaptée aux stations de type supra méditerranéen sciophile devrait donner un beau peuplement (rectitude des fûts et couvert sombre).

• **La zone parcourue uniquement par le feu du 12 septembre 1982 (25 ha).**

Dans cette partie sud du Pivora, l'état de la végétation résulte de *l'exploitation des sujets de pin d'Alep calcinés*, de la *colonisation naturelle par les plantes herbacées*, les semi-ligneux et des semis de Pin d'Alep en taches assez denses, de la *plantation expérimentale de sujets de Pin laricio* de Calabre installés au printemps de 1990 avec deux types d'ombrières, du *reboisement en cours* dans le cadre du P.I.M. 1991 effectué au printemps 1993. (Voir encadré ci-contre).

Bilan général : 32,5 ha traités pour L'Escarène et certains espaces ont été parcourus deux fois pour être regarnis....

2-2- La forêt communale de Touet-de-L'Escarène

Cette forêt n'a été touchée que par le feu du 24 juillet 1986 (27,6 ha détruits).

Voir l'état des lieux au printemps 1993 dans l'encadré ci-contre.

Bilan général : 6,5 ha traités de manière différente pour la forêt de Touet-de-L'Escarène.

L'analyse de l'ensemble des travaux forestiers réalisés sur ce territoire de l'arrière pays niçois permet de faire un bilan et de tirer quelques conclusions:

1- Le bilan des travaux forestiers réalisés (état 1993) sur les terrains parcourus par les feux de 1982 et de 1986 peut ainsi s'énoncer :

• **Feu du 24 juillet 1986** (55,1 ha détruits dont 27,5 ha sur L'Escarène et 27,6 ha sur Touet-de-L'Escarène)

• **Forêt communale de L'Escarène:** 19,5 ha de reboisements installés et 8 ha de rejets de feuillus

• **Forêt communale de Touet-de-L'Escarène :** 6,5 ha de reboisements installés, 10 ha à réaliser; 11,1 ha de terrains inaccessibles comportent des rejets de feuillus, des sujets de Pin maritime dépéris-

Au printemps 1993, l'état des lieux est le suivant :

- Il existe des taches assez denses de semis naturels de Pin d'Alep sur lesquelles il conviendrait de faire un élagage au tiers inférieur de la hauteur ainsi qu'un dépressage.
- Des bouquets de pin d'Alep qui ont survécu au feu, se portent bien.
- Des plantations de Pin laricio de Calabre ont été faites avec tests portant sur deux types d'ombrières, les ombrières Samex et les ombrières dites «niçoises» en canisse à tissage lâche et témoins sans ombrières. Les premiers résultats de cette étude menée par le Service Interrégional de l'Office national des forêts d'Avignon en accord avec la commune de L'Escarène et le service local indiquent que les protections individuelles de plants jouent globalement un rôle favorable sur la croissance du Pin Laricio et quelle que soit l'ombrière retenue. Après deux ans de mise en terre, les plants protégés ont globalement une survie dépassant de 8 % celle des plants-témoins. Un gain de survie de 8 % est déjà significatif pour le gestionnaire. Le gain de croissance en hauteur est sur deux années de 4 cm : c'est peu mais cela correspond à 50 % de l'accroissement en hauteur des témoins. Ces plants avaient en janvier 1991 une hauteur moyenne de 23 cm, tous types confondus. En raison de l'exposition trop chaude du site pour cette essence d'une part et à cause de la sécheresse de l'été 1990 s'ajoutant à celle de 1989, le taux de mortalité est de 40,6 %. Il a donc été nécessaire de regarnir certains potets à l'automne 1992 avec du pin d'Alep. La surface ainsi traitée couvre **1,5 ha** répartis entre les parcelles n° 12 et 13.
- Enfin, des sujets de pin d'Alep ont aussi été installés au printemps 1993 après travail mécanique du sol à la pelle-araignée (P.I.M., 1991) sur une surface de 11,5 ha. Ces plants devraient donner une belle futaie de Pin d'Alep et compléter ainsi les bouquets de rescapés du feu précédent et la régénération naturelle.

Au printemps 1993, l'état des lieux est le suivant :

- Dès l'automne 1986, des plants de Cèdre de l'Atlas avaient été installés sur potets manuels par l'Office national des forêts dans le cadre d'une opération de reconstitution forestière bénéficiant d'un bon de subvention du Fonds forestier national pour **1 ha**. Ces plants, répartis sur les parcelles n° 9 et 10, ont bénéficié de l'apport nutritif des cendres de l'incendie et de l'absence initiale de concurrence végétale. Ils ont bien démarré mais auraient besoin d'être dégagés de la végétation concurrente (graminées sur la parcelle n° 10, ronces et genêts sur la parcelle n° 9).
- Des plants de Cèdre de l'Atlas, de Pin laricio de Corse, de Sapin de Céphalonie, de Pin de Salzmann, de Châtaignier, de Frêne à fleurs ont été installés à la pioche par les élèves du groupe scolaire de L'Escarène aux printemps 1987 et 1988 sur une surface d'**1 ha** de la parcelle n° 10. Ces plants ont bien démarré ; les résineux sont les plus hauts mais les feuillus se défendent bien car le sol acide est très favorable (conglomérat et grès). Les rejets feuillus (Erable à feuilles d'obier et Ostrya) sont très vigoureux. Cependant, il serait souhaitable de réduire la concurrence herbacée.
- Des plants de Cèdre de l'Atlas et de Châtaignier, installés par des ouvriers forestiers sur potets manuels en janvier 1989, ont donné de moins bons résultats à cause, vraisemblablement, de la sécheresse qui a suivi leur installation jusqu'à l'automne 1991 et de la concurrence herbacée. Il sera nécessaire de compléter cette plantation qui porte sur **1 ha** de la parcelle n° 10.
- Des plants de Pin de Salzmann, de Pin noir d'Autriche, d'Aulne à feuilles en cœur, de Robinier, mis en place dans la parcelle n° 9 sur potets mécaniques à la pelle araignée au printemps de 1989 (dans le cadre du P.I.M. 1987), ont donné de bons résultats ; des variations existent selon la profondeur et la qualité du sol meilleure dans la partie sud de la parcelle. Ces plants souffrent de la concurrence des ronces et des genêts. Malgré l'installation de dalles de paillage "*isoplant*" en fibre de bois aggloméré pour un millier d'entre eux, il est indispensable de procéder à un dégagement sur le tiers de la surface qui est de **3,5 ha**.

sants, quelques bouquets de Pin d'Alep adultes et des affleurements rocheux.

• **Feu du 12 septembre 1982** (28 ha détruits sur L'Escarène et les 3 ha de nouveau parcourus par le feu de 1986 ont été pris en compte précédemment).

Sur les 25 ha restant, 13 ha de reboisements ont été installés, 1,5 ha de reboisements sont à installer ; on note 1,5 ha de semis naturels par taches dispersées et il reste 9 ha de garrigues à Romarin, Genêt cendré qui évoluent de manière naturelle en raison de la pente, du relief et de la difficulté d'accès.

2- Il est souhaitable d'intervenir très vite après le passage du feu pour bénéficier de l'apport nutritif des cendres et surtout de l'absence de couverture végétale concurrente. La croissance initiale et le taux de reprise des plantations installées à l'automne 1986 le démontrent nettement. Mais pour faire vite et bien, il faut pouvoir mobiliser toute la compétence et la disponibilité des personnes encadrant les bonnes volontés qui proposent leurs bras après un incendie. Les actions bénévoles, qu'elles soient pédagogiques ou médiatiques, doivent s'intégrer dans un projet de reboisement en phase avec le plan d'aménagement du massif forestier et intervenir après le travail mécanique du sol. Le plan d'aménagement forestier (qui vient d'être publié pour la forêt communale de L'Escarène) cherche à rationaliser les plantations et leur suivi (choix des espèces les plus appropriées, travail du sol pour assurer un bon démarrage et une bonne croissance initiale, entretien des plantations : débroussaillage, élagage, dégagement. Ces plans s'étalent sur plusieurs années, aussi les interventions rapides sont-elles le plus souvent le fait du bénévolat et/ou du sponsoring.

3- Les sols développés sur les roches marno-calcaires du massif du Pivola présentent une faible dynamique de la végétation ; il en résulte que les coûts de dégagement sont assez faibles. Cependant, en raison de l'irrégularité des précipitations - avec un creux estival marqué - le reboisement est affaire de ténacité et de patience. Une exception toutefois dans les parcelles n° 9 et 10, dans le vallon de Bestani où la concurrence végétale est très forte d'où la nécessité d'envisager le dégagement des plants cette année (sur l'image satellitale traitée, l'indice de végétation y est effectivement plus élevé, appartenant à la classe 5, entre 151 et 160).

4- Le plan d'aménagement de la forêt communale de L'Escarène prévoit que les parcelles concernées soient classées en futaie irrégulière résineuse de production-protection. Il en sera vraisemblablement de même pour les parcelles 9 et 10 de la forêt communale de Touet-de-L'Escarène.

**Tableau récapitulatif des plants installés par parcelle et par essence après les travaux de regarnissage du printemps 1993
Massif du Pivora (Alpes-Maritimes)**

Forêt communale de L'Escarène - 25 235 plants mis en terre - (moyenne 1000 plants/ha)

Résineux (24 035 plants soit 95,2 %)

Pinus nigra nigricans (Pin noir d'Autriche) : 2 450 plants en parcelle n° 11
Pinus nigra clusiana (Pin de Salzmann) : 3 825 plants dont 2 600 en parcelle n° 11, 250 en parcelle n° 12, 250 en parcelle n° 13 et 725 en parcelle n° 14.
Pinus nigra laricio (Pin de Calabre) : 1 270 plants dont 600 en parcelle n° 12 et 670 en parcelle n° 13.
Pinus halepensis (Pin d'Alep) : 11 950 plants dont 2 300 en parcelle n° 12, 6 980 en parcelle n° 13 et 2 670 en parcelle n° 14.
Pinus brutia (Pin brutia) : 250 plants en parcelle n° 14.
Pinus eldarica (Pin eldarica) : 350 plants en parcelle n° 14.
Pinus pinea (Pin pignon) : 1 400 plants en parcelle n° 14.
Cedrus atlantica (Cèdre de l'Atlas) : 2 540 plants dont 1 450 en parcelle n° 11, 100 en parcelle n° 12, 100 en parcelle n° 13 et 790 en parcelle n° 14.

Feuillus divers (*Ostrya*, Aulne de Corse, Erable à feuilles d'Obier, frêne à fleurs...) :
1 200 plants, soit 4,8 % dont 750 en parcelle n° 11, 100 en parcelle n° 12, 100 en parcelle n° 13 et 250 en parcelle n° 14.

Au total, 25 235 plants installés dont :

- 7 250 en parcelle n° 11 (Pivola ouest) avec 1 300 plants destinés au regarnissage fait en 1992-93
- 3 400 en parcelle n° 12 (Pivola sud-est) avec 550 doublés ou remplacés
- 8 150 en parcelle n° 13 (Pivola sud-ouest) avec 480 plants doublés ou remplacés
- 6 435 en parcelle n° 14 (Le Brec) avec 1640 plants doublés ou remplacés.

10 550 plants, soit 41,8 % ont été plantés sur les terrains dévastés par le feu de septembre 1982 tandis que les autres : 14 685, soit 58,2 % ont été mis en terre sur la surface parcourue par le feu de juillet 1986.

Pour 4 060 plants, soit 16 %, les potets étaient manuels tandis que pour les 84 % (21 175 plants), les potets ont été faits mécaniquement à la pelle-araignée.

Forêt communale de Touet-de-L'Escarène - 6 200 plants mis en terre

Résineux : 4 505 plants soit 72,7 %

Pinus nigra nigricans : 500 plants en parcelle n° 9
Pinus nigra clusiana : 1 800 plants dont 1 700 en parcelle n° 9 et 100 en parcelle n° 10.
Pinus nigra laricio corsicana : 115 plants en parcelle n° 10.
Cedrus atlantica : 2 050 plants dont 500 en parcelle n° 9 et 1 550 en parcelle n° 10.
Abies cephalonica (Sapin de Céphalonie) : 40 plants en parcelle n° 10.

Feuillus divers : 1 695 plants soit 27,3 % dont 800 en parcelle n° 9 et 895 en parcelle n° 10.

Au total, 6 200 plants installés dont

- 3 500 en parcelle n° 9 (Les Pins)
- 2 700 en parcelle n° 10 (Les Blanchières).

Pour 48,4 % des installations, soit pour 3 000 plants, des potets mécaniques ont été faits ; les potets ont été faits manuellement pour les autres 3 200 plants (51,6 %).

5- La protection du massif du Pivora contre l'incendie a été améliorée avec la construction d'une réserve d'eau de 30 m³, à structure en bois et accessible aux hélicoptères bombardiers d'eau ; de plus, la piste du Brec a été revêtue de béton. Il est bien évident que toutes ces opérations de reconstitution forestière n'auraient pas été possibles sans les aides financières publiques : C.E.E., Etat, Région, Département, qui ont payé 90 % du montant des travaux. Le coût d'installation et de croissance ini-

tiale d'un plant, dans ces conditions de relief difficile, s'élève en terrain nu à 22 F hors taxes et hors honoraires et passe à 30 F si le terrain comporte des bois brûlés. Les travaux d'entretien qui incombent aux propriétaires bénéficient d'une aide financière du Département s'élevant à 33 % du montant des travaux mais la commune doit faire l'avance de la totalité de la dépense. Dans ces conditions seuls les travaux d'entretien indispensables peuvent être menés à terme.

En conclusion

L'analyse de l'histoire récente du massif du Pivora montre que **l'imagerie satellitale** demeure un outil appréciable pour *l'évaluation des dégâts* occasionnés par les feux de forêts, qu'il s'agisse des enregistrements fournis par les scanners 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 seuillage des valeurs de luminance enregistrées dans le canal infra-rouge. Dans ce cas, une évaluation rapide des surfaces détruites est fournie. La *reprise de l'activité végétale* est quantifiable en mettant en oeuvre un algorithme simple, ici, le calcul de **l'indice d'activité végétale IV**. Trois ans après le feu de 1986, en mai 1989, l'activité végétale est faible, l'indice IV étant passé de la classe 1 (moins de 110), à t zéro (1986) à la classe 3 (entre 131 et 140), sur une échelle qui compte ici huit degrés. Reconquête lente d'espaces trop souvent parcourus par le feu.... La simplicité de l'utilisation du logiciel sur microsystème informatique est convaincante tout comme l'interprétation de cet indice d'activité végétale qui doit, cependant, être complété par l'analyse physiologique et taxonomique⁴ de la végétation. Sur une série de plusieurs années d'enregistrements, il conviendrait d'apporter une attention soutenue au choix des dates et aux caractéristiques des scènes d'inclinaison variée.

Si l'imagerie satellitale est opérationnelle en mode multi-satellite, multi-scanners 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 : 12 500 pour la cartographie de la zone brûlée (émulsion IRC), 1 : 17 000 (N/B) et le 1 : 20 000 (C) 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*

4 - N.d.e. **taxonomique** : relatif à la classification des organismes vivants d'après leurs rapports naturels, en prenant pour critère principal la morphologie.

rapide, actualisée, thématique, quantitative, synthétique et diachronique des espaces qu'ils ont mission de gérer. En suivant la démarche du médecin généraliste et en intégrant - manuellement ou informatiquement - les informations analogiques et/ou numériques extraites des scanners et autres capteurs, la «**sémiologie**» de l'espace-support et ses caractéristiques foncières, le gestionnaire peut affiner son diagnostic et proposer une «**thérapie**», un aménagement global des milieux détruits.

Le bilan des travaux réalisés sur le massif du Pivora, en ce printemps 1993, montre que pour la forêt de L'Escarène, un peu moins de 50 % du terrain a fait l'objet de travaux de reconstitution forestière (46,9 %) ; ce pourcentage est plus faible pour la forêt communale de Touet-de-L'Escarène et n'atteint que 23,6 %. Enfin, mettre en terre des plants n'est pas suffisant : il faut entretenir, dégager les herbacées et bien souvent regarnir. Un travail de persévérance que les scolaires et les médias ne perçoivent pas toujours très bien....et qui s'intègre dans un plan d'aménagement à long terme axé sur la production et la protection.

La reconstitution spontanée ou anthropique⁵ des paysages des milieux méditerranéens est souvent lente, notamment lorsque les substrats sont à dominante calcaire : raison de plus pour affiner la prévision des jours à risque, développer des campagnes de prévention et inciter les usagers de l'espace à la prudence.

A.D., O.R.

Bibliographie

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

DAGORNE A. et all (1988) : numéro spécial de la *Revue d'Analyse Spatiale, Quantitative et Appliquée* consacré aux feux de forêts, 174 p.

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

5 - N.d.e. **anthropique** : relatif à l'action humaine.

DAGORNE A. et DAUPHINÉ A. (1990) : 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, 114 p. nbx fig.

LENCO M. (1988) : Etude par télédétection de la déprise agricole dans le Massif Central. Rapport Ministère de l'Environnement, 16 p.

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

LENCO M. (1988) Note méthodologique sur l'indice de biomasse. Parc Régional du Morvan. *Colloque Aix-Les-Bains*, p. 110-11.

O.N.F. (1993) Forêt communale de l'Escarène- Aménagement 1993-2012. 1 rapport provisoire (juin 1993) de 50 p. et 3 cartes h.-t. en couleurs

Résumé

En 1986, les Alpes-Maritimes ont payé un lourd tribut aux feux. L'un des gros incendies a touché la zone des Paillons au nord-est de Nice. Il est ici montré comment la télédétection aérospatiale, calée sur des vérités-terrain, est utilisée à moyenne ou grande échelles pour constater les dégâts et suivre la reprise de l'activité végétale, qu'il s'agisse de la repousse de la végétation spontanée et/ou des reboisements. Une mise au point des travaux forestiers réalisés depuis 1986 complète l'analyse. L'essai présenté porte sur un petit massif forestier des environs de Nice, déjà parcouru par le feu en 1977 et 1982.

Summary

In 1986, the Alpes Maritimes department in southern France suffered major damage from forest fires. One of the biggest affected the Les Paillons area north-east of Nice. The article shows how remote sensing detection techniques in conjunction with field inspections can be used to assess damage and follow subsequent regrowth, whether of spontaneous vegetation or of forest plantations. The degree of plant growth can be measured by calculating the index of vegetation standardised through the TITUS program run on a desktop computer. This account deals with a small forested area near Nice.

Riassunto

Nel 1986 le Alpi Maritime hanno pagato un tributo lordo ai fuochi. Uno tra i grossi incendi ha toccato la zona dei Paillons al nord-est di Nizza. E mostrato come la telerivelazione aerospaziale sistemato su verità-terreno può essere impiegata per constatare i guasti e seguire la ripresa dell'attività vegetale, che si tratti del ricrescere della vegetazione spontanea e/o dello stato dei rimboschimenti.

L'intensità dell'attività vegetale è ottenuta dal calcolo dell'indice di vegetazione normalizzato grazie al software TITUS operando su microsistema informatico. La prova presentata verte su un piccolo massiccio forestale dei dintorni di Nizza.