

XYZ Association Française de Topographie



Port Canto - La Croisette - Cannes (06)

15^e Colloque Technique AFT - Cannes - 21 et 22 octobre 1988

L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DANS L'AMENAGEMENT DU LITTORAL

11^e année
ISSN 0290-9057

N° 38
JANVIER 1989
Prix : 105 F

LA FIABILITÉ ET LA RAPIDITÉ NIKON AU PRIX DU TACHÉOMETRE DE PAPA

À LA FOIS THÉODOLITE ET TÉLÉMETRE, LA NOUVELLE STATION TOTALE DTM-20 A ÉTÉ CONÇUE PAR NIKON POUR LES GÉOMÈTRES ET POUR LES CHANTIERS DE TRAVAUX PUBLICS.

LA PRÉCISION DE LECTURE ANGULAIRE EST DE 2 MILLIGRADES ; LA PORTÉE, AVEC UN PRISME, EST DE 1.100 M.

ROBUSTE, ÉTANCHE À LA POUSSIÈRE ET À L'HUMIDITÉ, LA DTM-20 EST D'UNE UTILISATION TRÈS SIMPLE : SI ON SAIT LIRE, ON SAIT S'EN SERVIR.

COMME LES DTM-1 ET DTM-5, LA NIKON DTM-20 PEUT ÊTRE COUPLÉE AVEC L'ENREGISTREUR DE MESURES PROGRAMMABLE DR-2. ELLE TRAVAILLE ALORS PRATIQUEMENT TOUTE SEULE ; LES MESURES, ENREGISTRÉES SUR UNE CARTOUCHE INTERCHANGEABLE, SONT EXPLOITABLES SUR UNE IMPRIMANTE, UNE TABLE TRAÇANTE OU UN ORDINATEUR.

LA STATION TOTALE OPTOÉLECTRONIQUE NIKON DTM-20 EST VENDUE AU MÊME PRIX QU'UN TACHÉOMETRE AUTORÉDUCTEUR OPTIQUE. ENTRE LES DEUX, LE CHOIX EST VITE FAIT...

POUR ASSISTER À UNE PRÉSENTATION OU RECEVOIR UNE DOCUMENTATION SUR LA NIKON DTM-20 IL VOUS SUFFIT DE NOUS RENDRE LE BON CI-DESSOUS OU DE PRENDRE CONTACT AVEC NIKON-FRANCE S.A. BP 33 94222 CHARENTON-LE-PONT CÉDEX.

TÉLÉPHONE (1) 43 75 97 55 - TÉLEX 262 546 F -
TÉLÉCOPIE (1) 43 78 53 97

Nikon France S.A.
BP 33 94222 Charenton-Le-Pont Cedex

Nom _____
Prénom _____
Fonction _____
Entreprise _____
Adresse _____
Tél. _____

Sans aucun engagement de ma part,
adressez-moi votre documentation sur
la Station Totale Nikon DTM-20.



STATION TOTALE NIKON DTM-20

Nikon
LES YEUX DU FUTUR

COUVERTURE



TRIMESTRIEL

Le numéro : 105 F
L'abonnement d'un an
(4 numéros) : 400 F

Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ

**140, rue de Grenelle,
75700 PARIS
Tél. : (1) 45.50.34.95
poste 660**

Ouverts les mardi et vendredi
de 10 h à 12 h

COMITE DE REDACTION
RAPPORTEUR

André BAILLY
Ingénieur ETP

MEMBRES

Jean COMBE
Ingénieur ESGT
Guy DUCHER
Ingénieur Général Géographe
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Jean PUYCOUYOUL
Ingénieur E.P.
Michel SAUTREAU
Directeur divisionnaire honoraire
du Cadastre
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur Général
de l'Armement
Robert VINCENT
Ingénieur E.C.P.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

André BAILLY

IMPRIMERIE MODERNE

U.S.H.A.
AURILLAC 15001
Tél. : 71.63.44.60

L'Association Française de Topographie n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Tous droits de reproduction ou d'adaptation sont strictement réservés.

PORT-CANTO - LA CROISSETTE - CANNES (06)

Photographie extraite de l'article "*La construction des ports*"
de Monsieur NOIRAY, Président de l'entreprise SPADA.

Cliché aimablement prêté par l'entreprise SPADA.

sommaire

CANNES 21 ET 22 OCTOBRE 1988

15^e COLLOQUE TECHNIQUE

L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

DANS L'AMENAGEMENT DU LITTORAL

Président du Colloque : M. Fernand VERGER,

Professeur à l'École normale supérieure

Directeur du Laboratoire CNRS "IMAGEO"

• Introduction

Pourquoi ce Colloque, par M. DAUGÉ 3

• Conclusion du Colloque, par F. VERGER 5

• L'évolution du littoral : Président de séance : M. PASKOFF, Professeur, Président de la commission sur l'environnement côtier de l'Union Géographique Internationale 7

La photogrammétrie en zone littorale, par M. FOURGASSIE, Ingénieur Principal de l'Armement EPSHOM 15

Un exemple d'évolution rapide du littoral : Port Saïd, par M. Robert VINCENT, Ingénieur de l'Ecole Centrale, Président Honoraire de l'Association Française de Topographie 22

Méthodes et résultats de la mesure de l'ablation sur les surfaces calcaires : exemples littoraux, par M. Maurice JULIAN, Professeur à l'Université de Nice 25

Inventaire des problèmes d'érosion côtière dans les pays de la Communauté européenne, par QUELENNEC : BRGM 29

• Le littoral et les travaux de Génie Civil : Président de séance : M. KARST, Directeur Départemental de l'Équipement

La construction des ports, par M. NOIRAY, Président du Directoire de l'Entreprise SPADA 33

La station d'épuration de la Ville de Nice, par Mlle FABRE, Ingénieur en Chef, Service Assainissement 37

Les rejets en mer de la Ville de Cannes, par M. MICAUD, Ingénieur Divisionnaire "Lyonnaise des Eaux" 41

Un aéroport gagné sur la mer : Nice-Côte d'Azur, par M. DE LA TUL-LAYE, Chef du Service des Bases Aériennes de Nice 43

Compléments et synthèse par le président de séance

• L'aménagement et la protection du littoral : Président de séance : M. COTEL, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef du Service Maritime et Hydraulique des Alpes-Maritimes

Cartographie des feux de forêts dans les Alpes-Maritimes, par Mlle DAGORNE, Maître de conférences à l'Université de Nice et M. CANAVESE, Ingénieur IGN, Télédétection aérospatiale 47

Reconnaissance des fonds marins par sonar latéral, par M. BOURGEOIS, Président Directeur Général de ID SCOPE 80

La courantologie et la lutte contre la pollution, par CINI, ITPE chargé de la CIPALM 86

L'engraissement artificiel de la plage de Cannes lié au doublement de la Croisette, par M. TOURMEN, Ingénieur Conseil SOGREAH, Grenoble 96

Début Mai 1988, le Groupe Wild Leitz prenait le contrôle de la Société Kern, sise à Arrau, Suisse.

Il s'agit là d'un événement puisque se concrétise ainsi le rapprochement du leader incontesté de la topographie, de la géodésie, de la photogrammétrie avec une société unanimement reconnue pour la qualité de ses produits.

Volonté prioritaire de Wild Leitz à cette occasion : la concentration des forces Wild et Kern dans le but d'étendre le service rendu à la clientèle. Ayant donc défini une nouvelle stratégie internationale, Wild Leitz décidait de la mettre en œuvre en commençant par la fusion des deux réseaux de distribution.

Voilà pourquoi le 1^{er} Mai 1989, Kern Swiss confiait à Wild Leitz la distribution de ses produits sur le marché français. A compter de cette date en effet, notre division Géodésie et Photogrammétrie intègre le support et la vente des deux marques Wild et Kern. Par ailleurs, les Ingénieurs de Vente et les Techniciens qui étaient vos correspondants chez Thormann SA, ancienne société distributrice de la marque Kern, ont rejoint notre Groupe. Ils continueront à être à votre service, en étroite collaboration avec nos 16 Ingénieurs de Vente et nos 10 Topocenters, lesquels évidemment seront tous formés aux différents matériels Kern.

La haute qualité Kern associée à la puissance Wild Leitz en France et partout dans le monde. Une performance qui n'a qu'un objectif.

Renforcer la vôtre.



INTRODUCTION

Pourquoi ce colloque ?

Le 8 janvier 1988, le Moniteur des Travaux Publics publiait un article intitulé "La Côte d'Azur s'équipe toujours" et mentionnait les deux projets d'agrandissement des ports de Cannes et d'Antibes ainsi que la construction d'un nouveau port de plaisance sur les communes d'Antibes et de Vallauris, le tout accompagné d'une vaste opération d'urbanisme sur le littoral.

Deux ans auparavant, le Journal Officiel publiait la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, loi dont la chronique administrative regrette que "le législateur" ait pris le risque de privilégier la protection du littoral au détriment de sa mise en valeur économique, en reprenant au passage une part des pouvoirs qu'il avait attribués, en matière d'urbanisme, aux collectivités locales dans le cadre des lois de "décentralisation".

Le sujet "L'aménagement du littoral" s'avérait donc d'une actualité digne d'intérêt et le Bureau de l'Association Française de Topographie décidait de confier à la section Provence Alpes Côte d'Azur la réalisation d'un colloque sur l'aménagement du littoral en privilégiant l'apport de l'information géographique (topographie, cartographie et télédétection).

Si les responsables de la section régionale ressentent intensément l'honneur qui leur est fait après les deux précédents colloques d'Aix-en-Provence "Grand travaux et Aménagements" en avril 1980 et "Quelle topographie pour le plan d'occupation des sols" en Novembre 1985, ils sont heureux de pouvoir organiser ce colloque à Cannes grâce à la participation efficace des collègues de la Région, grâce également à l'amabilité de Madame Anne-Marie DUPUY - Maire de Cannes - qui a bien voulu honorer l'Association Française de Topographie de son haut patronage pour ces deux journées d'information.

L'Association Française de Topographie essaie de rapprocher tous les professionnels, praticiens, spécialistes, enseignants, utilisateurs à quelque titre que ce soit, de la topographie, dont elle s'efforce de faciliter l'actualisation des connaissances. Tout en favorisant le progrès technique scientifique et la pratique de la profession, l'Association Française de Topographie s'est donnée pour tâche de défendre et promouvoir le bon renom de la profession tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la France.

Comprenant plus de 1.000 membres l'A.F.T. rassemble à chacun de ses colloques annuels 150 à 200 participants et publie dans sa revue trimestrielle X, Y, Z, les comptes rendus des colloques, les articles relatant les expérimentations de méthodes ou de matériels nouveaux ainsi que des expériences personnelles, permettant ainsi la mise à jour continue et actualisée des connaissances en matière de topographie.

Dans cette plaquette éditée grâce à la participation appréciée des annonceurs - ce dont l'A.F.T. les remercie - la compétence reconnue des conférenciers et la pertinence des sujets abordés éveilleront, j'en suis sûr, la curiosité de tous et susciteront le désir de savoir, motifs amplement suffisants pour assurer le succès de ces deux jours sur la Croisette dont le nom, à lui seul, constitue une puissante attraction.

M. DAUGE

Vice-Président de l'A.F.T.

Ingénieur à la Société du Canal de Provence



Parrain de la soirée du 40^{ème} anniversaire de l'ESGT, sponsor de la course de l'EDHEC depuis 3 ans, fournisseur officiel des internationaux d'escalade en 88 à Marseille, Wild Leitz associe aujourd'hui son nom au colloque de l'AFT de Cannes dont les sujets de réflexion porteront sur la protection du littoral. Il s'agit d'une forme de sponsoring différente de celle des épreuves sportives habituelles et vers laquelle Wild Leitz souhaite s'orienter en favorisant conférences et débats sur des thèmes d'intérêt général, ce qui explique que la Société ait choisi aujourd'hui de promouvoir avec l'A.F.T. une rencontre qui s'annonce de grande qualité.

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

Conclusion du colloque

par le Professeur Fernand Verger

Au terme de ces trois demi-journées, je voudrais souligner la richesse des communications et des interventions des participants au colloque. Richesse dans la diversité des thèmes abordés, mais aussi unité dans les préoccupations scientifiques et pratiques des intervenants.

La spécificité même du colloque conduisait tout d'abord à s'interroger sur les techniques de mesure, qu'il s'agisse de la bathymétrie ou de la cartographie des fonds marins, objets des exposés de MM. FOURGASSIE (photogrammétrie) et BOURGEOIS (sonar latéral).

Des exemples de mesures ont été fournis par l'exposé de M. JULIAN sur l'érosion des calcaires, ou par celui de M. TOURMEN qui a comparé les levés topographiques des plages de la Croisette de dates différentes ou par celui de M. VINCENT qui s'attache plus spécialement au colmatage des littoraux, à partir de documents historiques. L'action humaine ne doit pas être négligée dans l'explication des évolutions comme l'ont souligné plusieurs participants : rôle des barrages d'Assouan, de l'Oued Melleg, rôle des cultures actuelles dans l'érosion des plaines agricoles de l'Europe du Nord-Ouest, etc. Les évolutions concernent aussi les couverts végétaux et notamment forestiers comme l'ont montré les interventions de Mme DAGORNE, M. CANAVESE et M. ALEXANDRIAN.

Mais toutes les observations ponctuelles, localisées méritent d'être recensées et rassemblées dans des inventaires exhaustifs qui seuls permettent d'établir des bilans d'intérêt général, comme ceux qu'établit le projet européen Corine présenté par M. QUELENNEC.

Cette partie sur les techniques de mesures et les mesures elles-mêmes devrait être complétée par une partie sur les œuvres humaines qui ont des effets sur la topographie, telles que les digues en mer, les enrochements, le comblement de la baie de Fontvieille jusqu'à des profondeurs de 35 m décrits par M. NOIRAY. L'extrême vulnérabilité de ces travaux lors de leur déroulement a été soulignée par M. COTEL.

Liés à la topographie par la forme des bassins versants et par la recherche de bons positionnements pour les exutoires en mer, les questions de rejets des eaux usées en mer ont été exposées par Madame FABRE pour la ville de Nice et par M. MICAUD pour la ville de Cannes. On ne peut qu'être impressionné par le soin apporté à la bonne conception de ces stations et au souci de bonne insertion topographique dans le paysage en tenant compte des contraintes urbanistiques et - pour la ville de Nice - aéroportuaires. M. TURLAN nous a montré, dans le même secteur, les travaux considérables pour disposer de terrains plats pour les extensions de l'aéroport Nice-Côte d'Azur et pour

contrôler la stabilité d'un remblai artificiel accolé à un delta qui est, malgré tout, géomorphologiquement un domaine instable.

On voit la richesse d'un colloque qui suscite, à son terme, quelques réflexions.

On a évoqué le caractère nécessairement confidentiel de certaines informations géographiques concernant notamment les risques forestiers. Il s'agit là d'un problème important qui n'a pas échappé à l'assistance puisque des questions ont été posées à ce propos. Je crois, pour ma part, qu'il faut appeler tout spécialement l'attention du colloque sur ce thème. Bien entendu, la propriété commerciale de l'information appartient à qui la produit, et elle doit être accessible moyennant une légitime rétribution du producteur. Mais lorsque l'information est produite par la puissance publique, il semble bien qu'elle doit être accessible à tout citoyen. La rétention de l'information géographique me paraît plus dangereuse que sa libre circulation. Le problème se pose pour les cartes de risques d'incendie, de risques d'avalanches, de risques nucléaires. Il se pose pour l'accès aux données des satellites civils d'observation de la terre. Les populations me paraissent devoir avoir accès à toute l'information géographique et l'on doit plutôt s'efforcer d'obtenir - par une formation appropriée - que l'information divulguée puisse être sagement utilisée. Des indiscretions partielles, des informations parcellaires déformées, me paraissent plus dangereuses que l'interprétation correcte de documents librement accessibles.

Dans les deux journées du colloque, sont apparues des directions qui semblent devoir se développer au cours des prochaines années :

— L'utilisation des techniques spatiales auxquelles XYZ a consacré plusieurs articles très documentés a été signalée par plusieurs intervenants : système de localisation GPS, imagerie SPOT, imagerie radar d'ERS 1 etc. Elle doit s'accroître considérablement au cours des prochaines années.

— La généralisation des bases de données géographiques, l'intégration de l'information géographique dans des systèmes documentaires informatisés seront d'autres caractéristiques de l'évolution prévisible.

Enfin, vous me permettez d'indiquer en conclusion la leçon du colloque pour l'universitaire que je suis. Il m'a démontré une fois de plus l'intérêt de la fréquentation des "professions" par ceux qui ont la responsabilité de la formation et l'utilité de connaître les problèmes pratiques exposés par ceux qui ont la charge de les résoudre.

Merci donc à tous les participants, merci aussi tout particulièrement à ceux qui l'ont si bien organisé.

SOKKISHA

La force d'un constructeur spécialisé EXCLUSIVEMENT dans le matériel de TOPOGRAPHIE.

Plus de 50 % du matériel de Topographie vendu dans le Monde est fabriqué au Japon.

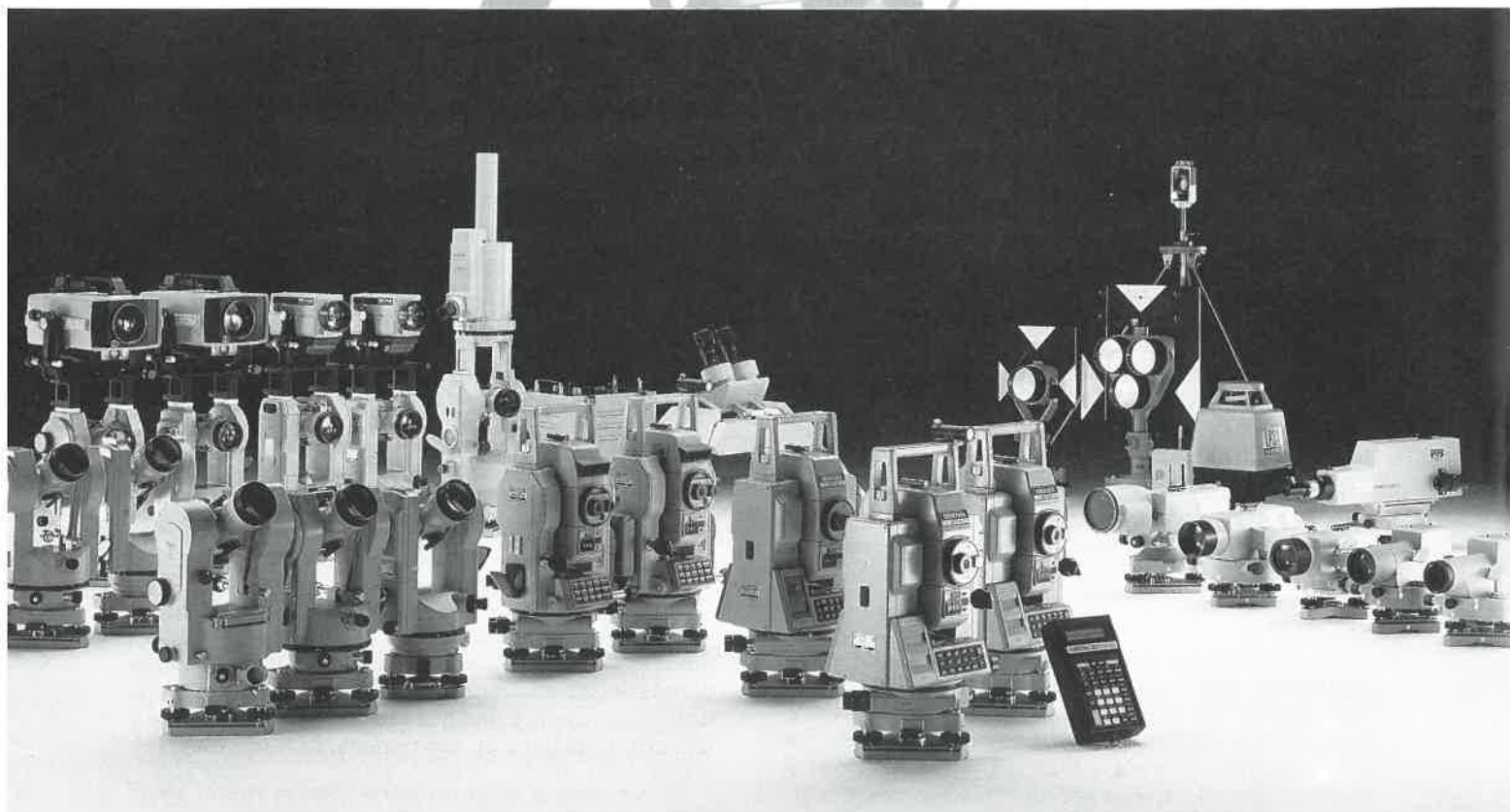
N°1 au Japon SOKKISHA occupe sur ce marché très concurrentiel, la place incontestée de LEADER.

Janvier 1989 : création de SOKKISHA FRANCE

Avril 1989 : création de SOKKISHA RHONE ALPES

10 commerciaux
2 Laboratoires SAV

Depuis 1920... SOKKISHA, Toute la TOPOGRAPHIE



SOKKISHA FRANCE

12, avenue Gabriel Péri
78360 MONTESSON
Tél : (1) 30.53.09.73

SOKKISHA RHONE ALPES

174, avenue Jean-Jaurès
69007 LYON
Tél : 78.69.14.28

Evolution des espaces littoraux et problèmes d'aménagement

par Roland PASKOFF

Professeur à l'Université Lumière de Lyon

Président de la Commission sur l'Environnement Côtier de l'Union Géographique Internationale

Au cours de la présente décennie le progrès des connaissances à propos de l'évolution morphologique et sédimentologique des rivages marins a fait apparaître que de nombreuses erreurs avaient été commises dans l'aménagement des espaces littoraux de la France, caractérisés depuis le début des années soixante par un grand développement touristique et une forte croissance urbaine. Des approches nouvelles, mieux adaptées à leur spécificité, sont mises en œuvre pour gérer plus rationnellement les milieux côtiers dont l'occupation est aujourd'hui soumise aux dispositions contraignantes de la loi Littoral. Mais des progrès restent encore à faire si l'on veut sauvegarder un environnement particulièrement fragile.

L'INSTABILITE DES ESPACES LITTORAUX : LA TENDANCE A L'EROSION ET AU REcul

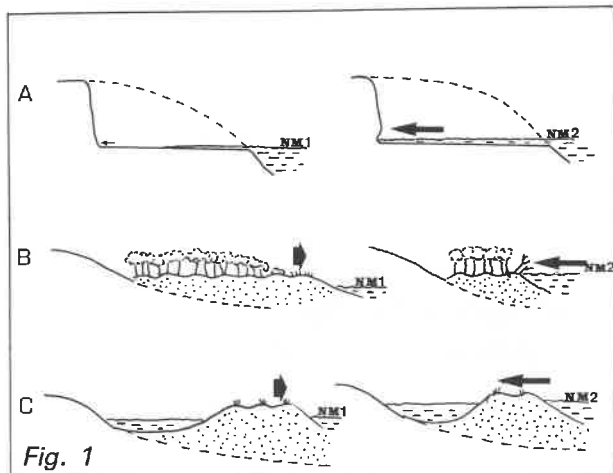
Pour s'en tenir aux falaises et aux plages, les deux types d'espaces côtiers les plus attractifs pour les activités touristiques et urbaines, la tendance générale est au recul.

Par définition, les **falaises** sont des formes d'érosion et il est normal qu'elles reculent sous l'action de l'érosion marine. Ce recul qui se manifeste, soit par des éboulements, soit par des glissements, dont les produits sont ensuite évacués plus ou moins rapidement par les vagues et les courants côtiers, se fait par à-coups. Il est lié aux situations météorologiques exceptionnelles qui seules sont véritablement efficaces de ce point de vue. Les tempêtes agressives relèvent de la conjoncture aléatoire de vents violents, de pressions basses, de grandes marées. Si elles sont accompagnées de pluies intenses et précédées de fortes poussées de gel, l'évolution sera encore plus spectaculaire. Aussi les éva-

luations sur le recul des falaises n'ont-elles de signification que si elles résultent d'observations portant sur des laps de temps assez longs. Lorsque les falaises sont taillées dans des roches particulièrement résistante (quartzites, gneiss ou granites non altérés), leur retrait est lent, imperceptible dans le cours d'une vie humaine. Par contre, il est appréciable lorsque les escarpements sont faits de craie. Dans le pays de Caux, le recul varie, suivant les endroits, entre 0,10 et 0,50 m par an. La destruction des falaises livre à la mer de 800 000 à 900 000 m³ de matériaux par an entre le cap Antifer et la baie de Somme et environ 600 000 m³ entre le cap Antifer et Le Havre. Sur la côte basque, le recul des falaises marneuses peut atteindre 0,50 à 0,60 m par an.

Les reculs les plus rapides sont enregistrés pour les falaises qui tranchent des roches peu ou pas consolidées : sables, argiles, marnes. Ils représentent une menace pour les aménagements imprudemment implantés trop près du bord de l'escarpement. Le grand glissement, survenu en août 1981 sur la falaise à proximité de Longues (Calvados), a mis en jeu un volume de 10 millions de tonnes de matériel rocheux et a entraîné avec lui un tronçon de route. Celui de Villerville, également dans le Calvados, en janvier 1982, a provoqué la fissuration et l'écroulement de plusieurs villas.

Pendant longtemps les falaises sont restées à l'écart des aménagements, leur instabilité constituant une menace permanente que ne contrebalançait aucun avantage particulier. Des phares y étaient édifiés qui, périodiquement détruits, devaient être reconstruits. Les choses ont changé au XX^e siècle avec le développement du tourisme balnéaire. Les routes en corniche se sont multipliées et la recherche de la vue imprenable sur la mer a incité à bâtir sans discernement sur le bord même des falaises. Ce faisant, on a, non seulement ignoré que, par leur nature même, elles sont condamnées à reculer, mais encore, sans le prévoir, souvent accéléré le phénomène du retrait, là où les escarpements sont constitués de formations sédimentaires non consolidées. En effet, la création de lotissements s'accompagne presque toujours d'un relèvement du toit de la nappe phréatique. L'accroissement du volume des eaux souterraines s'explique par l'irrigation des jardins, le rejet d'effluents domestiques souvent dirigés vers des fosses septiques, la vidange des piscines. Là où existent des falaises argileuses ou marneuses, la fréquence des glissements est alors augmentée. Les constructions représentent aussi une surcharge pour les couches de terrain sous-jacentes qui, lorsque leurs propriétés mécaniques s'y prêtent, sont mises en mouve-



ment plus facilement qu'à l'état naturel. L'aménagement de routes sur le front des falaises perturbe l'équilibre des versants car le creusement de tranchées et l'accumulation de déblais déstabilisent les pentes. Il peut provoquer des décollements d'autant plus que le roulage des véhicules, en particulier des poids lourds, engendre des ébranlements. Quant aux piétinements répétés sur des sentiers sauvages d'accès à la mer, ils ont aussi un effet déstabilisateur : ils dégradent le couvert végétal qui, là où il existe, contribue à l'ancrage des matériaux sur les falaises. Le cas de la Mine d'Or à Pénestin (Morbihan) est un bon exemple des problèmes que pose l'évolution, par glissements, d'une falaise marine pour les aménagements d'une station balnéaire.

Les **plages** sont par définition des formes d'accumulation, constituées par des sables ou des galets déposés par les vagues et les courants côtiers, en particulier la dérive littorale issue de l'obliquité de la houle par rapport au tracé du rivage. Or, actuellement, en France comme ailleurs dans le monde, c'est le démaigrissement (perte de matériaux, rétrécissement) qui prévaut car l'érosion l'emporte sur l'accumulation, le budget sédimentaire étant négatif. Les cas de progradation (élargissement ou allongement) sont exceptionnels. Ce sont en général des flèches à extrémité libre dont la pointe continue de s'accroître par l'arrivée de sédiments, souvent enlevés sur les plages adjacentes en cours d'érosion : flèches du Hourdel en Picardie, de la Coubre à l'embouchure de la Gironde, de la Gracieuse, de Beauduc et de l'Espiguette dans le delta du Rhône. Mais il suffira de donner quelques exemples pour montrer l'ampleur et la généralité du phénomène de l'érosion des plages qui se traduit pour un observateur à terre par un recul du rivage, donc par une menace pour les aménagements de front de mer. A l'est de Dunkerque, la côte a reculé de 30 m entre 1947 et 1977. Sur les plages du Calvados, le retrait moyen annuel est estimé à 0,50 m par an. En Bretagne, le repli du rivage au sud de la baie d'Audierne a été, dans la commune de Tréguennec, de 150 m entre 1952 et 1969. En Charente, la plage de Châtaillon a perdu 160 m de largeur dans sa partie nord et 250 m dans sa partie sud entre le début du XVIII^e siècle et nos jours. Dans les Landes de Gascogne, le recul de la côte est considérable. Il affecte tout le littoral entre les embouchures de la Gironde et de l'Adour. Il semble avoir été de plus de 10 km depuis le VI^e siècle de notre ère dans le Médoc. Il s'est accéléré à partir du XVIII^e siècle et il est devenu catastrophique au XX^e siècle : 185 m à l'Amélie, près de la pointe de Grave, entre 1940 et 1970, 700 à 800 m à Capbreton entre 1881 et 1922, 33 m à Anglet entre 1952 et 1963. Sur les plages du Languedoc, des taux de retrait de 1,5 à 4 m par an ont été mesurés, avec une pointe de 12 m par an dans les environs des Saintes-Maries-de-la-Mer.

On connaît les responsabilités de l'Homme dans cet état de choses.

Les travaux sur les fleuves ont réduit, parfois considérablement, leur rôle de pourvoyeur des côtes en matériaux solides. A cet égard, les barra-



Photo 1

ges constituent des pièges à sédiments très efficaces. Ceux construits sur le Golo, en Corse, expliquent l'érosion des plages au sud de Bastia. On comprend aussi le recul des littoraux meubles du Languedoc lorsque l'on sait que les aménagements du Rhône et de ses affluents ont réduit la charge en alluvions livrée par le fleuve à la mer d'environ 40 millions de tonnes au milieu du XIX^e siècle à seulement 4 ou 5 millions de tonnes actuellement.

La tentation a été grande, à une époque d'augmentation vertigineuse des besoins en agrégats pour la construction (fabrication de béton) et les grands travaux (terrassements et remblais), de recourir non seulement aux réserves des lits des cours d'eau, mais aussi à celles du domaine côtier. On a pas hésité à exploiter inconsidérément les matériaux des dunes, des plages et des avant-plages. Or, ce sont là les trois éléments solidaires d'un même ensemble et prélever des sables ou des galets dans l'un ou l'autre a nécessairement des répercussions négatives sur l'équilibre sédimentaire de tout le système. En particulier, la dune bordière d'une plage constitue un stock de sédiments qui peut être mobilisé par les vagues lors des tempêtes pour construire sur l'avant-plage des barres immergées. Celles-ci atténuent, en éloignant le déferlement, l'érosion de la plage. Il s'agit d'une réaction naturelle d'autodéfense qui traduit un équilibre dynamique. Une fosse de dragage située trop près du rivage se comblera par des matériaux enlevés sur la plage voisine. Les extractions de matériaux ont déclenché ou aggravé le déficit sédimentaire des côtes. Les plages de la France occidentale ont beaucoup souffert de la construction du Mur de l'Atlantique pendant la Deuxième Guerre mondiale. Ainsi, dans la baie d'Audierne, en Bretagne, l'exploitation du cordon littoral a commencé à cette époque. Pendant trois ans, six trains chargés de galets sont partis chaque jour vers les chantiers de construction des fortifications en bordure de la mer. L'extraction s'est poursuivie jusqu'en 1968. Actuellement on estime que le cordon littoral ne représente plus en volume que le dixième de ce qu'il était avant la guerre.

Les travaux portuaires perturbent gravement le transit des matériaux le long d'une côte et modifient l'évolution des rivages adjacents. Des atterrissements se forment contre les jetées qui arrêtent les courants littoraux tandis que les secteurs situés

au-delà démaigrissent et reculent car ils sont privés d'apports sédimentaires. Or, les ports de plaisance se sont multipliés au cours des dernières décennies. Actuellement, sur 120 km de rivage, les Alpes-Maritimes ont une trentaine de ports de plaisance. Sur les bords de la Méditerranée, l'aménagement de bassins provoque aussi la destruction irréversible des peuplements de Posidonies et de Cymodocées qui poussent sur l'étage infra-littoral. Ces prairies sous-marines jouent un rôle important dans les équilibres dynamiques et sédimentaires côtiers en freinant la houle et les courants, et en piégeant les sables et graviers en transit. En particulier, les Posidonies, qui sont aussi très sensibles à la pollution chimique des eaux littorales par le rejet en mer des effluents urbains, constituent avec leurs feuilles rubannées, leurs rhizomes et leurs racines un lacis à mailles serrées qui croît vers le haut au fur et à mesure de l'ensablement, créant des matées épaisses de plusieurs mètres qui constituent de véritables brise-lames naturels. L'érosion de certaines plages du Var est directement liée à la régression des herbiers à Posidonies.

Trop d'aménagements, à la recherche d'une situation "pieds dans l'eau" et d'une vue imprenable sur la mer ont imprudemment empiété sur le domaine strictement côtier. Des immeubles, des villas, des avenues ont été construits en bordure même du rivage sur l'emplacement de la dune bordière, voire sur le haut de plage. Or, lorsqu'une plage est ainsi amputée, tout le système est déséquilibré et une évolution régressive s'ensuit. On a déjà dit le rôle essentiel de la dune bordière comme réserve de sable. Elle constitue aussi un pare-chocs efficace contre le déferlement des lames de tempête qui perdent ainsi de leur énergie. D'autre part, lorsque l'on réduit la largeur d'une plage par l'annexion de sa partie haute, on diminue son pouvoir de dissipation de la force des vagues. Rien d'étonnant donc à ce que les plages "aménagées" de la sorte montrent rapidement des signes d'un démaigrissement qui menace à terme des équipements implantés là où ils n'auraient jamais dû l'être.

De fait, toutes ces interventions humaines déstabilisatrices interviennent dans une conjoncture naturelle favorable à l'érosion des plages.

Il a pu être établi que, pour beaucoup de plages, les sédiments qui les constituent, représentent dans une large part l'héritage d'un passé qui remonte à quelques millénaires et au cours duquel sables et galets étaient plus abondants dans le domaine littoral qu'ils ne le sont aujourd'hui. En effet, il y a 5 000 ou 6 000 ans, lorsque la transgression post-glaciaire, commencée 10 000 ans plus tôt, a porté le niveau de la mer d'environ — 100 m à une position voisine de celle qu'il occupe actuellement, d'énormes volumes de sédiments meubles se sont entassés sur certains rivages. Ces sédiments que les agents de dénudation du relief continental (eaux courantes, vent, gel, éventuellement glace) avaient accumulés pendant la dernière période glaciaire sur la plate-forme continentale, alors largement émergée, ont été repoussés par la mer au fur et à mesure que son niveau montait et ils se sont déposés sur les côtes lorsqu'il s'est stabilisé. De vastes plages

se sont alors formées tandis que de grands champs de dunes s'édifiaient. Cette période d'abondance s'acheva avec l'épuisement de la réserve sédimentaire sous-marine. Elle a fait place à une période de pénurie en matériaux puisque, désormais, leur fourniture est limitée aux seuls produits directs de l'érosion marine et continentale. C'est pourquoi on constate que certaines plages, en dehors de toute intervention humaine, ont un budget sédimentaire négatif et sont rongées par l'érosion.

L'autre phénomène naturel favorable à l'érosion des plages est la légère, mais continue, élévation contemporaine du niveau de la mer, de l'ordre de 1,5 mm par an. On l'attribue généralement à un réchauffement actuel de l'atmosphère terrestre, responsable d'une fonte de glaces continentales et aussi d'une expansion de volume des eaux océaniques de surface. Ainsi, les enregistrements de marégraphes montrent que le relèvement du niveau marin a été en moyenne de 1,3 mm par an à Marseille entre 1885 et 1978, et de 1,2 mm par an à Brest entre 1890 et 1981. Rien n'indique que cette tendance soit en cours de renversement. Certains pensent même qu'elle pourrait s'accélérer par effet de serre, avec l'accroissement de la température attendu de l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère, elle-même due à l'utilisation industrielle de combustibles fossiles. L'érosion des côtes est renforcée par une élévation du niveau de la mer. Une plage stable perd de ses sédiments au profit de son avant-plage et recule, selon le principe de Bruun. Un cordon littoral isolant une lagune roule sur lui-même en démaigrissant et en restreignant la largeur du plan d'eau. Une falaise se replie plus vite car les vagues déferlent plus près de son pied.

L'AMENAGEMENT DES ESPACES LITTORAUX : LES ORIENTATIONS ACTUELLES

Le recul généralisé des falaises et des plages met évidemment en péril les aménagements dont elles ont fait l'objet, surtout quand ils ont été implantés à proximité de la mer, dans l'ignorance ou dans l'oubli de la tendance évolutive de la côte.

C'est généralement aux ingénieurs des Directions Départementales de l'Équipement que l'on demande des solutions aux problèmes que pose l'érosion des côtes. Par tradition, par formation aussi car, à de rares exceptions, les écoles d'ingénieurs en France n'accordent pas ou peu de place à l'enseignement de la géomorphologie et de la géologie de l'environnement, ils recommandent en général ce que l'on pourrait appeler une **défense statique lourde**. Elle est caractérisée par la mise en place d'ouvrages de protection qui appartiennent à trois types principaux. Il y a d'abord les épis, obstacles perpendiculaires au tracé de la côte, qui ont pour but de freiner la dérive littorale et de la contraindre à déposer une partie de la charge sédimentaire qu'elle véhicule. Ils permettent donc d'arrêter le démaigrissement d'une plage, mais ils aggravent la détérioration du secteur adjacent que la dérive, allégée en matériaux, ne peut plus nourrir correctement. On le voit, on ne fait que déplacer le pro-

blème, en le rendant plus aigu ailleurs. A côté des épis, existent les brise-lames qui cassent l'énergie de la houle avant qu'elle n'atteigne la côte, protégeant ainsi les falaises et les plages de l'impact direct du déferlement des vagues. Eux aussi ralentissent la dérive littorale et, en perturbant la dynamique littorale, entraînent des déséquilibres sédimentaires générateurs d'érosions. Enfin, les murs de protection sont édifiés au pied des falaises pour ralentir leur recul ou sur le haut des plages pour protéger de l'attaque frontale des vagues des équipements menacés de destruction. Ils présentent l'inconvénient majeur de souvent accentuer le mal qui est à l'origine de leur mise en place. En effet, sur une plage, ils s'opposent aux échanges sédimentaires, nécessaires à l'équilibre du système, entre elle et la dune située en arrière. Ils réduisent la largeur de la plage, d'où une concentration de l'énergie des vagues. Enfin, la réflexion par l'obstacle du jet de rive, c'est-à-dire l'eau projetée par le déferlement, augmente la turbulence de l'eau, donc son pouvoir d'ablation. C'est une constatation fréquente : les murs de protection accélèrent l'érosion des plages.



Photo 2

Les ouvrages de défense préconisés par les ingénieurs ont été largement utilisés en France puisqu'on compte environ 100 m de longueur d'ouvrage par km de côte du territoire métropolitain. Et on continue à en implanter. Pourtant, les objections qu'ils soulèvent sont de plus en plus fréquentes et documentées. Les élus locaux, les associations de protection de la nature montrent des réticences, parfois vives. On rappelle qu'ils coûtent cher, qu'ils enlaidissent les paysages et, surtout, qu'ils ont souvent des effets secondaires négatifs. Dans le cas des plages, la principale critique que l'on peut faire aux ouvrages de défense est leur inadéquation à la conjoncture. Ils ne s'attaquent pas à la racine du mal qui est un déficit sédimentaire côtier. En stabilisant une ligne de rivage sur une position fixe, ils entravent un recul qui est un phénomène naturel puisque le niveau de la mer est en cours d'élévation. En contrariant une évolution qui est dans l'ordre des choses, on accroît le déséquilibre du système, d'où l'appel à de nouveaux ouvrages de défense qui, en donnant une fallacieuse impression de sécurité, encourageant l'extension des aménagements à proximité du rivage. On entre ainsi dans un engrenage sans fin qui entraîne des dépenses

élevées, dans certains cas supérieures à la valeur des biens que l'on veut protéger, sans parler de la dégradation irréversible de l'environnement.

Depuis quelques années, en dépassant le cercle restreint des revues et des colloques spécialisés, des géographes et des géologues ont essayé d'attirer l'attention sur la nécessité de réévaluer les problèmes que pose l'aménagement des espaces littoraux, compte tenu de leur tendance régressive actuelle, et de proposer des solutions nouvelles. Leur voix a été efficacement relayée par les associations de protection de la nature qui continuent à sensibiliser une large fraction de l'opinion publique à propos des inconvénients, dans les milieux littoraux, de l'emploi systématique du béton, cher aux promoteurs et trop souvent recommandé encore par les Directions Départementales de l'Équipement et certains bureaux d'études.

Ainsi, le recours à l'**alimentation artificielle des plages**, menacées dans leur existence par l'érosion, constitue un progrès. Elle permet de corriger leur déficit sédimentaire, en renforçant par des apports mécaniques de matériaux, la charge solide véhiculée naturellement par la dérive littorale. On contrecarre ainsi le démaigrissement et le recul sans perturber le jeu normal des processus dynamiques côtiers. L'opération ne se heurte pas à des difficultés techniques, les méthodes sont au point, mais il faut trouver une source aussi proche que possible de sables et de galets, de nature et de taille adéquates, sans nuire à l'environnement. Le problème est avant tout celui du coût, le prix moyen d'un rechargement étant actuellement de 7 000 à 8 000 F par mètre linéaire. Or, ce rechargement doit être recommencé de temps à autre. L'alimentation artificielle des plages est utilisée dans beaucoup de pays développés, en particulier aux USA. Elle se justifie en particulier dans le cas de stations balnéaires où des investissements considérables sont en jeu. On y a recours en France, mais encore timidement. Au début des années soixante, la plage de Cannes a fait l'objet d'un ensablement. Des produits de dragage, prélevés au voisinage de l'embouchure de l'Adour, ont aussi été utilisés pour recharger la plage d'Anglet.

On remarque un peu partout sur les côtes de France des travaux ayant pour but de **restaurer les dunes** qui se situent en arrière des plages et que les piétinements et les prélèvements de sable ont très souvent dégradées. On a dit plus haut l'importance de ces dunes bordières dans l'équilibre sédimentaire des plages. Elles jouent aussi un rôle important de protection. Elles mettent à l'abri de l'inondation, par les eaux marines, les terres basses qui souvent s'étendent en arrière d'elle. Elles empêchent aussi les sables de s'avancer au-delà de l'espace strictement côtier et de menacer de recouvrement des établissements humains. L'Office National des Forêts, le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, de nombreuses communes, voire des particuliers, participent aujourd'hui activement à la protection et à la restauration des dunes littorales. Pour éviter les piétinements, des barrières interdisent l'accès des secteurs sensibles et des cheminements obligés, parfois équipés de caillebotis, sont aménagés. On pro-



Photo 3

cède à des plantations d'espèces psammophiles, le plus souvent des oyats, à la mise en place d'écrans semi-perméables (clayonnages de bois, filets de nylon) qui piègent le sable en transit. Les dunes se reconstituent ainsi par le jeu de processus naturels assistés. L'éducation du public, dont la collaboration est indispensable, est faite par la mise en place de panneaux et la distribution de documents qui attirent l'attention sur la fragilité des dunes et l'enjeu de leur survie. Citons ici le cas de la reconstitution de la dune de la Garenne à Saint-Gilles-Croix-de-Vie, en Vendée, car il revêt un caractère exemplaire. Cette dune avait atteint un état de dégradation très avancé, dégradation d'abord liée à la destruction de sa végétation pendant la guerre, à l'occasion de travaux de défense dans le cadre du Mur de l'Atlantique, ensuite à la surfréquentation touristique des dernières décennies. Le résultat était un envahissement par le sable de la rivièr Vie, là où se trouve le port. Un mauvais diagnostic attribua la situation à l'érosion marine, alors qu'il n'en était rien, et la Direction Départementale de l'Équipement proposa la mise en place d'une digue de béton sur 500 m de longueur. Cette solution erronée fut énergiquement combattue par une association locale de défense de l'environnement, le Comité pour la Protection de la Nature et des Sites, qui finit par faire triompher son point de vue : la nécessaire restauration de la dune selon les procédés qui viennent d'être exposés. Le travail, réalisé entre 1979 et 1981, fut un succès et le port de Saint-Gilles-Croix-de-Vie n'est plus aujourd'hui menacé de colmatage. Un engraissement de la plage a aussi été noté. La construction d'une digue de béton eût été un désastre pour l'environnement.

L'État est aussi intervenu, trop timidement au début et trop tard sans doute, par l'intermédiaire de textes législatifs qui ont pour but de protéger l'environnement côtier et le mettre à l'abri de convoitises qui auraient pu conduire à son artificialisation intégrale.

Le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres a été créé par la loi n° 75-602 du 10 juillet 1975. Cet établissement public de l'État a pour mission d'acquérir des propriétés côtières afin de les soustraire, de façon définitive, à tout aménagement lourd. A la date du 1^{er} juillet 1987, le patrimoine du Conservatoire comptait 230 sites représentant 380 km de longueur de rivage et une

surface totale de 30 000 ha. Une fois acquis, les terrains qui sont inaliénables et ouverts sans restriction au public, font l'objet d'un bilan écologique et éventuellement, là où par exemple des dunes sont dégradées, de travaux de restauration selon des méthodes douces. Laisser ces terrains évoluer librement, avec le minimum d'interférence humaine, est le principe qui sous-tend leur gestion, généralement confiée à des collectivités locales.

On trouve dans la **loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral**, des dispositions qui prennent en compte l'originalité et la fragilité des milieux côtiers. En particulier, on relève l'interdiction de construire, en dehors des espaces déjà urbanisés, sur une bande littorale large de 100 m. Cette largeur peut être plus grande si l'érosion de la côte le justifie. Quant aux nouvelles routes, elles doivent être localisées à une distance de 2 000 m du rivage. L'état naturel du littoral est aussi préservé par la prohibition des enrochements, des endiguements, des assèchements et des remblais, en dehors des zones industrialo-portuaires. Ainsi, en principe, les travaux en vue de créer des polders ou des plages artificielles sont désormais interdits. Les extractions de sables, graviers et galets sont illégales. Toutes ces dispositions qui traduisent le souci du législateur de préserver, là où c'est encore possible, l'état naturel et l'intégrité des espaces littoraux, vont dans le bon sens. Elles contribueront à arrêter l'artificialisation des rivages marins et, en permettant le libre jeu des processus dynamiques, le maintien d'une évolution morpho-sédimentaire non contrariée. La loi Littoral marque un pas en avant pour une meilleure gestion des espaces côtiers.

LA STRATEGIE POUR L'AVENIR : QUELQUES RECOMMANDATIONS

Une bonne connaissance du milieu du physique côtier est nécessaire pour éviter des erreurs en matière d'aménagement littoral. Même si on a noté du mieux dans ce domaine, des progrès restent encore à faire.

Il importe d'abord d'**améliorer la qualité des études d'impact** que prévoit un décret du 12 octobre 1977 et qui sont trop souvent superficielles, donc inopérantes. Il faudrait que des spécialistes patentés de l'évolution des rivages marins, géographes et géologues, en particulier ceux des universités régionales, soient associés à l'élaboration de ces études. Par leurs recherches approfondies qui prennent en considération à la fois l'espace et le temps, ils peuvent replacer les milieux à aménager dans un cadre spatio-temporel assez ample pour que des vues prospectives fiables apparaissent. A ce propos, pour ne prendre qu'un cas, on aurait dû prévoir les phénomènes d'érosion qui menacent certains lotissements de la plage de Saint-Cyprien sud, dans les Pyrénées-Orientales. En effet, ici, le rivage est nécessairement instable car il fait partie du delta atrophié du Tech, labile par nature. Les effets de la crue historique d'octobre 1940 de cette rivière sont toujours sensibles sur le tracé du trait de côte qui n'a pas encore retrouvé une position d'équilibre.

D'une façon générale, il serait souhaitable que la **concertation soit plus étroite entre les praticiens de l'aménagement littoral et les spécialistes qui s'intéressent à l'évolution des côtes**. En effet, il est important que les acquisitions de la recherche soient prises en compte sans retard pour une meilleure gestion de l'environnement. On peut reprendre l'exemple des dunes qui bordent les plages. Il est maintenant admis qu'il est essentiel de les restaurer quand elles sont dégradées. On a vu qu'on s'y emploie activement, malheureusement pas toujours à bon escient. On a parfois tendance à appliquer sans discernement, la routine administrative aidant, des méthodes de réhabilitation qui ont été codifiées. La mise en œuvre de moyens, dont on peut faire état dans des rapports d'activité, prend alors le pas sur la finalité de l'opération dont les résultats pratiques passent au second plan. On oublie qu'à l'état naturel une dune bordière est changeante dans sa position comme dans son profil car elle participe à l'équilibre dynamique de la plage. Or, il arrive qu'on prétende l'immobiliser et l'exhausser pour en faire un rempart fixe contre la mer. La position qu'on lui assigne, la forme et les dimensions qu'on lui donne sont artificielles. Lorsque la dune bordière est trop haute, elle oppose une forte prise au vent qui ouvre alors des brèches en elle. Lorsqu'elle est trop proche du trait de côte, la mer l'attaque en falaise. De fait, elle se comporte dans ce cas comme un mur de protection et, au lieu de protéger la plage, elle accroît les menaces qui pèsent sur elle. On en revient ainsi à une méthode de défense statique alors que la dune bordière doit offrir une protection souple. C'est là un bon exemple d'une méthode de sauvegarde de l'environnement, au départ saine, mais parfois progressivement dévoyée par l'inertie administrative. Un dialogue étroit entre les scientifiques et les praticiens éviterait de tels errements, générateurs de gaspillage de temps et d'argent.

Il serait souhaitable que **les plans d'exposition aux risques (PER)**, prévus par une loi de 1982 pour les communes de montagne, **soient étendus aux communes littorales**. Celles-ci sont aussi affectées par des phénomènes naturels (inondations, glissements, éboulements) qui menacent les établissements humains. Les grandes tempêtes de l'hiver 1987-88, sur les côtes de l'ouest et du nord de la France, ont eu des effets désastreux. Par exemple, l'inondation de communes en baie de Somme, le 22 janvier 1988, a rappelé que les espaces littoraux bas présentent des risques de submersion. On se souvient aussi que dans la nuit du 5 au 6 août 1985, une soudaine montée des eaux, accompagnée de vagues déferlantes, a dévasté une partie de la côte de Camargue. On a signalé plus haut les glissements de grande ampleur qui se sont produits sur les falaises du Calvados en août 1981 et en janvier 1982. Mais les plans d'exposition aux risques des communes littorales devraient aussi contenir des indications précises relatives au comportement évolutif de la ligne de rivage, en particulier, et on a vu que c'est un cas fréquent, lorsque la tendance est au recul. L'érosion est un mal insidieux, car plusieurs années peuvent se passer sans manifestations apparentes du danger qui

s'estompe alors dans la mémoire collective. Ce sont les grandes tempêtes, celles qui se produisent une fois tous les dix ou vingt ans, qui sont particulièrement destructives. On peut, en utilisant des modèles prévisionnels, évaluer la vitesse moyenne de ce recul et connaître à l'avance les différentes positions qu'occupera le trait de côte dans les années à venir. Une telle vue prospective a l'avantage d'éviter le recours intempestif à des travaux de défense, à la fois coûteux et nuisibles pour l'environnement, destinés à protéger des aménagements dont on peut savoir, dès le départ, qu'ils vont être menacés tôt ou tard par l'érosion de la mer.

De fait, là où les aménagements sont encore peu importants ou inexistant, c'est vers une **nouvelle stratégie, fondée sur le repli planifié**, qu'il faudrait délibérément s'orienter, en se basant sur la constatation que le recul des falaises et le démaigrissement des plages sont des événements inéluctables dans la conjoncture actuelle. Il est nécessaire d'admettre qu'on connaîtra moins de déboires à essayer de s'adapter à cette évolution qu'à s'efforcer de la contrarier. On doit aussi se rappeler qu'une plage peut reculer sans pour autant disparaître, comme nous le montre, la côte d'Aquitaine dont la récession est attestée depuis au moins l'époque gallo-romaine. L'érosion ne devient véritablement un problème que lorsque des constructions existent à proximité de la mer.

Dans de telles conditions, lorsque les équipements ne concernent pas de gros investissements, on conçoit qu'il est préférable de conserver une plage plutôt que des constructions, donc de procéder à des indemnisations plutôt que de procéder à la mise en place d'une défense statique lourde. Si des épis, des murs de protection ou des brise-lames ont déjà été implantés, la sagesse commande de les faire disparaître. Et il conviendrait d'interdire tout aménagement nouveau le long du rivage, sur un espace d'une largeur égale à au moins cinquante fois la vitesse moyenne annuelle de son recul, étant entendu que la "ligne rouge" serait périodiquement repoussée vers l'intérieur des terres et que les constructions tombant par voie de conséquence dans la **zone non aedificandi** devraient être purement et simplement abandonnées, voire démantelées.

Ainsi, il est souhaitable qu'à la défense obstinée des rivages marins contre l'érosion des vagues, telle qu'elle a été menée jusqu'ici par les ingénieurs, se substitue désormais un recul planifié tenant compte des réalités naturelles. Aux USA, un Etat comme la Caroline du Nord s'est doté d'une législation conforme à cette nouvelle stratégie. Cette approche corrigée de l'aménagement des littoraux, fondée sur le principe qu'il est préférable de reculer plutôt que de protéger, implique un changement profond de la mentalité des usagers, des planificateurs et des décideurs. La mutation des esprits est toujours longue et difficile. Cependant, il faut arriver à faire admettre que, pour les plages en particulier, espaces de récréation privilégiés, mais patrimoine exigü et précaire, la sauvegarde de l'environnement implique d'accepter l'avancée de la mer et d'éviter la confrontation. Lorsque la conjoncture est contraire, une retraite organisée est toujours moins coûteuse qu'une défaite suivie d'une déroute.

Bibliographie

J.-C. Bodère, B. Hallegouet et N. Piriou (1984), Le schéma directeur de la protection contre la mer du littoral finistérien, premier bilan. Actes 107^e Congrès nat. Soc. sav. Brest, 1982, Géographie, 235-252.

R.G. Dean, O.H. Pilkey et J.R. Houston (1988), Eroding shorelines impose costly choices, *Geotimes*, 5, 9-14.

A. Miossec (1986), *Cassandre et Pénélope... A propos de quelques cas d'aménagement sur le littoral de la Bretagne et de la Vendée*. *Norois*, 33, 505-515.

A. Miossec (1987), Conséquences de la pression touristique sur l'espace physique littoral, *Norois*, 34, 153-163.

A. Miossec (1988), Aménagement ou occupation de l'espace littoral : forces et faiblesses de la protection de l'environnement. *Cahiers Nantais*, 30-31, 189-212.

R. Paskoff (1983), L'érosion des plages, *La Recherche*, 140, 20-28.

R. Paskoff (1985), Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution, Masson, Paris, 190 p.

R. Paskoff (1987), Les variations du niveau de la mer, *La Recherche*, 191, 1010-1020.

Légende des illustrations

Figure 1. Effets d'une élévation du niveau de la mer sur l'évolution d'une falaise (A), d'une plage (B) et d'un cordon littoral isolant une lagune (C), d'après E.C.F. Bird.

NM1 : niveau de la mer stable ; ralentissement du recul de la falaise par suite de l'élargissement de la plate-forme d'abrasion basale ; engraissement et progradation de la plage par accolement de crêtes successives, progressivement colonisées par la végétation ; formation d'un cordon littoral qui s'épaissit et ferme une lagune.

NM2 : élévation du niveau de la mer ; reprise du creusement d'une encoche au pied de la falaise et accélération du recul de celle-ci ; démaigrissement et érosion de la plage ; amincissement et migration vers la terre du cordon littoral, ce qui réduit la largeur de la lagune où l'épaisseur de l'eau s'accroît.

Photo 1. Erosion de la plage de Calvi (Corse) ; déchaussement des arbres de la pinède (cliché R. Paskoff, avril 1985).

Photo 2. Mur de protection à Saint-Gilles-Croix-de-Vie (Vendée) ; ablation progressive de la plage (cliché R. Paskoff, octobre 1987).

Photo 3. Restauration de la dune bordière du cordon littoral de l'étang de Thau (Hérault) ; écrans (filets de nylon, clayonnages de bois) destinés à piéger le sable transporté par le vent depuis la plage ; de fait, l'emplacement où l'on veut reconstituer la dune est situé trop près du rivage ; il correspond à la partie supérieure de la plage qu'atteignent périodiquement les vagues, et le sable ne peut s'y accumuler longtemps (cliché R. Paskoff, avril 1988).

POSITIONNEMENT PAR SATELLITES GPS

- SYSTEME PRECIS RAPIDE ET ECONOMIQUE
- RECEPTEURS TRIMBLE 4 000 ST
- TRAVAUX : FRANCE ET ETRANGER

GEOID

214, rue du Couedic, BP 83 - 29130 Quimperlé
Téléphone : 98.96.23.76 - Télécopie : 98.39.34.28

GEOID

NOUVEAU

Geodimeter 408

Pour vous renseigner,
des spécialistes
Geotronics sont à votre
service dans votre région

78.000 F

ACCESSOIRES COMPRIS

- Un trépied
- Un chargeur
et une batterie 2 Ah
- Un prisme
- Une jalonette
- Une nivelle



Parc d'Activités
Les Portes de la Forêt
Allée du Clos des Charmes
77090 COLLEGIEN
Téléphone : (1) 60 05 13 14
Télécopie : (1) 60 17 40 56

- ☐ JE SUIS INTERESSE PAR LE GEODIMETER 408 ET
SANS ENGAGEMENT, JE SOUHAITE ETRE INFORME
PAR UN SPECIALISTE GEOTRONICS
- ☐ JE DESIRE RECEVOIR UNE DOCUMENTATION

Nom _____

Adresse _____

Tél. : _____

Photogrammétrie en zone littorale

par A. FOURGASSIE,
Ingénieur principal de l'armement EPSHOM

INTRODUCTION

L'hydrographie des zones côtières est un travail long et coûteux que l'utilisation des photographies aériennes permet depuis longtemps de préparer et d'alléger. Les techniques et méthodes mises en œuvre découlent de celles utilisées pour la cartographie terrestre. Cependant des difficultés liées à la spécificité des zones littorales ont longtemps freiné le développement de la photogrammétrie des régions côtières. Ces difficultés proviennent de la transition air-eau, milieux d'indices différents ; les principales sont :

- Réfraction des rayons lumineux pour le calcul des profondeurs.
- Enchaînement de clichés dont la partie commune est uniquement maritime.
- Manque de points de calage émergés.
- Réflexion spéculaire du soleil se traduisant par des reflets sur les photographies.
- Marée, etc...

Pour résoudre ces problèmes, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) a entrepris plusieurs actions (acquisition en 1983 d'un stéréorestituteur analytique Traster, préparation de levés photogramétriques spécifiques, étude des conditions d'application et de la fiabilité des techniques photobathymétriques...). Nous pouvons à présent tirer des enseignements provenant d'une expérience de cinq années de restitution photogramétrique de zones littorales très variées du territoire métropolitain et des Départements et Territoires d'Outre-Mer.

1 - NECESSITE DE PRISES DE VUES SPECIFIQUES

La couverture photographique régulière de l'Institut Géographique National (IGN) bien que couramment utilisée par le SHOM, n'est pas bien adaptée aux restitutions photogramétriques des régions côtières. Les principales raisons de cette inadéquation et les solutions pouvant y être apportées sont données ci-dessous :

1.1. ALTITUDE DU PLAN D'EAU - NECESSITE D'OBSERVER LA MAREE PENDANT LES VOLS

Lorsque l'amplitude de la marée est forte, il est très important de disposer de photographies prises lors d'une marée basse de vive-eau. De plus, la cote du plan d'eau aux instants de prise de vues doit être connue avec précision, ce qui, dans la plupart des cas, impose une observation de la marée pendant la durée des vols.

1.2. HAUTEUR DU SOLEIL

De nombreuses photographies aériennes sont inexploitable pour la bathymétrie à cause des reflets. Pour minimiser la surface qu'ils occupent sur les clichés, il est nécessaire d'opérer avec une hauteur de soleil pas trop importante (fonction de la distance focale, de la taille des clichés et de l'orientation des axes de prise de vues) pour éviter la réflexion spéculaire, mais néanmoins suffisante pour assurer un éclairage satisfaisant des fonds. De plus, il est important de prévoir un recouvrement longitudinal de 80 % et latéral de 20 % pour s'affranchir au mieux lors de la restitution des reflets résiduels sur les clichés.

1.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

En plus de contraintes évidentes de nébulosité, il faut s'assurer d'un vent faible non seulement pour assurer une bonne stabilité au vol de l'avion mais surtout parce qu'un état de la mer, trop agité peut interdire la restitution des fonds faiblement immergés ou en réduire la précision en provoquant des erreurs pouvant atteindre 13 % de la profondeur (cf référence 1).

1.4. CONFIGURATION DES ZONES COTIERES - NECESSITE DE LA LOCALISATION DE L'AVION

Dans certains cas, les levés photoaériens de l'IGN ne couvrent pas la totalité de l'estran ou n'englobent pas certains îlots et récifs situés à proximité de la côte. Ces régions littorales, présentant souvent des fonds faibles et accidentés, sont difficilement accessibles et conduisent avec les méthodes classiques (vedettes, sondeurs acoustiques) à des levés hydrographiques longs et délicats. La réalisation d'une couverture photographique plus étendue se heurte aux difficultés du suivi de profils au-dessus des zones essentiellement maritimes offrant peu de points de repère pour les pilotes. De plus, le manque de points d'appui émergés rend difficile et parfois impossible la mise en place des couples stéréoscopiques provenant d'un tel levé.

La solution d'une grande partie de ces difficultés se trouve dans la localisation de l'aéronef. Le système adopté doit permettre, avec une précision permettant de garantir les normes de recouvrement entre bandes adjacentes, le guidage sur des profils préétablis. Pour ceci, une précision de 10 mètres est amplement suffisante ; elle doit être obtenue en temps réel. Des performances supérieures, accessibles après des calculs en temps différé, seront indispensables si l'on veut pouvoir réduire significativement le nombre de points d'appui au sol nécessaire à la mise en place des clichés. A la limite il sera possible de s'affranchir complètement des points d'appui dans les calculs d'aérotriangu-

lation si la position des sommets de prise de vues est connue avec une précision submétrique en planimétrie comme en altimétrie. Le fait de disposer du plan d'eau comme référence d'horizontalité (surface équipotentielle) et d'altitude (marée connue, cf alinéa 1.1) est un atout supplémentaire lorsque l'infrastructure géodésique est peu dense.

1.5. CHOIX DE L'ÉMULSION

L'une des spécificités de la photogrammétrie des régions littorales se situe dans la restitution des zones immergées.

La société Kodak a développé, il y a quelques années, une émulsion photographique spécialement adaptée à la prise de vues sous-marines. La commercialisation de ce produit a dû être arrêtée à cause d'une demande trop faible. Le choix reste donc à faire parmi les émulsions classiques couramment utilisées pour les photographies aériennes.

Les émulsions panchromatiques sont d'un coût moins élevé et d'un emploi plus facile que les émulsions couleur et permettent à grain égal des pointés légèrement plus précis. Cependant leur contenu informatif est plus faible car elles ne permettent de séparer que 20 000 nuances de gris qui sont à comparer aux 20 000 nuances que l'on peut distinguer sur certains clichés couleur. Les émulsions panchromatiques sont donc peu intéressantes pour la photobathymétrie pour laquelle il est indispensable de pouvoir effectuer une bonne interprétation dans des zones de dynamique très faible. Grâce à leurs bonnes qualités de pénétration sous l'eau, les émulsions en couleurs naturelles se prêtent bien à la photobathymétrie. Cependant, elles ne permettent pas toujours, surtout si l'eau est claire, de déterminer avec précision la limite du plan d'eau. Cette difficulté se trouve résolue par l'utilisation d'émulsions en fausses couleurs dont le spectre s'étend dans l'infrarouge jusqu'à 900 nm mais qui n'assurent pas une aussi bonne pénétration sous l'eau.

La solution la plus satisfaisante, adoptée par le National Ocean Survey (NOS) aux Etats-Unis (cf référence 6) consiste à effectuer simultanément à la prise de vues en couleurs naturelles une prise de vues avec une émulsion infrarouge en noir et blanc qui permet de déterminer facilement le plan d'eau. Cette technique nécessite l'installation de deux caméras sur l'avion et augmente le prix des levés.

Nous avons eu l'occasion d'exploiter des photographies panchromatiques, en couleurs naturelles (Aerocolor 2445 et Aerochrome 2448) et infrarouges en fausses couleurs (Aerochrome 2443). Les observations concernant les qualités de ces émulsions pour la restitution photobathymétrique sont données dans le paragraphe 3.2. D'autres essais mettant en œuvre des films noir et blanc de très haut contraste et des films couleurs de sensibilité spectrale centrée autour de 550 nm seront conduits dans l'avenir.

2 - MISSIONS PHOTOAERIENNES REALISEES PAR LE SHOM

Pour tirer le maximum d'avantages d'un levé photogramétrique spécifique, nous nous sommes orientés jusqu'à présent pour ces levés vers des

zones littorales présentant des marées de fortes amplitudes (côtes nord de Bretagne et Baie de Seine). Quatre missions photographiques ont été réalisées :

Septembre 1983 : De Roscoff à Trégastel (planche 1).

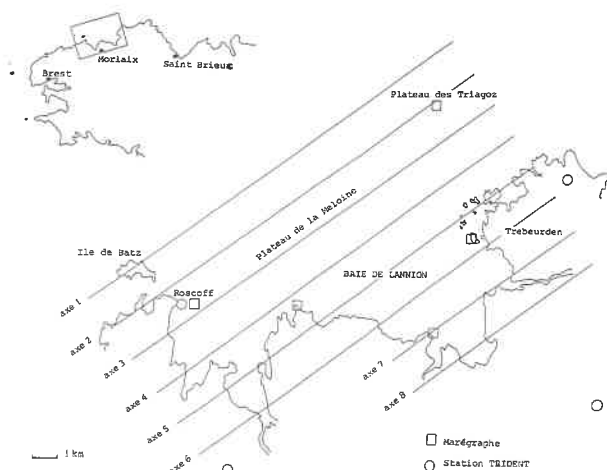


PLANCHE 1. — Mission "Baie de Lannion". Schéma des axes de vol. Situation des marégraphes et des stations TRIDENT.

Juin 1984 : Baie de Seine (planche 2).

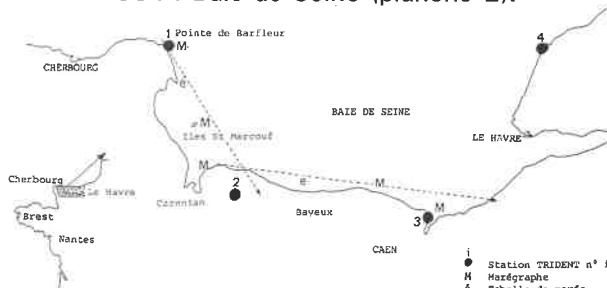


PLANCHE 2. — Mission "Baie de Seine". Schéma des axes de vol. Situation des stations TRIDENT, des marégraphes et des échelles de marée.

Septembre 1986 : De Trégastel à l'anse d'Yffiniac (planche 3).

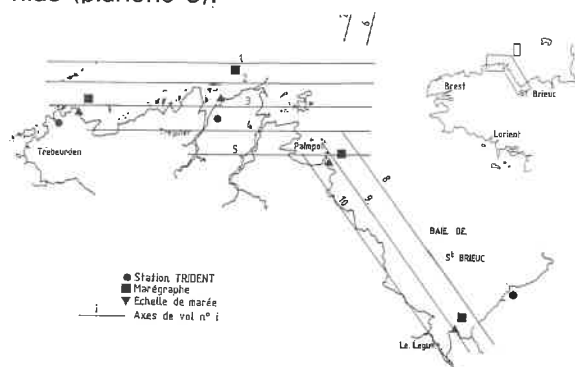


PLANCHE 3. — Mission "Paimpol". Schéma des axes de vol. Situation des stations TRIDENT, des marégraphes et des échelles de marée.

Septembre 1988 : De l'anse d'Yffiniac à la baie du Mont Saint-Michel (planche 4).

Ces choix ne facilitent cependant pas l'organisation des missions. En effet, les vols doivent être

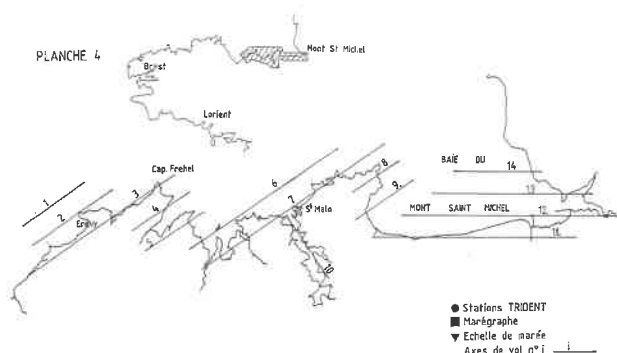


PLANCHE 4. — Mission "Mont Saint-Michel". Schéma des axes de vol. Situation des stations TRIDENT, des marégraphes et des échelles de marée.

programmés pendant des périodes de grandes marées à l'heure de la basse mer et avec des conditions de hauteur de soleil satisfaisantes (cf alinéa 1.2). Il est en général possible de dénombrer chaque année pour une région donnée trois à quatre périodes propices d'une durée d'environ trois jours chacune... La dernière exigence à satisfaire, et non la moindre, est de bénéficier pendant l'une de ces périodes de conditions météorologiques favorables. Ces nombreuses contraintes s'ajoutent aux problèmes posés par la mise en place et la surveillance d'infrastructures terrestres (marégraphes, balises de radiolocalisation). Tout ceci rend ces missions photogrammétriques relativement lourdes et nécessite une bonne organisation.

Au cours des quatre missions citées ci-dessus, nous avons pu expérimenter plusieurs capteurs de localisation (Trident, altimètre laser, statoscope) et tester différentes émulsions photographiques. Les positions issues de la radiolocalisation ont été comparées aux coordonnées des sommets des gérbes perspectives obtenues par aérotriangulation (cf référence 5). La première tâche a été d'assurer une bonne synchronisation entre l'ouverture de la caméra et l'acquisition des données de localisation.

Le système Trident de la Société Thomson/CSF permet d'obtenir les distances du mobile à quatre balises installées sur des points remarquables de la cote choisis pour assurer un bon recoupement des lieux de position.

En l'absence de mesure spécifique d'altitude, la précision obtenue en temps réel avec le Trident est d'environ 10 mètres en planimétrie. Pour ceci, le calcul est effectué en fixant l'altitude moyenne de vol. Cette précision est suffisante pour le guidage de l'aéronef sur des profils préétablis (cf alinéa 1.4). Elle peut être légèrement améliorée en temps différé en optimisant l'altitude de vol par minimisation des résidus sur les mesures de distances. La mise en œuvre d'un altimètre Laser permet d'obtenir une précision submétrique pour l'altitude de l'aéronef. L'introduction de cette altitude dans les calculs de la localisation Trident améliore la précision planimétrique de celui-ci jusqu'à moins de 3 mètres. Malheureusement, les altimètres Laser sont très coûteux et ils ne donnent une indication d'altitude exploitable que lorsque le nadir de la photographie est situé sur le plan d'eau. Pour pallier à ce deuxième inconvénient, on peut se servir conjointement d'un statoscope (appareil enregistrant avec précision les variations d'altitude par conditions atmosphériques stables). Nous avons également expérimenté l'emploi simultané du Trident et d'un statoscope. Le passage de l'avion à proximité de la verticale d'une balise Trident fournit alors le calage altimétrique absolu à 2 à 3 mètres près.

Pour l'instant, un seul capteur ne permet donc pas de résoudre de façon satisfaisante le problème de la localisation de l'aéronef. Les progrès attendus dans ce domaine viendront du système de localisation par satellites GPS (référence 2). Des expériences menées en 1987 par la Société Sercel, le Centre d'Essais en Vol de Brétigny et le SHOM (références 3 et 4) ont montré que ce système permettait d'obtenir la position tridimensionnelle de l'aéronef avec une précision de quelques mètres en temps réel et de quelques dizaines de centimètres en temps différé. Cependant, les levés photogrammétriques littoraux ne sont pas envisageables avec le GPS avant la mise en place de la constellation définitive (1991). En effet il serait irréaliste d'ajouter aux spécifications déjà très strictes de ces missions photographiques, les contraintes dues aux courtes périodes actuelles d'observation des satellites GPS.

3 - RESTITUTIONS PHOTOGRAMMETRIQUES EN ZONE LITTORALE

3.1. OBJECTIFS

Les restitutions photogrammétriques réalisées à ce jour par le SHOM ont fait appel soit à la couverture photographique de l'IGN, soit aux missions

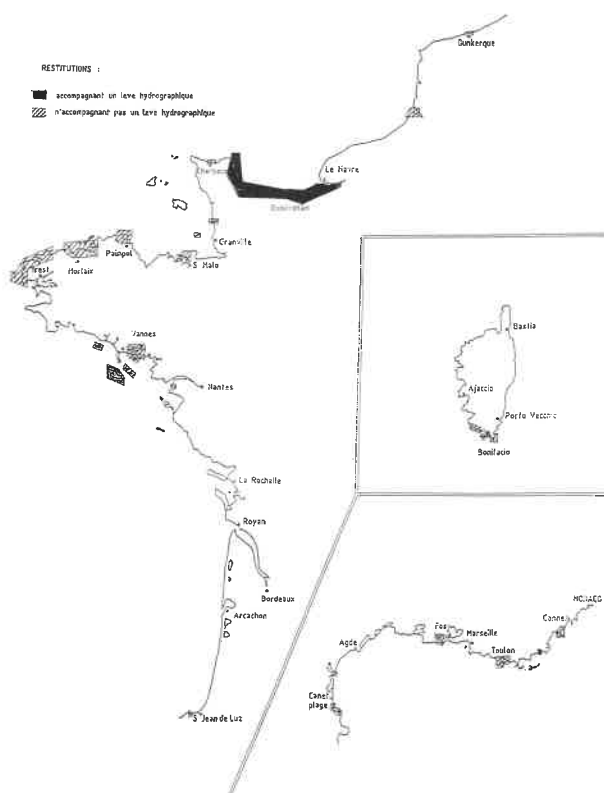


PLANCHE 5a. — FRANCE

spécifiques décrites ci-dessus. Elles peuvent se classer en deux grandes catégories :

a) *Les restitutions photogrammétriques accompagnant un levé hydrographique classique*

Les planches n° 5 a, b montrent les travaux déjà réalisés depuis 1984 suivant cette méthodologie sur les côtes métropolitaines et dans les DOM-TOM. La restitution photogrammétrique est alors effectuée préalablement au levé classique. La Mission Hydrographique dispose donc pendant les opérations sur le terrain de tous les documents et peut en

assurer le complètement. En ce qui concerne la partie terrestre, celui-ci s'avère relativement léger ; il consiste à positionner les espars de faibles dimensions non identifiables sur les photographies, à classer les amers en fonction de leur visibilité par les navigateurs, à porter la toponymie et à vérifier les évolutions depuis la date de prise de vues. Le contrôle de la partie maritime de la restitution nécessite un travail plus long et la mise en œuvre de moyens plus lourds. Les performances en précision et en pénétration de la photobathymétrie ne sont en général pas suffisantes (cf paragraphe 3.2) pour rendre caducs les levés acoustiques classiques. Cependant la photogrammétrie procure un allègement très sensible de ces levés car elle permet de détecter les hauts fonds et de cerner des zones prioritaires pour lesquelles des levés détaillés mettant en œuvre des vedettes hydrographiques resteront nécessaires.

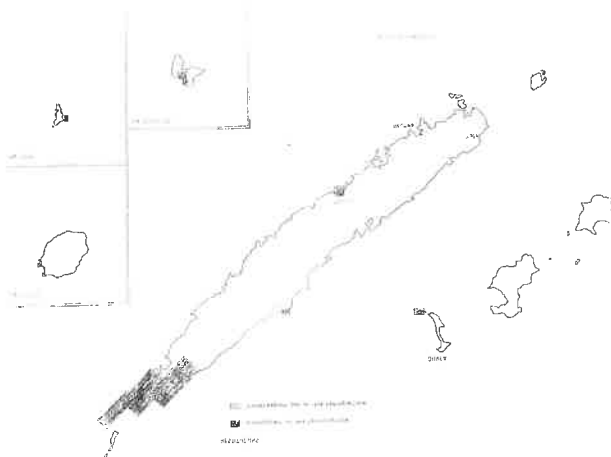


PLANCHE 5b. — DOM-TOM

b) *Les restitutions photogrammétriques n'accompagnant pas un levé hydrographique*

Etant donné le volume important des levés hydrographiques modernes restant à effectuer sur nos côtes, il est parfois nécessaire de rénover la cartographie de régions littorales pour lesquelles il n'a pas été jugé prioritaire de programmer un levé hydrographique exhaustif. C'est le cas de la Bretagne Nord. Les cartes y sont issues de levés réalisés au XIX^e siècle. Il a été décidé d'effectuer la mise à jour de cette cartographie grâce à la photogrammétrie. Des contrôles ponctuels portant sur les incohérences entre les cartes marines anciennes et les restitutions photogrammétriques ont néanmoins été réalisés. La planche n° 6 montre l'apport incon-

testable de cette méthode pour la remise à jour des cartes marines.

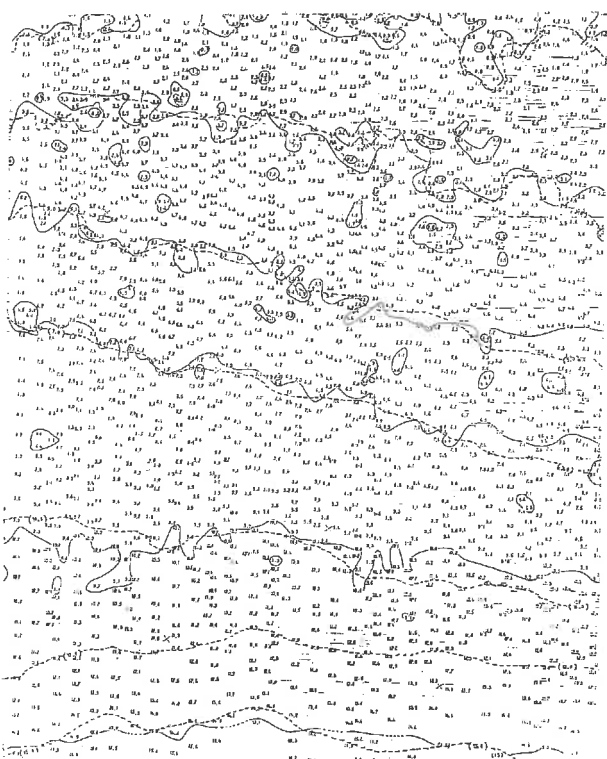


PLANCHE 6. — Lifou : Superpositions des isobathes traster : ... et de la minute 83-32-1 (levé acoustique).

3.2. PHOTOBATHYMETRIE

Les travaux photogrammétriques réalisés depuis cinq ans ont permis de dégager une méthodologie adaptée à la restitution des fonds faiblement immergés.

3.2.1. Conditions de prise de vues

En premier lieu, la prise de vues doit répondre aux critères détaillés plus haut relatifs à la hauteur du soleil, aux conditions météorologiques, aux émulsions photographiques et à l'observation de la marée. L'échelle des photographies et la distance focale de la caméra sont également à prendre en compte.

— L'échelle que nous utilisons le plus couramment est le 1/20 000 qui fournit en moyenne après aéro-triangulation une précision planimétrique de 1 à 2 mètres largement suffisante pour une échelle de rédaction de 1/10 000 et une précision altimétrique de 0,5 à 2 mètres pouvant être améliorée au voisinage du trait de cote (cf paragraphe 3.2.2) mais pouvant se dégrader dans les zones éloignées des points d'appui altimétrique. Il est apparu qu'une restitution photobathymétrique de qualité exigeait des photographies à grande échelle (1/10 000) au prix d'un allongement de toutes les phases de la restitution. Dans les zones où la densité des points d'appui est faible et lorsque la seule localisation de l'aéronef ne permet pas une mise en place suffisamment précise des couples (cf paragraphe 2), il est intéressant de prévoir deux prises de vues, la première à petite échelle (1/30 000) permettant de déterminer des points de calage, pour la seconde à grande échelle (1/10 000).



Figure 7

— Parmi les distances focales utilisées en photographie aérienne (90 mm - 150 mm - 210 mm), les deux premières fournissent un recouvrement géométrique des rayons perspectifs compatible avec une restitution photobathymétrique de précision.

3.2.2. Méthodologie de restitution - Calage altimétrique des modèles stéréoscopiques

Une prise de vues de qualité n'est pas suffisante pour assurer une restitution photobathymétrique précise. La restitution des fonds immergés soulève en effet différents problèmes. Celui de la réfraction des rayons à l'interface air-mer est résolu sur le Traster par un logiciel que nous avons testé et validé. Une difficulté plus sérieuse est due au faible nombre et souvent à la mauvaise répartition des points de calage émergés. Ce problème est particulièrement crucial pour les points d'altitude et constitue le facteur limitatif principal de la photobathymétrie.

La configuration la plus défavorable est celle d'une côte rectiligne. Les points de marée sont alors presque alignés et en l'absence de données supplémentaires pouvant améliorer le calage altimétrique des modèles, la fiabilité de la restitution bathymétrique ne peut être assurée qu'au voisinage de la ligne de rivage à l'instant de prise de vues.

Le calage altimétrique peut également se révéler délicat avec une bonne répartition géométrique des points de marée lorsque ceux-ci sont difficile-

ment identifiables à cause de la trop grande clarté de l'eau (cf paragraphe 1.5).

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour remédier à ces difficultés de détermination précise d'un niveau de référence altimétrique pour les modèles stéréoscopiques.

— Utilisation de points de calages immergés

Des programmes prenant en compte cette spécificité ont été développés (cf référence 7). Pour cela, il faut pouvoir identifier de façon sûre les points de calage et en connaître la profondeur avec précision.

— Mouillage de bouées

Pour profiter de la connaissance de l'altitude du plan d'eau, on peut mouiller préalablement à la prise de vues quelques bouées permettant de faire des pointés stéréoscopiques sur le plan d'eau et ainsi de densifier le réseau des points d'appui altimétrique.

— Localisation de l'aéronef

Il a été montré (cf référence 7) que l'effet de l'introduction de l'altitude de sommets de prise de vues dans le calcul d'ajustement était comparable à celui des points d'appui altimétriques au niveau du sol situés à proximité de l'axe de vol. En optimisant le plan de vol de façon à placer les sommets de prise de vues à distance suffisante du trait de cote, on obtient donc un canevas d'appui altimé-

N°	1	2	3	4	5	6
Zone	Bonifacio	Iles de Lerins	Iles Chausey	Iles de Glénan	Ile Lifou (Nouvelle-Calédonie)	Anse de Paimpol
Echelle des clichés	1/14 500	1/14 500	1/10 000	1/20 000	1/10 000	1/20 000
Hauteur du soleil	43°	45°	44°	46°	42°	39°
Etat de la mer	Petit clapot	Calme	Vent assez fort, zone protégée dans le lagon	Petit clapot	Calme	Petit clapot
Pourcentage de reflets	33 %	25 %	40 %	40 %	10 %	25 %
Emulsion	Panchromatique	Panchromatique	Couleur et infrarouge couleur	Panchromatique	Couleur	Couleur
Localisation avion	non	non	non	non	non	oui
Marée	Prédite (marée faible)	Prédite (marée faible)	Prédite	Prédite	Prédite (marée faible)	Observée
Nature du fond	Roche et sable	Herbiers	Roche et sable	Roche et sable	Corail et sable	Roche, sable et vase
Pénétration	10 m	3 à 5 m	3 m	3 m	15 m	3 à 7 m
Précision (comparaison avec levés acoustiques)	~ 1 m	~ 2 m	(1)	~ 0,5 m	~ 0,5 m	(1)

(1) Aucun levé acoustique à grande échelle n'étant disponible pour ces zones, le paramètre de précision n'a pu être évalué.

trique favorable comprenant les sommets et les points en bordure du plan d'eau.

3.2.3. Exemples de restitutions photobathymétriques

Les différentes restitutions présentées ci-dessous mettent en valeur tous les facteurs décrits précédemment et montrent également l'importance de la nature du fond.

Les caractéristiques des missions aériennes utilisées sont rassemblées dans le tableau ci-dessous. Elles ont toutes été réalisées avec une caméra RC 10 équipée d'une focale de 150 mm.

Le pourcentage des reflets sur les clichés dépend de la hauteur du soleil et de l'état de la mer.

Les missions photographiques n° 3, 5 et 6 ont fait l'objet d'une programmation spécifique alors que les trois autres ont été choisies dans la photothèque de l'IGN.

La comparaison de ces différentes restitutions avec les documents bathymétriques de référence a montré que plusieurs facteurs se conjugaient avec pour conséquence dans la plupart des cas une surestimation des profondeurs mesurées par photobathymétrie.

a) Pointé du plan d'eau. L'opérateur a tendance à surévaluer la cote du plan d'eau en se calant sur la limite de la zone humide correspondant à une variation de teinte. Ce problème se trouve presque résolu si l'on utilise des photos couleur et ne se pose plus avec les photos infrarouge couleur. De plus, par mer agitée, le pointé du plan d'eau est délicat et la cote de celui-ci sera toujours surévaluée. Aucune méthode ne permet évidemment d'évaluer cette surcote. Cependant, on peut estimer qu'elle est comprise entre 0 et 50 cm.

b) Nature du fond. Elle a un effet important sur la précision du pointé stéréoscopique. Les réponses stéréoscopiques du sable et surtout des herbiers ou de la vase étant beaucoup moins nettes que celles de la roche ou du corail, les restituteurs ont tendance à faire pénétrer le ballonnet de pointage à l'intérieur du fond et donc à surestimer la profondeur.

c) Bathymétrie de référence. L'adoption du principe de sécurité pour le choix des sondes effectuées lors d'un levé acoustique classique se traduit par une surévaluation apparente des profondeurs obtenues par photobathymétrie.

Finalement les performances sont très variables, la pénétration sous l'eau pouvant aller de moins d'un mètre (fonds de vase, eaux turbides) jusqu'à plus de 15 mètres (lagons coralliens). La restitution concernant Lifou regroupe toutes les conditions favorables citées plus haut et nous a montré qu'une

précision de $\pm 0,50$ mètre était possible (cf planche 7). Par contre il est également apparu au vu de la restitution des îles de Lerins que dans certains cas des erreurs importantes probablement dues à la nature du fond (herbiers) pouvaient être commises et ceci même pour des profondeurs faibles.

CONCLUSION

L'étude systématique menée depuis bientôt cinq ans pour mettre au point des méthodologies de prise de vues et de restitution adaptées aux zones littorales a permis de rendre effectif l'emploi de la photogrammétrie, aussi bien pour l'élaboration de documents de préparation facilitant et allégeant les levés côtiers que comme outil de mise à jour et de rénovation des cartes marines.

La photobathymétrie, en particulier, est une technique dont les critères de fiabilité sont difficiles à tous maîtriser. Elle se montre la plus performante dans les zones difficiles d'accès aux moyens flottants (côte découpée, fonds rocheux et accidentés) et apparaît alors comme un moyen complémentaire aux levés acoustiques classiques.

Références

- (1) **M. Venuon** : *Photogrammetry in Hydrographic Surveying. The Hydrographic Journal*, n° 11, avril 1978.
- (2) **A. Fourgassie** : *Emploi du GPS en Hydrographie. Actes du 3^e colloque national sur la localisation en mer - Rueil - Septembre 1987.*
- (3) **G. Cozian** : *Positionnement GPS d'un avion en vol. Rapport d'essai - EPSHOM - Mars 1988.*
- (4) **R. Gounon** : *Trajectographie GPS sur avion, résultats d'essais au CEV Brétigny - SERCEL - Novembre 1987.*
- (5) **J.-M. Chimot, M. Le Gouic** : *Radiolocalisation d'un avion de prises de vues aériennes destinées à des levés hydrographiques côtiers. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection n° 103, 1986-3.*
- (6) **J.-T. Smith** : *NOS Photographic Operations for Photobathymetry. Proceedings of the Coastal Mapping Symposium, août 1978.*
- (7) **G. Cozian** : *Photogrammétrie en zone littorale. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences Géodésiques - EPSHOM - Septembre 1986.*
- (8) **M. Le Gouic** : *Hydrographie et Bathymétrie. 1^{er} Congrès International de l'Association Française de Topographie - Paris - Décembre 1984 : Revue XYZ n° 21, décembre 1984.*

Un exemple d'évolution rapide du littoral

par Robert VINCENT
Ingénieur de l'Ecole Centrale
Président honoraire de l'Association Française de Topographie

Les exemples d'évolution importante du littoral dans les temps historiques ne manquent pas. Le plus connu en France est Aigues-Mortes dont les remparts baignaient la mer en 1248 quand Saint-Louis s'embarqua pour la 7^e croisade, et qui aujourd'hui sont éloignés de plus de 7 kilomètres de la Méditerranée.

A l'inverse la mer gagne sur la terre en de nombreux points des rivages, soit par érosion marine ou éolienne, soit par variation du niveau moyen des eaux.

Les variations du niveau moyen des mers ont été mises en évidence sur les marégraphes côtiers. On consultera à ce sujet l'article XV de 300 ans de Géodésie Française par M. J.-J. Levallois (XYZ n° 32-33 de septembre - décembre 1987 pages 22 à 25) et le livre "300 ans de géodésie française" (Edition AFT) où une montée du niveau de la mer par rapport aux côtes est chiffrée à une quinzaine de centimètres par siècle sur les côtes européennes occidentales. A l'inverse, un exhaussement du bouclier scandinave (Finlande notamment) atteint 9 millimètres par an en son point maximum.

Mais la variation relative du niveau des mers n'explique pas tous les cas de figure. Une des principales causes de variation d'un littoral qui gagne sur la mer reste l'ensablement apporté par les fleuves, surtout les fleuves à Delta comme le Rhône (cas d'Aigues-Mortes) ou le Nil (cas de Port-Saïd que nous citerons plus loin).

Les apports littoraux provoqués par les débits solides des fleuves sont parfois très importants mais peuvent ne pas avoir été toujours ce qu'ils sont aujourd'hui.

Une méthode fiable de mesure de la quantité des limons charriés par les fleuves est l'étude de l'envasement des barrages. On peut citer à titre d'exemple les barrages algériens : leur envasement est rapide. L'un d'eux est déjà rempli à ras bord, d'autres s'ensavent à des rythmes annuels de l'ordre de 1 pour cent du volume de la retenue, c'est à dire que leur durée de vie est d'un siècle.

Les relevés topographiques des cuvettes de retenue au moment de la construction du barrage, puis régulièrement en cours d'envasement par sondage ou photogrammétrie à l'occasion d'une vidange donnent des résultats précis.

En Petite Kabylie, deux barrages ont été ainsi traités. Une remarque importante peut être faite à leur sujet à titre d'exemple. Le volume des limons accu-

mulés en 25 ans ne peut provenir que de l'érosion des bassins versants : compte tenu de leur superficie, on conclut facilement que l'érosion moyenne annuelle est de plusieurs millimètres par an sur toute la surface du bassin versant et pourtant la région comporte quelques forêts.

La réflexion peut être portée plus loin. Si le phénomène durait depuis les temps géologiques cela ferait plusieurs milliers de mètres d'érosion par millions d'années. Il y a soit un exhaussement géologique au moins du même ordre, soit alors l'érosion actuelle est un phénomène récent, dû au défrichement de l'homme ou à des variations climatiques importantes.

Les avancées ou les reculs des côtes sont souvent difficiles à prouver avec précision pour les temps passés, faute de documents topographiques fiables.

De nos jours nous disposons parfois de cartes topographiques précises qui permettent de prouver l'importance des phénomènes. C'est le cas de la ville de Port-Saïd à l'entrée Nord du Canal de Suez sur la Méditerranée.

Avant la construction du barrage d'Assouan, le Nil apportait chaque année une masse considérable de sédiments et modifiait son delta, au point qu'un bras qui se jetait, du temps de l'Egypte ancienne à l'Est de Port-Saïd, a complètement disparu.

Des cartes récentes à l'échelle de 1/5 000 de la ville de Port-Saïd, levées en 1924, 1951 et 1979 permettent de suivre avec précision l'avancement progressif récent de la terre sur la mer : plusieurs centaines de mètres en moins de 20 ans.

On remarque en effet que sur la digue de protection de l'entrée du Canal la statue de Ferdinand de Lesseps qui était en mer en 1924, se trouvait en 1979 - ou tout au moins le socle de la statue depuis 1956 - à 600 mètres en arrière du littoral.

L'évolution future sera intéressante à suivre : En effet, les crues du Nil ont disparu et avec elles les importants apports d'alluvions : Port-Saïd non seulement ne s'agrandira plus sur la mer, mais risque bien d'avoir à lutter au contraire contre l'érosion marine.

D'autres topographes en feront ultérieurement le constat, à moins que le suivi se fasse plus commodément par l'imagerie satellitaire.



PORT-SAÏD - Echelle 1/20 000.

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

Méthodes et résultats de la mesure de l'ablation sur les surfaces calcaires : exemples littoraux

par Maurice JULIAN
Université de Nice

A l'inverse des littoraux formés de sédiments meubles (plages, cordons, deltas...) qui ont enregistré pendant la période historique des modifications parfois considérables, les littoraux rocheux calcaires des rivages méditerranéens paraissent stables, formant depuis l'Antiquité des caps ou des promontoires qui sont autant d'amers sur lesquels la navigation ancienne s'appuyait. Toutefois, à l'observation, on est frappé par l'aspect déchiqueté de ces côtes à falaises de hauteurs diverses, banquettes, rampes, côtes modélées de lapiés, défoncées de multiples alvéoles, cuvettes, mares (jamais de véritables vasques sur nos rivages nord), sapées par des encoches au niveau de la mer, frangées de trottoirs d'érosion ou de consoles construites d'algues calcaires (principalement *Lithophyllum*), cette morphologie témoignant d'une dynamique efficace.

L'estimation ou la mesure de l'érosion sur ces littoraux nécessite la mise en œuvre de méthodes diverses, dont certaines sont courantes en milieu karstique continental, alors que d'autres sont spécifiques du milieu littoral. Une fois cette problématique envisagée, il sera utile de préciser les bilans de cette érosion et de les comparer à ceux des littoraux semblables des mers tropicales, plus chaudes mais aussi plus agitées, dans lesquelles l'activité biologique est plus intense.

I. L'ÉROSION BIOKARSTIQUE LITTORALE : FORMES ET PROCESSUS

La zonation tripartite est classique depuis les travaux de Guilcher (1953), Fairbridge (1968) et, en dernier lieu, de Dalongeville (1978, thèse inédite).

1/ LA ZONE SUPRALITTORALE

Du côté interne, on note des formes de transition avec celles du karst continental, celui-ci étant comme progressivement nettoyé, désencrassé ; puis les surfaces calcaires apparaissent comme taraudées par des alvéoles, des cuvettes et des mares car cette zone reçoit des paquets de mer lors des tempêtes et plus fréquemment des embruns ("spray zone"). Les processus de dissolution directe du calcaire sont peu certains là, bien qu'Emery ait envisagé la production nocturne de CO_2 du fait de la respiration des peuplements de littorines des mares, mais ces processus de "water layer weathering" n'ont pas été confirmés par les analyses précises de Debrat (1974) faites dans la

région niçoise (ni variations de pH, ni mise en solution de calcaire). Cette zone d'embruns est le lieu d'une intense désagrégation physico-chimique sous l'action de l'**haloclastie** (cristallisation du sel marin des embruns et de l'eau des mares par évaporation). D'autre part, la bioérosion prend de plus en plus d'importance à mesure que l'humectation du calcaire augmente : cyanophycées épilithiques dont l'attaque est, selon Le Campion-Alsumard (1979), très rapide ; plus bas, les formes endolithiques l'emportent et ce seraient elles, d'après Nesteroff (1960), qui auraient la plus grande efficacité (observations au Cap d'Antibes).

2/ LA ZONE MEDIOLITTORALE

On l'appelle ailleurs zone intertidale mais la faiblesse de la marée sur ce littoral en empêche l'usage. C'est la zone où, mieux, le plan d'action des vagues, non point comme précédemment leur déferlement mais ce qu'on dénomme le jet de rive ("uprush"). C'est donc une zone d'humectation quasi-continue où les biomasses animales augmentent notablement. Elle est marquée soit par une encoche ("notch") à la base de la falaise ou de la microfalaise (on n'observe pas de véritable visor comme en domaine tropical), soit par un trottoir d'érosion à encroûtements algaires fréquents, l'une et l'autre de ces formes étant limitées par la console à *Lithophyllum*, parfois un véritable trottoir construit (La Gabinière, Port Cros).

3/ LA ZONE INFRALITTORALE

C'est la zone d'immersion pérenne, soumise à des remous, où s'observent de nombreuses traces de façonnement karstique anciennes.

Si la dissolution est réduite — et ce encore plus au niveau de la mer (malgré la netteté de l'encoche) —, la biocorrosion et la bioérosion sont les processus dominants, dont la connaissance s'améliore grâce aux recherches des biologistes marins. Les effets en sont multiples : broutages, forages, perforations, et les acteurs eux-mêmes nombreux : algues, clones, vers, échinoïdes, bivalves (pelecypodes), gastéropodes, crabes, poissons, etc.

Les secteurs battus (caps, promontoires) localisent les formes de bioérosion les plus développées alors qu'à l'inverse les rentrants voient ces formes s'amoinrir et même disparaître. Il en est de même des constructions algaires (fig. 1).

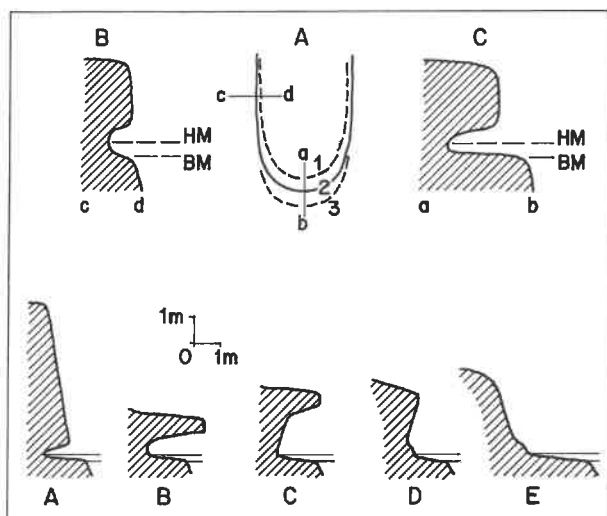


Fig. 1 - **Types de profils** (d'après Debrat, 1974).
En haut - A : promontoire vu de dessus. B : coupe transversale en secteur abrité (c - d). C : coupe longitudinale en secteur battu. 1 : tracé du fond de l'encoche. 2 : tracé du surplomb. 3 : tracé du rebord de la banquette.
En bas - Plusieurs types de profils longitudinaux. A : encoche en trait de scie (falaise élevée). B : microfalaise réduite (esquisse de visor). C : absence d'encoche, simple surplomb (encorbellement). D et E : absence d'encoche, formation d'un trottoir, tendance au rabattement de la microfalaise (rampe).

En domaine nord-méditerranéen, la profondeur et la largeur des encoches et des trottoirs se classent dans des fourchettes de 0,5 m/1,5 m, alors qu'aux Bermudes des encoches de 5 m ont été observées et que les dimensions record atteignent 10 et même 20 m (Indonésie, d'après Kuenen, cité par Fairbridge, 1968).

Selon Debrat (1974), Trudgill (1976), Focke (1978), la cinématique des littoraux affectés par l'érosion biokarstique obéit à plusieurs types de modèles :

- les promontoires bas sont à la fois rongés par les alvéoles et les cuvettes en coalescence, avec abaissement de la surface, alors que les microfalisaises reculent en laissant devant elles des trottoirs (fig. 2) ;

- le modèle le plus courant correspond à la progression de l'encoche et au recul de la falaise (microfalaise) parallèlement à elle-même, par éboulements successifs (porte-à-faux) et formation d'un trottoir d'érosion en avant (ainsi qu'une console d'algues calcaires) ;

- un autre modèle d'évolution, indiqué par Focke (1978) sur les secteurs très battus du littoral de Curaçao, correspondant à un phénomène de pivotement, avec réduction de la falaise (la console bioconstruite, très stable, constitue alors comme une charnière), ce modèle est quasiment absent de nos littoraux.

II. METHODES ET RESULTATS DES MESURES DE L'ÉROSION DU BIOKARST LITTORAL, MEDITERRANÉEN

— En domaine karstique continental, l'éventail des méthodes de mesure des taux d'érosion sur les affleurements calcaires est large. Sans entrer dans trop de détails, on peut en mentionner quelques-unes :

- * des méthodes hydrochimiques (mesure des teneurs des substances dissoutes et calcul de l'ablation en fonction du drainage rapporté à une surface ou à un volume déterminé) ;

- * mesure du cumul de l'ablation d'une surface par rapport à des repères ou des plans stables (par exemple mise en creux par rapport à des modelés datés, comme un poli glaciaire ou la surface polie de pierres de construction dont on connaît la date d'édification) ;

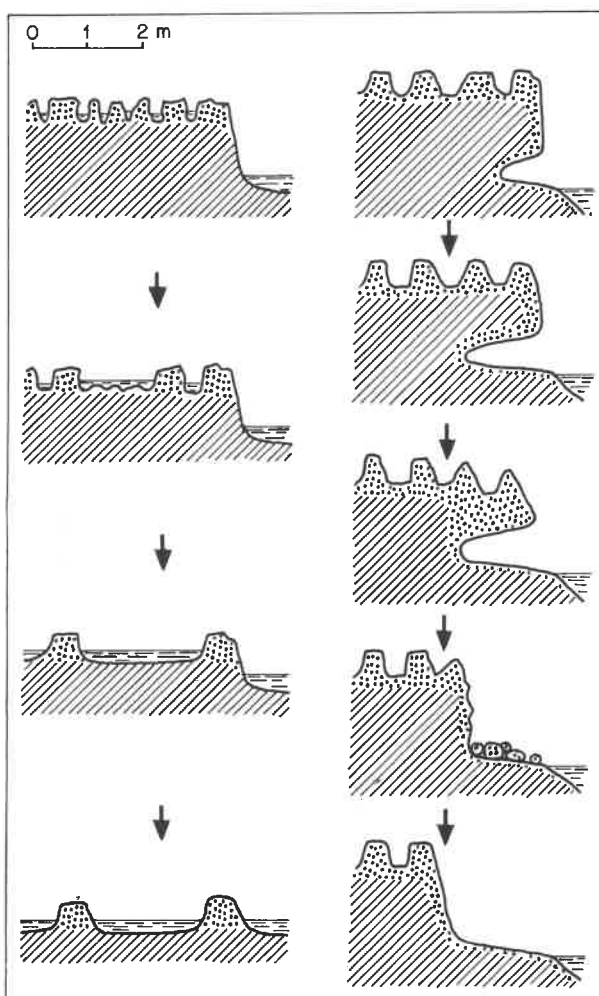


Fig. 2 - **Evolution de deux types de littoraux** (d'après Debrat, 1974).

- A gauche : Evolution d'un promontoire bas. Abaissement sans recul de la microfalaise ni formation d'encoche.

- A droite : Evolution d'un promontoire d'une hauteur de 2-3 m, rôle de l'encoche, recul de la microfalaise et formation d'un trottoir.

* mesures instrumentales dont la variété est grande : pertes pondérales de plaquettes calcaires standard dans une solution (fluide ou sol), mesures directes par des instruments comme le micro-érosion-mètre mis au point par les spéléologues de Bristol (High et Hanna, 1979, cf. Goudie : *Geomorphological Techniques*, mesures au microscope électronique, comme celles de Viles sur l'altération du calcaire par les lichens ou de Mac Lean (cité par Focke) qui a montré qu'un échinoïde pouvait mobiliser 14 cm³ de calcaire par individu, ce qui, à raison de 100 individus au m², donne une ablation de 1 400 cm³/an, ou 1/4 mm/an.

— En domaine littoral, ces méthodes sont parfois impossibles à adopter ou d'un usage délicat ; pourtant Trudgill (1986) a développé au maximum leur utilisation dans l'Atoll d'Aldabra.

Sur le littoral azuréen, on s'est à ce jour limité à des mesures directes simples et à la définition de taux d'érosion qu'il est préférable de considérer comme approximatifs.

Ainsi, en observant l'alvéolisation d'un calcaire tendre du Viaduc d'Anthéor (Estérel) par les embruns, Guilcher (1953) a-t-il pu estimer à 2 mm/an le recul (profondeur de l'alvéole : 18 cm ; date de l'ouvrage : 1860).

— Une donnée essentielle est fournie par les dimensions de l'encoche ou du trottoir ; à partir desquelles on peut définir les taux d'érosion. Encore faut-il connaître la durée du façonnement, autrement dit la date de stabilisation du niveau de la mer.

A ce sujet, les recherches récentes conduites sur le littoral méditerranéen français (Pirazzoli et les archéologues - cf. le dossier d'Histoire et Archéologie'' - *Ports et villes engloutis*, 1981) ont montré que la date de fixation à l'actuel niveau était plus récente qu'on le pensait ; depuis l'Antiquité un relèvement de l'ordre de 0,4 m est à envisager à Marseille et dans les environs (Cap Couronne). Sur le littoral des Alpes-Maritimes, ce relèvement est peut-être compensé par la surrection rémanente du continent (travaux de Fourniguet), mais les données littorales **stricto sensu** font défaut.

Ce que l'on sait, c'est qu'à la suite du considérable abaissement glacio-eustatique (plus de 100 m), le relèvement holocène du niveau marin jusqu'au zéro NGF n'a pu se produire antérieurement à 2 400/2 000 ans.

En retenant la durée de 2 000 ans, pour des dimensions de l'encoche ou du trottoir comprises entre 0,5 et 1,5 m, **la fourchette du taux d'érosion est de 0,25 à 0,75 mm/an.**

En ce qui concerne les calcaires compacts des littoraux méditerranéens, des taux voisins ou différents ont été proposés, allant de moins de 0,1 mm/an (Fairbridge, 1968) à 0,5/2 mm/an (Sanlaville, 1977, qui considère que la fixation du niveau marin sur la côte libanaise remonte à 1 700 ans). Ce dernier chercheur propose des taux supérieurs pour les grès calcaires (de 1 à 5 mm/an), ce qui est en accord avec les mesures de Guilcher à Anthéor.

Sur les littoraux calcaires tropicaux, d'autant que les matériaux (calcaires coralliens, grès-éolianites pléistocènes) sont moins résistants que les calcai-

res mésozoïques des rivages méditerranéens, les taux d'érosion sont en général supérieurs et fréquemment considérablement plus élevés, comme en atteste le tableau ci-dessous :

Auteur	Lieu	Taux (mm/an)
HODGKIN	Australie	1,0
BROMLEY	Bermudes	1,0/2,0
FOCKE	Curaçao	1/4
TRUDGILL	Aldabra	0,6/1,0 2,0/4,0 (grès calc.)
SALOMON	Madagascar SW	1,0
KUENEN	Indonésie	2,5/10,0

CONCLUSION

Pour expliquer ces notables différences, outre les matériaux lithiques, il faut prendre en compte à la fois l'activité de la mer (déferlement des vagues, élévation de la zone des embruns) ainsi que les biomasses animales et végétales (diversité spécifique et densités des êtres vivants), puisque la bio-érosion dépend directement de ces paramètres abiotiques et biotiques.

En termes d'aménagement, la modicité des taux de recul est à noter (au moins sur nos rivages), mais on ne saurait trop insister sur la fragilité de ces milieux et des écosystèmes qui, à l'instar des herbiers à Posidonies, nécessitent des mesures de protection et de conservation, d'autant plus nécessaires que la fréquentation de la frange littorale s'accroît avec le tourisme.

BIBLIOGRAPHIE

Dalongeville R. (1979) - *La corrosion littorale des roches carbonatées en Méditerranée*. Actes Sympos. U.I.S. Aix - Marseille - Nîmes, p. 141-150.

Debrat J.M. (1974) - *Etude d'un karst calcaire littoral méditerranéen. Exemple du littoral de Nice à Menton*. *Méditerranée*, p. 63-85.

Fairbridge R.W. (1968) - *Limestone coastal weathering*. "The Encyclopedia of Geomorphology", p. 653-657.

Focke J.W. (1978) - *Limestone cliff morphology on Curaçao (Netherlands Antilles)*, *Zeits f. Geom.*, 22, p. 329-349.

Guilcher A. (1953) - *Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire*. *Ann. Géogr.*, p. 161-179.

Le Campion-Alsumard Th (1979) - *Le biokarst marin : rôle des organismes perforants*. Actes Sympos. U.I.S., Aix - Marseille - Nîmes, p. 133-140.

Nesteroff W.D. (1960) - *Les sédiments marins entre l'Estérel et l'embouchure du Var*. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, p. 17-28.

Sanlaville P. (1977) - *Etude géomorphologique de la région littorale du Liban*. Publ. Université Libanaise, Beyrouth, 2 t., 860 p.

Trudgill S.T. (1976) - *The marine erosion of limestone on Aldabra Atoll, Indian Ocena*. *Zeits. f. Geom.*, 26, p. 164-200.

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

Inventaire des problèmes d'érosion côtière dans les pays de la Communauté européenne

Résultats préliminaires du projet "CORINE érosion côtière"

par R.E. QUÉLENNEC, Dr. Ing.

Chef de produits "aménagement littoral"

Service géologie de l'aménagement continental et marin

BRGM

Chef du projet "CORINE érosion côtière" de la Communauté européenne

1. CADRE ET OBJECTIF DU PROJET "CORINE EROSION COTIERE"

Le programme CORINE (COoRdination - INformation - Environnement) pour la collecte, la coordination et la mise en cohérence de l'information sur l'état de l'environnement et des ressources naturelles dans la Communauté européenne, a identifié les problèmes côtiers parmi les priorités de travail (fig. 1).

Le projet "CORINE érosion côtière" a pour objectif de fournir une base scientifique d'informations pour apprécier, à l'échelle de la Communauté, le problème du risque d'érosion du littoral : il porte donc sur les 11 pays côtiers de la Communauté européenne.

La phase actuelle du projet, initiée en avril 1987, doit s'achever au début de l'année 1989.

2. ORGANISATION DU PROJET

Le projet est conduit par le service "géologie de l'aménagement continental et marin" du BRGM, assisté par un groupe technique européen composé de correspondants-experts, représentant chacun des 11 pays côtiers de la Communauté européenne. L'auteur en est le chef de projet.

Les membres du groupe technique sont en relation avec les membres du comité des experts nationaux du programme CORINE.

La méthodologie proposée par le BRGM et développée par le projet a été présentée aux représentants de la Banque Mondiale, du PNUE, de l'UNESCO et de la Commission de l'environnement côtier de l'Union géographique internationale (UGI/CEC).

Le groupe technique du projet s'est déclaré favorable à la création d'une association, provisoirement dénommée "EUROLIT", ayant notamment pour objet la création d'un réseau scientifique européen destiné à promouvoir la coopération scientifique et technique et à favoriser les échanges intra et extra européens dans le domaine de la recherche sur les thèmes d'inventaire, d'amélioration des connaissances, de protection, d'aménagement et de gestion du domaine littoral.

3. METHODOLOGIE D'INVENTAIRE POUR L'EROSION COTIERE DANS LA COMMUNAUTE EUROPEENNE

3.1. PRINCIPE

Elle consiste à décrire le littoral actuel comme une succession continue de segments côtiers homogènes au sens "morpho-sédimentologique". Chaque

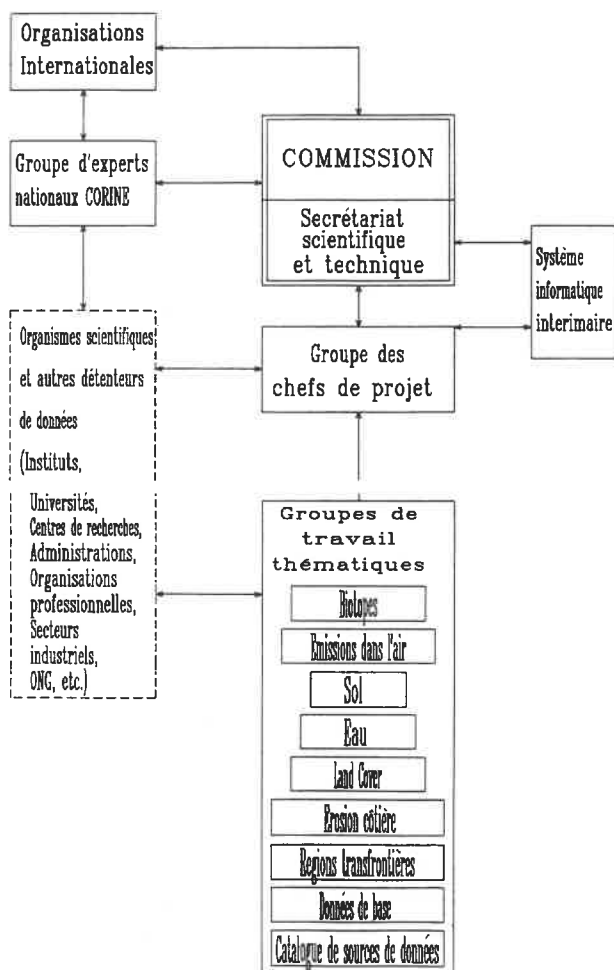


Fig. 1 : Schéma d'organisation du Programme CORINE

segment est caractérisé par des codes qui décrivent, selon une nomenclature définie par le projet, ses caractéristiques suivantes :

- * environnement morpho-sédimentologique ;
- * présence ou absence de structures artificielles de défense côtière ;
- * tendance actuelle d'évolution (érosion - sédimentation - stabilité).

L'identification d'un segment côtier et sa caractérisation sont réalisées sur la base de documents disponibles, d'enquêtes et visites de terrain par les membres du groupe technique et des experts associés.

Le positionnement géographique des segments côtiers est réalisé principalement sur des cartes topographiques de référence à l'échelle du 1/100.000 pour la majorité des 11 pays côtiers de la Communauté. La Belgique avec la France et le Royaume-Uni, ont choisi de travailler respectivement aux échelles suivantes 1/25.000 et 1/50.000 pour le repérage sur cartes de segments côtiers. Plus de 600 cartes de référence ont été utilisées pour l'identification des segments côtiers des 11 pays concernés par le projet.

Selon les échelles utilisées, la plus petite longueur d'un segment côtier identifié varie de 200 m à 500 m (plages de poches, ports de pêche, remblais littoraux...).

3.2. INVENTAIRE DES SOURCES DE DONNEES

Les principales sources de données utilisées par les équipes nationales chargées de l'inventaire de l'érosion côtière sont répertoriées par NUTS (entité

pays : danmark
1086 segments
l totale : 4689 km

Morp.	Nb	L tot	L moy
A	19	90	4.7
B	120	312	2.6
C	4	2	0.6
D	33	94	2.8
E	94	583	6.2
F	216	630	2.9
G	15	211	14.1
H	42	288	6.9
J	104	383	3.7
K	3	11	3.6
L	3	3	1.0
M	26	112	4.3
N	132	1024	7.8
P	1	8	7.8
R			
S	4	3	0.9
X	252	897	3.6
Y	17	37	2.2
Z	1	3	2.6

Evol	Nb	L tot	L moy
0	157	688	4.4
1	18	73	4.0
2	31	145	4.7
3	653	2571	3.9
4	57	183	3.2
50	50	429	8.6
51			
6	38	146	3.8
70	82	454	5.5
71			

géographique correspondant à l'unité territoriale statistique pour la Communauté européenne). En France, les NUTS correspondent aux départements.

3.3. BASE DE DONNEES INFORMATISEE

La saisie informatique des données est réalisée par le service "Géologie de l'aménagement continental et marin" du BRGM à Marseille. Elle consiste en :

- * la digitalisation du rivage et des segments côtiers identifiés sur les cartes de référence ;
- * la saisie informatique des bordereaux de codification des caractéristiques des segments côtiers.

Le nombre de segments côtiers digitalisés par pays varie de 40 (Belgique) à plus de 5 700 (Royaume-Uni).

Après saisie sur micro-ordinateur, les données sont contrôlées et validées avant de constituer des fichiers "cartographiques" (segments côtiers) et "bordereaux" (caractéristiques des segments). Ces fichiers sont référencés par NUTS à l'intérieur de chaque pays. Ils constituent la base de données CORINE "érosion côtière".

3.4. TRAITEMENTS STATISTIQUES ET CARTOGRAPHIQUES

Traitements statistiques : ils consistent essentiellement en l'obtention, à partir de la base de données CORINE "érosion côtière", de statistiques nationales et européennes sur :

- * la longueur du littoral saisi d'après les cartes de référence ;

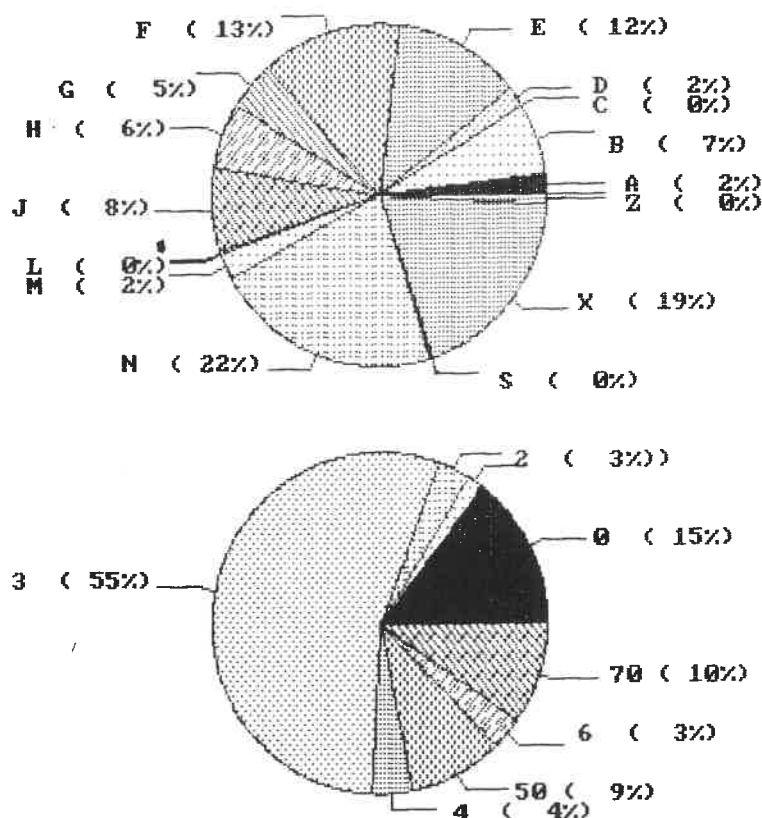


Fig. 2 : Répartition statistique des caractéristiques des segments côtiers (Danemark).

- * le pourcentage de côtes appartenant à une classe morpho-sédimentologique (falaises, côtes sableuses, polders...) et/ou à une classe d'évolution (érosion, engraissement, stabilité) donnée (fig. 2) ;
- * le pourcentage de côtes protégées par des structures artificielles.

Traitements cartographiques : c'est l'échelle du 1/1 000 000 qui a été retenue par le groupe de travail, pour la réalisation des cartes de synthèse ; ces cartes représenteront le littoral de la Communauté européenne, avec ses caractéristiques morpho-sédimentologiques et d'évolution.

Des essais de représentation cartographique (CAO) valorisant les ressources de sémiologie graphique disponibles au BRGM sont en cours.

4. L'ÉROSION CÔTIÈRE : DIMENSIONS ET CONCEPTS FONDAMENTAUX

Nous résumons, ci-après, quelques-uns des thèmes évoqués lors du colloque de Biarritz "Mer et littoral : couple à risques" (Quélénnec, 1987).

4.1. BUDGET SÉDIMENTAIRE LITTORAL

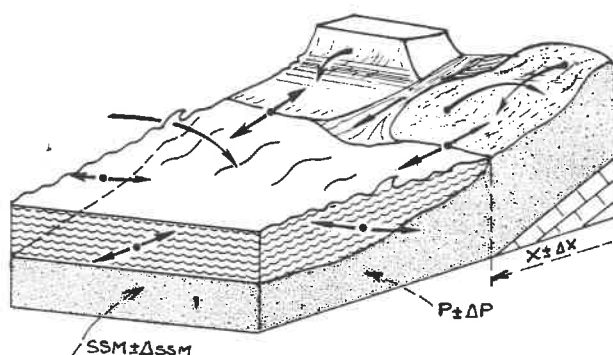


Fig. 3 : Budget sédimentaire - Principaux échanges

La fig. 3 représente les principaux transferts de sédiments dans un "système" sédimentaire littoral ouvert aux échanges d'énergie (vents, houles, courants, marées) et de matières, à travers les milieux ambiants (eau, air). Ces transferts de sédiments se font principalement :

- * latéralement, sous l'action des houles et des courants (transit littoral) ;
- * avec l'arrière-plage : transports éoliens, érosion de falaises, apports fluviaux, stockage/déstockage dans les dunes, les estuaires, graus, lagunes... ;
- * avec le plateau continental ;
- * avec le milieu biologique : bioconstructions, coquillages, bioturbation.

Les variations de ces flux et du budget sédimentaires dans le temps (tempêtes, crues...) et l'espace (à l'intérieur du système) conditionnent l'état du stock sédimentaire mobilisable (SSM) et l'évolution morphologique du système littoral (plages aérienne et sous-marine).

4.2. MOYENS CLASSIQUES D'OBSERVATION DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DU LITTORAL

Le trait de côte

Défini généralement comme étant la courbe de niveau atteinte par la pleine mer de vive eau, c'est le trait morphologique indiqué sur les cartes anciennes et actuelles qui a servi le plus souvent d'indicateur de l'évolution morphologique du littoral. L'érosion côtière étant alors définie comme le recul du trait de côte Δx (en m).

Ce paramètre simple ne renseigne pas sur l'évolution des plages aériennes et sous-marines, lesquelles peuvent être sujettes à l'érosion ou à l'engraissement sans variation notable du trait de côte.

Le profil de plage

L'évolution côtière est représentée par la variation Δp (m²) du prisme sédimentaire mobilisable situé au-dessus d'une profondeur de référence. Pour être représentative cette variation doit considérer l'ensemble du profil actif (plages aérienne et sous-marine), ce qui nécessite l'utilisation de moyens de mesures topographiques et bathymétriques. L'extension en mer des profils bathymétriques doit être faite jusqu'à des profondeurs au moins égales à - 10 m pour prendre en compte les échanges sédimentaires transversaux dans le profil de plage.

En Hollande, un réseau d'observation de profils de plage espacés de 250 m et s'étendant sur 800 m à partir du rivage, est suivi annuellement depuis 1964, ce qui facilite la compréhension et la modélisation des processus sédimentaires côtiers et la préparation des schémas de protection du littoral.

Le système sédimentaire littoral

L'interprétation des processus sédimentaires côtiers par l'intermédiaire des variations du SSM (m³) grâce à des mesures répétitives de réseaux de profils de plage, permet de subdiviser le domaine littoral en "systèmes sédimentaires" contigus et plus ou moins étendus, ayant chacun des caractéristiques et une **dynamique** particulières (exemples : plages de poche, segments littoraux situés à droite ou à gauche d'un estuaire, falaises,...).

Sur les côtes sableuses de Belgique et de Hollande, les bancs migrants d'avant-côte font partie intégrante de ces "systèmes".

La 4^e dimension, l'intervalle de temps Δt , unité d'étude des variations morphologiques d'un système sédimentaire, est généralement prise égale à une année, afin de tenir compte de la périodicité de base des phénomènes météorologiques.

La durée de la période d'observation et de mesure dépend, elle, du caractère stationnaire ou non stationnaire des processus sédimentaires locaux, lesquels peuvent être fortement conditionnés par l'occurrence de "perturbations" telles que : tempêtes exceptionnelles avec surcotes, glissements sous-marins, migration de bancs de sable (5 à 6 km de long, période de 50 à 150 ans, et vitesse de migration de 40 à 70 m/an au nord et au sud de la Hollande), crues avec fort apport fluvial...

5. IMPORTANCE DES PROBLEMES D'EROSION COTIERE DANS LA COMMUNAUTE EUROPEENNE

5.1. LES CAUSES NATURELLES

Surélévation du niveau de la mer : elle atteint + 15 cm à + 25 cm sur les côtes européennes depuis un siècle. Dans les prochaines années, cette surélévation pourrait varier de + 15 à + 55 cm sur nos côtes sous l'effet du réchauffement de l'atmosphère (effet de serre).

Subsidence : elle accentue l'effet de la surélévation du niveau marin, spécialement dans les zones deltaïques (Hollande, deltas du Rhône, de l'Ebro, du Pô...) où elle peut atteindre - 1 mm/an.

Tempêtes et surcotes marines : celles de 1953, de 1962, 1973 et 1976 en Mer du Nord, ont sévèrement endommagé les polders, plages et espaces dunaires de la Belgique au Danemark : certains systèmes sédimentaires côtiers n'ont pas trouvé leur "équilibre" initial depuis la forte tempête de 1976 (surcotes marines de plus de 3 m).

Bancs migrants : ce sont des caractéristiques sédimentaires du domaine d'avant-côte (plage sous-marine) des côtes européennes de la Mer du Nord. Leur migration occasionne des avancées et des reculs alternatifs du rivage de 100 à 300 m dans la zone deltaïque au sud du Nederland.

5.2. LES CAUSES ANTHROPIQUES

Les dragages des estuaires et chenaux à marée et bancs de sable, au Danemark, RFA, Hollande, Belgique, UK, ont souvent un impact négatif sur la stabilité du littoral.

Au Royaume-Uni, la protection du pied de certaines falaises érodables a accentué le déficit sédimentaire des plages adjacentes.

En Italie et en France notamment, l'extraction massive de sédiments dans les cours d'eau a favorisé le démaigrissement des plages autrefois alimentées par les sédiments fluviaux. Des extractions de sables et graviers sur les estrans de plage sont responsables de nombreux problèmes ponctuels d'érosion en Italie, Portugal et Espagne.

Au Nederland et en Italie, l'extraction de gaz dans le sous-sol accélère les processus naturels de subsidence (- 26 cm en 15 ans dans le secteur d'Ameland, au nord du Nederland).

Les nombreuses structures portuaires avec des digues et jetées qui interrompent le transit littoral, sont cause de problèmes d'érosion côtière identifiés dans tous les pays de la Communauté.

De même, de nombreux travaux de défense côtière réalisés en Europe dans les dernières décennies, avec une maîtrise insuffisante des processus sédimentaires, se sont avérés inefficaces, coûteux et ont induit des processus d'érosion sur les secteurs côtiers adjacents.

L'occupation et l'urbanisation accélérée des espaces littoraux, spécialement les zones dunaires qui servaient de stocks sédimentaires "tampons", ont nécessité la réalisation de coûteux programmes de protection et de restauration. De récents règlements nationaux, dont la "loi littoral" du 03.01.86 en France, réglementent progressivement l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral.

LE TOUR DU MONDE EN 2 HEURES

Iconographie de Spot Image
Poèmes de Jean-Pierre Lemesle

LE CHERCHE MIDI ÉDITEUR
87, rue de Sèvres 75006 PARIS

Collection "Ciels du monde" dirigée par Gérard Maoui

La construction des ports

par Paul NOIRAY

Président du Directoire de l'Entreprise Jean Spada

La construction des ports constitue un sujet si vaste qu'il ne saurait être question de le traiter en quelques dizaines de minutes ; et, d'ailleurs, bon nombre d'auteurs hautement compétents l'ont abordé et sans doute déjà largement épuisé avant moi. Aussi devrai-je tout naturellement limiter mon propos...

Le littoral et les travaux de génie civil : tel est le thème de cette deuxième séance de votre colloque.

Bien que les grands ouvrages portuaires de commerce et les zones industrialo-portuaires fassent partie, à l'évidence, de l'aménagement du littoral pris au sens large, leur réalisation, comme leur conception, ressortissent de dispositions spécifiques mettant en jeu le plus souvent des techniques particulières relativement peu courantes. Je pense donc que ces sujets n'entrent pas dans le cadre de vos réflexions et je ne les envisagerai pas.

C'est à l'aménagement du littoral tel qu'il est conçu sur la Côte d'Azur que je consacrerai mon exposé : ports de plaisance, plages artificielles, épis de stabilisation côtière : autant d'aménagements à des fins sportives et de loisirs dont la mise en valeur constitue des atouts considérables pour les régions à vocation touristique.

Il existe beaucoup de telles régions sur le littoral français ; il n'est donc pas surprenant que les collectivités locales côtières aient consacré, depuis plusieurs décennies déjà, leurs efforts à promouvoir puis à réaliser les équipements susceptibles de renforcer leur potentialité économique. C'est cependant dans ce département et tout spécialement ici même, à Cannes, que les premiers grands ouvrages de l'Ere Moderne ont été entrepris : l'engraissement de la plage de la Croisette, dont vous entretiendra M. Tourmen, et la construction du port Pierre Canto ont ouvert, entre 1962 et 1965, la voie aux nombreuses et grandioses réalisations du Languedoc-Roussillon, du littoral atlantique et de



Cannes - Le port Pierre Canto.

la Côte d'Azur elle-même. L'aménagement du littoral n'est d'ailleurs pas terminé et de spectaculaires opérations jalonnent encore actuellement les côtes de Haute-Corse, des Alpes-Maritimes et de la Bretagne septentrionale.

**

Tous les ouvrages exécutés au cours de ces trois dernières décennies et entrant dans les catégories sur lesquelles se portera notre intérêt possèdent la caractéristique commune d'avoir requis la mise en œuvre de techniques globalement analogues, inventées, approfondies et perfectionnées sur nos sites méditerranéens et — j'ose le dire avec quelque fierté — principalement par l'entreprise Jean Spada avec la collaboration de l'Equipement.

L'originalité du procédé général de construction réside à la fois dans la nature des matériaux employés pour l'exécution des infrastructures et dans les moyens de mise en place de ces matériaux. Les modifications apportées deci delà à cette méthode n'ont constitué que des variations ponctuelles d'importance mineure dues à des considérations toutes particulières.

LES MATERIAUX

Les infrastructures comportent essentiellement les digues et brise-lames de protection des plans d'eau d'accueil contre l'action des houles et les quais d'enclôture des bassins portuaires. En matière de création de plages artificielles et de stabilisation de côtes, elles concernent les épis de toutes formes mettant à l'abri les secteurs littoraux menacés.

Il s'agit donc, dans tous les cas, d'aménagements qui s'appuient sur la grève et qui sont appelés, par suite, à s'intégrer aux sites côtiers d'implantation. C'est dire l'importance que revêt une bonne adéquation entre l'état paysager originel et l'aspect d'ensemble des ouvrages rapportés ; c'est dire aussi l'intérêt d'utiliser pour la confection de ces ouvrages des matériaux d'une texture aussi proche que possible de l'environnement du projet.

L'entrepreneur est ainsi amené à distinguer globalement :

- **les paysages à relief marqué** (Méditerranée orientale, Bretagne septentrionale,...) où les masses rocheuses s'approchent au plus près de la mer ; ici, les carrières d'enrochements naturels ne manquent pas et il sera généralement aisé, soit d'utiliser des gisements en cours d'activité, soit d'ouvrir de nouvelles exploitations ; on disposera alors de

matériaux locaux dont l'intégration sera particulièrement facile et qui apporteront au surplus la meilleure solution au plan économique puisque les distances de transport seront limitées ;

- **les paysages à relief atténué** (Méditerranée occidentale, façade atlantique,...) où les carrières d'enrochements se trouvent éloignées de la côte ; on devra ici adopter le meilleur compromis entre l'utilisation des matériaux de carrières néanmoins disponibles et l'emploi de blocs artificiels en béton, plus coûteux sur l'aire de fabrication mais transportés sur de plus courtes distances.

Bien évidemment, ces principes généraux seront nuancés en fonction des circonstances locales et de la corrélation optimale entre les ressources naturelles et les caractéristiques des projets.

Chaque projet comporte, en effet, à l'intérieur de la quantité totale des matériaux constitutifs des digues, brise-lames et terre-pleins, une répartition précise entre les catégories de blocs, elle-même déterminée selon les conditions du site (bathymétrie, houles, marées...) et les spécifications propres du port (à titre d'information, on observe souvent la répartition des enrochements en cinq catégories : de 0 à 0,5 tonne, de 0,5 à 2 tonnes, de 1,5 à 4 tonnes, de 3 à 8 tonnes, de 6 à 10 tonnes et au-delà) ; et, généralement, malgré le soin qu'apportera l'entrepreneur au mode d'extraction en carrière, un unique gisement ne permettra pas l'approvisionnement de l'ensemble du chantier ; la struc-



Construction de la digue du Port de Grande Plaisance à Antibes.

ture interne du gisement impose à peu près les pourcentages extraits dans chaque catégorie, lesquels ne seront que rarement conformes aux besoins ; dès lors, l'entrepreneur devra, soit se fournir à partir de carrières de complément, soit prévoir la fabrication de blocs artificiels en béton.

Je voudrais ici insister, et vous le comprenez désormais facilement, sur l'intérêt de la collaboration du concepteur et de l'entrepreneur ; la bonne connaissance qu'aura le concepteur des matériaux disponibles permettra d'orienter le projet dans le sens le plus économique. A défaut, l'entrepreneur devra "jongler" entre les natures de matériaux, entre les gisements... cela, il sait le faire, mais il sait aussi que cela coûte cher !!

Je ne dirai rien des infrastructures en béton (blocs de quai, murs-abri des digues, etc...) qui ne présentent pas de particularité de construction, qu'elles soient coulées en place ou préparées sur aires de préfabrication.

LES MATERIELS

La seconde originalité de la construction des infrastructures de ces ports et ouvrages réside dans l'utilisation exclusive d'engins terrestres pour le transport et la mise en place des matériaux. Cette méthode dite "à l'avancement" autorise à coup sûr le prix de revient les plus faibles grâce à l'emploi de matériels traditionnels et à l'obtention de rendements réguliers à l'abri des aléas de conditions météorologiques marines.

Les matériels affectés aux travaux comportent :

- **des véhicules de transport** (camions et semi-remorques) qui acheminent les enrochements de la carrière au chantier ; en eux-mêmes, ces transports ne présentent pas de particularité, sauf au niveau de la difficulté du choix des itinéraires et quelquefois des horaires de circulation pour lesquels l'entrepreneur est astreint aux contraintes de l'environnement ;

- **des engins de poussage** (essentiellement des buteurs de moyenne puissance) qui contribuent à la création des noyaux centraux des digues, épis et brise-lames ; le principe en est simple : les véhicules de transport déversent les matériaux en reculant par simple relevage des bennes et les buteurs repoussent vers le large les tas ainsi constitués ; toute l'"astuce" consiste dans le maintien de la crête des noyaux au-dessus du niveau des hautes mers moyennes de sorte que les véhicules de transport, puis les buteurs puissent y circuler à peu près par tout temps ; c'est pourquoi tous les profils-types des ouvrages s'articulent autour d'un noyau — quelquefois appelé aussi corps de digue — de caractéristiques suffisantes en largeur de crête et en hauteur pour constituer la voie de circulation quasi permanente qu'emprunteront les camions pour acheminer sur place tous les matériaux utiles à leur réalisation ; les talus de ce corps de digue sont fixés à la pente naturelle de 4/3 obtenue par le déversement du tout-venant de 0 à 0,5 tonne qui en est le matériau constitutif ;

évidemment, mais cela mérite à peine d'être dit, les buteurs participent à la confection des terre-pleins

et plates-formes comme sur tout chantier de travaux publics ;

• **des engins de levage** (essentiellement des grues automotrices sur roues) qui permettent la mise en place au grappin ou à l'élingue des blocs d'enrochement des différentes couches de la carapace des digues, épis et brise-lames ; le plus couramment, la "puissance" de ces engins s'exprime selon une unité artificielle, la tonne x mètre (tm), indiquant le produit de la portée (en mètres) par le poids unitaire manipulable (en tonnes) ; le coût de l'engin est évidemment d'autant plus élevé que sa "puissance" est plus grande ; l'entrepreneur devra, en conséquence, s'efforcer de choisir l'engin le mieux adapté au travail à effectuer, mais le concepteur aura dû, au préalable, réfléchir à cette importante question : "la stabilité des talus étant principalement fonction, pour chaque situation physique, du poids unitaire des enrochements et de la pente, quelle est la combinaison optimale des deux paramètres pour obtenir le meilleur prix de mise en place par l'emploi aux conditions les plus favorables des engins les plus usuels ?" ; il est certain, en effet, que l'utilisation de grues exceptionnelles qui ne seraient affectées au chantier que pour des quantités, donc pour des durées d'emploi, trop faibles engageraient des dépenses anormalement élevées ; l'entrepreneur se trouve ainsi confronté à des problèmes délicats de choix de matériel mais, après tout, cette tâche ressortit de sa responsabilité et il a appris la façon de l'assumer ; il est, par contre, deux autres aspects de son "savoir-faire" plus spécifiques à la construction des ports et ouvrages maritimes : je veux parler du rangement des blocs des couches superficielles de la carapace et du phasage de l'avancement des chantiers :

— la qualité du rangement des blocs a une grande importance pour l'esthétique et, puisqu'il s'agit d'aménagements touristiques et de plaisance, ceci n'est pas négligeable, mais aussi et surtout pour l'efficacité de l'amortissement des houles et, par suite, pour la bonne tenue des ouvrages en stabilité et en franchissement ;

— un bon phasage dans l'avancement des chantiers est tout à fait essentiel pour le respect des calendriers toujours rigoureux imposés par les Promoteurs ; il faut, en effet, assurer l'approvisionnement rapide des blocs et leur mise en place, tantôt à titre provisoire pour constituer une protection partielle et de durée limitée, tantôt à titre définitif ; en réalité, l'entrepreneur s'efforcera de conduire les travaux selon les quatre phases principales successives suivantes :

- le noyau en tout-venant de 0/0,5 tonne
- le noyau en tout-venant + la première couche de carapace (généralement en 0,5/2 tonnes)
- le noyau en tout-venant + la première couche de carapace + la pédale de pied de digue (généralement en 1,5/4 tonnes) + une file de blocs de 3/8 tonnes (ou davantage) en protection provisoire sur le noyau
- le noyau en tout-venant + la première couche de carapace + la pédale de pied de digue + la seconde couche de carapace à partir des blocs déjà approvisionnés et de blocs complémentaires de même catégorie ;

naturellement, ces mêmes engins de levage seront employés pour la manutention et la mise en place des éléments préfabriqués en béton, soit qu'il s'agisse de blocs de digue — et, dans ce cas, les tâches sont les mêmes que pour les blocs d'enrochement —, soit qu'il s'agisse des blocs constituant les murs de quai et la seule difficulté réside alors dans la qualité de leur positionnement en plan et en altimétrie.

**

Mon exposé ne serait évidemment pas complet si je n'apportais quelques indications sur la réalisation des superstructures même si elles ne requièrent pas de technicité particulièrement spécifique.

A ce titre, on compte les appontements et organes d'amarrage et de mouillage, les bâtiments administratifs, techniques et commerciaux et les voiries et réseaux divers.



Le port de Saint-Jean-Cap-Ferrat.

La plupart de ces ouvrages s'exécutent également par voie terrestre sur les terre-pleins préalablement remblayés à partir du littoral jusqu'aux murs de quai délimitant les bassins portuaires. Il me suffira de mentionner les précautions utiles à prendre du fait de la proximité de la mer mais, à dire vrai, elles s'intègrent davantage aux impératifs de la conception qu'aux exigences de la construction.

Les appontements sont généralement exécutés à partir d'éléments préfabriqués à terre et mis en place à l'aide d'engins maritimes sur des supports (piles isolées ou portiques) eux-mêmes semi-préfabriqués. Il y a là nécessité de disposer de matériel maritime, comme il sera aussi indispensable pour la mise en œuvre des organes d'amarrage et de mouillage des bateaux.

Pour terminer, je dirai un mot des dragages qui doivent être prévus, soit pour approfondir certains bassins, soit pour donner aux chenaux d'accès aux ports les caractéristiques suffisantes en tout temps (les dragages sont donc plus fréquents en mers à marées). Dans le même esprit qui le guide en permanence, l'entrepreneur cherchera à employer au maximum des engins terrestres, notamment des grues à benne preneuse ; pour ce faire, il établira des chemins d'approche en tout-venant de carrière (de 0 à 0,5 tonne) qu'il enlèvera après l'achèvement des dragages.

Il me faut maintenant conclure. Deux — idées — force apparaissent, me semble-t-il, en résumé de ce court propos sur la construction des ports :

- l'utilisation maximale des matériaux locaux,
- l'emploi maximal de matériels terrestres.

Grâce aux procédés innovants mis en application de cette sorte, des économies importantes ont été apportées par rapport aux techniques antérieures basées essentiellement sur le matériel maritime. Les très nombreux ouvrages construits depuis plus de vingt-cinq ans sont là pour témoigner de la qualité de la méthode et de sa fiabilité mais, comme toujours, des perfectionnements sont encore vraisemblablement possibles. Vous avez compris, cepen-

dant, que l'entrepreneur n'est pas seul en cause et que la technique nouvelle n'a pu être mise au point que par sa collaboration étroite avec le concepteur ; cette collaboration doit se poursuivre et se renforcer.

Comment, enfin, ne pas saluer, Mesdames et Messieurs, les membres de votre Profession, nos amis topographes, qui participent aux études et à la conduite des chantiers, depuis les relevés initiaux jusqu'aux contrôles de réception en passant par toutes les phases de l'exécution. Je les remercie chaleureusement de leur assistance et de leur concours toujours efficace et empreint de la meilleure cordialité.

La station d'épuration de la Ville de Nice

*Intervention de Mlle FABRE,
Ingénieur en chef du Service Assainissement de la Ville de Nice*

I - INTRODUCTION : PRESENTATION DE LA VILLE DE NICE

Nice, 5^e Ville de France dont la population globale, pratiquement constante, est de 400 000 habitants, est à la fois une ville littorale et une station balnéaire.

Son expansion est essentiellement liée au tourisme, activité prépondérante.

Au tourisme traditionnel d'agrément s'ajoute de plus en plus, le tourisme d'affaires. Aussi, Nice, dans son cadre prestigieux se devait de garantir à la fois la salubrité de ses baignades et la protection de son environnement.

TOPOGRAPHIE DU SITE

La commune de Nice, d'une superficie de 7 200 ha étale sa façade Sud le long de la Baie des Anges sur une distance de 10 km, dont 6 sont livrés à la baignade.

Ce site comprend :

- 1 800 ha d'une zone assez plate (entre 0 et 50 m d'altitude) le long du littoral et jusqu'au pied des collines, pratiquement entièrement urbanisée ;
- 4 700 ha de collines (entre 50 et 200 m d'altitude) : zones boisées ou horticoles moyennement urbanisées par de l'habitat individuel ;
- la Plaine du Var le long du fleuve : zone d'expansion naturelle en cours d'aménagement.

DEVELOPPEMENT DE L'URBANISATION. CONCEPTION DU RESEAU D'EGOUT

L'urbanisation s'est développée d'est en ouest. A partir de la Vieille Ville, au pied du Château, la Ville s'est étendue sur la rive droite du Paillon, dans la zone plate, le long de la bande côtière, avant de monter à l'assaut des collines.

Nice a été dotée très tôt d'un réseau d'égout selon le principe suivant :

L'écoulement des eaux se faisant dans la direction perpendiculaire à la mer, les eaux ont été interceptées par un collecteur parallèle au rivage pour les transporter vers l'ouest, au-delà des zones habitées et les déverser en mer.

Le point de rejet a été déplacé quatre (4) fois au fur et à mesure du développement de l'agglomération. Il est à présent situé au sud de l'aéroport.

Le collecteur ancien est actuellement en partie doublé par un nouvel ouvrage construit sous la plage, à une cote inférieure au niveau de la mer (entre - 3 et - 4 NGF) et qui amène la totalité des eaux usées sur la terre-plein de Ferber, en limite Est de l'aéroport.

II - ASSAINISSEMENT DE LA BAIE DES ANGES

En 1967, le déversement s'effectuait encore à Carras, en pleine agglomération par un émissaire court, neutralisant 1 km 500 de plage.

Un projet général de l'Assainissement de la Baie des Anges a été présenté au Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

Il s'agissait :

- d'une part, d'organiser un déversement en mer suffisamment éloigné et profond pour éviter le retour de la pollution sur les plages ;
- d'autre part, de trouver un terrain pour traiter ces eaux.

Le point de rejet en mer a été déterminé à la suite d'études océanographiques effectuées par le CER-BOM (Centre d'Etudes et de Recherches de Biologie et d'Océanographie Médicales) dirigé par le Professeur Aubert. Il est situé dans une zone où règne en permanence le courant ligure toujours dirigé vers le large.

Le terrain pour la Station d'Epuration devait nécessairement être gagné sur la mer.

La réalisation de l'ensemble des travaux correspondant a suivi le déroulement de l'opération d'extension Sud de l'Aéroport.

1) DISPOSITIF DE REJET EN MER

Il est composé de trois ouvrages :

- une Station de Refoulement située à Ferber ;
- une conduite de refoulement qui traverse la plate-forme aéroportuaire :
 - diamètre : 1,60 m
 - longueur : 1 800 m
- un émissaire en mer :
 - diamètre : 1,60 m
 - longueur : 1 200 m

La Station de Refoulement, complètement enterrée, est équipée de 6 groupes électropompes immergés dans une bache de stockage en béton armé de 3 600 m³ de capacité.

La conduite de refoulement est constituée de tuyaux en béton armé à âme en tôle à joints soudés.

Le trajet comporte trois traversées de piste qui ont dû être renforcées et l'itinéraire emprunte à la fois les zones anciennes de l'Aéroport, des zones nouvellement remblayées dans la proximité immédiate de la digue d'enclosure.

Pour répondre aux contraintes provoquées par les tassements différentiels prévisibles dans ces circonstances et avoir la meilleure déformée de la conduite, il a été placé aux points critiques, des compensateurs de mouvement autobutés de concep-

tion Bonna. Ces compensateurs permettent les inversements verticaux, d'alignement et désaxe-ment.

L'émissaire sous-marin est constitué de tubes en acier dont la courbure épouse la configuration des fonds marins :

- diamètre intérieur : 1,60 m
- épaisseur : 28 mm

ayant reçu un revêtement intérieur et extérieur anti-corrosion et un lestage en béton baryté de 10 cm d'épaisseur.

Il a été posé par tirage sur le fond et a nécessité la mise en œuvre d'un matériel terrestre et maritime très important.

La reprise de l'effort horizontal de glissement de l'émissaire (250 T) est assurée dans un ouvrage d'enracinement derrière la digue.

Les déplacements (rotations, déplacements horizontaux ou verticaux) pouvant intervenir sur l'extrémité de l'émissaire, des dispositifs mécaniques : joints compensateurs et tirants à rotule, maintenant des tensions jusqu'à 200 T ont été réalisés. Ils permettent :

- une rotation du tube de 6°
- un déplacement horizontal de 4,5 cm
- un déplacement vertical de 18,5 cm.

2) LE COMPLEXE HALIOTIS : LA STATION D'ÉPURATION

En définitive le seul terrain possible a été le terre-plein de Ferber, d'une superficie de 3,5 ha, en limite Est de l'Aéroport, sur lequel se trouvait déjà le pré-traitement.

Pourquoi une épuration ?

Quantitativement, le débit actuel moyen des eaux usées est de 180 000 m³/jour.

L'effluent est essentiellement domestique, relativement dilué, non toxique, ne contenant pratiquement pas de métaux lourds.

Néanmoins, les eaux à traiter véhiculent chaque jour :

- des déchets solides de petite taille ;
- 46 tonnes de matières en suspension sous forme minérale ou organique plus ou moins décantables ;
- 37 tonnes de pollution exprimée en DBO, c'est-à-dire en quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie biologique les matières organiques biodégradables ;
- 79 tonnes de pollution exprimée DCO, c'est-à-dire en quantité d'oxygène pour oxyder les matières organiques biodégradables ou non.

En fait, ces valeurs représentent ce que le milieu naturel devrait fournir en oxygène pour assurer la dégradation totale de la pollution carbonée.

Lorsque les eaux brutes sont rejetées à la mer, l'autoépuration consomme tout ou partie de l'oxygène présent dans l'eau, avec pour conséquence la dégradation du milieu vivant.

L'objectif du traitement est donc d'éliminer la plus grande partie de cette pollution dans un espace réduit, sans nuisance, et de rejeter un effluent préservant à long terme l'écologie du milieu marin.

a) Les choix

- Capacité de traitement :
 - à l'horizon 2000 : 650 000 équivalent habitants
 - possibilité d'extension à 800 000 équivalent habitants à l'horizon 2015.
- Filière de traitement - niveau :

La composition des effluents et la faible fluctuation des débits ont conduit à adopter la filière biologique qui permet d'atteindre le niveau d'épuration "e" le plus élevé, c'est-à-dire :

- 30 mg/l de MES
- 30 mg/l de DBO₅

b) Fonctionnement de l'épuration

Les eaux transportées par le collecteur général à Ferber sont tout d'abord relevées par six (6) vis d'Archimède, d'une hauteur de 9 m.

Elles subissent successivement :
un prétraitement physique
un traitement physique
un traitement biologique.

Prétraitement :

Il comprend trois opérations

- *le dégrillage* qui retient les déchets volumineux : les barreaux des grilles sont espacés de 2,5 cm, un système automatique de raclage évacue les déchets par un tapis roulant.
- *le dessablage et le déshuilage* effectués simultanément dans des bassins longitudinaux.

Un brassage à l'air fait remonter les particules agglomérées en surface où elles sont raclées par un pont racleur.

Les sables disposés au fond sont aspirés par pompage.

Tous ces produits sont évacués dans des conteneurs vers l'Usine d'Incinération des ordures ménagères ou en décharge pour les sables.

Traitement physique :

- *Le tamisage* : les eaux traversent des tamis qui sont des grilles fines (6 mm) autonettoyantes qui arrêtent les déchets fins qui sont évacués à l'Usine d'Incinération.
- *La décantation primaire* : qui élimine les matières en suspension décantables. Pour réduire la surface des bassins, ceux-ci sont équipés de modules en plastique hexagonaux inclinés à 60° qui multiplient la surface de contact offerte aux particules qui se déposent ainsi plus rapidement : c'est la décantation dite lamellaire. Les produits décantés constituent les boues dites primaires qui sont raclées au fond des bassins par un pont en va-et-vient et extraites par pompage.

Traitement biologique :

Il est effectué dans des réacteurs biologiques ou bassin d'aération dans lesquels on a provoqué le développement de bactéries qui se rassemblent en flocons et qui retiennent les matières organiques et s'en nourrissent. Il faut pour cela fournir une quantité importante d'oxygène à ces micro-organismes pour leurs besoins énergétiques, leur respiration et leur reproduction.

Il y a ainsi production de matières vivantes et inertes appelées boues en excès.

La fourniture en oxygène est assurée par insufflation d'air dans la masse liquide qui assure un brassage et une homogénéisation faisant remonter le bloc en surface et évitant les dépôts.

Les bassins d'aération ont une profondeur de 8 m, le temps de séjour moyen est de 1 h 45.

A la sortie des aérateurs, le flot est dirigé vers les bassins de clarification. Ce sont des décanteurs longitudinaux. Les boues dites boues secondaires qui se déposent au fond, sont raclées par un pont en va-et-vient, pompées et recirculées en amont des bassins d'aération.

Le surplus dit "boues en excès" est extrait du système et rejoint par pompage les boues primaires.

Les eaux clarifiées, épurées sont rejetées en mer.

Traitement des boues :

Les boues primaires et biologiques mélangées sont épaissies dans deux grands bassins circulaires munis d'un mécanisme de raclage favorisant leur concentration.

Pour les rendre transportables et pelletables, une déshydratation est nécessaire.

Pour cela, les boues subissent un conditionnement chimique à la chaux et chlorure ferrique.

Elles sont refoulées à une pression de 15 bars dans des filtres presses constitués de plateaux verticaux juxtaposés, fortement appliqués les uns contre les autres, habillés de toile filtrante. La boue est moulée entre ces plaques alors que le filtrat s'évacue par des cannelures à l'arrière des toiles.

Au bout de 3 heures, la boue se présente sous forme de galettes de 3 cm d'épaisseur, ne contenant plus que 60 % d'eau et qui peuvent être évacuées par des transporteurs à chaînes puis par camions étanches vers l'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères de l'ARIANE, équipée d'un système de récupération de chaleur alimentant un réseau de chauffage urbain. La production de boues est de 30 000 tonnes/an.

Ventilation - Désodorisation :

La particularité de l'Usine de Nice est d'être constituée d'ouvrages entièrement couverts, fermés, mis en dépression par un système de ventilation qui brasse 130 000 m³/h dans la zone du traitement des eaux et 30 000 m³/h dans la zone du traitement des boues.

Cet air est désodorisé avant rejet dans l'atmosphère.

La désodorisation s'effectue par lavage dans des tours en présence de réactifs puissants, successivement : acide sulfurique, eau de javel, ozone et thiosulfate de sodium.

Automatismes :

L'ensemble est géré par automates programmables pour les paramètres de fonctionnement.

Un système informatique fait l'acquisition en temps réel et traite les informations dans une salle de contrôle située dans le bâtiment administratif.

Insertion dans le site

Le terre-plein de Ferber est situé dans un site très sensible :

- il est au bord de mer : visible de toute la Côte ;
- il est à l'entrée principale de la Ville, sur la Promenade des Anglais ;
- il est à proximité des immeubles.

Il a donc été impératif de réaliser une station totalement intégrée tant vue de terre que de la mer, n'émettant aucune nuisance : bruit, odeurs.

Cela a été obtenu :

- par la limitation de la hauteur des bâtiments, maximum 3 à 7 m, résultant en partie des servitudes aériennes ;
- la création d'une enveloppe végétale sur les dalles de couverture des bâtiments. La surface plantée occupe 2,8 ha sur les 3,7 ha ;
- adoption d'un parti architectural qui, au moyen de coques architectoniques, créent un jeu d'ombres luttant contre l'aspect industriel des bâtiments ;
- la décoration soignée de la cour d'entrée.

En ce qui concerne les nuisances, on a vu que les installations sont fermées, ventilées et l'air rejeté est désodorisé.

III - PROBLEMES RENCONTRES

Ils ont été de tous ordres : mais dans le déroulement des travaux, les principales difficultés ont résulté du fait que tous les terrains sur lesquels ils se sont déroulés avaient été conquis sur la mer.

En ce qui concerne le dispositif de rejet en mer : conduite et émissaire, on a vu comment ils ont été conçus et réalisés pour assurer leur stabilité en fonction des tassements différentiels prévisibles.

En ce qui concerne la station d'épuration sur le terre-plein de Ferber qui avait été gagné sur la mer par remblaiement progressif pendant 25 ans, il a fallu s'assurer de sa stabilité générale et l'endiguer.

La plate-forme a été protégée par une digue de même conception que celle de l'aéroport : un noyau filtrant en matériau tout-venant avec une carapace et une pédale en blocs d'enrochements de 5 à 20 tonnes.

Des investigations poussées : sondages profonds, levé bathymétrique du talus sous-marin jusqu'à 100 m de profondeur, mise en place de piézomètres et l'étude effectuée par un bureau spécialiste de géophysique (Société Terrasol) ont permis de s'assurer de la stabilité générale.

Les sondages ont montré un volume de terrain rapporté assez considérable : 30 m par endroit, de faible compacité et grande hétérogénéité avec existence aléatoire de limons argileux plastiques sous les remblais.

Il a donc fallu effectuer un traitement du sol en deux phases :

- un pré-chargement statique du terrain pour diminuer les risques de tassements futurs ;
- un traitement de consolidation par le procédé de "Compaction Grouting" qui consiste en des foras-

ges de faible diamètre suivant un maillage déterminé et injection sous forte pression dans le sol (jusqu'à - 15 m) d'un mélange de sables et de cendres volantes pour comprimer les matériaux en place et réduire les vides et la perméabilité.

EXECUTION DES TRAVAUX

Les terrassements, effectués sous le niveau de la nappe ont été protégés par une série d'écrans étanches constitués de parois moulées souples remplies de bentonite.

Une quarantaine de puits de pompage ont permis de rabattre la nappe sous le niveau du fond des fouilles à - 4,70 NGF.

Les structures sont en béton armé et répondent aux normes sismiques. En raison des problèmes de tassement dans ces bassins de grandes dimensions, des joints de construction de 4 cm ont été placés tous les 25 mètres.

SUIVI DE LA STABILITE ET DE LA PERENNITE DES OUVRAGES

Un système de surveillance de la stabilité des ouvrages a été mis en place.

Pour la stabilité de la plate-forme, le réseau de tassomètres et clinomètres placés pendant le chantier est resté en place. Les mesures sont effectuées tous les 6 mois. Toutes les années un nouveau levé bathymétrique permet de suivre l'érosion ou l'en-

graissement du talus sous-marin, jusqu'à 100 m de profondeur. Les résultats sont interprétés par le Bureau de Géophysique spécialisé.

L'ensemble des ouvrages depuis l'enracinement de l'émissaire, la conduite de refoulement, toutes les structures sur Ferber, ont fait l'objet d'un quadrillage formant un réseau de plusieurs centaines de points nivelés tous les 2 mois et qui permettent de suivre :

- la déformée de la conduite
- la stabilité de toutes les structures.

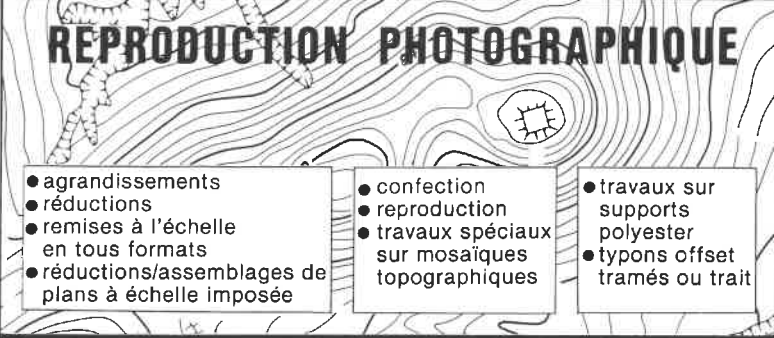
De même, le comportement de l'émissaire en mer est surveillé par des levés bathymétriques annuels, des relevés au sonar, des inspections télévisées sous-marines.

Les travaux décrits ont représenté un investissement total de un milliard de francs, actualisé aux conditions économiques présentes.

Les études préalables, les dossiers de concours ont été effectués par les Services Techniques de la Ville de Nice, Service Assainissement, qui ont aussi dirigé les travaux.

Les principales entreprises qui sont intervenues sont : GTM - ETPM - SOBEA - Borie/Triverio/Spada pour le Génie Civil, la Société Dégremont pour le génie sanitaire de l'épuration.

La topographie (bathymétrie, repérages, nivellement) est effectuée par SEGC à Cagnes-sur-Mer.



REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée

- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques

- travaux sur supports polyester
- typons offset tramés ou trait

HAUTE PRECISION




PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

LES APPLICATIONS DE LA REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Véga
75012 PARIS

(1) 43.47.15.92

URGENT

N'oubliez pas de régler votre cotisation 1989

Merci

Les rejets en mer de la Ville de Cannes

par C. MICAUD, LYONNAISE DES EAUX

La Ville de Cannes, adossée à l'est et au nord aux collines de Super-Cannes et aux communes du Cannet et Mougins, bordée à l'ouest par la Vallée de la Vieille Siagne, a une situation géographique telle que d'une façon naturelle, tous les ruissellements d'un bassin-versant de près de 5 000 ha, la traversent avant de rejoindre le Golfe de la Napoule.

De par cette situation, Cannes se devait également de recevoir gravitairement les effluents usés des communes qui la bordent, à savoir, une partie de Vallauris, Le Cannet, Mougins, La Roquette, Pégomas, Auribeau et du fait de l'importance de ses équipements, elle a accepté, par la suite, de recevoir après pompage, les effluents des communes de Mandelieu, La Napoule et Théoule.

C'est ainsi qu'une population actuelle de près de 150 000 habitants permanents (soit environ le double de sa population recensée) est raccordée à ses installations et en période de pointe estivale, c'est le débit correspondant à plus de 300 000 e.h. qu'elle reçoit et qu'elle traite avant rejet en mer.

On dénombre pas moins de 30 points de rejets canalisés sur le littoral cannois.

Il s'agit des rejets d'eaux pluviales, des reprises des débits d'étiage de vallons et fossés, des surverses de sécurité des stations de relèvement des eaux usées et du grand émissaire en mer du Béal. Ces divers ouvrages à la mer sont constitués, pour la plupart, de tuyaux variant de 0,20 m à 2,80 m de diamètre ou par des cadres en béton de 8 à 40 m² de section. Les rejets se font à des profondeurs variant de 5 à 85 m et à des distances du rivage de 20 à 1.150 m.

Les effluents usés descendent gravitairement jusqu'au littoral. Celui-ci étant horizontal sur 10 km environ, il était donc nécessaire de construire des stations de relèvement pour que ces eaux usées puissent arriver à la station d'épuration située à l'extrémité ouest de la commune. C'est ainsi que 18 stations d'eaux usées, dont 3 stations principales, ont été implantées sur le bord de mer.

La station d'épuration construite en bordure des pistes de l'aérodrome, a traité durant l'été 1988, jusqu'à 63 000 m³/j d'effluent qu'elle rejette, après un traitement primaire physico-chimique, dans le grand émissaire en mer du Béal.

Avant de poursuivre cet inventaire des équipements et rejets, attardons-nous quelques instants sur l'histoire de l'assainissement de l'agglomération cannoise.

De type séparatif, le réseau d'assainissement de Cannes date de la fin du siècle dernier. Pour ce village de pêcheurs qui se transforme progressivement en station climatique d'hiver, il existait déjà 12 km d'égout en 1894 et 42 km en 1907.

A la fin de la première guerre mondiale, on peut estimer que Cannes comportait une cinquantaine de kilomètres de canalisations d'égout.

En 1927, on dénombre également quinze émissaires d'eaux usées et la première station de relèvement date de 1932. De type centrifuge à canaux, les pompes refoulaient les eaux usées à environ 210 m en mer, à proximité du port.

Le premier plan d'exécution pour l'assainissement total de la ville, des plages et de la mer a été présenté en 1930 par M. Ernest Fournier, Ingénieur des Arts et Manufactures. Ce projet fut définitivement adopté en 1983 par les diverses commissions réglementaires.

A la fin de la guerre fut entreprise l'opération dite "Assainissement des plages" qui devait se poursuivre sur 20 ans de 1948 à 1967.

Durant cette période, outre la construction de 130 km de canalisations "à terre", les canalisations des stations de relèvement de Saint-Pierre, la Baume, Roquebillière et Trou de l'Ancre sont réalisées. Chacune d'elle est équipée de pompes "dilacératrices" et refoule dans son émissaire en mer. Ceux-ci sont réalisés en fonte de 0,60 m de diamètre sur des distances de 270 à 860 m et débouchent à des profondeurs comprises entre 17 à 36 m.

Ainsi, les effluents sont "dispersés" en mer, après dilacération et à partir de quatre points de rejets répartis le long du littoral.

De station hivernale, Cannes est devenue également station estivale et le développement constant de la population, ainsi que la fréquentation touristique de la Ville fit craindre, durant les années 1960, que les débits d'eaux usées déversés en mer à quelques centaines de mètres du rivage sans autre traitement qu'une dilacération mécanique, ne deviennent trop importants pour être "digérés" par le milieu marin et risquent d'apporter une pollution bactériologique des plages.

C'est ainsi que dans l'avant-projet directeur d'assainissement de 1967, modifié en 1969 et approuvé en 1971, fut décidé de renvoyer tous les effluents vers l'ouest de la commune et de les rejeter en mer dans un émissaire unique de grande longueur situé près de l'embouchure du ruisseau du Béal après traitement primaire dans une station d'épuration à construire à proximité de l'aérodrome de Cannes-Mandelieu, dans le quartier de Saint-Cassien.

Ainsi étaient procréés l'émissaire du Béal et la station d'épuration de Saint-Cassien.

De 1967 à 1977, les efforts de la Ville de Cannes en matière d'assainissement sont considérables :

- renforcement des collecteurs gravitaires principaux ;
- construction de la nouvelle station Saint-Pierre au quai Laubeuf ;
- renforcement des stations principales de relèvement ;
- construction des conduites générales de refoulement ;
- construction de l'émissaire en mer du Béal ;
- construction de la station d'épuration de Saint-Cassien.

Durant ces dix années, c'est plus de 60 MF (valeur 1977) que la Ville de Cannes engage pour ses travaux d'assainissement, soit près de 135 millions en francs d'aujourd'hui.

En janvier 1977, la station était mise en route et rejetait directement dans son émissaire l'ensemble des eaux usées de l'agglomération cannoise.

En 1970, 1971, les études du CERBOM et les travaux préliminaires de la COMEX ont permis d'établir un dossier de concours pour le lancement de l'émissaire.

Fin 1971, le Jury du Concours porte son choix sur le projet présenté par un groupement de quatre entreprises :

- la société des tuyaux BONNA (Marseille)
- l'entreprise André BORIE (Nice)
- la société COMEX (Marseille)
- l'entreprise VISSER EN SMITS (Hollande).

Réalisé en 1972, l'émissaire a les caractéristiques suivantes :

- longueur 1.152 ml
- diamètre intérieur 1.346 mm
- diamètre extérieur 1 740 mm
- profondeur à l'extrémité : 84,75 m à l'axe.

Réputé capable de débiter 1,5 m³/s à partir d'une chambre de mise en charge, il est constitué d'une âme en tôle d'acier de 6 mm avec double revêtement intérieur et extérieur en béton armé.

Les éléments de 5 ml, assemblés et soudés "à terre" par tronçons de 60 ml, ont été tirés, vides d'eau, sur le fond.

L'extrémité est constituée de 15 diffuseurs de diamètre 300 mm répartis sur les 75 derniers mètres.

Les travaux ont duré un peu moins d'un an alors que le tirage proprement dit n'a représenté que quelques heures. C'est dire l'excellente organisation du chantier, mais également l'extraordinaire suspense qu'ont vécu les chefs d'entreprises et ingénieurs à cette époque.

11 MF (valeur 1973) tel est le coût de cet élé-

ment clé de l'assainissement de l'agglomération cannoise.

Cet ouvrage de rejet, un des premiers émissaires sous-marins français, constituait un fabuleux banc d'essai en vraie grandeur susceptible d'apporter des connaissances nouvelles dans le domaine de la lutte contre la pollution, dans une région touristique exceptionnelle.

Consciente de cet intérêt scientifique et économique, la Ville de Cannes et la Direction Départementale de l'Équipement des Alpes-Maritimes ont décidé de mettre sur pied un important programme d'études et de mesures in-situ.

Cet ensemble d'étude rassemblait quatre thèmes principaux :

- hydrodynamisme pour cerner la propagation et la dilution des effluents ;
- impact sur le milieu ;
- qualité bactérienne des eaux le long du rivage ;
- stabilité et bon fonctionnement de l'ouvrage.

Globalement, les résultats mesurés et observés peuvent se résumer ainsi :

- aucune pollution bactériologique en provenance de l'émissaire n'a été mesurée sur les plages de Théoule, La Napoule et Cannes durant 3 années ;
- durant cette même période, aucune déformation, aucun mouvement particulier, aucune obstruction n'ont été décelés soit sur le tuyau lui-même, soit au niveau des diffuseurs.

Quinze années plus tard, il en est toujours de même.

Station d'épuration et émissaire en mer de grande longueur semblent bien à ce jour, être une association idéale. Cela peut paraître une lapalissade, et pourtant, tout le monde ne partage pas cette idée...

Malgré un taux de dépollution de l'ouvrage d'épuration d'environ 30 %, les analyses de sédiments marins réalisées par le laboratoire géodynamique de Villefranche en 1976, 1981 et 1987 dans la rade de Cannes montrent une nette amélioration du milieu entre 1976 et 1981 et une stabilisation entre 1981 et 1987.

En ce qui concerne la bactériologie, sur 18 points de baignade contrôlés en 1987 le long du littoral de la commune :

- 10 plages ont été classées en catégorie A ;
- 8 plages en catégorie B.

Ces résultats correspondent à l'effort de toute une équipe qui chaque jour surveille, entretient, répare, mais la palme du mérite revient aux diverses municipalités qui se sont succédées depuis le début du siècle et à tous les ingénieurs qui ont poursuivi scrupuleusement le même but et qui ont osé aller toujours plus avant dans la technique.

Nice-Côte d'Azur un aéroport gagné sur la mer

(Extrait du diaporama présenté le 21 octobre 1988
au colloque de l'Association Française de Topographie)

M. DE LA TULLAYE, Chef de Service des bases aériennes Nice

L'Aéroport International Nice-Côte d'Azur a reçu 5 700 000 passagers en 1987, ce qui le situe au 2^e rang des aéroports français.

Bénéficiant d'une situation très favorable, au centre de sa zone d'influence et à proximité de Nice, l'Aéroport Nice-Côte d'Azur doit cependant composer avec une plate-forme exiguë (375 hectares), limitée par la mer, le fleuve Var et la zone ouest de l'agglomération niçoise.

Tout a été fait cependant pour que cette plate-forme puisse recevoir les installations qui permettront de traiter un trafic de plus de 10 000 000 de passagers au début du 21^e siècle.



Photo 1. - Champ d'aviation de la Californie en 1938.

C'est l'histoire des extensions successives de la plate-forme aéroportuaire qui est retracée ici.

Elle commence au début du siècle avec les premiers essais du Capitaine Ferber sur le terrain. En 1920 le terrain devient "champ d'aviation de la Californie" et une première piste de 700 mètres y est aménagée pour le transport du fret et des journaux vers la Corse.



Photo 2. - Nice-le-Var en 1946.

Ouvert à la navigation aérienne commerciale en 1946, l'aéroport prend le nom de Nice-le-Var. En 1955, un arrêté ministériel confie pour 50 ans la concession d'outillage public pour l'exploitation commerciale de l'Aéroport à la Chambre de Commerce et d'Industrie de Nice et des Alpes-Maritimes. Enfin, en 1957, le nouvel aéroport Nice-Côte d'Azur est inauguré.

LES PREMIERES EXTENSIONS

Toute la place disponible sur la plate-forme d'une superficie de 163 hectares est alors occupée ; or le trafic augmente rapidement (600 000 passagers en 1957, 1 000 000 en 1961) ; la place manque et le développement de Nice bloque toutes possibilités d'extension vers les terres. Il faut donc gagner sur la mer.

A l'est, en 1961, une première extension de 5 hectares de la plate-forme permet d'augmenter la longueur de la piste pour recevoir les premiers quadricoptères.



Photo 3. - Nice Côte d'Azur en 1961.

En 1972, une nouvelle extension de 25 hectares avec endiguement du Var est réalisée à l'ouest ; l'allongement de la piste permet alors de recevoir les gros porteurs et de diminuer les nuisances phoniques, en éloignant le trafic de 300 mètres par rapport à la ville.

Par ailleurs, en 1970, une politique foncière dynamique permet à l'Etat et à la Chambre de Commerce et d'Industrie de se rendre acquéreurs vers le nord de 5 hectares supplémentaires. Malgré ces extensions successives, la plate-forme ne couvre alors que 200 hectares et le manque de place reste pour l'Aéroport Nice-Côte d'Azur le problème

majeur, d'autant que le trafic ne cesse d'augmenter (2 000 000 de passagers en 1971).

Mais si la place manque à l'aéroport, elle manque aussi à la Ville de Nice qui s'étend vers le Var. Il convient donc de rechercher de nouvelles surfaces pour permettre le développement de l'aéroport tout en limitant les nuisances phoniques sur la ville ; c'est l'opération d' "extension Sud".

L'EXTENSION SUD

De 1969 à 1974, plus d'une centaine d'études menées dans tous les domaines (géotechnique, hydraulique, environnement, aéronautique...) montrent la faisabilité d'une extension vers le sud qui doit permettre de doubler la surface de la plateforme et dans le même temps, diminuer de manière décisive les nuisances phoniques. L'objectif du projet étant la construction d'une nouvelle piste déportée par rapport à celle en service de 500 mètres vers le sud et de 600 mètres vers l'ouest. Il s'agit d'occuper le plateau deltaïque formé au cours des millénaires par les dépôts alluvionnaires du Var.

Des matériaux d'excellente qualité sont extraits d'une colline inhabitée et inculte, située à 10 kilomètres au nord de l'aéroport. Le forage de la colline se fait dans le cadre d'un plan d'aménagement en terrasse qui doit faciliter un jour l'utilisation du terrain. De décembre 1975 à juin 1978, 30 000 000 de tonnes de matériaux ont été extraits et transportés par 40 attelages spéciaux de 100 tonnes de charges utiles.

Du lieu d'extraction jusqu'au chantier, pendant 31 mois, 18 heures par jour, toutes les 90 secondes, un attelage déverse à la mer son contenu. Ce remblai, il faut le consolider rapidement ; c'est la méthode de compactage dynamique qui a été retenue et mise en service dans des conditions exceptionnelles. Un matériel spécifique est imaginé. Durant 15 mois, plus de 30 000 fois une masse de 130 tonnes, tombant d'une hauteur de 22 mètres compacte le remblai.

Dans le même temps, pour protéger la plateforme des effets de la mer, une digue de 3 kilomètres est réalisée. Deux millions deux cent mille tonnes d'enrochements sont ainsi mises en œuvre. L'extension Sud de la plate-forme s'achève en juillet 1978.

Le 16 octobre 1979, une catastrophe naturelle se produit au large de Nice et entraîne la disparition de l'endiguement du nouveau port de commerce en construction au sud de la plate-forme. Il faut alors établir une nouvelle protection du rivage Sud en remplacement de celle que devait apporter le port.

Pour ce faire, 1 200 000 tonnes de roches sont disposées en épi. Parallèlement la consolidation des remblais est achevée dans les zones Est et Ouest, les plus proches du talus sous-marin par un drainage profond.

En 1982, peuvent enfin commencer les travaux de construction de la chaussée de la piste Sud et des voies de circulation. La couche de fondation fait



Photo 4. - Nice Côte d'Azur en 1987.

l'objet d'un nivellement particulier étudié à partir d'un système original. Un faisceau concentré de lumières laser émis par une source tournant à 300 tours minute, détermine le plan de travail de la niveleuse asservie à deux récepteurs. Le résultat est excellent avec une précision au 1/2 centimètre, deux fois supérieure à celle exigée. Les matériaux enrobés peuvent alors être répandus dans les meilleures conditions. Les joints, points sensibles des chaussées aéronautiques, font également l'objet de soins très particuliers avec l'utilisation de trois finisseurs de front, réduisant à deux le nombre de joints longitudinaux sur toute la longueur de la piste. La compacité à proximité de ces joints est nettement améliorée par l'utilisation d'une roulette de compactage latéral.

De janvier 1982 au mois d'août 1983, 400 000 m² de chaussées sont construites et le 27 octobre 1983, la nouvelle piste Sud est inaugurée ; l'Aéroport Nice-Côte d'Azur peut alors disposer d'un doublet de pistes adapté au trafic des 20 prochaines années.

LE BRUIT

La proximité de la ville est un avantage considérable pour un aéroport mais pose des problèmes de cohabitation délicats à résoudre. Aujourd'hui, grâce aux espaces dégagés par l'extension Sud, l'aéroport va pouvoir se développer en limitant les nuisances phoniques sur les zones habitées.

A cet égard, les mesures de bruit enregistrées en 1983, avant et après la mise en service de la piste Sud, sont particulièrement éloquentes et les surfaces des quartiers de la Ville de Nice touchées par le bruit sont fortement réduites comme le montre le tableau ci après.

Zone de bruit	Trafic 1983 sur piste Nord	Trafic 1983 après mise en service de la piste Sud
A gêne très forte	12 hectares	0
B gêne forte	35 hectares	0
C gêne assez forte	40 hectares	9 hectares

LE DEVELOPPEMENT DES INSTALLATIONS TERMINALES

D'ores et déjà tout est prévu pour assurer dans les meilleures conditions le trafic de demain. Les installations vont pouvoir se développer le long du Var, suivant le plan de composition générale qui a été arrêté.

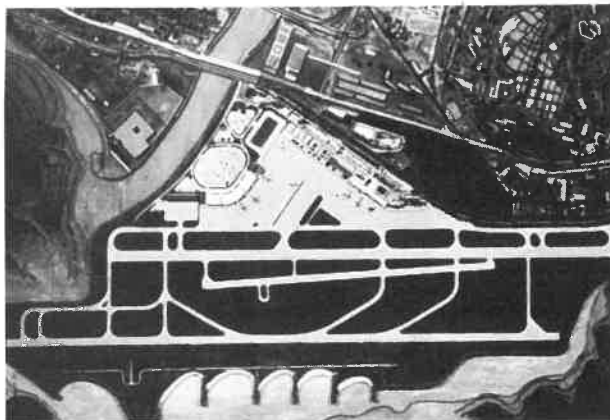


Photo 5. - Plan de composition générale.

Dès 1984, les aires de stationnement sont étendues par la construction d'une aire de 20 000 m² pour avions légers. Deux postes pour avions de type airbus sont également réalisés en amorce des aires de stationnement qui seront associées à l'Aérogare 2.

La première aérogare, malgré de multiples et importants travaux d'aménagement est arrivée à saturation.

Pour développer les installations conformément



Photo 6. - Aérogare 2.

au plan de composition générale une nouvelle aérogare sera construite en zone Ouest de l'Aéroport et le premier module de ce bâtiment, d'une capacité de 3 millions de passagers a été mis en service en 1987 pour traiter le seul trafic Nice-Paris.

Ce bâtiment qui recevra près de 2 500 000 passagers en 1988 sera agrandi par la suite au fur et à mesure des besoins.

D'autre part l'aérogare 1 doit être prochainement modernisée pour offrir une qualité de service comparable à celle de l'aérogare 2.

Enfin, une nouvelle gare de fret sera construite en 1989 pour traiter à terme 50 000 tonnes de fret par an.

Ainsi début 1987, la superficie de la plate-forme aéronautique aura plus que doublée permettant le développement progressif des infrastructures et superstructures de Nice-Côte d'Azur, véritable outil de développement au service de sa Région.

PRISES DE VUES AERIENNES



AVIONS RAPIDES
COUVERTURE
EUROPEENNE
2 EQUIPAGES:
365 JOURS SUR 365
MATÉRIEL FMC

ADRESSE

APEI
Aérodrome de Moulins
03400 YZEURE
Tél. 70 20 63 67
Téléc. 980 882 - Fax. 70 20 84 87

Géo-cartographie et feux de forêts

Le cas des Alpes-Maritimes

par A. CANAVESE (1), A. DAGORNE (2) pour les chapitres 1, 2 et 3
et D. ALEXANDRIAN (3) pour le chapitre 4

RESUME

Chaque année, les incendies dévastent des centaines d'hectares d'espaces forestiers et/ou sub-forestiers dans les midis méditerranéens et ailleurs.

Conscients de la gravité de ce problème, les cartographes-géographes peuvent apporter leur savoir-faire :

1 - en effectuant des **cartes-constats** des dégâts grâce à la télédétection aérospatiale utilisée conjointement aux plans cadastraux pour la recension des propriétaires sinistrés ;

2 - en établissant des **cartes de réhabilitation** des zones dévastées fondées sur la prise en compte des différents paramètres physiques et humains caractérisant les milieux (Systèmes d'Informations Géographiques) ;

3 - en mettant au point des **cartes d'intervention** destinées à la lutte et donc aux Postes de Commandement opérationnels chargés de diriger le mouvement des hommes et des aéronefs (localisation des points d'eau, des obstacles, des pistes DFCI, des pare-feux... ;

4 - en réalisant des **cartes destinées à la prévention** : localisation des nouvelles implantations des coupe-combustibles DFCI (Défenses des Forêts Contre l'Incendie), des citernes, postes de guet... et en aidant les collectivités locales et/ou départementales dans la conception des plans de lutte : PIDAF (Plans Intercommunaux de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier), SDAFI (Schéma Départemental d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie). Ces documents, croisés avec les données de l'Inventaire Forestier National, prennent en compte la vulnérabilité de la végétation : inflammabilité et combustibilité.

Tous ces documents sont réalisés en utilisant — ou non — des procédures informatisées. Les cartes de prévention et d'intervention comportent une exigence d'efficacité : celle de l'actualisation permanente sous forme de note additive datée.

Des résultats de travaux réalisés dans le département des Alpes-Maritimes servent d'illustration à cette note.

(1) Ingénieur des Travaux Géographiques de l'Etat honoraire, chargé de mission à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt.

(2) Maître de Conférences, Laboratoire R. Blanchard, Université de Nice.

(3) Ingénieur Civil des Forêts, chargé de mission près le Conseil Général des Alpes-Maritimes. Agence MTDA.

**"Qu'est-ce que le commandement ?
C'est avant l'autorité et son exercice,
avant même que la décision soit prise,
avant même l'action,
c'est le renseignement"**

(Maître Soulier, 1^{er} Adjoint au Maire de Lyon
Colloque FI3G, Lyon, juin 1987)

Face à cette interpellation formulée par un Elu — et qui exprime là un besoin beaucoup plus général d'informations géographiques émis par les responsables des services d'aménagement des pays développés comme des pays en voie de développement lors du congrès ci-dessus évoqué —, notre objectif est de montrer ici comment les géo-cartographes s'efforcent de répondre aux demandes des Responsables-décideurs. Les réponses portent sur un sujet qui ne peut laisser indifférent tout citoyen sensibilisé à la qualité de l'environnement naturel ou aménagé par l'homme et parcouru — et agressé — par un flux exceptionnel qui frappe l'imagination du tourisme de passage, atteint le résident permanent ou temporaire dans son patrimoine bâti ou non-bâti — heureux est-on lorsqu'il n'y a pas mort d'homme : le feu.

Certes, **les feux** dans les midis méditerranéens **ne sont pas un phénomène récent**. Déjà, en 1810, Napoléon 1^{er} demandait au Préfet du Var de "faire fusiller sur place, les individus convaincus d'avoir allumé les incendies". Plus près de nous, en 1927, le journal "**Le Petit Niçois**" titrait : "Le feu s'étendant toujours, nos forêts vont-elles disparaître ?". L'extrait du procès-verbal de la réunion du Conseil Municipal d'Auribeau d'août 1927 que nous reproduisons, confirme la gravité des incendies dans la zone du Tanneron en particulier (fig. 1).

Par ailleurs, ce phénomène **dépasse spatialement les limites des midis français** : Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon dont les feux de 1985, 1986 et 1987 sont encore frais dans la mémoire collective ; on pourrait citer le gigantesque incendie de Heilongjiang en Chine qui dura un mois en 1987 détruisant, sur un front de 180 kilomètres de long, 700 000 hectares, faisant 200 morts et anéantissant une ville, les incendies du Canada, d'Australie et, plus récemment en 1988, celui du parc de Yellowstone aux Etats-Unis.

Dans les Alpes-Maritimes, quelques chiffres permettent de situer le problème :

— En 1985 : 293 feux se sont déclarés et ont détruit 3 270 hectares d'espaces forestiers et/ou sub-forestier dont un tiers de résineux et deux tiers de feuillus.

— En 1986, 448 feux ont détruit 10 583 hectares.

Il faut remarquer que :

1 - ces feux touchent pour les 3/4, le littoral (334 feux ont dévasté 8 012 ha en zones littorale et sub-littorale, le quart restant concernant l'arrière pays montagneux).

2 - seuls quelques gros feux font beaucoup de dégâts : 12 feux ont, en 1986, détruit 9 678 ha soit 91,5 % du total. Sur ce chiffre, 7 gros feux ont détruit 7 328 ha en zone littorale et 5 feux importants en montagne ont dévasté 2 350 ha. On note qu'en 1986, **3 % des feux sont responsables de 91,5 % des dégâts.**

3 - les feux les plus nombreux se déclenchent durant la période estivale mais il y a aussi des feux d'automne et d'hiver (octobre 1986 à Breil, Tende, hiver 1987...).

Les travaux présentés ici, portent sur les différents travaux géo-cartographiques réalisés après les incendies de 1985 et surtout de 1986. Les extraits de cartes concernent principalement le secteur de Contes-Bendejun-Berre-les-Alpes touché par le feu de juillet 1986 (fig. 2).

1 - LES CARTES-CONSTATS

Une première évaluation des dégâts est généralement faite par survol héliporté par les Services de la Protection Civile et/ou les Forestiers.

La télédétection aérospatiale autorise une approche plus détaillée.

1-1 : L'IMAGERIE SATELLITAIRE fournie par le satellite Spot a donné des incendies des Alpes-Maritimes Orientales une très bonne image. La scène Spot du 23 septembre 1986 est particulièrement percutante. Les zones brûlées en juillet 1986 ressortent en noir ou en gris foncé tandis que la végétation préservée est signalée en vert et les zones minéralisées ou construites en rose. Cette image, publiée à l'échelle de 1 : 50 000, a fait l'objet d'une spatio-interprétation et les limites des zones détruites ont été reportées sur un fond de carte topographique à 1 : 50 000 (fig. 3).

1-2 : LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES INFRA-ROUGE COULEURS permettent d'affiner l'évaluation des dégâts. Après l'incendie du Tanneron en 1985, une mission aéroportée a été réalisée par l'Institut Géographique National à grande échelle : 1 : 8 000. Ces remarquables images ont été analysées en stéréoscopie et les limites de l'incendie reportées sur un fond de carte topographique à l'échelle de 1 : 25 000 (fig. 4). Cette carte de l'extension du sinistre (près de 1 600 ha détruits) montre la localisation des taches de végétation épargnées (dans les fonds de vallons ombreux), le rôle des pare-feux (autoroute, ligne de crête) et la manière dont le feu s'est propagé dans les zones construites de Mandelieu... où la catastrophe a été évitée de justesse, le feu sautant d'un jardin dans un autre. La carte étant faite, il reste à expliquer par la météorologie, l'état de la végétation, la réserve en eau, etc... l'ampleur du sinistre.

En 1986, deux missions aéroportées à grande échelle, le 1 : 10 000, ont été faites pour le dépar-

tement : une mission porte sur la zone d'Eze et l'autre sur le secteur de Contes-Bendejun-Berre-les-Alpes. Ces images où les zones détruites apparaissent en bleu-turquoise tandis que les zones végétales épargnées sont en rouge (le lecteur associant plus facilement le rouge à l'incendie, un petit effort de lecture est nécessaire) ont servi de base à l'élaboration d'une carte à grande échelle : le 1 : 10 000. On notera le caractère moins massif de la zone brûlée et l'existence en bordure des zones totalement détruites de plages plus grises considérées comme des secteurs à redémarrage hypothétique. Ailleurs, le feu s'est propagé au ras du sol, le relais broussailleux n'existant pas et les houppiers sont restés rouges (c'est-à-dire chlorophylliens). La figure 5 assortie de sa légende est un extrait de la carte à 1 : 10 000 de Contes publiées en 5 couleurs : la planimétrie est en noir (la planimétrie est un agrandissement de la planchette du noir de la feuille à 1 : 25 000 de l'Institut Géographique National) ainsi que les grands types de la propriété foncière (domaniale communale... ou privée, en blanc par différence), l'hydrographie en bleu, la végétation existant avant le passage du feu est en vert, le feu est en magenta ainsi que les équipements DFCI : pistes, citernes... et les aménagements agricoles : terrasses, champs aménagés... en marron. Si cette carte peut servir de base à des actions de réaménagement, on pourra regretter l'absence des limites foncières de la propriété privée. Ceci était initialement prévu mais l'atomisation et la petite taille des parcelles foncières sont telles qu'il a fallu renoncer à la faire apparaître à cette échelle. On peut aussi regretter une erreur au niveau de l'impression qui conduit à réduire la lisibilité des citernes et points d'eau : le vert a été ouvert dans le rouge alors que la stratégie inverse eût dû être utilisée.

A la même échelle, mais dans un contexte cadastral différent avec des parcelles de plus grande taille, un autre essai cartographique a été fait sur la zone de l'Escarène touchée par l'incendie du 23 juillet 1986 (fig. 6). Sur cette carte à 1 : 10 000, la planimétrie est en noir ainsi que les aménagements des pentes, l'hydrographie en bleu, le feu en vermillon ainsi que les équipements DFCI et le marron indique la nature de la propriété avec les limites parcellaires. Bien que les numéros des parcelles cadastrales ne figurent pas, la recension des sinistrés est très facile sur cette carte qui peut être considérée comme les prémices d'un plan topo-foncier. Pour des raisons de lisibilité, la planche de l'hypsométrie n'a pas été reproduite mais, un schéma hypsométrique est fourni au lecteur dans le travail complet.

A travers ces extraits de travaux cartographiques, on voit comment la télédétection aérospatiale peut aider les Responsables, l'imagerie satellitaire étant tout à fait complémentaire des photographies aériennes.

2 - LES CARTES DE REHABILITATION LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

Constater les dégâts est l'un des premiers travaux des Responsables confrontés aux problèmes

d'indemnisation. Il faut ensuite mettre tout en œuvre pour que soient le plus vite possible effacées — ou du moins atténuées — les traces du passage du feu. Il faut aussi prévoir la réhabilitation des sites détruits en tenant compte autant que faire se peut, des caractéristiques physiques et humaines des milieux parcourus par le feu. Dans cette optique, une expérience de mise en route d'un système d'informations géographiques a été faite. Elle porte sur une surface de 16 kilomètres carrés (fig. 7) centrée sur les communes de Contes, Bendejun et Berre-les-Alpes. Pour ce territoire découpé en mailles d'un hectare, huit paramètres ont été pris en compte : l'altitude, la pente, l'exposition, l'habitat, le feu, le sol, les aménagements de pente, la propriété foncière. L'information est extraite de documents publiés ou inédits (carte géologique pour les sols, carte topographique agrandie pour les altitudes et l'habitat, plan cadastral pour le foncier, cartes inédites pour le feu et les aménagements agricoles) ; deux de ces fichiers sont dérivés par calcul d'un fichier initial : il s'agit des pentes et des expositions obtenues par calcul à partir des cotes d'altitude. Ces huit fichiers ont été stockés sur disquette en vue d'un traitement sur matériel Apple IIc ou Apple IIe pilotés par des logiciels mis au point par J.-Y. Ottavi, cartographe-informaticien du laboratoire R. Blanchard. Après analyse des polygones de fréquence de données et prise en compte de critères techniques d'aménagement (les choix des valeurs des classes de pentes, par exemple), l'ensemble des données fait l'objet d'une simplification en sept classes au maximum avant la mise en route de procédures de tri. Les figures 9 et 10 sont des visualisations des fichiers pris en compte pour cet espace au relief accidenté comme le montre le bloc-diagramme de la figure 8. On remarquera que le logiciel autorise, outre la visualisation de la matrice, l'affichage des fréquences des différents taxons retenus.

QUE FAIRE DE CES DIFFÉRENTS FICHIERS ?

Après réduction des données en sept classes, ces fichiers ont été combinés. Le principe du traitement est simple : l'opérateur choisit une option d'aménagement : urbanisation, agriculture, reboisement et définit les critères requis pour que cette option ait le plus de chances d'être menée à bien ; il faut donc sélectionner dans les différents fichiers, les pixels qui répondent aux critères énoncés et qui tiennent compte de la pratique du terrain par les forestiers et les géographes. L'opérateur fait état de ses exigences, l'ordinateur affiche les pixels qui répondent aux critères et il revient à l'aménageur la charge de définir ce qu'il y a lieu de faire : types d'espèces à planter, travaux à faire, etc... Il est bien évident que certains pixels peuvent potentiellement faire l'objet d'aménagements différents ; il reviendra au décideur de trancher en fonction de critères retenus lors de l'élaboration du Plan d'Occupation des Sols. Les résultats de la mise en œuvre de ce logiciel combinatoire sont exprimés par les figures 11 et 12, la figure 13 étant une synthèse de géographie applicable... la géographie appliquée véritable étant du ressort de ceux qui ont le pouvoir décisionnel.

Sans doute ne s'agit-il là que d'un essai de mise en route d'un Système d'Informations Géographiques et tout n'est pas parfait. D'abord, la surface traitée est limitée spatialement et les critères pris en compte ne prétendent pas à l'exhaustivité : le manque d'informations géotechniques sur la qualité des sols ne nous a pas permis de prendre ce paramètre en considération. Les choix du POS n'ont pas non plus été retenus car la commune de Contes n'en dispose pas. Enfin, si les données exogènes croisées auraient pu être plus nombreuses, les données endogènes issues des scanners des satellites n'ont pas du tout été utilisées. A l'avenir, on peut espérer pouvoir intégrer tout cet arsenal de données synchroniques et diachroniques pour mieux caractériser un géosystème environnemental. Il reste à organiser de manière efficace la saisie des données vectorielles pour les transformer en images raster de maillage comparable à celui des scanners des satellites. Mais, chacun sait que la portabilité des systèmes informatiques d'une part et la communicabilité des fichiers de données, d'autre part, sont des problèmes incomplètement résolus.

3 - LES CARTES D'INTERVENTION

Elles sont réalisées à deux échelles.

3-1 : LES CARTES A 1 : 100 000 (fig. 14)

Ces cartes sont destinées aux moyens aériens : avions bombardiers d'eau : canadiens, DC 6, hélicoptères équipés de réservoirs d'eau. Utilisent aussi ces cartes, les responsables des postes de commandement, les bureaux de la Sécurité Civile, les postes de guet... Pour ces cartes, le carroyage bi-kilométrique est indiqué en surcharge violette.

3-2 : LES CARTES DFCI A 1 : 25 000 (fig. 15), sont destinées aux unités de lutte.

3-2-1 : L'objectif de cette cartographie

C'est au début de 1987, que le Conseil Général des Alpes-Maritimes décide de doter d'une carte opérationnelle à l'échelle de 1 : 25 000, tous les Services impliqués dans la Défense des Forêts Contre l'Incendie : La Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours (DDSI), la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF), l'Office National des Forêts (ONF), la Direction Départementale de l'Équipement (DDE), la Gendarmerie Nationale, les pilotes d'avions et d'hélicoptères bombardiers d'eau ainsi que d'autres Services ou Organismes.

3-2-2 : Nature et représentation des renseignements DFCI

A l'issue de diverses réunions de coordination entre tous les intervenants, il fut décidé d'éditer une cartographie thématique DFCI à 1 : 25 000, pour les dix feuilles littorales du département correspondant à la zone rouge. Les éditions normalisées de l'Institut Géographique national ont fait l'objet d'une surimpression en trois couleurs portant les renseignements suivants :

- La surimpression en violet porte sur :
- le quadrillage DFCI, Lambert II étendu (ou

“Chasse”) avec identifiants suivant un quadrillage bikilométrique renforcé aux dizaines ;

- les limites et noms de communes par un trait tramé ;

- les numérotations routières, les postes de guet avec leur nom, les cabines téléphoniques hors agglomération (publiphones), les bornes SOS ;

- le titre et les écritures.

- *La surimpression en couleur rouge* porte sur :

- les lignes électriques à moyenne, haute et très haute tension avec indication du voltage, de l'origine, de la destination et, d'une manière générale, toutes les lignes pouvant constituer un obstacle aux aéronefs de lutte aérienne : câbles transporteurs, câbles de remontées mécaniques, téléphériques, etc... Est éventuellement indiqué l'emplacement des gazoducs enterrés ;

- les routes et pistes forestières carrossables aux engins normaux ou seulement aux engins spéciaux avec leur nom et leur numéro et, d'une façon générale, le réseau de voirie ;

- les poteaux d'incendie en charge, hors agglomération et les citernes avec indication de leur capacité exprimée en m³ ainsi que les points d'eau naturels permanents ;

- les aires de posée, les hélisurfaces ou hélisations ;

- l'identification des Centres de Secours, des Centres de forestiers-sapeurs ou de chantiers FSI-RAN, ainsi que les Comités communaux de feux de forêts.

- *La surimpression en vert* s'applique aux forêts. Les forêts soumises au régime forestier (forêts domaniales ou départementales) sont tramées en vert et délimitées par un liseré vert plus ou moins large.

3-2-3 : Le plan de travail

La recherche et la collecte des renseignements auprès des Administrations et Organismes publics concernés a permis d'établir une maquette de synthèse.

Cette maquette a été livrée à l'IGN pour rédaction puis, après contrôles, retouches, le bon à tirer a été délivré.

Une première impression à 300 exemplaires par surimpression des trois couleurs sur les cartes existantes préalablement mises à jour à l'aide des photographies aériennes récentes est ensuite exécutée.

Une remise des exemplaires est faite à tous les services concernés pour examen, les observations recueillies et les corrections des planches réalisées.

Enfin, l'impression définitive est faite à 1 700 exemplaires dont 100 à plat, 10 plastifiés rigide (4/10) et 20 plastifiés souple (20/100) et les autres sont pliés.

Nota. La diffusion de ces cartes est confidentielle, leur usage et leur détention sont réservés aux services officiels chargés de la lutte contre l'incendie. Depuis juillet 1988, toutes les unités concernées sont dotées d'un lot de plusieurs jeux de ces cartes.

3-2-4 : Le jalonnement des itinéraires DFCI

Avec la collaboration du CETE Méditerranée, de la DDE, de l'ONF, du SDIS et des Services Techniques des municipalités concernées, la signalisation des pistes est actuellement réalisée. L'opération a débuté par les trois communes situées à l'Ouest du département, très exposées aux risques d'incendie : Théoule, Mandelieu et Pégomas. A chaque extrémité des pistes, sont installés des panneaux indicateurs comportant : les coordonnées topographiques codifiées, le nom de la piste, les points de ravitaillement en eau avec distance et capacité annoncées, les aires de posée des hélicoptères (éventuellement). Ces panneaux sont réalisés en aluminium : la conformation de leurs supports, rectangulaires ou crénelés interdit toute pivotation intempestive ou malveillante. Ce jalonnement est évidemment en harmonie avec la cartographie.

3-2-5 : L'entretien et la mise à jour de la cartographie DFCI

La plupart des utilisateurs des cartes DFCI expriment les vœux suivants :

- Il est souhaitable que la cartographie DFCI soit actualisée en continu par l'enregistrement et la transcription des équipements nouveaux (ou la neutralisation ou l'arrêt d'anciens) au fur et à mesure de leur mise en service.

- Toute unité chargée de l'équipement, de la prévention ou de la lutte, devrait pouvoir disposer à tout instant d'un document bien à jour, lui permettant en toute fiabilité, de mener à bien la mission qui lui est confiée.

Le recueil des informations permet le *report graphique* sur support reproductible ou sur carte en couleur ou *informatique*, sur bande magnétique, à croiser avec une base de données.


Puis, la reproduction peut se faire en mode diazoïque bicolore sur contre calque tramé : le produit est bon et de faible coût. La photocopie couleur peut aussi être employée : le produit est parfaitement lisible et le coût moyen. La sortie graphique peut aussi se faire sur table traçante automatique commandée par un ordinateur et un dérouleur de bande.

Enfin, l'édition, la mise à disposition, la diffusion peuvent être régulières : mensuelle, trimestrielle... ou informelle et à la demande, notamment en cas de sinistre.

3-2-6 : Le financement

Le coût total de l'entreprise a été supporté à 30 % par l'Etat et à 70 % par le Département.

Fig. 1 : Fac-similé d'un extrait de procès-verbal de réunion du Conseil
Municipal d'Auribeau d'Août 1927.

L'an mil neuf cent vingt-sept le vingt-
le Conseil m^{al} d'Auribeau, dûment convoqué par le
Maire, s'est réuni, dans la Mairie, sous la Présidence de
M. Jean-François Roustan Maire.

Présents M. M. : Roustan, Maire; Mauran, adj^g,
Mauran Félix, Funel Joseph, Vergon Jean-B^{te}, Rouquier
Benjamin, Courrin Siméon; Abrial Joseph, Emellina
Maurice

Absent M. Leca Joseph.

M. le Maire expose au Conseil m^{al} que le mardi 16
août courant, à 14 h. Un incendie terrible, venant des
forêts de Courneron, s'est propagé en quelques instants
d'une façon effrayante tout autour du village. Le vent,
qui soufflait avec violence, a étendu l'incendie dans les
bois et forêts voisins, et malgré les secours accourus de
tous côtés, le sinistre a causé la perte à peu près totale de
tous les bois de la commune, des arbres fruitiers, des
jardins de fleurs, des potagers, des vignes, etc

Les dégâts sont énormes et il est difficile de les évaluer
néanmoins, on peut affirmer que, parmi les communes
atteintes par les incendies, Auribeau est sûrement la plus
éprouvée relativement à sa population et à l'étendue de son
territoire; ses pertes sont évaluées à la somme de 1.213.050 francs.

M. le Président invite l'Assemblée à délibérer à
ce sujet. Le Conseil,

Où l'exposé de M^r le Maire, le reconnaît
exact en toutes ses parties, et sollicite du Gouvernement
en faveur de tous les sinistrés le secours le plus large possible

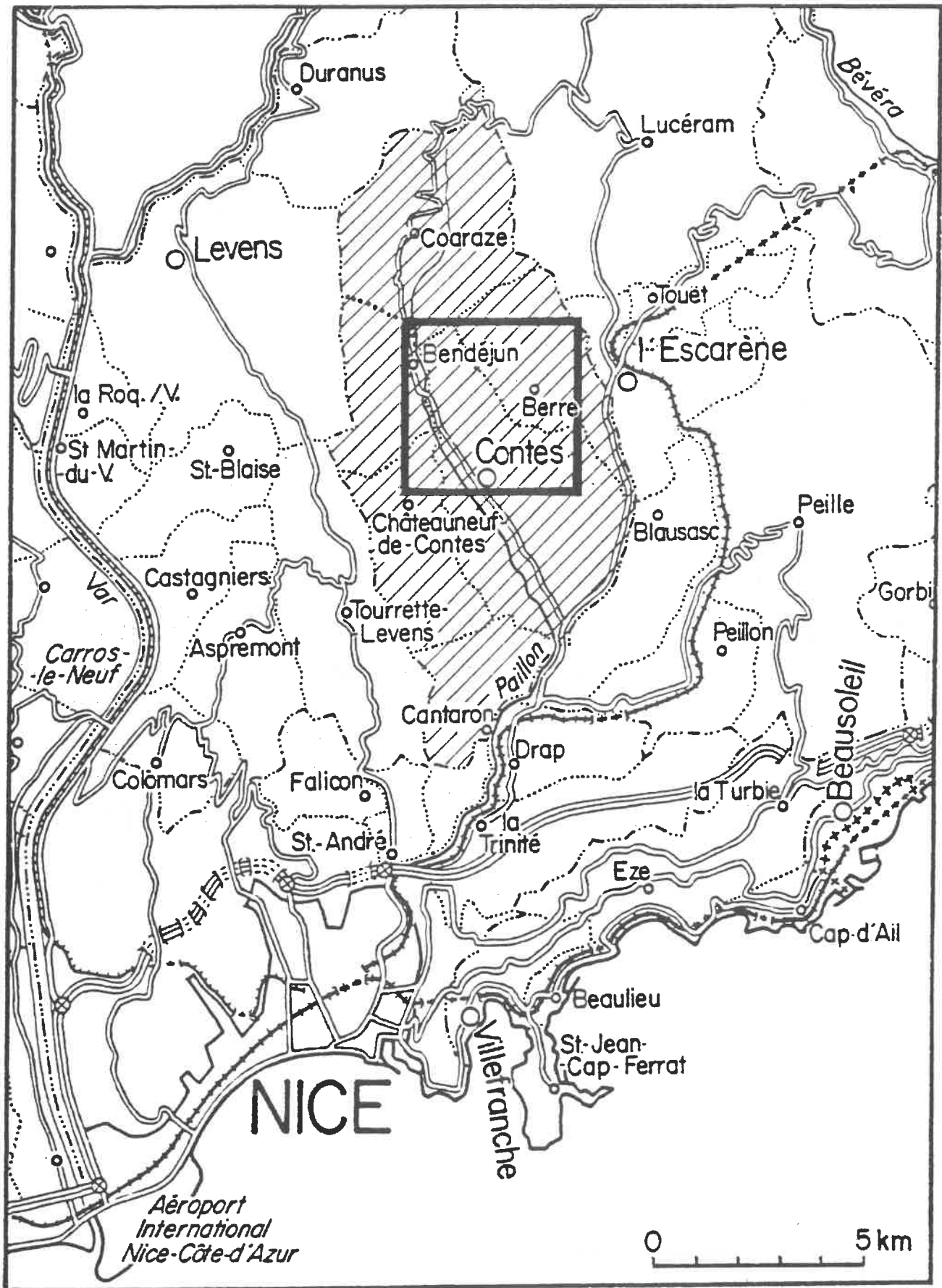
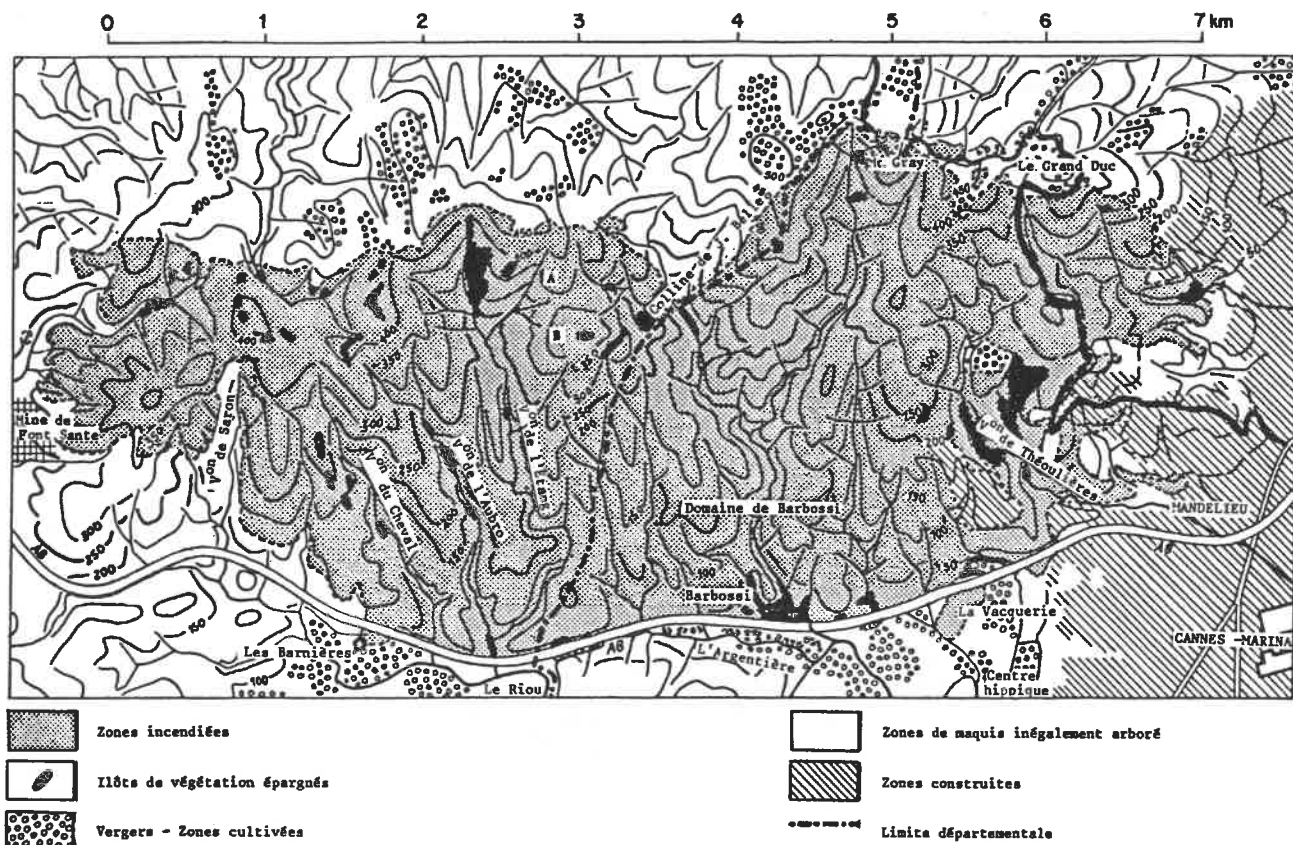


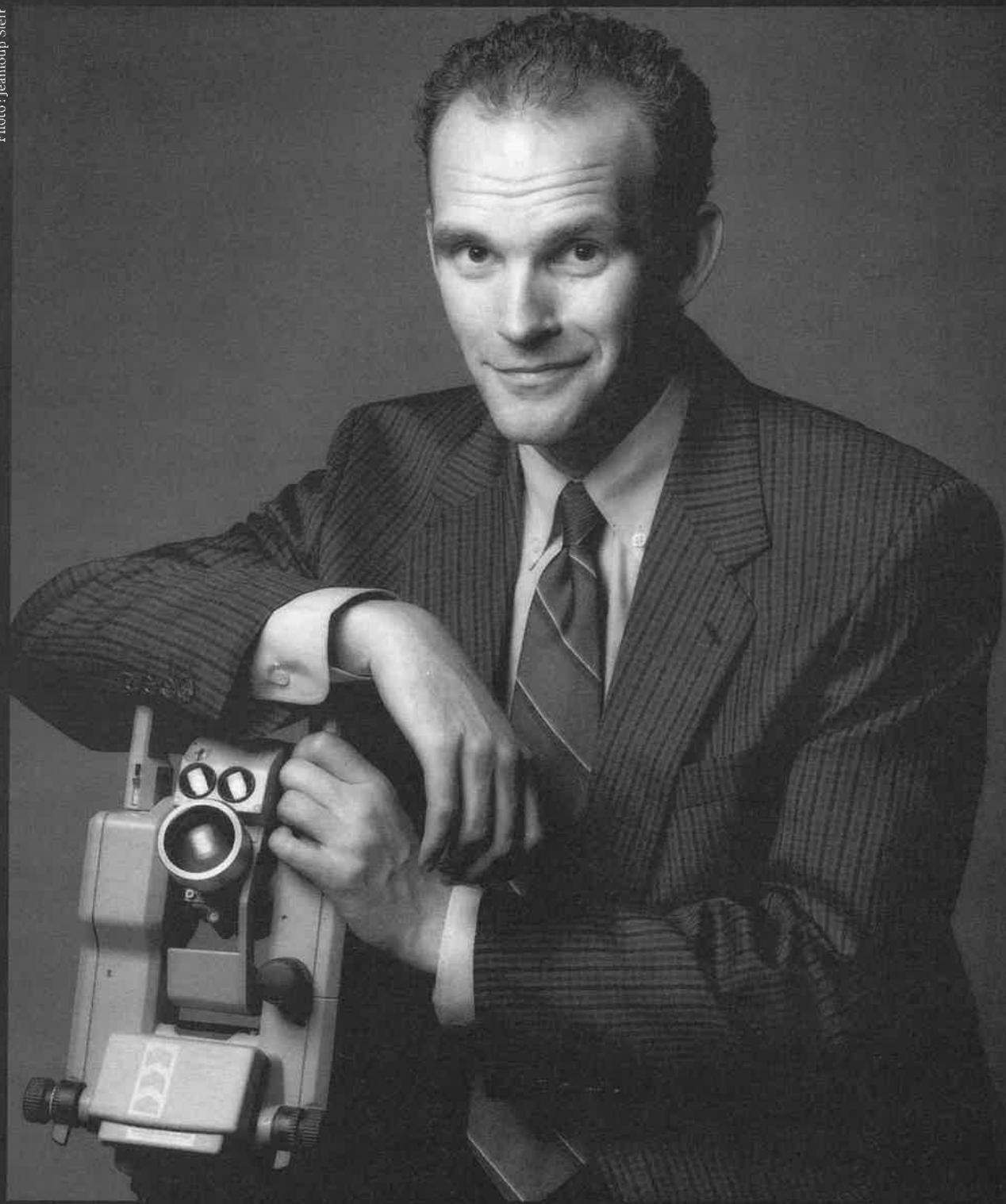
Fig. 2 : Les communes du canton de Contes en grisé et, en encadré, les limites du Système d'Informations Géographiques.



Fig. 3 : L'extension des grands incendies de l'été 1986 dans les Alpes Maritimes orientales d'après l'image SPOT du 23 Septembre 1986. En noir, sont indiquées les zones de forte biomasse détruites et en pointillé, les zones de faible biomasse incendiées. Echelle : 1 : 50 000.

Fig. 4 : L'incendie du massif de Tanneron, 31 Juillet 1985.





Lorsqu'on est à la pointe de sa profession, mieux vaut des partenaires à la pointe de la leur... Voilà pourquoi les plus grands professionnels préfèrent Wild Leitz. Il est vrai qu'avec une gamme où se côtoient tachéomètres et théodolites électroniques à mémoire intégrée, appareils de mesure électronique de distances,

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10^e ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

MILIEUX NATURELS ET/OU AMENAGES PARCOURUS PAR LE FEU DANS LES ALPES - MARITIMES : LA REGION DU PAILLON -Incendie du 24 Juillet 1986-

LEGENDE

1 - PLANIMETRIE ET HYDROGRAPHIE.

(Fond planimétrique extrait de la carte topographique de l'Institut Géographique National n° 3742 à 1 : 25 000, planche du noir agrandie à l'échelle de 1 : 10 000)

..... Limites communales

 Hydrographie

Fig. 5

2 - PHYSIONOMIE DU COUVERT VEGETAL EXISTANT AVANT LE PARCOURS PAR LE FEU.

(Maquette cartographique : A. DAGORNE d'après les photographies aériennes de l'I.G.N., Mission Inventaire Forestier National de 1983 à l'échelle de 1 : 17 500)

 Couvert arborescent

 Couvert arbustif

 Zones cultivées ou construites

3 - AMENAGEMENTS DES PENTES.

(Maquette cartographique : J. -M. CASTEX d'après les photographies aériennes de l'I.G.N. de 1983, Mission Inventaire Forestier National à 1 : 17 500)

 Terrasses

 Champs aménagés

 Terrasses fossilisées par la forêt et/ou les broussailles

 Talus espacés - ribes - rideaux

4 - PROPRIETE FONCIERE.

(Maquette cartographique : étudiants de géographie de licence C. DUGENET, F. GRAC et Cl. PATRY d'après les données des services de l'O.N.F. et du R. T. M)

 Terrains domaniaux

 Terrains communaux

 Terrains périmétrés et/ou en cours de soumission

5 - LE FEU ET LES EQUIPEMENTS ANTI-INCENDIES.

(Maquette cartographique : A. DAGORNE d'après les clichés infra-rouges couleurs de l'Institut Géographique National de 1986 à 1 : 12 500)

 Zones totalement détruites

 Végétation à redémarrage hypothétique (arbres gris)

 Végétation pouvant repartir (houppiers chlorophylliens)

 Pistes D.F.C.I. (Défense des Forêts Contre l'Incendie)

● Citerne d'incendie

▲ Poteau d'incendie

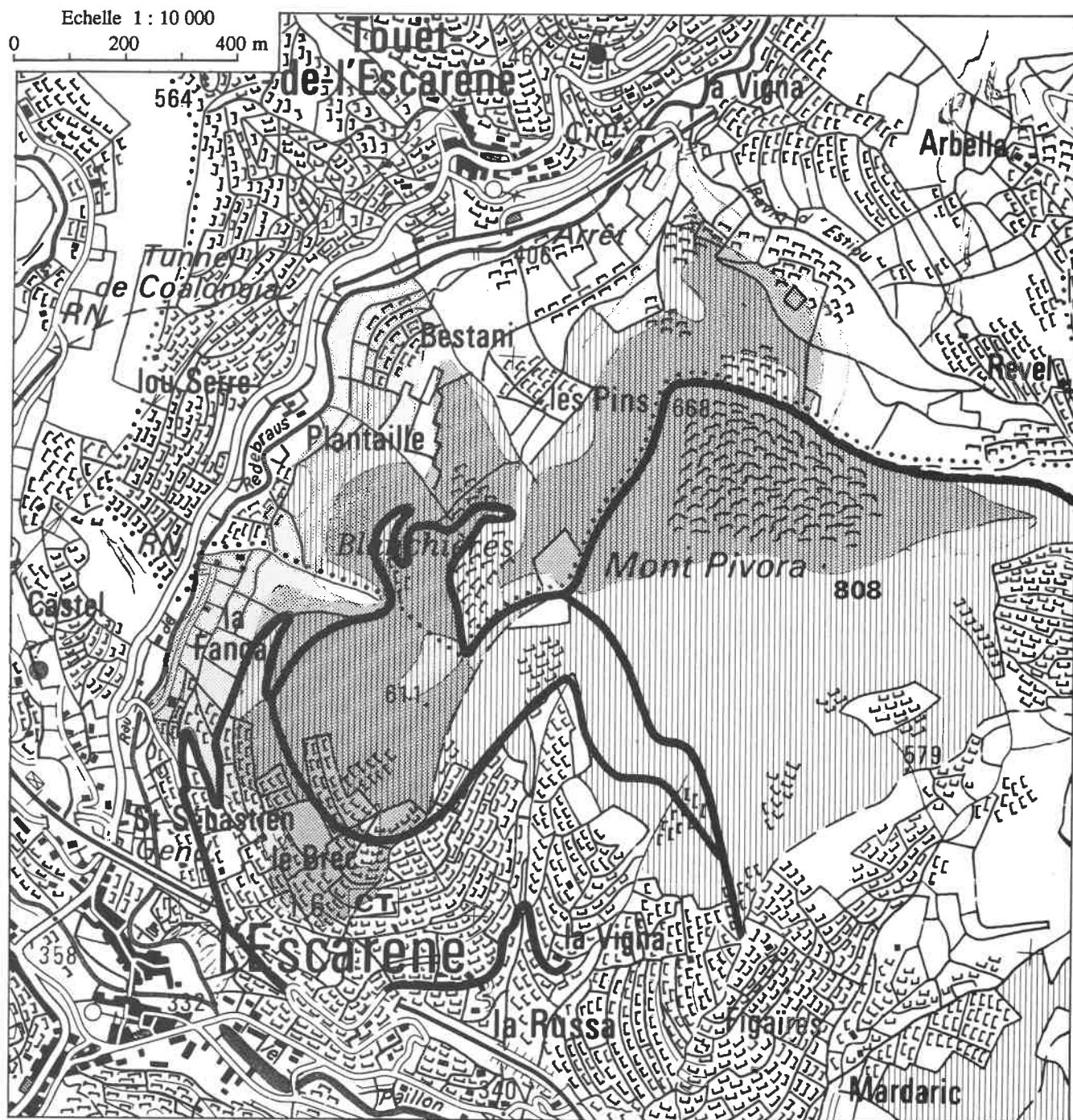


Fig. 6

**MILIEUX NATURELS ET/OU AMENAGES PARCOURUS PAR LE FEU,
LA ZONE DE L'ESCARENE : INCENDIE DU 24 JUILLET 1986.**

A. DAGORNE, J.-M. CASTEX et J.-Y. OTTAVI,
Laboratoire R. Blanchard d'Analyse Spatiale Quantitative et appliquée, Université de NICE, 1987.

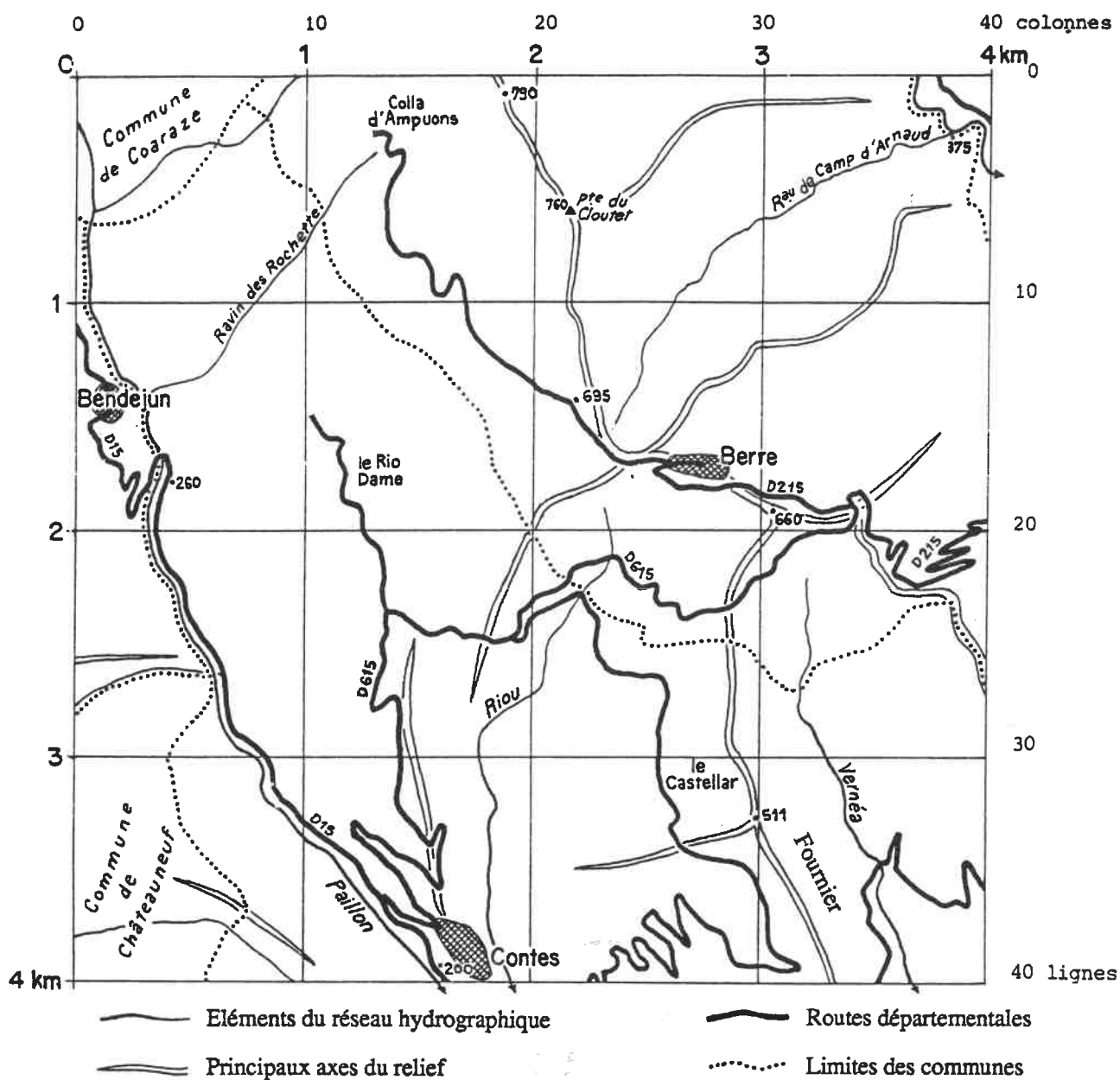
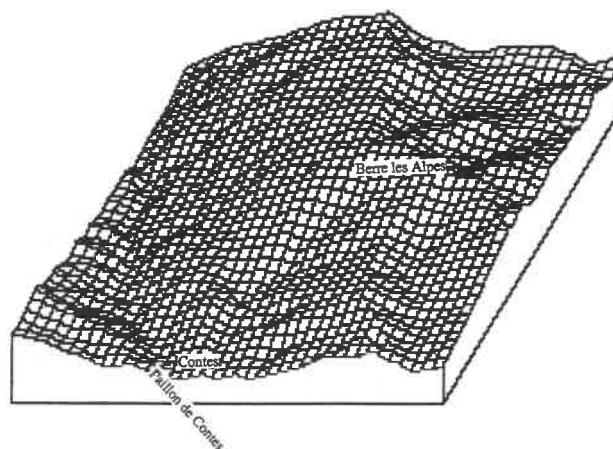


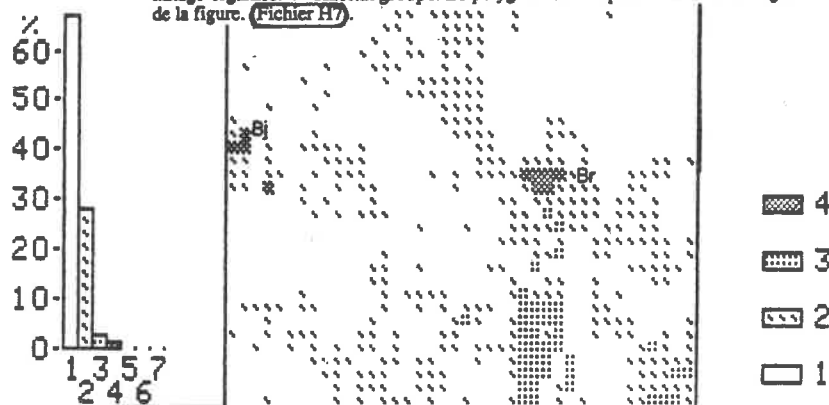
Fig. 7 : Les limites du Système d'Informations Géographiques de Contes. (40 lignes x 40 colonnes soit 4 x 4 kilomètres).

Fig. 8 : Bloc-diagramme de la zone de Contes vue du Sud-Est (Echelles planimétrique et altimétrique communes).

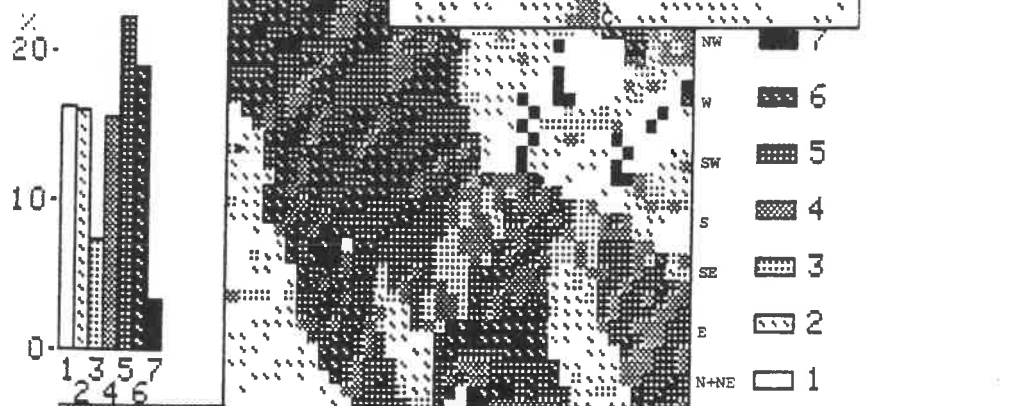


Fichier H 7 : L'HABITAT.

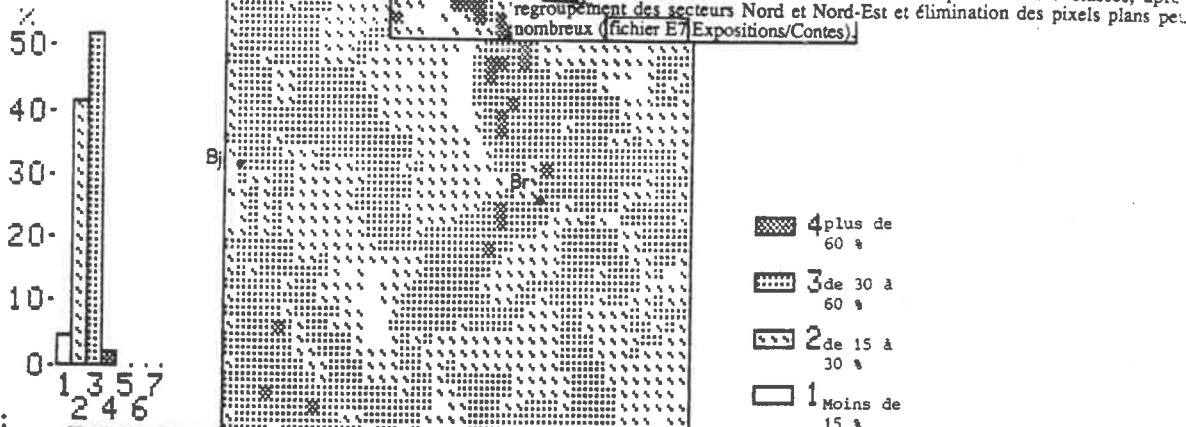
Visualisation du fichier "Habitat". 4 classes utiles ont été retenues : 1= Absence d'habitat. 2= Habitat dispersé et mitage inorganisé. 3= Habitat dispersé et mitage organisé. 4= Habitat groupé. Le polygone de fréquence est affiché à gauche de la figure. (Fichier H7).



Fichier E 7 : LES EXPOSITIONS.



Fichier P 7 : LES PENTES.



Fichier C 7 : LES ALTITUDES.

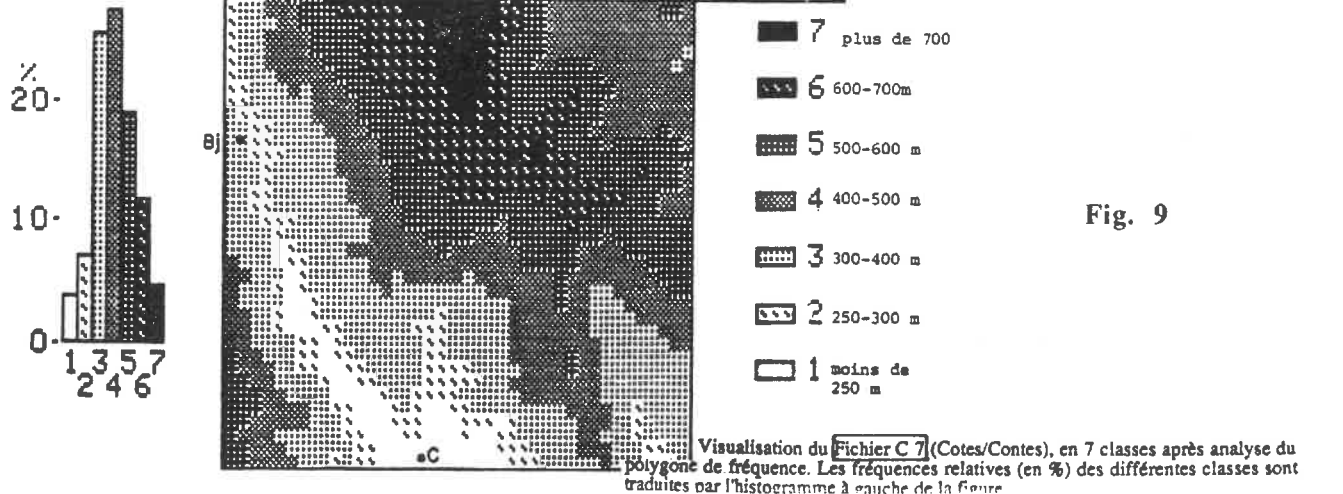
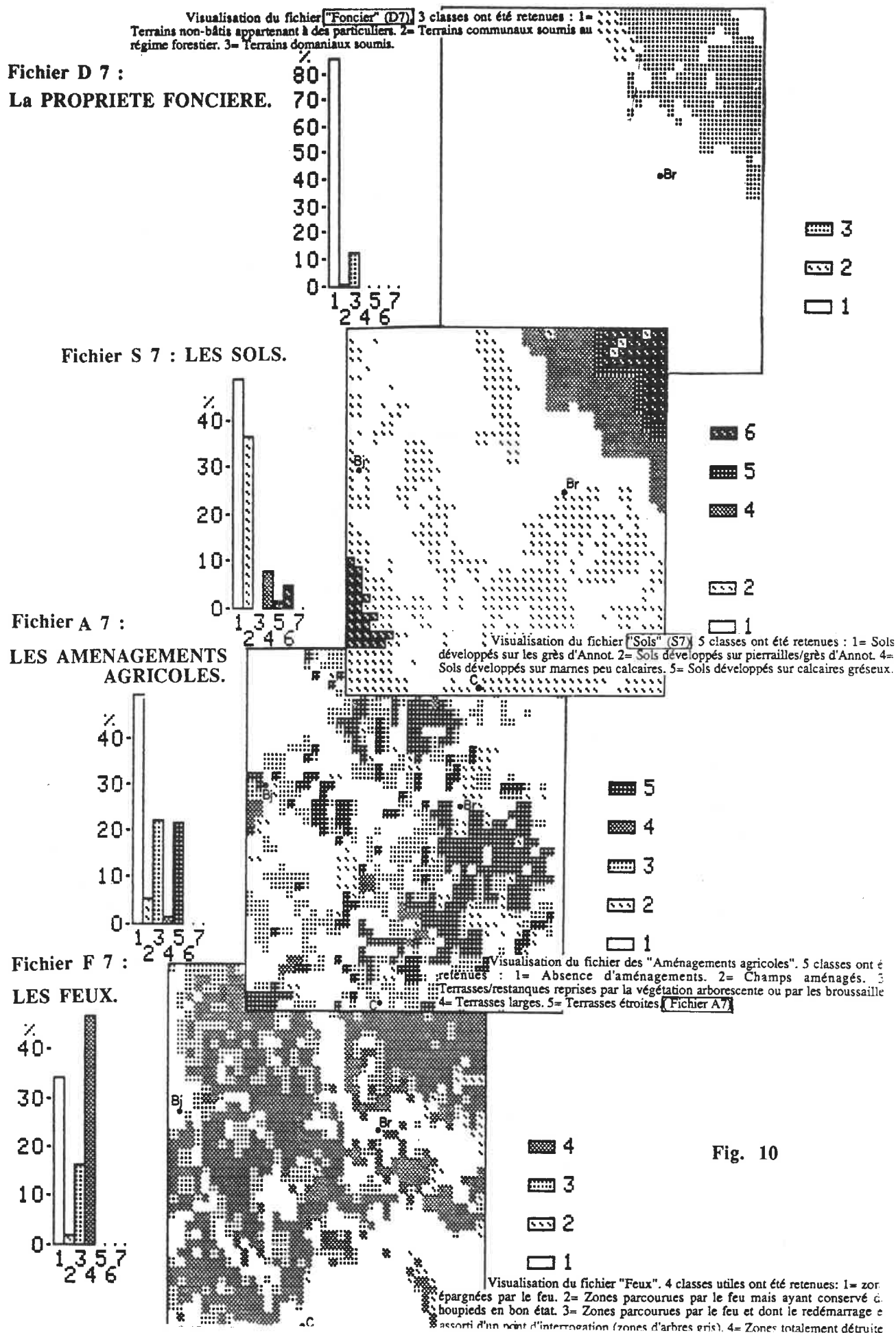


Fig. 9



OPTION FORÊTS Scénario F.1 :

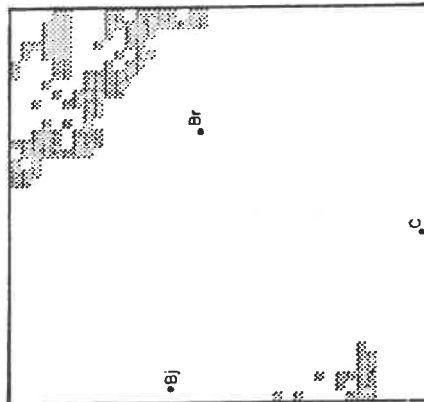
- Les règles :

- SI Les altitudes sont indifférentes (200-800 m)
- SI Les pentes n'interviennent pas
- SI Le foncier est sans importance
- SI Les aménagements anciens existent ou non
- SI L'habitat est faible ou nul
- SI Les feux ont été destructeurs
- SI L'exposition est de dominance Nord
- SI Les sols sont calcaires

SELEC.

T.1 → 1 2 3 4 5 6 7 H 7 (Hab.)
T.2 → 1 2 3 4 5 6 7 F 7 (Feux)
T.3 → 1 2 3 4 5 6 7 E 7 (Exp.)
T.4 → 1 2 3 4 5 6 7 S 7 (Sols)

- Affichage des pixels



- Décision :

- ALORS : prévoir des plants de chêne pubescent et d'acacia de pin d'Alep au dessus de 200 m et jusqu'à 700 m env. de chênes verts et de pins d'Alep jusqu'à 600-650 m ; au delà, associer Ostrya, chêne pubescent, pin maritime et introduire le chêne pubescent en pourcentage croissant avec du pin d'Alep et vers 750-800 m, associer le cyprès méditerranéen.
- Prévoir un travail de préparation du sol à faire pente :
- Si pente inférieure à 30 %, élimination des restanques cendres ; sous-solage à la dent ripper.
- Si pente supérieure à 30 %, élaborer des restanques au bulldozer.

OPTION FORÊTS Scénario F.4 :

- Les règles :

- SI Les altitudes n'importent pas (200-800 m)
- SI Les pentes sont indifférentes
- SI Le foncier n'a pas d'importance
- SI La présence d'anciens aménagements n'est pas requise
- SI L'habitat est faible ou nul
- SI Les feux ont été destructeurs
- SI L'exposition est de dominante Sud
- SI Les sols sont acides

SELEC.

T.1 → 1 2 3 4 5 6 7 H 7 (Hab.)
T.2 → 1 2 3 4 5 6 7 F 7 (Feux)
T.3 → 1 2 3 4 5 6 7 E 7 (Exp.)
T.4 → 1 2 3 4 5 6 7 S 7 (Sols)

- Affichage des pixels



- Décision :

- ALORS : jusqu'à 650-700 m, prévoir une association de pins (chênes verts et chênes liège avec du pin maritime, 700 m, introduire le chêne pubescent, en augmenter la proportion en remplaçant progressivement le pin maritime par pin sylvestre vers 750 m.
- Travaux en fonction de la pente topographique et de la présence ou non d'anciennes restanques.

OPTION FORÊTS Scénario F.3 :

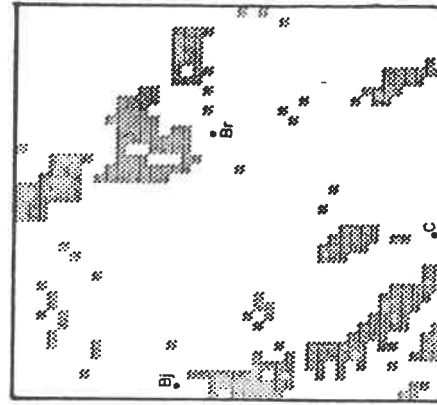
- Les règles :

- SI Les altitudes sont indifférentes (200-800 m)
- SI Les pentes n'interviennent pas
- SI Le foncier importe peu
- SI La présence d'anciens aménagements n'est pas requise
- SI L'habitat est faible ou nul
- SI Les feux ont été destructeurs
- SI L'exposition est de dominante Nord
- SI Les sols sont acides

SELEC.

T.1 → 1 2 3 4 5 6 7 H 7 (Hab.)
T.2 → 1 2 3 4 5 6 7 F 7 (Feux)
T.3 → 1 2 3 4 5 6 7 E 7 (Exp.)
T.4 → 1 2 3 4 5 6 7 S 7 (Sols)

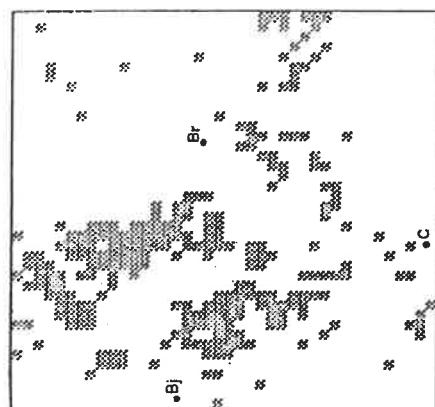
- Affichage des pixels



- Décision :

- ALORS : de 500 à 700 m, prévoir de replanter des chataigniers en association avec des chênes liège et des chênes verts avec quelques pins maritimes. A partir de 650 m commencer d'introduire le chêne pubescent avec le pin maritime puis en augmenter la fréquence vers les points les plus élevés, remplacer progressivement le pin maritime par le pin sylvestre, remplacer la pente.

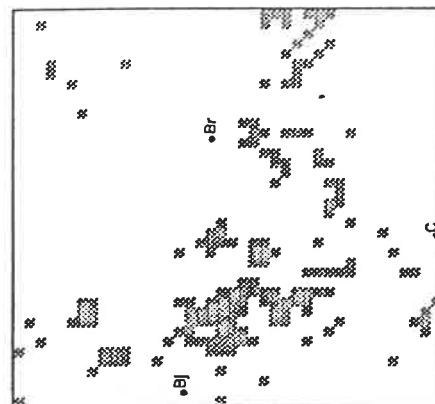
Fig. 11 : Scénarii de reboisement.



OPTION URBANISATION SELEC.

T.1 → 1 2 3 4 5 6 P 7 : Pentes
T.2 → 1 2 3 4 5 6 F 7 : Feux
T.3 → 1 2 3 4 5 6 D 7 : Foncier
T.4 → 1 2 3 4 5 6 E 7 : Expositions

Affichage des pixels pouvant faire l'objet d'une urbanisation.

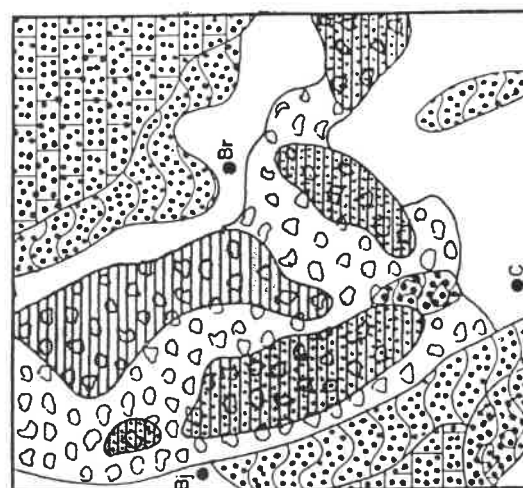


OPTION AGRICULTURE SELEC.

T.1 → 1 2 3 4 5 6 7 C 7 : Altitudes
T.2 → 1 2 3 4 5 6 7 P 7 : Pentes
T.3 → 1 2 3 4 5 6 7 H 7 : Habitat
T.4 → 1 2 3 4 5 6 7 F 7 : Feux
T.5 → 1 2 3 4 5 6 7 D 7 : Foncier
T.6 → 1 2 3 4 5 6 7 E 7 : Expositions

Affichage des pixels pouvant être affectés à l'agriculture.

Fig. 12 : Scenarii d'urbanisation ou d'agriculture.



- Zones à reboiser (option sols acides, exposition Sud).
- Zones à reboiser (option sols acides, exposition Nord).
- Zones à reboiser (option sols calcaires, expositions N et E)
- Zones où l'agriculture peut être relancée.
- Zones urbanisables.

Schéma de synthèse des différents aménagements possibles.

Les critères retenus sont les suivants :

- Altitudes inférieures à 600 mètres (classes 1 à 5 du fichier C 7) ; cette limite de 600 m correspond grossièrement à la limite supérieure de l'olivier et du châtaignier,
- Pentes inférieures à 30 % (classes 1 et 2 de P 7),
- Habitat inexistant ou dispersé (classes 1 à 3 de H 7),
- Feux destructeurs (classes 2 à 4 de F 7),
- Propriété foncière de type privée ou communale non-soumise (classe 1 de D 7),
- Exposition à dominante Sud (classes 3 à 6 de E 7).

Fig. 13 : Schéma de synthèse.

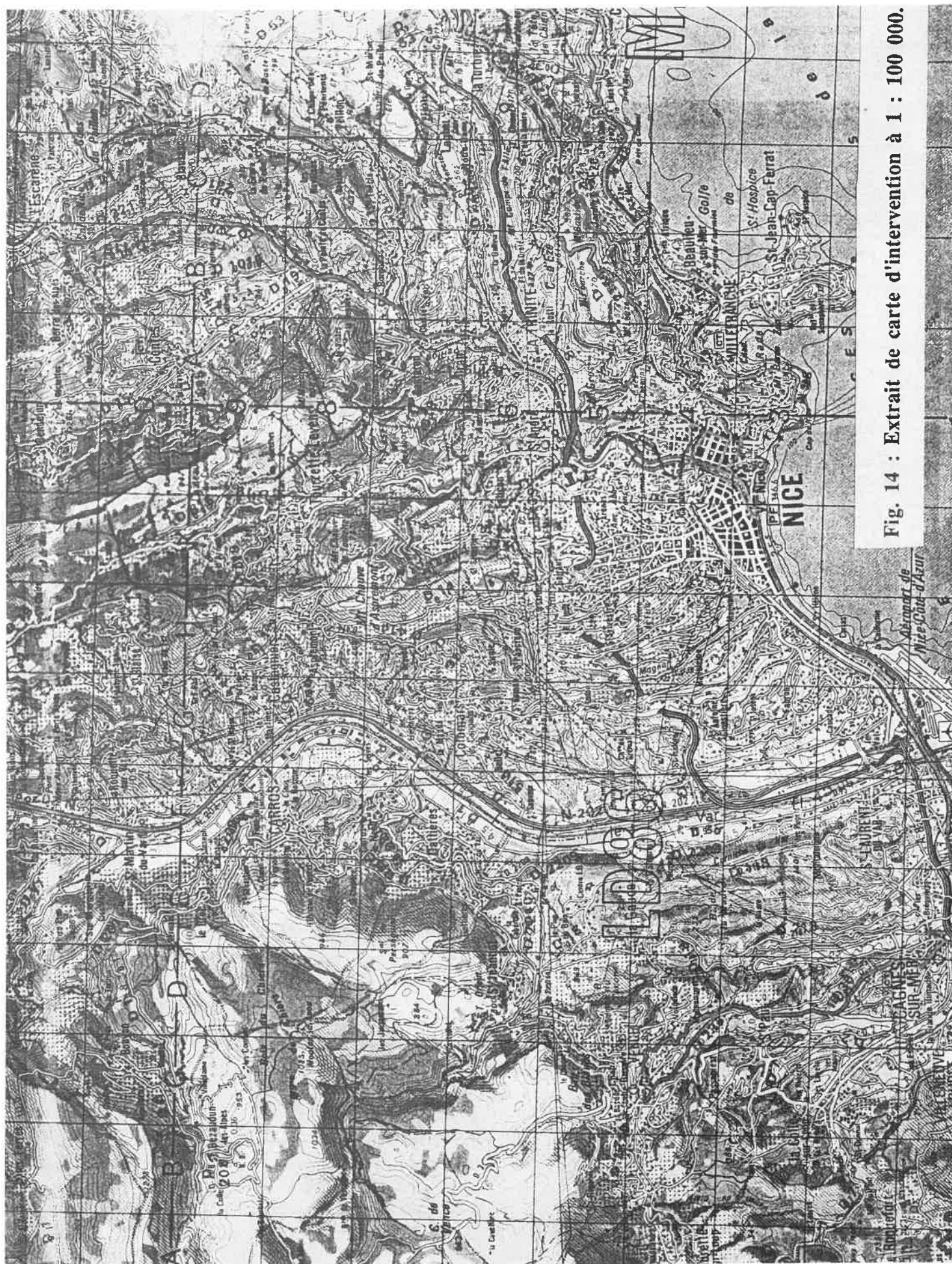


Fig. 14 : Extrait de carte d'intervention à 1 : 100 000.

4 - LES CARTES DE PREVENTION

La Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt et le Conseil Général des Alpes-Maritimes sont associés pour mettre sur pied un Schéma Départemental d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie (SDAFI). Son objectif est de servir de base à une politique de prévention à moyen terme.

Une première phase est destinée à définir les secteurs prioritaires du département. Une seconde phase est consacrée à la programmation des travaux à réaliser dans chaque secteur.

Ne sera examinée ici que la première phase et notamment certains des critères pris en compte dans l'analyse de la situation :

- critères statistiques (pression actuelle des feux)
nombre de feux
surface détruite
- critères stratégiques (difficulté de la lutte)
relief
urbanisation
combustibilité de la végétation
- critères politiques (intérêt de la protection)
valeur des peuplements

4-1 : Nombre et surface des feux

Les cartes présentées sur les figures 16 et 17 sont une synthèse du fichier Prométhée où sont rassemblées des informations sur chaque feu éclo dans le département depuis 15 ans. La "zone rouge" se passe évidemment de tout commentaire. Il est cependant intéressant de noter qu'il n'y a pas une concordance parfaite entre les deux cartes : les feux éclo dans les communes situées autour de Cannes et Antibes sont, par exemple, fort nombreux mais, généralement bien maîtrisés, ne font que peu de dégâts. Inversement, dans la basse vallée du Var, les feux relativement moins nombreux, peuvent parcourir de plus grandes surfaces.

4-2 : La combustibilité de la végétation

Peut-on prévoir l'énergie dégagée par un feu de forêt selon la nature de la végétation menacée ? Une carte des potentiels calorifiques pouvant se révéler un outil précieux pour le service d'incendie lorsque se décide la quantité de moyens à engager sur un départ de feu.

Une première remarque s'impose : la combustion d'un peuplement forestier n'est jamais totale. La quantité de matière brûlée varie, entre autres, avec la sécheresse des végétaux, la force du vent et la pente.

D'autre part, la quantité d'eau qu'il faut déverser sur un feu n'est pas directement proportionnelle à la masse brûlée. Seule, la puissance d'extinction (quantité d'eau déversée par unité de temps) est proportionnelle à la puissance du feu (masse brûlée pendant le même temps).

D'autres caractéristiques de la végétation influent enfin sur la difficulté de la lutte : son inflammabilité qui facilite la progression du feu, le dégagement de fumée qu'elle engendre...

Pour toutes ces raisons — et aussi par ce que l'on ne dispose de pratiquement aucune donnée de biomasse — la question initiale doit être formulée autrement : y-a-t-il une méthode pour estimer la gravité potentielle d'un feu démarrant dans un peuplement forestier déterminé ?

4-3 : Méthode proposée

La réponse est affirmative. Une telle méthode a été mise au point par le CEMAGREF avec le SDIS de l'Hérault, grâce à l'appui scientifique du CNRS. Sans entrer dans les détails techniques que l'on trouvera dans les publications spécialisées, le procédé employé peut se résumer de la façon suivante : l'expérience des sapeurs-pompiers locaux a été utilisée pour "caler" une formule mathématique dont les paramètres proviennent d'une description normalisée de la végétation.

C'est ainsi qu'un indice de combustibilité (ou indice d'intensité potentielle du feu) a été calculé comme suit :

$$C = 39 + 0,23 \text{ BV} (E_1 + E_2 - 7,18)$$

Où : BV = valeur du biovolume (entre 0 et 50) obtenu par addition des pourcentages de recouvrement (en dixièmes) de chacune des 5 strates biologiques plus celui des chicots et des bois morts s'il y a lieu.

Et : E_1 et E_2 = notes d'intensité calorifique (entre 1 et 9) des deux espèces dominantes (ligneux hauts, ligneux bas ou herbacées).

LIGNEUX HAUTS

Arbousier	5
Cèdre	6
Châtaignier	5
Chêne pubescent	5
Chêne vert	7
Cyprés	6
Douglas	6
Epicéa	6
Erable	5
Frêne	2
Hêtre	2
Noisetier	2
Olivier	5
Orme	2
Peuplier	2
Pin d'Alep	8
Pin maritime	7
Pin noir	7
Pin pignon	7
Pin sylvestre	7
Pin de Salzmann	7
Robinier	2
Sapin	6
Saule	2

LIGNEUX BAS

Amélanchier	3
Bruyère Arborescente	8
Bruyère à balais	7
Bruyère cendrée	6
Bruyère multiflore	6
Buis	5
Callune	6
Canne de Provence	5
Chêne kermès	8
Ciste blanc	6
Ciste à f. de sauge	3
Ciste de Montpellier	3
Eglantine	5
Epine du Christ	3
Filaria	5
Genêt à balais	5
Genêt d'Espagne	5
Genêt purgatif	7
Genêt scorpion	8
Genévrier commun	7
Genévrier oxycèdre	7
Lavande en épi	5
Lavande à larges f	5
Pistachier lentisque	4
Prunellier	4
Romarin	5
Ronces	6
Stahéline	3
Térébinthe	4
Thym	4

HERBACEES

Agrostides	1
Anthyllide	1
Aphillanthe	1
Avoine	1
Brachypode des bois	1
Brachypode penné	1
Brachypode rameux	1
Brome érigé	1
Canche flexueuse	1
Dactyle	1
Fétuques	1
Fougère Aigle	2
Fromental	1
Inule visqueuse	1

Il est important de noter que la combustibilité d'une formation végétale apparaît ici clairement comme dépendant avant tout des espèces qui la composent. Le biovolume intervient de façon différente suivant la valeur de la somme $E_1 + E_2$. Si cette somme est inférieure à 7,18 (espèces peu combustibles ou à pouvoir calorifique par unité de biovolume faible), l'indice reste inférieur à 40. Dans le cas contraire, il sera d'autant plus élevé que le biovolume sera important.

Figure 16 : Nombre de feux éclos entre 1973 et 1987

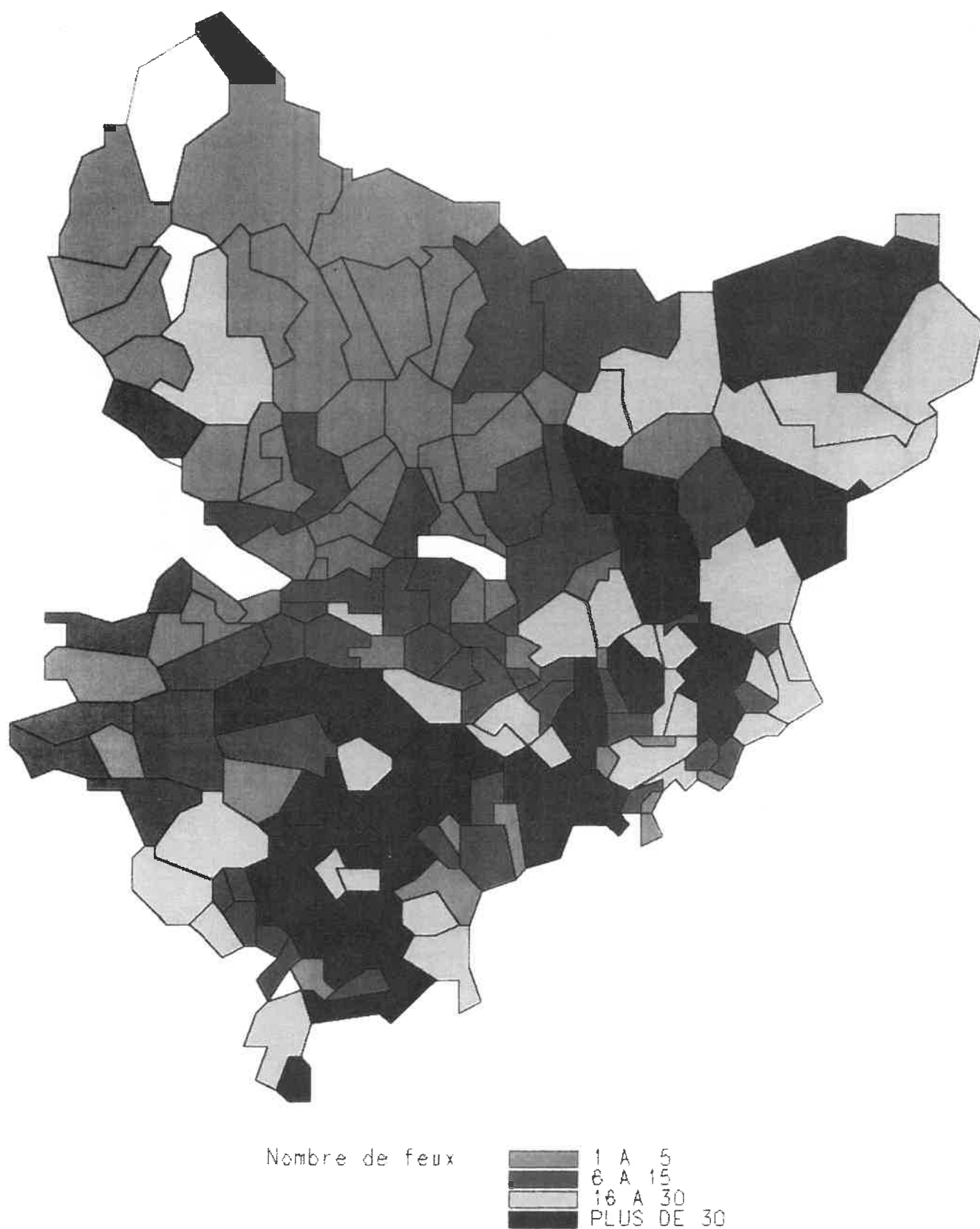
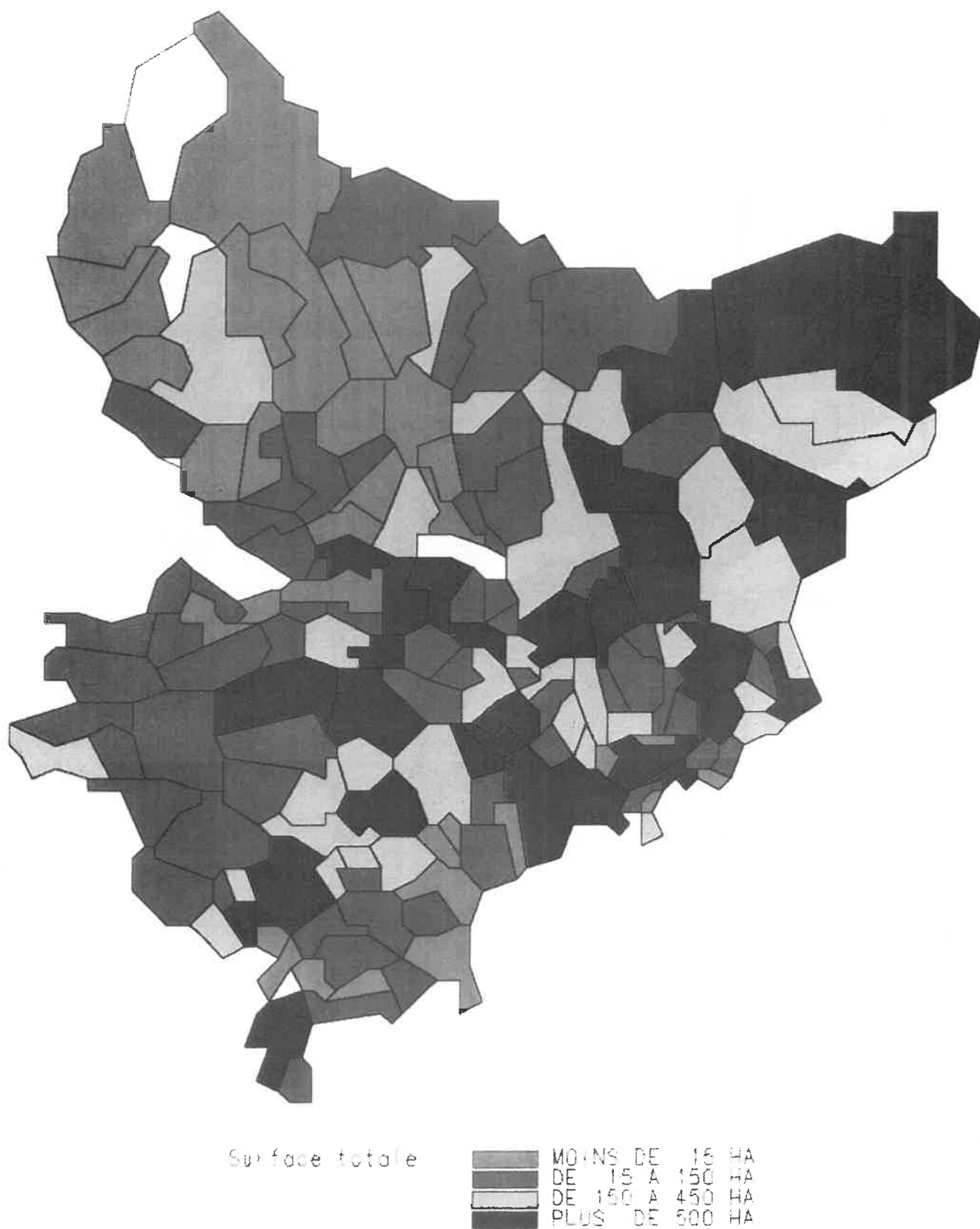


Figure 17 : Surface des feux éclos entre 1973 et 1987



Dans la pratique les étapes de cette évaluation sont les suivantes :

1 - Calcul du biovolume combustible à partir des 2 000 relevés réalisés par l'Inventaire Forestier

National dans les Alpes-Maritimes. Après plusieurs tâtonnements et contrôle de terrain, le critère retenu est le nombre d'espèces présentes sur chaque relevé.

TABLEAU 18
Combustibilité moyenne de chaque type de peuplement

Type de peuplement	Nombre de relevés	Biovolume	Indice moyen de combustibilité
A9 Garrigues et maquis (CV)	17	17	53
B4 Taillis de chêne	56	17	43
B9 Garrigues et maquis (CP)	24	19	44
C5 Châtaigneraie à fruit	15	14	38
D1 Futaies de hêtre	19	15	36
E4 Taillis d'Ostrya	14	17	37
F4 Autres taillis (CV + CP)	43	17	47
F5 Boisement morcelé à feuillus (CP)	38	18	42
F6 Boisement lâche à feuillus (CP)	94	16	37
F9 Garrigues et maquis (CL)	13	15	56
G1 Futaie de pin sylvestre	274	17	57
H1 Futaie de pin noir	15	21	55
I1 Futaie de pin d'Alep	37	20	58
J1 Futaie de pin maritime	22	22	60
K1 Futaie de mélèze	136	18	46
K7 Pré-bois de mélèze	66	16	44
L1 Futaie de sapin/épicéa	77	17	49
M5 Boisement morcelé mixte (PA/CP)	16	17	53
N1 Futaie de pin d'Alep et maritime	24	22	59
N3 Futaie de pin (PA + PM)/taillis	80	19	53
O3 Landes pastorales	29	14	26
O4 Grandes landes	42	15	30
O6 Incultes et friches	17	15	26
O9 Garrigues non boisées	20	18	33
P1 Autres futaies pins (PN + PS)	55	17	55
P3 Autres pins (PS)/taillis	156	18	51
P6 Boisement lâche à pin (PS)	77	14	39
R1 Autres futaies résineuses	97	20	52
R3 Autres résineux/taillis	9	16	43
R5 Boisement morcelé à résineux	10	20	63
R6 Boisement lâche à résineux (mélèze + PS)	22	17	43
R9 Garrigues et maquis à résineux	63	18	47

2 - Calcul de la combustibilité moyenne de chaque type de peuplement. Dans la formule employée, les choix suivants ont été faits :

E₁ : essence prépondérante du relevé,

E₂ : moyenne des espèces abondantes du relevé.

Le tableau 18 récapitule les valeurs obtenues pour chaque type.

Les peuplements les moins combustibles sont :

- les landes, incultes et friches,
- la futaie de hêtre,
- la châtaigneraie,
- le taillis d'Ostrya,
- les boisements lâches à feuillus (généralement du chêne pubescent).

A l'opposé, les peuplements les plus combustibles sont :

- la futaie de pin d'Alep et de pin maritime (pure ou en mélange) ;
- les garrigues et maquis à chêne liège (surtout en présence de mimosa) ;

— la futaie de pin sylvestre ;

— les boisements lâches à résineux (généralement de pin d'Alep).

3 - Calcul de la combustibilité moyenne de chaque commune en proposition de la surface occupée par chaque type de peuplement.

Soulignons avec force que ce potentiel calorifique n'est qu'un risque "biologique", indépendant de toute action humaine, négative (mise à feu) ou positive (lutte), et différent d'un risque tout aussi important : le risque d'incendie.

La figure 19 permet de bien visualiser les secteurs discriminés par ce critère. Apparaissent très nettement comme les plus dangereuses :

- les communes littorales à l'exception de l'extrémité Sud-Est (à noter également que l'Estérel se distingue bien du Tanneron) ;
- les communes des Paillons (cantons de Contes et de Levens) ;
- les communes de la vallée du Var.

Figure 19 : Potentiel calorifique moyen de chaque commune

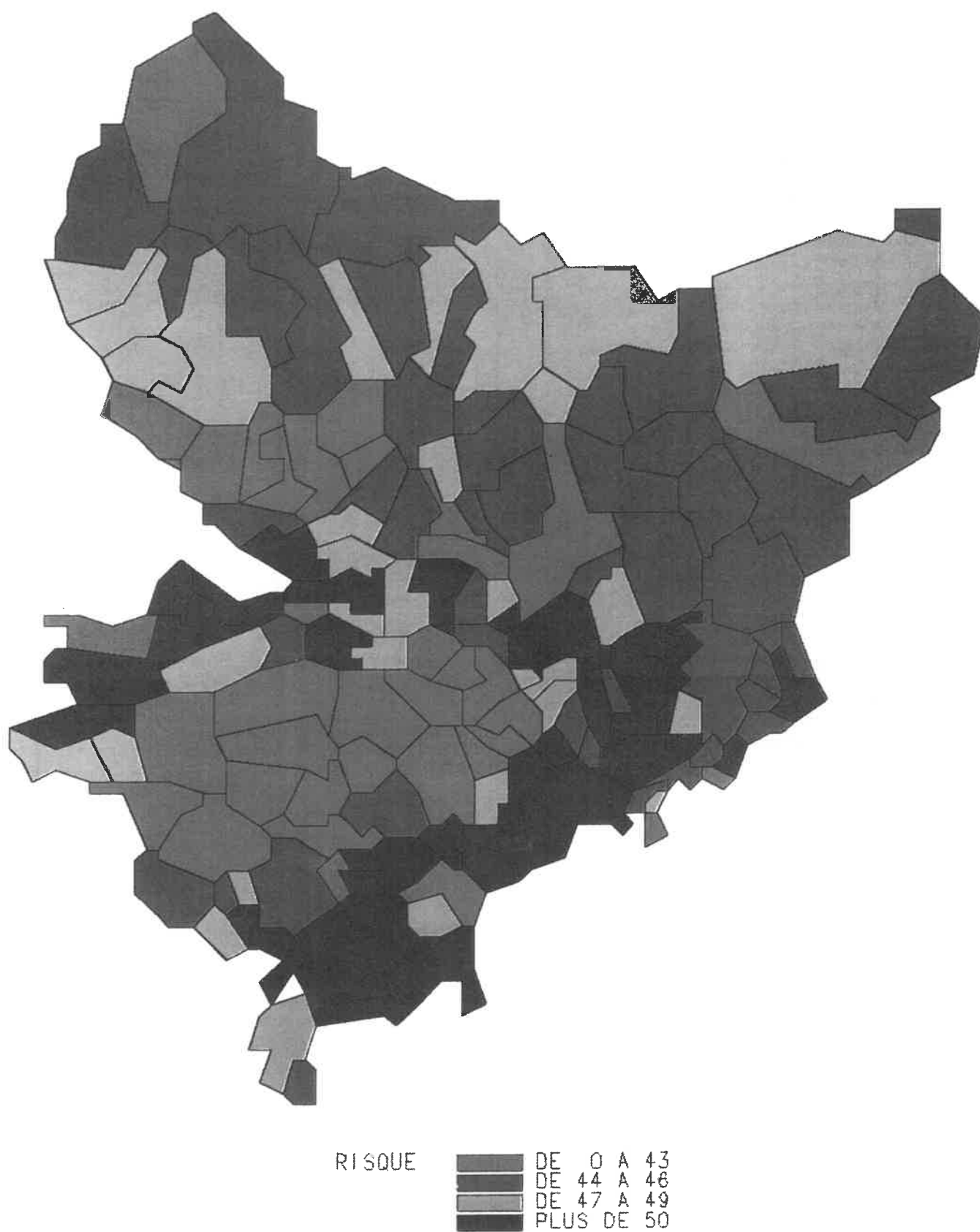
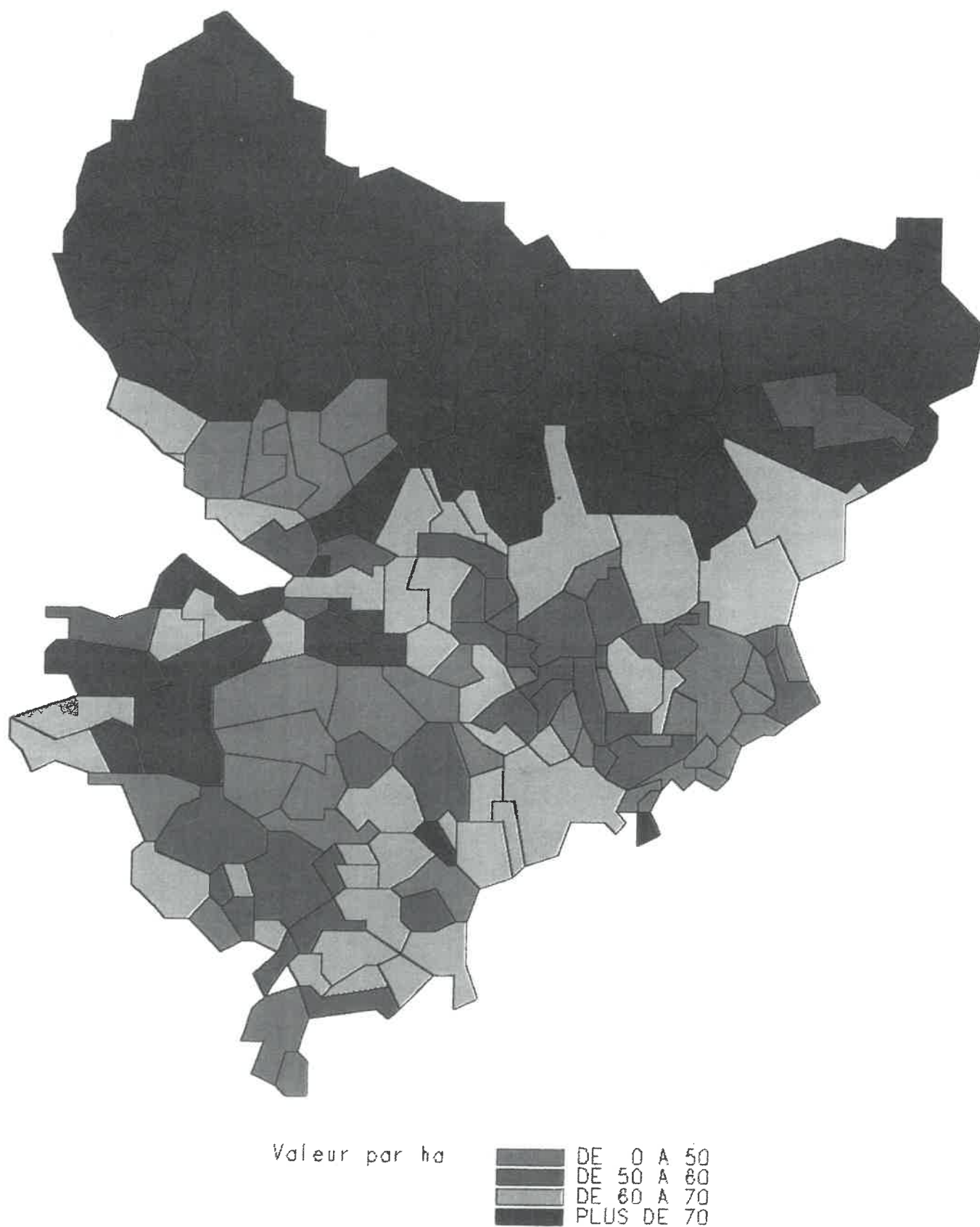


Figure 21 : Valeur de protection moyenne de chaque commune



4-4 : Valeur des peuplements

Pour apprécier la valeur des massifs forestiers, la seule méthode utilisable à l'heure actuelle est celle proposée par le CEMAGREF dans la note technique "Etude des projets d'équipement : périmètres, secteurs d'intervention prioritaires", dont de larges extraits sont cités ci-après.

On peut décomposer la valeur globale d'un espace boisé en valeurs spécifiques parmi lesquelles les trois suivantes sont dominantes :

— Valeurs de production. Elles ne peuvent être évaluées monétairement que pour les forêts qui sont actuellement exploitables ou susceptibles de l'être dans un délai relativement bref (les conditions économiques et technologiques étant supposées les mêmes que celles d'aujourd'hui). Pour les autres, il faut se contenter de suppositions sur l'avenir. On peut penser que la valeur de production sera proportionnelle au volume de bois sur pied, modulé pour un coefficient technologique.

— Valeurs d'usage. A chaque type d'usage qu'un individu ou un groupe peut faire d'une forêt correspond une valeur d'usage : promenade, chasse, cueillette, valeur paysagère,... Ces valeurs en général ne se mesurent pas directement en termes monétaires.

— Valeurs biologiques. La forêt intervient dans les grands équilibres écologiques : régularisation du régime des eaux, protection des sols, influence sur le climat et la composition de l'atmosphère,... Ces valeurs, faute de connaissances, sont rarement chiffrables en termes physiques, à plus forte raison en termes monétaires.

Devant la difficulté de procéder à une évaluation ayant une précision significative, il vaut mieux chercher à bâtir un indice global qui les synthétise : la durée de reconstitution peut constituer un tel indice. Il correspond au temps qu'il faut attendre pour qu'un peuplement détruit se reconstitue à l'identique. Si une futaie de pins de 50 ans brûle, la perte est égale à son âge : on a perdu 50 ans de vie du peuplement. Dans certains cas la durée de reconstitution est différente de l'âge réel (peuplement suranné, jeune régénération,...).

Le choix de la durée de reconstitution comme indice permettant d'évaluer le dommage causé par un incendie se justifie très bien : tant qu'un peuplement évolue, les diverses valeurs qui lui sont attachées ont tendance à augmenter en même temps. Inversement, immédiatement après un incendie, toutes ces valeurs sont, provisoirement, très amoindries ou ramenées à zéro.

Certains peuplements présentent cependant des valeurs particulières qu'il convient de faire ressortir : ce peuvent être des valeurs de production (peuplements clairs, à croissance rapide,...), des valeurs d'usage (paysage remarquable, site touristique, voisinage d'une agglomération urbaine,...) ou des valeurs biologiques (espèces rares, biotope spécifique...). Pour en tenir compte, on multiplie la durée de reconstitution par un ensemble de trois coefficients, pris égaux à 1 lorsqu'il n'y a rien de particulier à signaler ; coefficient de production, coefficient de valeur d'usage, coefficient biologique. On obtient ainsi la "valeur unitaire modulée".

Valeur unitaire modulée	=	Temps de reconstitution	×	Coefficient de production	×	Coefficient biologique	×	Coefficient de valeur d'usage
-------------------------	---	-------------------------	---	---------------------------	---	------------------------	---	-------------------------------

En pratique, les étapes de cette appréciation sont les suivantes :

1 - Calcul du temps de reconstitution moyen de chaque type de peuplement de l'Inventaire Forestier National. Ce temps a été pris égal à l'âge de l'essence prépondérante de chaque relevé. Pour les types de peuplements non arborés (landes incultes, friches,...), il a été pris égal à 10 ans (temps au bout

duquel, après le passage du feu, la végétation arbustive se reconstitue à peu près à l'identique).

2 - Calcul de la valeur moyenne de chaque type de peuplement en pondérant le temps de reconstitution par 3 coefficients multiplicateurs (production, biologique, valeur d'usage).

Le tableau 20 récapitule les valeurs obtenues pour chaque type.

TABLEAU 20
Valeur moyenne de chaque type de peuplement

Type de peuplement	Temps de reconstitution	M ³ /HA/AN	Coefficient de production	Coefficient biologique	Coefficient de valeur d'usage	Valeur moyenne
A9 Garrigues et maquis (CV)	30	0.9	0.75	1.50	1.50	51
B4 Taillis de chêne	48	1.4	0.75	2.00	1.00	72
B9 Garrigues et maquis (CP)	36	0.9	0.75	1.50	1.50	62
C5 Châtaigneraie à fruit	37	2.5	1.00	1.50	2.00	112
D1 Futaies de hêtre	58	3.8	1.50	2.00	0.75	130
E4 Taillis d'Ostrya	35	1.4	0.75	2.00	0.75	40
F4 Autres taillis (CV + CP)	44	1.6	0.75	2.00	1.00	67
F5 Boisement morcelé à feuillus (CP)	47	2.5	1.00	1.50	1.50	107
F6 Boisement lâche à feuillus (CP)	43	1.2	0.75	1.50	1.50	72
F9 Garrigues et maquis (CL)	54	0.9	0.75	1.50	1.50	91
G1 Futaie de pin sylvestre	79	3.8	1.50	0.75	0.75	67
H1 Futaie de pin noir	62	5.0	2.00	0.50	0.50	31
I1 Futaie de pin d'Alep	63	2.0	0.75	0.75	2.00	71
J1 Futaie de pin maritime	73	4.0	1.00	0.75	1.50	82
K1 Futaie de mélèze	123	4.0	2.00	2.00	0.50	245
K7 Pré-bois de mélèze	70	2.6	1.50	1.00	0.75	79
L1 Futaie de sapin/épicéa	125	9.5	2.00	2.00	0.50	249
M5 Boisement morcelé mixte (PA/CP)	33	2.5	1.00	1.00	2.00	66
N1 Futaie de pin d'Alep et maritime	63	3.00	0.75	0.75	1.50	53
N3 Futaie de pin (PA + PM)/taillis	49	2.6	0.75	1.00	2.00	73
O3 Landes pastorales	10	0.0	0.50	0.50	0.75	2
O4 Grandes landes	10	0.0	0.50	0.50	0.75	2
O6 Incultes et friches	10	0.0	0.50	0.50	0.75	2
O9 Garrigues non boisées	10	0.0	0.50	0.50	0.75	2
P1 Autres futaies pins (PN + PS)	80	4.0	1.50	0.75	0.75	68
P3 Autres pins (PS)/taillis	65	3.0	1.00	1.00	1.50	98
P6 Boisement lâche à pin (PS)	66	2.5	1.00	0.75	1.00	50
R1 Autres futaies résineuses	108	4.6	2.00	1.00	0.75	162
R3 Autres résineux/taillis	49	3.4	1.50	1.00	1.00	74
R5 Boisement morcelé à résineux	56	2.5	1.00	0.75	1.00	42
R6 Boisement lâche à résineux (mélèze + PS)	48	2.5	1.00	0.75	1.00	36
R9 Garrigues et maquis à résineux	57	1.8	0.75	0.75	1.50	48

Les peuplements de plus faible valeur sont :

- les landes, incultes et friches,
- la futaie de pin noir,
- les boisements lâches ou morcelés de résineux,
- les garrigues et maquis à résineux,
- les taillis d'ostrya.

A l'opposé, les peuplements de plus grande valeur sont :

- la châtaigneraie,
- la futaie de hêtre,
- les boisements morcelés de feuillus,
- la futaie de mélèze,
- la futaie de sapin-épicéa.

3 - Calcul de la valeur moyenne de chaque commune en proportion de la surface occupée pour chaque type de peuplement.

Cette valeur de protection modulée correspond à l'intérêt que l'on porte à la défense de la forêt (indépendamment de sa situation géographique).

La figure 21 représente cette valeur moyenne par commune. Les peuplements de plus grand intérêt se situent évidemment en altitude, notamment dans toute la tranche Nord-Est du département.

4-5 : Synthèse

La synthèse de ces différents critères est en cours de réalisation et les secteurs prioritaires seront définitivement arrêtés d'ici peu.

CONCLUSION

A travers ces différents exemples de travaux réalisés dans le département des Alpes-Maritimes depuis 1985, on peut appréhender les domaines où les géocartographes avec les forestiers peuvent apporter leur concours aux Décideurs. Les techniques mises en œuvre sont diverses, et utilisent ou non des procédures informatisées. La télédétection satellitaire s'avère un outil complémentaire de la télédétection aéroportée, les échelles d'utilisation n'étant pas les mêmes. Le problème majeur demeure la **rapidité de réalisation du ou des documents** et la nécessaire **mise à jour** de manière que les documents en service puissent être en phase avec l'actualité. S'il est vrai que le mariage de l'informatique et de la géographique est en cours dans l'infographie, il est souhaitable que les termes du contrat soient périodiquement réexaminés pour une meilleure efficacité des services d'intervention ou de réaménagement (4).

(4) Une bibliographie détaillée est donnée dans le numéro 24 de la Revue d'Analyse Spatiale, Quantitative et Appliquée, numéro publié en 1988 et spécialement consacré aux feux de forêts.

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

Deux nouveautés dans le domaine des études de sol en mer

M. BOURGEOIS PDC OU I.-D. SCOPE

La société I.-D. Scope SA dont j'assume la direction est de création récente, puisque son démarrage s'est effectué en janvier 1988. Mais notre équipe, qui s'est constituée en 1972 sous le nom de Scop Océanographie est depuis une quinzaine d'années bien connue dans les milieux de l'océanographie industrielle, ce que nous appelons le "survey" dans le jargon para-pétrolier.

Il faut en effet souligner que nous avons jusqu'alors travaillé essentiellement pour le secteur pétrolier, que ce soit en Mer du Nord, dans le Golfe de Guinée, en Méditerranée, au Moyen-Orient, et pour des clients tels que ELF et ses filiales, Agip, Conoco, Deminex...

Mais nous avons également régulièrement appliqué nos méthodes dans le cadre de projets d'aménagements portuaires ou littoraux, notamment sur les côtes de PACA et certains d'entre vous ont été nos clients ou nos partenaires techniques.

La création de I.-D. Scope en Société Anonyme, avait différents objectifs :

- En premier, élargir nos domaines de compétences et d'activités, et donc de marché : c'est ainsi que nous avons signé avec le Commissariat à l'Energie Atomique un protocole de collaboration qui nous permet de bénéficier d'une large ouverture dans le domaine de l'instrumentation des sols et des ouvrages.

De même, nous sommes représentants de la société TELEMAT, mondialement connue pour ses capteurs et centrales d'acquisition de mesures, et nous assurons la mise en place de ces matériels et tous les traitements et interprétations qui leurs sont associés.

- En second, dans nos activités traditionnelles, augmenter notre potentiel technique et commercial : le choix d'un partenaire de PME française et étrangère nous permet de viser une bonne structuration dans la perspective du marché Européen, notamment sur le secteur Méditerranéen puisque nous collaborons très étroitement avec des sociétés Italiennes et Espagnoles.

- Enfin, et j'aborde là le thème réel de mon exposé, nous avons, au sein du groupe de sociétés dont je viens de parler, un rôle de pilote pour le développement de systèmes et de logiciels, les lettres I.-D. "Ingénierie de Développement" de notre sigle marquant cette volonté.

UTILISATION D'UNE CAMERA A FIBRE OPTIQUE POUR LA RESTITUTION GRAPHIQUE HAUTE RESOLUTION DES IMAGES DE SONAR LATÉRAL

Dans le domaine de l'Océanographie industrielle,

les techniques de reconnaissance des sols ont accompli des progrès considérables en quinze ans, le marché pétrolier offshore, surtout en Mer du Nord, exprimant au fil des années, des exigences de plus en plus fortes, tant du point de vue de la précision des mesures que de la qualité de rendu des résultats.

Dans notre secteur d'activité, axé sur l'emploi des méthodes acoustiques, le Sonar latéral est l'un des exemples les plus frappants de cette évolution technologique, les premiers appareils ayant été commercialisés entre 1970 et 1973.

Je vous rappellerais ici simplement les principes généraux de la méthode et de l'appareillage :

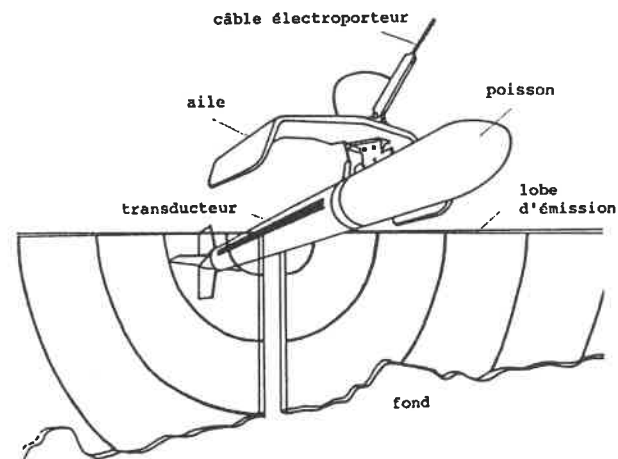
L'eau est un milieu particulièrement opaque aux ondes électromagnétiques, donc à la lumière.

Il est, de ce fait, impossible d'effectuer des reconnaissances physiographiques visuelles rapides sur de grandes étendues... sauf si l'image est artificielle et la lumière "acoustique".

La technique consiste donc à "éclairer" le fond latéralement au moyen de sources acoustiques, des transducteurs, placés de chaque côté d'un poisson remorqué derrière une embarcation.

Chaque transducteur émet selon un lobe très fin, environ 1°, perpendiculairement au profil suivi par le bateau, mais d'une ouverture verticale proche de 90°. Ceci permet d'une part d'une bonne résolution au niveau des détails du fond marin, mais également la couverture d'une large zone en un seul passage.

La partie verticale du lobe agit comme un sondeur bathymétrique pour contrôler l'altitude du poisson au-dessus du fond.



1 - Principe de la méthode

Au fur et à mesure de la réalisation d'un profil par l'embarcation, les ondes acoustiques ainsi émises à cadence élevée sont réfléchies avec plus ou moins

d'intensité par les différentes aspérités du fond, rides sableuses, rochers, trous, sillons, canalisations, épaves, quai...

Les ondes réfléchies sont reçues par le poisson, amplifiées et transmises à un enregistreur.

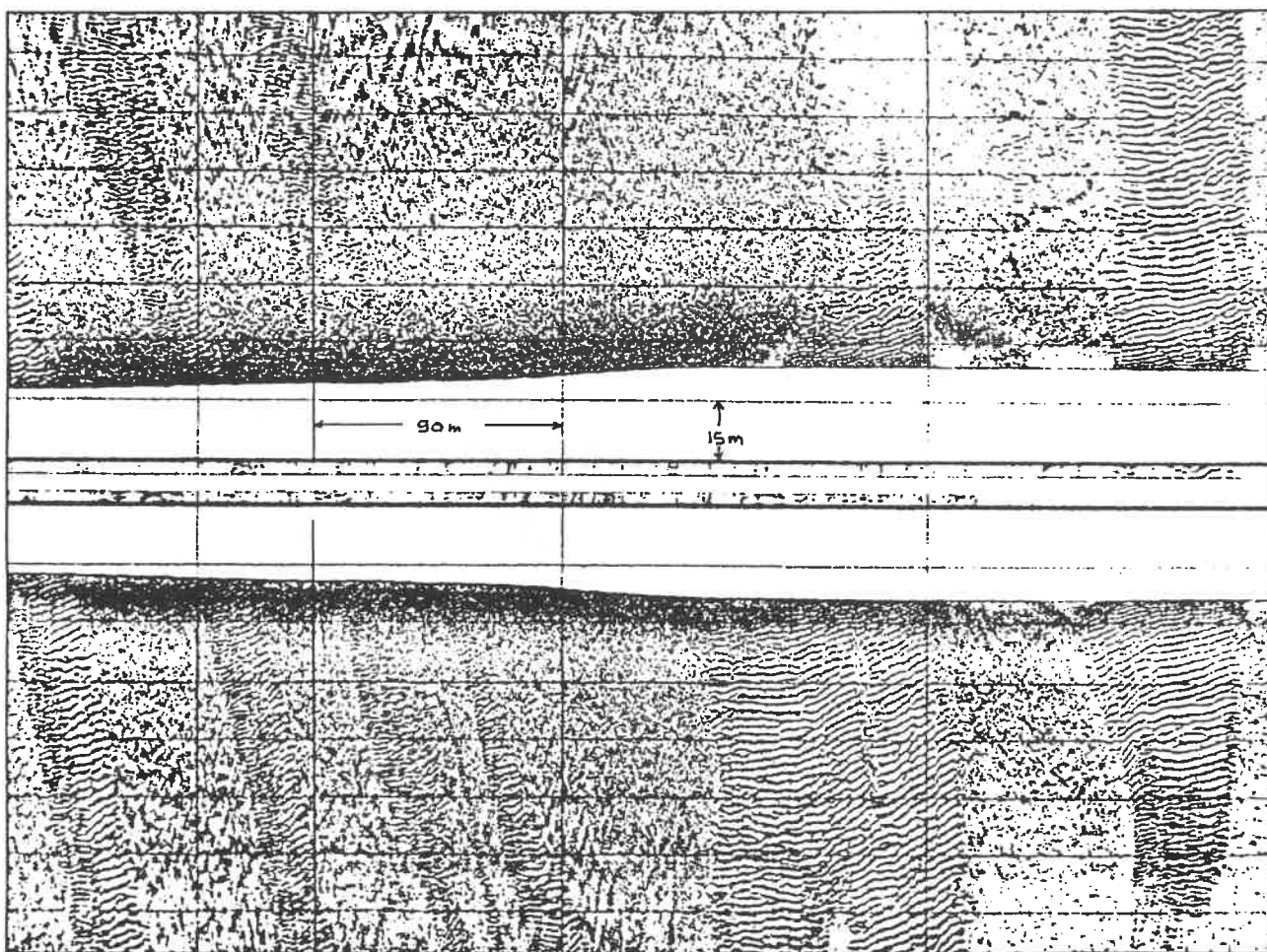
Le plus couramment, les résultats se présentent sous la forme d'un enregistrement graphique sur papier électrosensible où apparaissent les voies droite et gauche correspondant aux deux secteurs latéraux reconnus par le sonar de part et d'autre du poisson. Des lignes d'échelle permettent de calculer les distances latérales des objets reconnus par rapport à l'axe longitudinal du levé ; des tops régulièrement espacés repèrent la position en x/y du poisson.

taires, et qui ne sont pas encore, ou ne seront jamais, transférées sur les modèles conventionnels.

Au cours des années 70, la première génération d'équipement permettait uniquement l'obtention d'une image très déformée du fond marin, les échelles latérales et longitudinales d'enregistrement n'étant pas identiques.

Maintenant, les équipements les plus modernes présentent des caractéristiques et des performances assez remarquables :

- Le pouvoir de résolution atteint de l'ordre de $1/400^{\circ}$ de la portée latérale, ce qui représente moins de 10 cm pour une portée de 25 mètres.
- L'image étant numérisée, elle offre la possibilité de divers traitements en temps réel :



2 - Exemple d'enregistrement graphique (Sonar Latéral Classique)

Notons ici que le positionnement du poisson sonar lui-même s'avère quasiment indispensable dans le cas de travaux précis par grandes profondeurs d'eau, et qu'il est très coûteux. Par contre, il ne s'impose pas pour les études côtières, le poisson étant remorqué à côté de l'embarcation, en sub-surface.

Cet exposé ne s'intéressant qu'aux équipements légers adaptés aux reconnaissances des fonds littoraux, nous passeront sous silence toutes améliorations dont on pu bénéficier certains matériels spécialement développés pour les investigations par grandes profondeurs d'eau ou par des usages mili-

— Le plus important est la faculté de prise en compte directe des données de positionnement du bateau. Ceci permet d'effectuer une correction en continu de la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement en fonction de la vitesse du navire, et donc de rétablir des échelles horizontales et verticales similaires.

— D'autre part, grâce à l'acquisition permanente de la hauteur du poisson par rapport au fond, le système recalcule la distance horizontale vraie de chaque donnée sonar et élimine la tranche d'eau sur l'enregistrement graphique.

— De plus, les contrastes de l'image demeurent constants, l'appareil corrigeant automatiquement

l'enregistrement, encore en fonction de l'altitude du poisson au-dessus du fond ; ainsi, l'image sonar reste homogène dans le temps et absolument représentative de la morphologie et de la rugosité du sol marin.

Toutes ces caractéristiques vont permettre la construction d'une mosaïque à partir de différents profils.

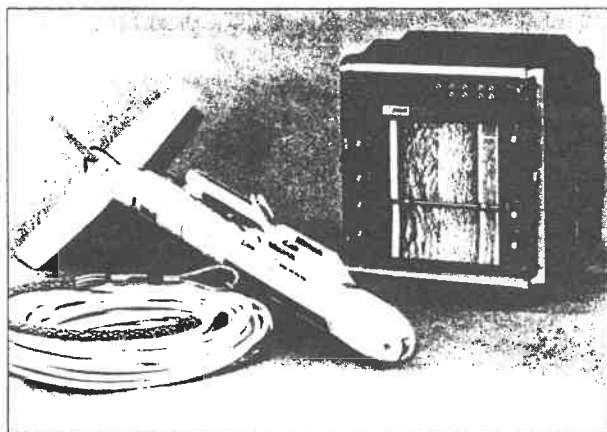
Les principaux fabricants proposent également un ensemble de moyens annexes pour annoter les enregistrements, stocker les informations sur bandes magnétiques sous forme analogique ou digitale, ou encore visualiser les images sur écran vidéo.

Mais nous regrettons jusqu' alors, en tant qu'utilisateurs permanents de ce genre de systèmes, de disposer d'une restitution sur papier d'une qualité standard, l'enregistrement graphique restant encore, à ce jour, le principal document pour le dépouillement des données.

C'est pourquoi, notre groupe s'étant doté récemment d'un équipement de marque EG&C appartenant à cette dernière génération, nous l'utilisons comme base de développement d'un système tout à fait spécifique de restitution graphique de très haute définition, et, dans un proche futur, pour l'élaboration d'une station de traitement informatisée.

La configuration de notre système de base est la suivante :

- un enregistreur graphique digital compact
- un poisson bi-fréquences 100/500 khz
- un câble électro-tracteur de 300 mètres monté sur treuil



3 - Matériels EG & G

- un enregistreur magnétique digital
- un écran vidéo de haute résolution
- un annotateur permettant d'inscrire automatiquement sur l'enregistrement toute donnée complémentaire servant à son dépouillement.

Nous avons donc adapté à cet ensemble une caméra à fibres optiques destinée à la restitution d'images dans le domaine médical, ce qui nous permet d'obtenir une qualité de résultat sur papier photographique largement supérieure à celle de l'enregistrement graphique initial, la dynamique du papier électrosensible étant très nettement inférieure.

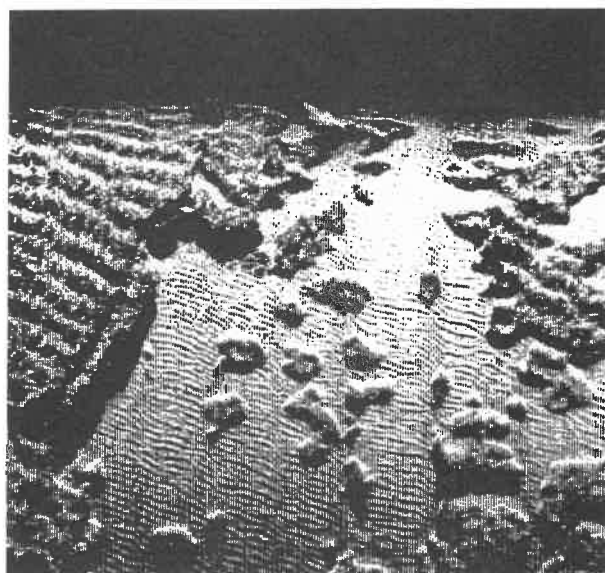
Il faut toutefois souligner que le coût du traite-

ment interdit l'emploi systématique de la reproduction sur papier photographique.

D'autre part, l'utilisation du système lors de l'enregistrement des données in situ ne s'impose pas toujours. Très souvent, nous effectuons une simple visualisation de contrôle des résultats sur écran vidéo à bord et l'enregistrement magnétique des données.

En différé, nous procédons alors au rejeu de ces enregistrements pour sélection des images à intérêt majeur, de façon à illustrer au mieux les résultats de nos mesures.

Les quelques exemples d'enregistrement qui vous sont présentés, issus de différentes campagnes de mesures en sites côtiers, prouvent l'utilité d'une telle qualité d'image ; le document permet réellement d'établir un dialogue avec le client comme on le fait avec une photo aérienne en site terrestre.



4 - Image Sonar Latéral EG & G 260 (nouvelle génération) avec restitution par caméra à fibres optiques. Fonds sableux à ripple-marks avec herbier de posidonies.

Nous pensons donc que ce matériel doit s'inscrire de façon plus systématique, en dehors de l'offshore pétrolier, dans tout projet de :

- reconnaissance de site d'implantation d'ouvrage, tracés de conduites, chenaux...
- cartographie de la nature du fond, des herbiers...
- recherches d'épaves ou d'obstacles
- contrôle d'ouvrages : ponts, émissaires, quais, digues en enrochements...
- archéologie sous-marine
- évaluation de placers (sables, nodules...).

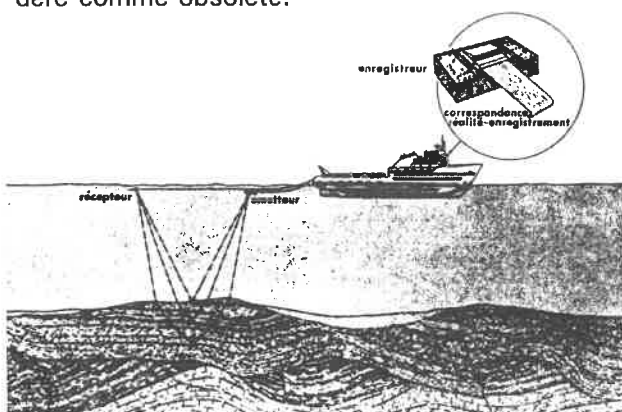
Je tiens enfin à signaler que la prochaine étape du développement de ces techniques élaborées actuellement par I.-D. Scope vise une intervention interactive à l'image sur un écran numérique à très haute définition.

Ainsi, en cours de reconnaissance d'un ouvrage, l'interpréteur ou le client lui-même aura la possibilité de localiser tout point particulier observé à l'écran et d'effectuer son report automatique en plan sur un traceur graphique.

ENREGISTREMENT ET TRAITEMENT SISMIQUE NUMERIQUE APPLIQUE AU GENIE CIVIL : LE SYSTEME "SISMICIEL"

Dans le second volet de mon intervention, je vous présenterai un tout nouveau système, le "Sismiciel", développé en étroite collaboration entre I.-D. Scope et la société Elics.

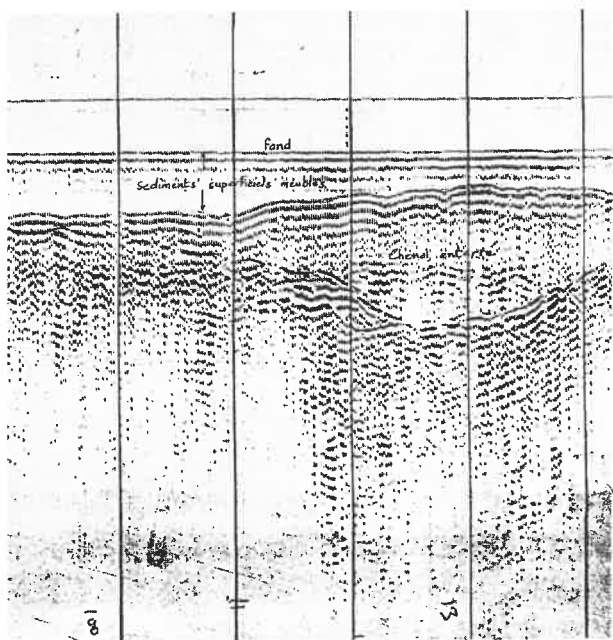
Il nous apparaissait de plus en plus évident que, dans le domaine de la reconnaissance sismique de très haute résolution, notamment pour les applications liées au génie civil et aux travaux maritimes, le simple enregistrement graphique monotrace, encore régulièrement employé, pouvait être considéré comme obsolète.



5 - Principe de la méthode

En effet, ce type d'enregistrement ne permet aucun contrôle sérieux de la qualité de l'émission sismique ; seul un examen subjectif des résultats obtenus autorisait un réglage approximatif et laborieux du dispositif.

D'autre part, il s'avérait indispensable d'évoluer vers l'acquisition numérique, avec toutes les possibilités de traitements en temps réel et différé qui lui sont associées.



6 - Exemple d'enregistrement graphique conventionnel
- localisation d'un cheval enterré

La géophysique pétrolière faisant appel, depuis de nombreuses années à des matériels lourds et sophistiqués, on a cherché à en dériver des équipements plus adaptés à la reconnaissance sismique de très haute résolution ; mais les résultats de cette démarche ont conduit à des moyens qui, vu leur encombrement et leur coût, restent orientés vers une utilisation en offshore.

D'autre part, on a assisté au développement d'une série d'équipements légers agissant en tant que périphériques autour d'un enregistreur, chacun de ces équipements ayant une fonction de correction, de filtrage, de traitement très spécifique. En tant qu'utilisateur de ce genre de systèmes, nous souhaitions d'une part réunir en un seul appareil compact toutes ces fonctions, et d'autre part disposer d'un outil très évolutif, capable de remplir de multiples tâches.

C'est ainsi qu'est né le système "Sismiciel", susceptible d'opérer avec toutes les sources sismiques travaillant entre 100 et 15 000 Hz, et bâti autour d'un microcalculateur IBM PC/386 et d'une carte spécialisée munie d'un processeur TMS.

Son objectif est de traiter et de stocker numériquement les signaux en temps réel, ce qui permet une analyse très fine des paramètres conditionnant le levé sismique, et en différé de l'ensemble des résultats obtenus.

La configuration des matériels est la suivante :

- un micro-ordinateur IBM PC équipé d'une carte Intel 80386
- un disque dur de haute capacité (40 à 600 Mo)
- un lecteur de cartouches magnétiques (60 ou 130 Mo)
- un traceur électrostatique rapide de très haute résolution.

Par rapport à l'emploi d'un système d'enregistrement classique, "Sismiciel" présente une multitude d'avantages :

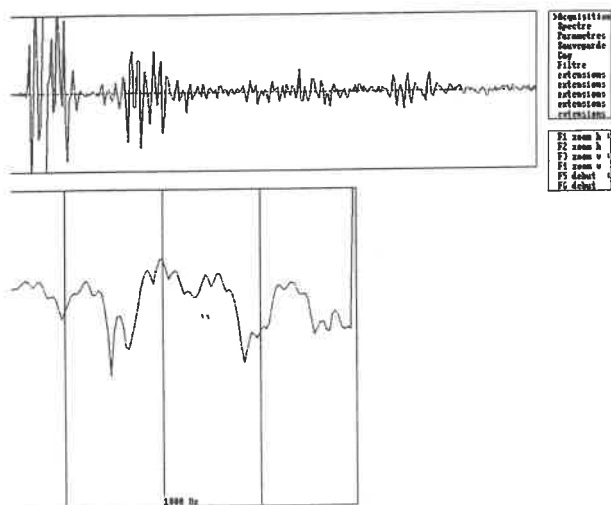
- Au niveau de la gestion de l'équipement sismique, il y a possibilité de commande de l'initialisation directement par le système.

Mais, par contre, dans le cas d'une configuration de matériels plus importante, incluant une radiocalisation par exemple, "Sismiciel" est piloté par un autre calculateur qui gère la synchronisation de l'ensemble des équipements et l'acquisition de divers paramètres "Sismiciel" reçoit alors les ordres de début de traitement et des informations externes telles le numéro et les coordonnées de tir qu'il se charge de stocker.

- "Sismiciel" a d'autre part un rôle essentiel pour optimiser la configuration du dispositif sismique et contrôler l'ensemble de ses caractéristiques tout au long de son utilisation. Il permet de choisir judicieusement toute la gamme de traitements à effectuer en temps réel sur le signal, en fonction d'une analyse détaillée des éléments suivants :

- le niveau et le spectre de fréquences
- les caractéristiques des bruits parasites
- la gamme de filtrages numériques
- la trace visualisée en aire variable sur écran.

Les différents paramètres de réglages, ainsi déterminés et ajustés dans une phase d'initialisa-



7 - Contrôle de la source sismique à l'écran

tion en mode interactif ne seront plus modifiés au cours de l'acquisition, de façon à garder un enregistrement homogène.

Le séquençement des traitements réalisés ensuite en temps réel, au cours de l'acquisition des profils, est le suivant :

- Un filtrage passe bas procède à une réduction

de la bande passante, beaucoup trop large à l'origine, suivi d'une décimation par laquelle on ne conserve que l'information utile.

Par rapport à un filtrage classique, ce traitement est plus simple, il occasionne moins de bruits parasites et il permet d'augmenter la dynamique du signal.

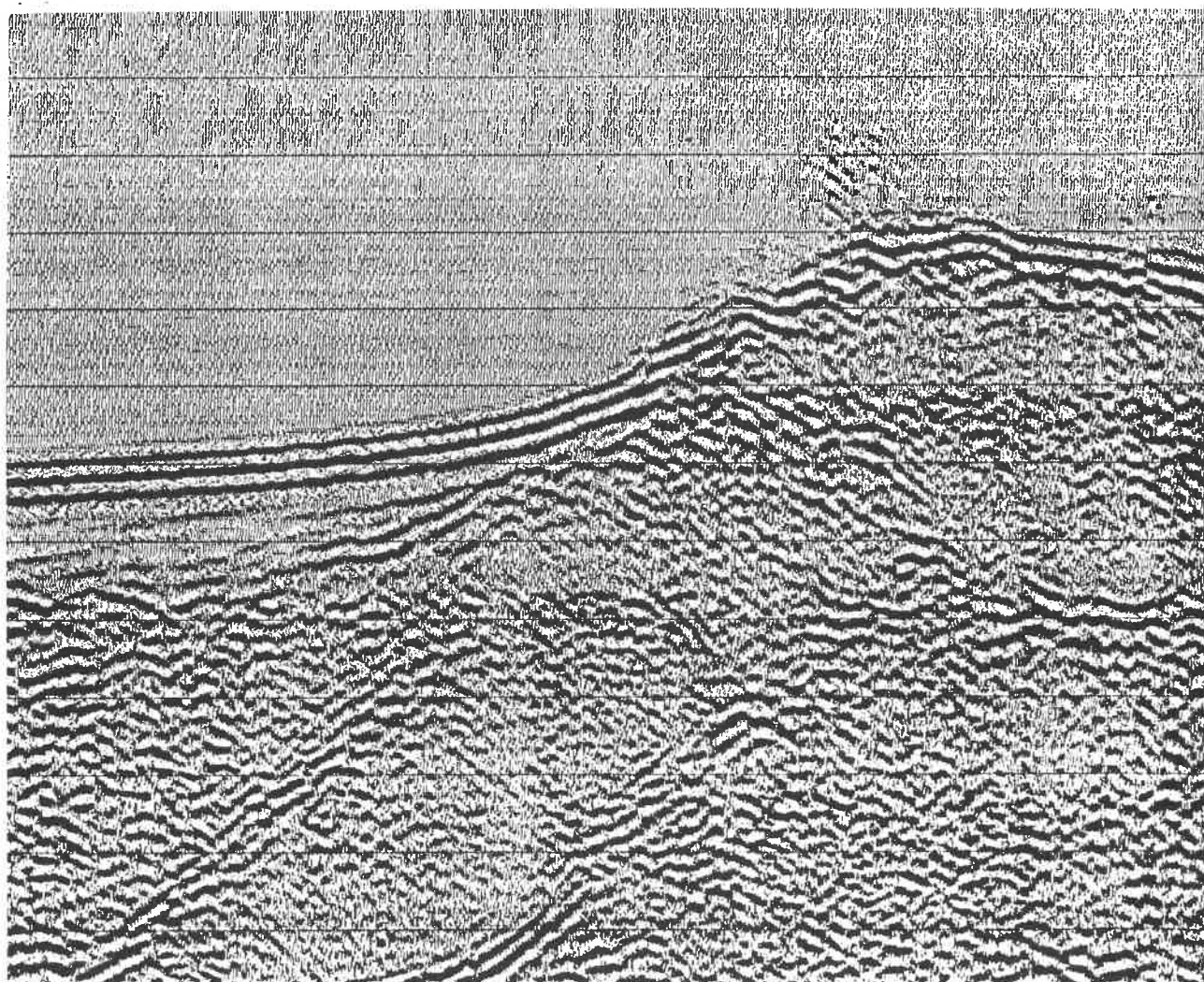
- Le système fait un contrôle automatique du gain destiné à uniformiser la réponse des différents réflecteurs, ou une normalisation qui limite l'enveloppe de certaines traces, celle du fond en particulier, dont l'importance peut devenir gênante par rapport aux autres.

- La recherche de la trace ayant le maximum d'énergie permet la détection du fond ; à partir de cette information, "Sismiciel" ne procède qu'à l'acquisition de la partie sismiquement utile de l'enregistrement, en éliminant la tranche d'eau.

- Un filtre de houles lisse les ondulations provoquées sur l'enregistrement par les mouvements de la source et du récepteur, en cas de mer agitée.

- Un filtrage passe haut et un filtre réjecteur éliminent les fréquences gênantes, dues à des parasites électriques, aux bruits du bateau ou de la mer...

- Enfin, avec une cadence de tir élevée, une sommation de plusieurs traces peut augmenter le rapport signal sur bruit, et donc la résolution.



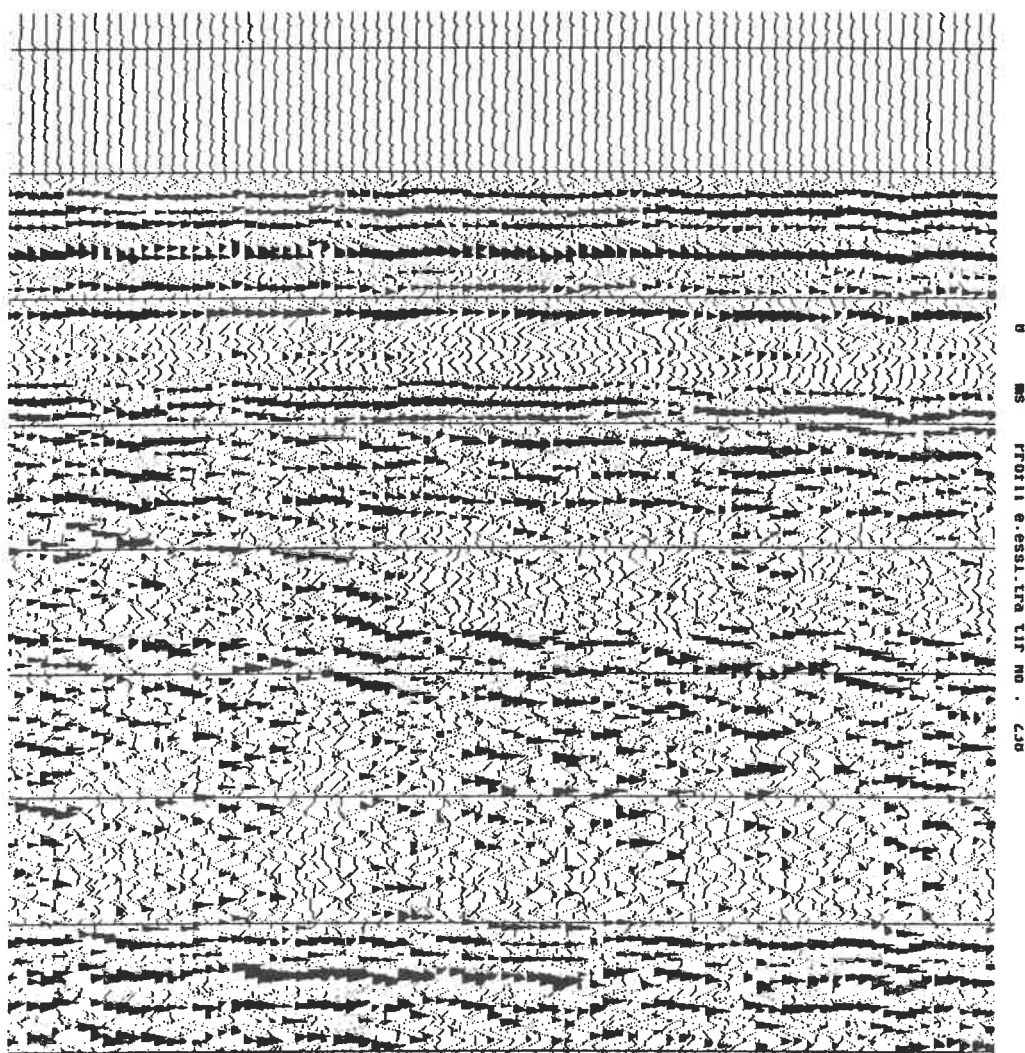
8 - Exemple de restitution graphique "Sismiciel" sur traceur électrostatique de haute résolution

Les autres avantages du "Sismiciel" résident dans l'utilisation optimale de ses périphériques :

- Ainsi, une visualisation de très haute définition des résultats s'effectue soit sur écran, soit par sortie sur traceur électrostatique. A part le film sismique lui-même, imprimé en aire variable, elle autorise le contrôle de tous les paramètres de réglage du matériel.

- Dans un avenir proche, de nombreuses fonctions d'aide au dépouillement des résultats vont être greffées sur le système, de façon à nettement accélérer et améliorer le rendu des résultats.

Le pointé interactif sur l'écran des horizons sismiques en sera l'une des premières étapes. Ensuite, le système deviendra le gestionnaire d'une base de données contenant les informations sismiques et



9 - Restitution graphique sur imprimante laser

- Le stockage de l'information numérisée s'effectue après compression réalisée selon une technique couramment employée en télécommunication sur le signal vocal et qui garantit un minimum de distorsion.

L'enregistrement se fait en premier sur le disque dur de 100 Mo, puis il est transféré sur cartouche magnétique de grande capacité en fin de profil ou de journée.

Enfin, l'un des avantages majeurs de "Sismiciel" est de devenir, une fois la mission in situ terminée, un poste de travail pour conduire l'interprétation des données :

- Le rejeu sur l'écran et le traceur électrostatique permet de retraiter, si on le juge utile, certaines sections de profils en adoptant une nouvelle gamme de filtrage, ou des réglages et traitements différents de ceux retenus lors de l'acquisition.

de positionnement déjà développée par ailleurs par I.-D. Scope, ce qui conduira à la cartographie et à divers traitements graphiques automatisés.

Je conclurai cet exposé en rappelant que, encore plus qu'en domaine terrestre, les reconnaissances de sols en secteur littoral supposent une parfaite maîtrise des moyens mis en œuvre car elles cumulent des problèmes dus à l'environnement géologique, tels les changements rapides de faciès, un substratum subaffleurant... à des difficultés propres à l'application des méthodes, la profondeur de l'eau, les houles, les moyens navals adaptés...

Nous pensons donc que la contribution de la géophysique marine à l'étude de ces sols sera largement accrue par la naissance d'outil tels que "Sismiciel" et l'imagerie très haute résolution du Sonar latéral.

La courantologie et la lutte contre la pollution

Le littoral, parties terrestre et maritime

*Exposé de M. CINI
Ingénieur des TPE chargé de la CIPALM*

INTRODUCTION

L'évolution de la Société conduit à une prise en compte de plus en plus importante des problèmes de défense, de l'environnement et de la qualité de la vie, considérée désormais comme une nécessité évidente.

L'écologie — ensemble des sciences relatives à l'équilibre de la nature — a pour objectif de protéger cette dernière, d'en préserver les ressources qui pour certaines ne sont renouvelables et de ce fait les écologistes sont devenus des acteurs politiques au sens noble du terme.

Devant cette situation, nouvelle, les politiques de leur côté ont été amenées à tenir compte de l'intérêt porté par les citoyens à cette défense de l'environnement, qui apparaît de plus en plus dans une dimension nationale, car elle impose des choix.

Le Département des Alpes-Maritimes, de par sa position géographique au sud de l'Europe occidentale, la diversité de ses richesses naturelles depuis son littoral jusqu'à ses montagnes, constitue un lien privilégié pour les activités touristiques et balnéaires, et à ce titre a acquis depuis des décennies une solide image de marque, de renommée mondiale.

Toutefois le développement rapide de la population tant permanente que de passage, principalement dans la bande côtière, a conduit à un très important effort d'équipement du littoral avec les risques potentiels de bouleversement des équilibres physiques et écologiques qui pouvaient en résulter.

Conscients de l'enjeu économique que représentent pour les Alpes-Maritimes la pérennité et le développement harmonieux des activités liées au tourisme balnéaire et à la plaisance, en particulier, et du risque croissant que constituerait la pollution marine qui, si on n'engageait pas rapidement une action énergique pourrait conduire à une situation irréversible, les Administrations et les élus ont mis en œuvre depuis plus de seize ans, une politique affirmée, concertée et volontariste de lutte contre la pollution pour sauvegarder cette image de marque, magnifiée au fil des ans.

L'une des premières concrétisations de cette volonté a été la création conjointe en 1971 par l'Etat et le Département, de la Cellule d'Intervention contre la Pollution dans les Alpes-Maritimes (CIPALM), unité pilote.

Rattachée au Service Maritime de la Direction Départementale de l'Équipement, cette Cellule a été créée pour constituer un "outil" au service des collectivités territoriales et plus généralement de toutes les personnes et les entités publiques ayant des responsabilités en matière de lutte contre la pollution et a servi de modèle pour les 25 autres unités créées depuis, dans chaque département littoral.

LES MISSIONS DE LA CIPALM

Les missions imparties à la Cellule ressortissent de quatre domaines principaux :

- l'observation et la connaissance la plus approfondie possible des milieux marin, fluvial, ainsi que terrestre, et la détermination des sources de pollution existantes et de leur importance, le traitement des informations et des données ainsi collectées et leur diffusion dans les délais les plus courts à toutes les collectivités territoriales et aux services administratifs concernés pour leur permettre en cas de danger patent, d'intervenir immédiatement ;
- la surveillance et le contrôle systématique de certaines caractéristiques de ces milieux, pour en suivre l'évolution et pouvoir contrôler l'efficacité des interventions menées contre la pollution ;
- l'élaboration de solutions pour la suppression des pollutions recensées avec la proposition de programmes d'études, de conception et de réalisations de structures et d'équipements nouveaux ou plus appropriés, de réglementations plus adaptées et d'une application plus rationnelle ;
- la sensibilisation et l'information, tant des responsables des administrations et des élus en particulier que du public en général.

La CIPALM a donc été structurée pour assurer ces diverses missions. Sous la responsabilité d'un Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat elle regrouperait au total une "équipe" de 13 personnes, avec la composition suivante :

- 6 agents chargés d'effectuer les constats, les mesures et toutes les opérations de contrôle et de surveillance en mer, en rivière et à terre.
- 4 personnes constituant le "cerveau" pour le traitement des données et l'élaboration des solutions et des programmes à proposer et à mettre en œuvre.
- 3 agents pour toutes les tâches administratives et comptables.

Nous tournons une page de notre histoire en France.

Notre réputation dans le monde entier n'est plus à faire. Le VEB Carl Zeiss JENA (RDA) représente un groupe de 70 000 personnes dont 17 500 Techniciens supérieurs, Ingénieurs et Chercheurs de haut niveau, répartis sur 25 unités de production. Dans ses 3 centres de recherche s'élaborent les technologies de demain, en étroite collaboration avec l'Université de IENA. Près de 1 000 produits différents sont distribués dans une centaine de pays.



Dès sa création, deux principes fondamentaux d'organisation ont été appliqués :

- Uniformisation des méthodes d'investigation, programmées en concertation étroite avec tous les responsables publics au service desquels elle a été placée, avec corrélativement la recherche du soutien de tous les organismes disposant de moyens financiers permettant d'intervenir en matière de lutte contre la pollution : Communes, Département, Région, Agence Financière de Bassin, Ministères de l'Environnement, de l'Équipement, de la Santé Publique etc...

- Association à tous les stades de ses interventions d'organismes scientifiques dont la compétence est reconnue dans le domaine de la lutte contre la pollution - Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Nice, CERBOM, Stations zoologiques de Villefranche, CEDRE, CNEXO, etc...

SES DOMAINES D'INTERVENTION

— Le milieu marin

Les eaux polluées d'origine domestique qu'elles soient ou non traitées, déversées soit directement dans la mer à proximité du rivage, soit dans les cours d'eau et les vallons ; les navires circulant au large, principalement les pétroliers et plus près des côtes les bateaux de plaisance, constituent de nombreuses sources de pollution auxquelles on doit ajouter les effets du courant Ligure qui rabat sur nos côtes les déchets en provenance d'Italie.

Pour lutter contre ces pollutions marines, parmi les actions et les programmes proposés et mis en application on peut citer :

- le recensement exhaustif de la totalité des rejets en mer sur 130 km de côte, qu'ils soient communaux ou privés, et l'application d'une politique de suppression systématique qui a permis d'en réduire le nombre d'une façon drastique puisque sur quelque cinq cents rejets dénombrés on ne compte plus actuellement que 11 rejets urbains par émissaires longs et 55 points de déversement, à partir de villas qu'il est impossible de raccorder en l'instant sur un réseau d'assainissement ;

- la surveillance aérienne de la mer près du rivage et plus au large sur la totalité du littoral des Alpes-Maritimes pour la détection des pollutions par les hydrocarbures et les macro-déchets flottants, ainsi que pour la détermination des zones d'accumulation et le repérage des déversements en mer, accidentels ou délictueux.

Cette campagne englobe toute la saison estivale du 15 juin au 15 septembre.

- Le nettoyage mécanique des plans d'eau devant toutes les plages et dans tous les ports du département.

A cet effet, 5 bateaux nettoyeurs spécialement construits, appartenant à la Compagnie Générale des Eaux et un remorqueur équipé de filets latéraux œuvrent chaque année du 15 juin au 15 septembre pour les 4 Syndicats Intercommunaux qui ont été créés pour ce programme de nettoyage et pour le compte de la Ville de Nice.

Chaque année plusieurs centaines de mètres cubes de déchets flottants de toutes sortes sont ramassés.

- Les contrôles sanitaires systématiques des plages, des points "hors baignade" et des ports qui sont faits chaque année durant la saison estivale et qui intéressent 144 points de "baignade", 16 points "hors baignade" et 55 points dans les plans d'eau portuaires.

La fréquence de ces contrôles est hebdomadaire et les opérations s'y rapportant sont effectuées selon des modalités définies au plan national avec référence à des normes établies au niveau européen.

En 1988 quelque 9 500 analyses bactériologiques ont été faites comportant la recherche des trois germes tests de contamination fécale : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

En outre de nombreuses mesures physico-chimiques sont effectuées, ainsi qu'en certains points des contrôles virologiques pour la recherche des virus et des salmonelles.

Les résultats ainsi obtenus et leur interprétation sont transmis sous les trois jours après les prélèvements à toutes les Communes littorales et aux Administrations concernées, entre autres à la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

L'on peut affirmer qu'en période météorologique normale, les eaux des zones de baignade en mer sont de bonne qualité ; aucun "point noir" n'existe dans les Alpes-Maritimes.

- La lutte contre les pollutions accidentelles par les hydrocarbures en mer et en rivière pour laquelle la CIPALM a reçu une formation spéciale.

La Cellule participe à ce titre à toutes les opérations visant à la sensibilisation et à la formation de tous les personnels appelés à intervenir, en cas d'application du Plan Polmar terre et aux exercices en mer qui sont entrepris à cet effet.

Elle a œuvré pour l'équipement des 5 centres principaux de Secours littoraux, Menton, Nice, Cagnes-sur-Mer, Antibes et Cannes, en matériels légers d'intervention pour la suppression des pollutions par les hydrocarbures en mer et en rivière.

Pour ce faire des matériels très performants ont été mis au point, tels le bateau nettoyeur "Pélican" et le récupérateur d'hydrocarbures "Goéland" ainsi que des unités spécialisées regroupant des éléments de barrages flottants, un récupérateur, des citernes souples, des produits absorbants et dispersants, etc...

Ces dernières ont toutes été créées grâce à l'aide financière attribuée par le Département.

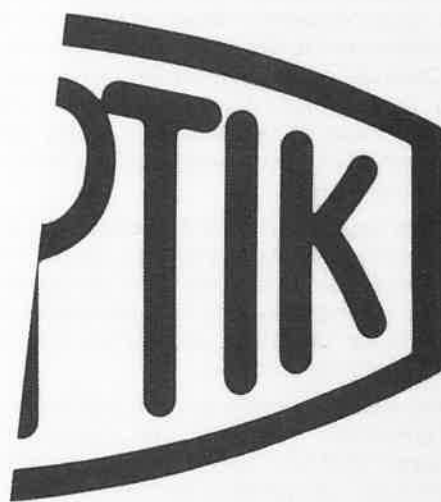
Elle a également établi l'ensemble des plans de protection du littoral contre ce type de pollutions accidentelles.

- La participation de la Cellule aux travaux de l'accord "Ramoge", qui vise à concerter les actions de la Principauté de Monaco, de l'Italie (Province d'Imperia) et de la France (Départements des Alpes-Maritimes et du Var) en matière de lutte contre la

Nous to JENA une de notr en

Notre ré
plus à faire. Le
un groupe de 7
Techniciens su
haut niveau, r
Dans ses 3 c
technologie
l'Université
sont distri

ays, vous
vier 1989,
istence des deux
rl Zeiss JENA
'TIK ? [*iénoptik*]
c noms dont
rs - IENA, la ville
se - OPTIK,
is devons notre



pollution dans le secteur de la Méditerranée compris entre Saint-Raphaël et Gênes pour harmoniser les réglementations et les actions à mener.

La CIPALM fait partie de plusieurs groupes de travail qui ont pour mission de mettre au point les programmes que le Comité Technique présente à la Commission Ramoge pour être réalisés conjointement par les trois partenaires précités.

Par ailleurs, dans le cadre des interventions qu'elle mène pour la valorisation et la réhabilitation du littoral, la Cellule a mis en œuvre différents programmes et a lancé des études particulières, tels :

- La création de réserves sous-marines, dans des secteurs marins littoraux déshérités et leur aménagement.

Trois réserves ont ainsi été implantées, dans le Golfe-Juan, la Baie de Beaulieu et celle de Roquebrune-Cap-Martin.

Ces réserves considérées comme des Etablissements de pêche ont été co-concédées par l'Etat au Département et au Comité Local des Pêches des Alpes-Maritimes.

Tous les programmes d'équipement des trois sites en récifs artificiels de différents types pour en permettre la réhabilitation, ainsi que ceux concernant l'ensemble des études et des suivis scientifiques se rapportant à ces expérimentations sont établis par la CIPALM qui assume la responsabilité de leur bonne exécution.

Ces programmes sont réalisés avec la participation financière prépondérante du Département, la Région, l'Etat et la Communauté Economique Européenne y étant associés.

Bien que les récifs mis en place ne couvrent qu'une partie des 50 hectares qui constituent la superficie de chacune de ces trois zones protégées (interdiction de pêche, de mouillage et de plongée) les résultats obtenus à ce jour sont très encourageants.

- L'étude juridico-administrative relative aux zones marines protégées. De manière à pouvoir disposer des textes réglementaires mieux adaptés à la protection du milieu et à la gestion quotidiennes de ces zones, la CIPALM a proposé au Département qui l'a accepté, le lancement d'une étude visant à l'élaboration d'un projet de texte sur leur statut et leur gestion à soumettre aux administrations centrales de l'Etat concernées.

- Les études expérimentales de cartographie des herbiers à Posidonies qui ont permis de connaître l'état des biocénoses littorales et d'en dresser la cartographie, données jugées indispensables pour la sauvegarde de la qualité biologique des eaux marines de la frange littorale.

A ce titre, plusieurs programmes ont été entrepris dont l'opération "Poseidon" qui a permis grâce au sous-marin "Griffon" de la Marine Nationale et à son navire accompagnateur le "Triton" de réaliser la cartographie complète de la limite inférieure des herbiers de Posidonies des côtes des Alpes-Maritimes sur plus de 40 km.

Les cartes correspondantes ont été établies et les rapports qui les accompagnent précisent l'état des

herbiers ainsi cartographiés, ce qui permet de définir les zones où une intervention ou un suivi particulier s'impose.

- Le réseau régional de surveillance des Posidonies, qui concrétise le suivi, dans certaines des zones où il a été jugé intéressant ou nécessaire d'intervenir, de l'espace occupé par l'herbier de ce phanérogame, dont la connaissance de l'évolution de la vitalité représente un complément indispensable aux autres contrôles entrepris au plan national en matière de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de mer.

Ce programme qui est effectué dans le cadre du contrat de plan particulier Etat-Région "Surveillance de la qualité du milieu marin" comprend des opérations de "vérité-mer", des campagnes de photographies aériennes et l'exécution de balisages de la limite supérieure ou inférieure des herbiers suivant les secteurs étudiés, au nombre de trois pour les Alpes-Maritimes.

Les Cellules des Départements du Var et des Bouches-du-Rhône sont associées à ce programme, mené en liaison avec le GIS Posidonie que M. le Professeur Boudouresque préside.

- La transplantation de Posidonies, qui est poursuivie depuis plusieurs années par la CIPALM avec différents partenaires, le CERBOM, l'Université de Nice, les Jardiniers de la Mer, dans divers secteurs côtiers.

Ces opérations expérimentales concernent la mise en place sur les fonds marins de boutures transplantées suivant des techniques différentes, avec application de divers traitements pour accroître les chances de réussite. La survie des boutures a été nettement améliorée à la suite des expériences menées en 1986, toutefois des recherches doivent être entreprises pour améliorer leur adaptation et la reprise de leur croissance. Les programmes à lancer auront pour objectif l'augmentation du taux de réussite des implantations, l'abaissement de leur coût ainsi que la recherche de nouveaux moyens de fixation.

- La mise au point d'un produit pour la désinfection des plages de sable et de galets, qui concerne un programme d'essais en laboratoire et sur le terrain pour comparer l'efficacité de 4 produits élaborés spécialement ou déjà commercialisés et en vérifier l'innocuité en ce qui concerne les usagers des plages et le milieu, aussi bien terrestre que marin.

Ce programme est actuellement poursuivi à l'échelon national sous l'égide des Ministères de la Santé et de l'Environnement.

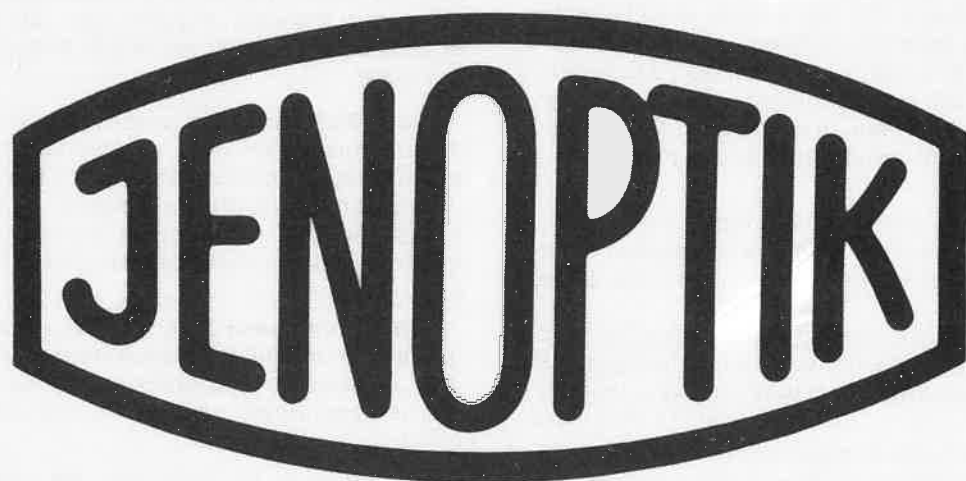
- L'étude des nuisances engendrées par les activités aquacoles, qui a pour objet de pouvoir disposer de données objectives fiables permettant d'apprécier la réalité des nuisances susceptibles d'être engendrées par ce type d'activités, de manière à pouvoir émettre des avis motivés et surtout imposer les dispositifs appropriés pour les supprimer.

— Le milieu fluvial

Tout comme le milieu marin, le milieu fluvial est l'objet d'agressions caractérisées et les cours d'eau

VEB Carl Zeiss JENA devient JENOPTIK.

Comme dans certains autres pays, vous nous reconnaîtrez à ce nom. Le 18 Janvier 1989, le tribunal de Paris a jugé que la coexistence des deux marques : Carl Zeiss (RFA) et VEB Carl Zeiss JENA (RDA) devait cesser. Pourquoi JENOPTIK ? [*iénoptik*] parce que cette marque associe deux noms dont nous sommes particulièrement fiers - IENA, la ville où Carl Zeiss a fondé notre entreprise - OPTIK, représentant le domaine auquel nous devons notre notoriété universelle depuis 1846.



AGENT GÉNÉRAL POUR LA FRANCE

C.G.P. 48, Bd de la Bastille - 75012 PARIS - Tél.: (1) 43.44.12.34 - Télex 220 231 COGEPHY - Téléfax (1) 43.45.43.69

contribuent dans une large part à la pollution des eaux marines.

Il est en conséquence vite apparu qu'il fallait entreprendre des actions de contrôle et de surveillance ainsi que des études pour en améliorer la qualité.

A cet effet il a été proposé la réalisation de programmes d'études, de contrôles et de surveillance dont le détail est donné ci-après.

— Plusieurs campagnes systématiques de contrôle de la qualité des eaux sont effectuées chaque année sur les cours d'eau dont la Direction Départementale de l'Équipement assure la police des eaux. Il s'agit des quatre torrents situés sur la Commune de Menton, Le Gorbio, Le Carrei, Le Borrigo et le Fossan, du Paillon pour lequel des campagnes spécifiques sont menées en liaison avec le SATESE, de la Cagne et de son affluent le Malvan.

Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et de métaux lourds sont faites pour déterminer l'importance de la pollution et proposer les solutions pour leur élimination.

— Un programme spécial a été mis en œuvre pour l'étude des risques de pollution de la nappe phréatique de la basse vallée du fleuve Var, risques liés aux activités industrielles et agricoles. Un contrôle général et des interventions de surveillance détaillée de la qualité des eaux vives et des nappes alluviales de ce cours d'eau sont effectués systématiquement plusieurs fois par an, dont deux campagnes générales réalisées l'une en période de basses eaux, la seconde au moment des hautes eaux et après un épisode pluvieux de forte intensité.

— La CIPALM grâce aux crédits accordés par le Département a participé avec la Fédération Départementale des Associations agréées de pêche et de pisciculture des Alpes-Maritimes à la mise en place d'échelles à poissons pour permettre le franchissement des nombreux seuils construits pour stabiliser le lit du fleuve Var.

Elle s'est également préoccupée de l'introduction d'espèces de poissons dans les eaux du Var et participe aux opérations de contrôle et de surveillance des rejets qui y existent.

— La Cellule, en collaboration étroite avec la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt a œuvré pour la création du Syndicat Intercommunal de la Vallée du Loup, regroupant les 12 Communes riveraines, qui a pour objectif la lutte contre la pollution de cette rivière, la promotion de sa réhabilitation et l'aménagement touristique de l'ensemble de la vallée.

Une importante étude a été lancée à cet effet et un premier programme de travaux d'entretien et de remise en état d'un tronçon de ce cours d'eau a été entrepris.

Toutes ces actions ont été menées avec le soutien financier de l'Etat, de la Région, de l'Agence Financière Rhône-Méditerranée-Corse et du Département.

— Des interventions ont également été faites par la Cellule sur la rivière La Brague pour rechercher l'origine de pollutions observées à plusieurs reprises à son embouchure.

— La CIPALM participe à l'élaboration des propositions concernant les objectifs de qualité des cours d'eau de l'ensemble du Département, établies en liaison avec les diverses administrations de l'Etat et du Département, concernées.

— Le milieu terrestre

Après s'être attachée à lutter principalement contre les pollutions affectant les milieux marin et fluvial, la CIPALM a fait porter également ses efforts sur la suppression des pollutions du milieu terrestre et concurremment sur la récupération des déchets solides et liquides.

Elle a proposé à cet effet les nombreux programmes détaillés ci-après, qui ont pu être mis en œuvre grâce à l'aide financière conjuguée de l'Etat, par l'intermédiaire de l'Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED), et surtout du Département.

— Celui relatif à la suppression et à la réhabilitation des décharges sauvages ou tolérées a permis, après un recensement exhaustif, de supprimer quelque cinq cents décharges d'ordures ménagères.

Dans le cadre de ce programme pluriannuel intitulé "Alpes-Maritimes Propres" ont été entrepris les travaux proprement dits de nettoyage complet et de reconstitution de l'aspect naturel des sites concernés, avec la mise en place de ce qui a été appelé "dispositifs dissuasifs" (clôtures, merlons de terre, etc...) pour éviter la reconstitution de ces décharges sauvages.

— Une fois ces décharges importantes supprimées, l'on s'est attaqué à la suppression de la prolifération de petits dépôts clandestins, disséminés dans des endroits en général dissimulés aux regards.

— D'une manière corrélative, pour permettre aux Communes et aux Syndicats Communaux d'étendre et d'effectuer dans des conditions satisfaisantes et de façon plus complète la collecte des objets encombrants des ménages (les monstres) et entreprendre des opérations de récupération ; deux programmes ont été lancés pour la construction de "dépôts-relais" et de "déchetteries".

Les premiers représentent des installations de faible superficie permettant de recevoir surtout, d'une part les objets métalliques et les épaves de véhicules automobiles, d'autre part de stocker en attente d'enlèvement les objets encombrants des ménages.

Les "déchetteries" constituent des aménagements plus importants comprenant un quai de transfert avec plusieurs emplacements pour y loger des conteneurs de grande capacité, où l'on procède à la récupération des ferrailles, du verre, des papiers et cartons, des huiles usagées minérales, des bois, etc...

Grâce à ces deux programmes, reconduits chaque année, avec l'attribution de subventions de la part de l'Etat et du Département, plusieurs dizaines d'installations de ce type ont été créées et d'autres sont projetées.

Pour définir et appliquer les solutions qui devraient permettre de régler définitivement les problèmes cruciaux qui se posent en matière de col-

lecte et d'élimination des déchets des ménages et dans le but de relancer dans l'ensemble du Département les opérations de récupération, la CIPALM a proposé la réalisation d'un schéma départemental de collecte, de récupération et d'élimination des objets encombrants des ménages couplé avec la révision du schéma départemental existant, traitant exclusivement de l'élimination des ordures ménagères.

— De façon à débarrasser les sites des carcasses de véhicules qui les enlaidissent et pour généraliser la récupération des objets métalliques, le Département, sur proposition de la CIPALM, a passé une convention avec deux ferrailleurs agréés, pour l'enlèvement de ces déchets.

Cette opération est faite gratuitement lorsque les ferrailles sont stockées dans des dépôts-relais, des déchetteries ou quand la quantité à évacuer est importante, par contre une somme prédéterminée est versée lorsqu'il s'agit d'enlèvements isolés ou à effectuer dans des conditions d'accès particulièrement difficiles.

En général dans ce dernier cas, les épaves sont enlevées par hélicoptère, étant précisé que pour minimiser le coût de telles opérations, on ne les entreprend que lorsque le nombre de carcasses est assez élevé, plusieurs dizaines, et qu'elles se situent dans des zones contiguës.

— La prolifération sur l'ensemble du Département et plus particulièrement dans la bande littorale et le moyen pays, de décharges sauvages de déchets inertes représente une pollution importante qui en génère d'autres plus préoccupantes.

Afin de remédier à cette situation due au manque de décharges contrôlées pouvant recevoir ce type de déchets, la Cellule a fait effectuer le recensement des sites potentiels pouvant permettre d'assurer une telle élimination. Le Département, sur sa proposition a accepté de subventionner un programme de création par les Communes et les Syndicats Intercommunaux de ce type de décharge contrôlée.

Pour un règlement plus définitif de ces problèmes, la CIPALM a proposé également que soit étudié et mise en œuvre un schéma départemental pour la récupération et l'élimination des matériaux inertes.

Pour une application plus stricte et plus généralisée des dispositions de la loi du 15 juillet 1985 relative à l'élimination des déchets et la récupération des matériaux, la CIPALM a lancé ces dernières années plusieurs programmes et a entrepris des études visant à promouvoir la collecte sélective et à en généraliser la mise en œuvre.

— Plusieurs campagnes annuelles ont été entreprises dont une avec l'aide financière de l'Etat, de la Région, du Département et de la Communauté Economique Européenne, pour la sensibilisation et l'information du public, des professionnels et des élus, sur la récupération des huiles usagées minérales.

Quelque 170 points de récupération ont été mis en place sur l'ensemble du territoire départemental et un impact important a pu être obtenu, concrété

tisé par une augmentation sensible du tonnage des huiles usagées récupérées, plus de 1 900 tonnes par an actuellement, qui sont régénérées.

— Un autre objectif de la Cellule est de promouvoir la récupération des huiles usagées végétales qui traitées permettent d'obtenir des produits gras utilisés entre autres par les savonneries.

La Ville d'Antibes met à la disposition de ses administrés des conteneurs dans lesquels ces huiles sont déversées et dont l'enlèvement est assuré à la demande, gratuitement, par un récupérateur agréé qui les évacue hors du Département pour être traitées par des savonneries.

— Depuis plusieurs années la Cellule, grâce à l'attribution par le Département aux Communes ou à leurs syndicats d'une aide financière pour l'achat de conteneurs à verre et l'installation de dispositifs de stockage, œuvre pour l'intensification de la récupération du verre.

Un programme spécifique pluriannuel a été lancé qui permet soit d'étendre les réseaux de récupération existants, soit d'en créer de nouveaux. La plupart des 163 communes des Alpes-Maritimes bénéficient désormais de cette récupération.

— Des études ont également été entreprises à l'instigation de la CIPALM pour mettre en place une filière pour la récupération des graisses en provenance des bacs à graisse des milliers de restaurants, cantines, hôpitaux, supermarchés et autres points où elles sont produites en quantités importantes.

— De même, pour essayer de régler les problèmes que pose l'utilisation des plastiques, en particulier par les agriculteurs, une étude a été menée pour l'élaboration d'une bibliographie portant sur les connaissances acquises dans ce domaine, la détermination des principales sources de ces déchets, l'évolution prévisible de leur tonnage, l'état actuel de leur collecte et de leur récupération et la recherche du type de valorisation à proposer à cet effet dans le Département.

— Dans le cadre de l'élimination des déchets liquides, la Cellule a été chargée, en collaboration avec les administrations de l'Etat et du Département concernées, d'établir et de promouvoir la mise en œuvre du schéma départemental d'élimination des matières de vidange, complément indispensable aux programmes d'assainissement collectif en cours de réalisation dans les Alpes-Maritimes.

Il s'agit au titre de l'assainissement autonome de créer des points de dépotage et de traitement des matières en provenance des fosses septiques. Plusieurs installations spécialisées ont été créées à ce jour, mais d'autres, une quinzaine environ, sont à prévoir pour couvrir l'ensemble du Département.

CAMPAGNE DE SENSIBILISATION ET D'INFORMATION DU PUBLIC

Un domaine d'action considéré prioritaire par la Cellule est celui de la sensibilisation et de l'information.

A ce titre, consciente des difficultés que l'on rencontre d'une manière générale pour faire "passer"

l'information, elle s'est efforcée de la lier à la réalisation d'opérations particulières, relativement ponctuelles, telles le nettoyage des décharges, la mise à l'eau de récifs artificiels, les exercices Polmar, la cartographie des herbiers sous-marins etc..., en y associant des personnalités administratives et scientifiques, des élus, pour leur donner un impact particulier.

Par ailleurs des campagnes de plus longue durée sont entreprises avec l'appui des médias — presse écrite, radio, télévision — sur des thèmes plus généraux, comme la récupération que ce soit celle du verre, des huiles usagées, ou encore de programmes spéciaux relatifs au nettoyage des plans d'eau, du contrôle sanitaire des plages, etc...

Des documents, des photos, des maquettes, des diaporamas établis par la Cellule sont aussi exposés ou servent de support à des journées d'information.

La CIPALM participe également à des colloques, à des rencontres, des réunions qui permettent de sensibiliser et d'informer, tant en ce qui concerne la législation que la technique.

Chaque année il est procédé à l'édition d'affiches et de cartes postales traitant de différents thèmes se rattachant tous à la lutte contre la pollution, qui sont diffusées dans l'ensemble du Département.

**

Tous les programmes, toutes les opérations qui ont été détaillées supra, menées en étroite concertation avec les administrations de l'Etat, du Département, des élus, avec la collaboration et l'appui des spécialistes dans chacun des nombreux domaines d'intervention concernés ont permis d'obtenir des résultats incontestables en matière de lutte contre la pollution.

Mais il est essentiel de poursuivre l'œuvre ainsi

entreprise et de développer des actions nouvelles pour présenter les acquis et améliorer encore la qualité de la vie dans les Alpes-Maritimes, composante indispensable à la pérennité de l'image de marque de la Côte d'Azur.

**

Pour conclure, il convient d'aborder le sujet qui concerne la relation qui peut exister entre les actions menées au titre de la lutte contre la pollution, particulièrement en mer, et la topographie.

Dans de très nombreux cas la réalisation d'opérations topographiques conditionne la réussite des interventions menées pour la protection de l'environnement.

Nous citerons les exemples suivants :

- repérage des limites inférieure et supérieure des herbiers de Posidonies et relevé des surfaces qu'ils occupent ;
- balisage des réserves sous-marines et localisation des récifs artificiels mis en place ;
- connaissance de la direction et de la vitesse des courants pour l'établissement des plans de pose des barrages flottants ;
- détermination du meilleur emplacement pour l'installation d'émissaires longs en mer, avec profils en long et en travers des fonds marins ;
- étude du panache des rejets en mer.

A terre également, la topographie constitue une discipline à laquelle on est obligé de recourir puisque, dans chaque cas — créations de décharges contrôlées, de dépôts-relais, de déchetteries — il faut pouvoir disposer obligatoirement de plans topographiques détaillés.

Ces opérations topographiques mettent en œuvre des techniques particulières et diversifiées, mais c'est un sujet que je n'aborderai pas, n'étant pas orfèvre en la matière.

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

L'ensablement artificiel de la plage de la Croisette à Cannes

par M. L. TOURMEN,
SOGREAH Ingénieurs-Conseils

En 1959, pour traverser la ville de Cannes, on ne disposait que de la rue d'Antibes et de la Croisette qui ne présentaient toutes deux qu'une seule voie dans chaque sens.

Devant l'augmentation incessante du trafic de véhicules empruntant la Croisette et les sujétions gênantes qu'introduit le sens unique qui avait dû y être établi, la Municipalité de Cannes prit la décision d'améliorer la situation en élargissant la chaussée afin de permettre dans de bonnes conditions une circulation à double sens.

De nombreux projets d'élargissement de la chaussée par emprise vers le large furent envisagés ; mais aucun ne donna satisfaction car ils ne pouvaient conduire qu'à un faible gain d'espace utilisable et à une diminution de la plage pourtant déjà fort réduite et même inexistante en certaines points (voir la figure 2).



Fig. 2

Consulté sur ce problème, SOGREAH eut l'idée d'étudier la possibilité de réaliser, en phase préalable, un ensablement de la plage. En seconde phase, on pourrait établir une nouvelle promenade très largement dimensionnée, dégageant une surface de plage plus importante que celle dont on disposait.

Etant donné que l'on ne devait s'attendre à aucun ensablement naturel c'est un ensablement totalement artificiel qui devait être envisagé. Cette méthode d'ensablement artificiel de la plage paraissait extrêmement séduisante car du point de vue technique, elle ne présentait que des avantages. Cependant, avant de l'adopter, il s'agissait de bien vérifier que les principes sur lesquels elle s'appuyait

étaient valables dans le cas de la plage de la Croisette. A cette époque, il n'existait pas au monde de réalisation de plage artificielle : la Croisette serait donc une grande première...

Le but des études que les Services Techniques de la Mairie de Cannes avait confiées à SOGREAH, était de déterminer s'il était possible de réaliser un ensablement artificiel suffisamment stable pour ne pas nécessiter d'apports d'entretien importants.

Nous allons présenter ici l'ensemble de ces études, ainsi que les réalisations auxquelles elles ont donné lieu.

1. STABILITE DU LITTORAL DE LA RADE DE CANNES

Le littoral de la Rade de Cannes se développe entre deux limites qui isolent une zone, à l'intérieur de laquelle on peut considérer les phénomènes côtiers comme indépendants de ceux intéressant la côte adjacente. Ces deux limites sont les suivantes (fig. 1).



• A l'Est :

La pointe de la Croisette dont la structure profonde est vraisemblablement rocheuse. Cette pointe est prolongée par les Iles de Lérins.

• A l'Ouest :

Le port dont la jetée Ouest s'appuie sur une formation rocheuse (rocher Saint-Pierre) et dont la jetée Est sert d'appui aux remblais supportant le Nouveau Palais des Festivals.

Depuis plus d'un siècle, le littoral de la Rade de Cannes a subi de profondes modifications. Un plan donnant la situation des lieux en 1823 montre qu'à cette époque nul ouvrage ne venait influencer les évolutions naturelles. Il est probable que des apports de sable pénétraient dans l'anse située à l'Est du Rocher Saint-Pierre sur l'emplacement du

tutur port. De multiples "vallons", très petits torrents à faible bassin versant, répartis le long du littoral devaient également amener jusqu'à celui-ci des sédiments en quantité plus ou moins importante.

Depuis cette époque de nombreux aménagements ont réduit dans une très forte proportion les apports naturels qui parvenaient jusqu'à la plage de la Croisette :

- D'abord les ouvrages de protection du Port de Cannes ont formé une barrière infranchissable pour les apports de l'Ouest depuis les plages du Golfe de la Napoule. Il est probable par ailleurs que les quantités de sable disponibles pour de tels apports ont diminué notablement car la Siagne, rivière débouchant à l'Ouest de Cannes et origine principale de ce sable, a été exploitée de plus en plus par de multiples sablières établies sur son cours inférieur.
- D'autre part, les sédiments apportés par les "vallons" débouchant sur la Croisette ont également diminué d'importance à cause des aménagements réalisés sur leurs cours supérieurs.

On pouvait donc conclure que les apports naturels pénétrant dans la Rade de Cannes et venant se déposer sur la plage étaient en 1959 extrêmement réduits.

Des apports artificiels multiples ont été également amenés sur le littoral de la Rade de Cannes. Ces apports ont été surtout constitués par des déblais provenant des décharges publiques. Lors de la construction des grands hôtels notamment, les déblais provenant des fouilles de fondations étaient rejetés directement sur le littoral. Les décharges publiques ont été interdites en 1926 et depuis cette date aucun apport artificiel n'avait été déposé directement sur la Croisette.

Les considérations précédentes permettent de conclure que la plage de la Croisette ne recevrait plus aucun apport naturel ou artificiel. Ce bilan nul est un premier élément qui permettrait de conclure à un état d'équilibre statique.

Un second élément peut être obtenu par comparaison des relevés effectués en 1897 par le Service Hydrographique de la Marine et les relevés effectués en 1960 par SOGREAH.

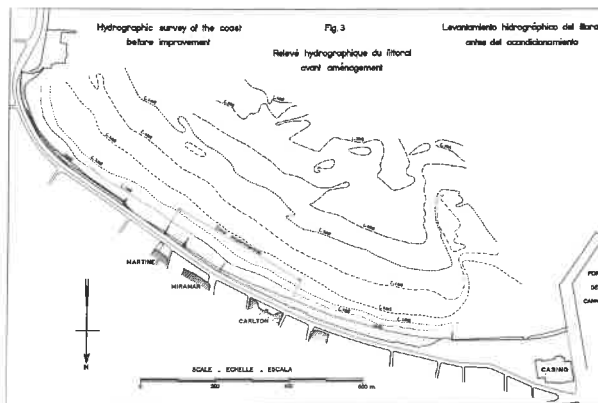
D'autres éléments tendant à montrer la stabilité de la plage pouvaient être mis en évidence. Par exemple, les fonds sous-marins étaient tapissés de végétation jusqu'aux profondeurs de l'ordre de 4 mètres, ce qui était le signe certain d'une grande stabilité. Enfin, des épis étanches disposés sur la plage de la Croisette ne donnaient aucun signe d'accumulation importante dans un sens déterminé, ce qui dénote l'absence d'un transport prépondérant important.

Tous ces éléments tendaient à prouver que la plage de la Croisette se trouve en moyenne dans un état d'équilibre statique, tout au moins à l'échelle d'une cinquantaine d'années.

La conclusion à laquelle nous avons abouti est indispensable pour pouvoir réaliser dans de bonnes conditions un ensablement artificiel. En effet un tel ensablement ne pourrait donner de résultats durables sur un littoral en équilibre dynamique.

2. CARACTERISTIQUES DE LA PLAGE DE LA CROISSETTE

L'examen de profils répartis tout au long de la plage de la Croisette montrait qu'ils étaient relativement analogues les uns aux autres. Ceci apparaissait d'ailleurs nettement sur une carte des fonds de la Rade de Cannes (fig. 3) où les courbes de niveau étaient parallèles entre elles et dessinaient un réseau très régulier de forme concave.



Nous avons choisi, pour mener à bien notre étude, un profil type de la plage représentant bien l'ensemble de la Rade de Cannes. Ce profil type choisi est le profil noté 12 sur la figure 3 et était situé au milieu du littoral de la Rade.

C'est ce profil qui a été utilisé pour toutes les études générales. La figure 4 donne, entre autres, ce profil distordu cinq fois.

Le profil 12 à partir de la laisse jusqu'à une profondeur de l'ordre de 2 mètres présentait une pente voisine de 5 %. Après cette première partie la pente était beaucoup plus faible (1 à 2 %). Cette deuxième partie se poursuivait jusqu'aux fonds recouverts de végétation.

Parallèlement aux relevés des fonds, nous avons effectué des prises d'échantillons des sédiments tapissant les profils. Les analyses granulométriques de ces échantillons montraient qu'il existait une certaine relation entre les pentes et les cotes des fonds, d'une part et le diamètre 50 % des échantillons, d'autre part.

La figure 4 donne les courbes représentant cette dernière relation pour trois profils répartis sur la plage de la Croisette.

Remarquons que pour une pente de l'ordre de 5 % le diamètre 50 % de grains était de l'ordre de 0,2 à 0,3 mm, tandis que pour une pente de l'ordre de 1 à 2 % le diamètre 50 % était de l'ordre de 0,05 à 0,1 mm. Ces considérations concernant la granulométrie de la plage actuelle ont été très intéressantes lors du choix du matériau d'apport.

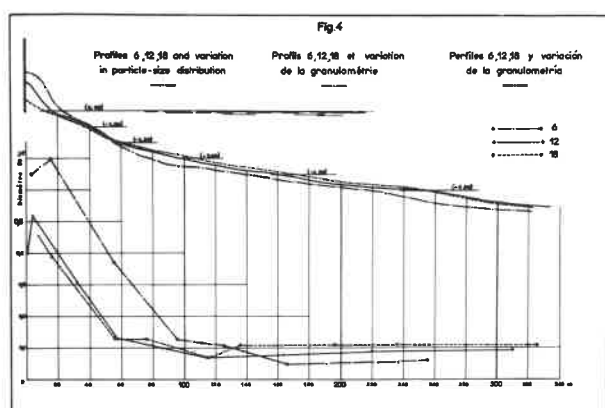
Au point de vue qualificatif, il faut noter que les éléments que l'on rencontrait sur la plage de la Croisette avant ensablement étaient très divers et ne semblaient pas d'origine très lointaine. Ceci est parfaitement normal puisque la plage existant primitivement sur la Croisette avait été créée par déversement récent de déblais constitués par des éléments les plus divers.

On pouvait noter également un balancement caractéristique du haut de plage depuis décembre jusqu'à juillet. Il s'agissait là de variations saisonnières classiques de profils de plage.

3. ETUDES PRELIMINAIRES DE LA POSSIBILITE D'ENGRAISSEMENT DE LA PLAGE

3.1. POSITION DU PROBLEME

Il s'agissait d'étudier la mise en place sur le profil type analogue à ceux donnés par la figure 4, d'un volume de sable tel que la nouvelle baisse obtenue soit dans une position stable, avancée d'une trentaine de mètres sur la laisse actuelle. Les Services Techniques de la Mairie de Cannes avaient en effet estimé qu'un élargissement de 20 à 30 mètres pouvait être considéré comme suffisant.



3.2. LE SABLE D'APPORT

Dès le début des études, nous nous sommes préoccupés de la granulométrie et de la qualité du sable disponible pour l'apport.

En effet, la dimension des grains du sédiment nouveau était à comparer avec celle des grains déjà en place afin de pouvoir en déduire si le sable proposé pouvait être utilisable dans de bonnes conditions. La constitution du sédiment d'apport devait être également examinée afin de rejeter les éléments où la proportion de particules de plus faible densité était importante.

On peut dire, qu'en règle générale, un sable d'apport tiendra d'autant mieux sur une plage donnée que les dimensions de ses grains seront importantes par rapport à ceux que l'on trouve sur place.

Si on pratique un apport artificiel avec des sédiments plus fins que ceux se trouvant en place, on risque fort de les voir disparaître progressivement vers les zones plus profondes. Il est, par exemple impossible de transformer, sans aménagements spéciaux, une plage de galets en une plage stable de sable par apport de matériaux sur la laisse.

On peut tenter à l'aide d'artifices de retenir ces éléments fins, mais ceci se traduit toujours par une augmentation considérable du prix de revient de l'opération.

Les considérations précédentes sont valables pratiquement dans tous les cas mais ces phénomènes sont encore plus nets dans des régions où il n'y

a pas de marée importante et où la houle incidente est produite le plus souvent par des vents locaux, ce qui est le cas à Cannes. En effet, de telles houles ont un pouvoir érosif plus important que les houles océaniques et grâce à l'absence de marée le classement des éléments se fait de manière plus régulière, tout au moins par des profondeurs faibles.

Les Services Techniques de la Mairie de Cannes avaient fait effectuer parallèlement à nos études, des prospections afin de déterminer les possibilités d'obtenir en quantité suffisante un sable de bonne qualité.

Il était normal d'essayer de trouver à proximité immédiate de Cannes un gisement pouvant convenir.

Certains gisements ont donc été reconnus en mer aux environs de la Pointe de la Croisette et entre les Iles de Lérins. Malheureusement les volumes disponibles ne pouvaient en aucun cas suffire aux besoins et plus la qualité du sable obtenu aurait été médiocre. En effet, les analyses de sédiments montraient que le pourcentage de coquillages brisés contenu dans les échantillons pouvait atteindre 40 % ce qui ne peut être toléré, le coquillage brisé étant de densité trop inférieure au reste du sédiment.

D'autres gisements ont donc été recherchés et il semblait à l'époque de ces études préliminaires que l'on devait se contenter d'un sable de qualité moyenne et surtout de granulométrie assez faible.

C'est donc dans ces hypothèses qu'ont été poursuivies les études. Le sédiment d'apport était supposé présenter la même granulométrie que le sédiment en place. On pouvait alors penser qu'a priori un ouvrage de retenue submergé, sans être peut-être indispensable, serait certainement favorable à la bonne tenue de l'engraissement.

Le problème se réduisait à l'étude de la stabilité d'un engraissement artificiel d'un profil réalisé à l'aide d'éléments de même dimension que ceux déjà en place. Ce problème simplifié était beaucoup plus accessible aux études expérimentales.

Indiquons tout de suite qu'après la fin des études préliminaires les Services Techniques de la ville de Cannes ont pu découvrir un gisement de sable de très belle qualité et surtout de granulométrie assez importante, ce qui a eu une incidence très heureuse sur les résultats obtenus par la suite.

Nous y reviendrons plus loin.

3.3. LES ETUDES EXPERIMENTALES A ECHELLE REDUITE

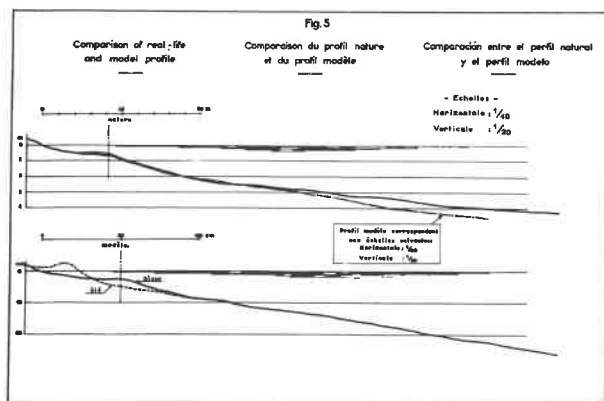
Afin d'essayer de mieux comprendre ce qui se passerait dans un profil lors d'un ensablement artificiel, nous avons effectué quelques essais dans un canal vitré.

Ce canal était équipé de façon à produire de la houle soit au moyen d'un batteur plan classique, soit au moyen d'un courant d'air circulant sur la surface libre de l'eau dans le canal et dont la vitesse pouvait être réglée.

Dans le canal ainsi équipé, nous avons entrepris de reconstituer la plage par alimentation par le haut de l'estran, cette plage s'était peu à peu stabilisée.

Lorsque la stabilisation s'était avérée pratiquement complète, nous avons comparé le profil ainsi obtenu au profil type de la plage de Cannes. Cette comparaison s'était révélée suffisamment satisfaisante moyennant le choix d'une échelle en plan et d'une distorsion.

La figure 5 donne la superposition du profil expérimental et du profil type tracé avec une échelle en plan du 1/40 et une échelle verticale du 1/20 soit avec une distorsion de 2.



Sur le profil ainsi obtenu, nous avons effectué divers essais d'engraissement, ces essais peuvent être classés en trois séries :

- Dans la première série, nous avons étudié le comportement d'un stock de matériau, identique à celui formant le profil de base, disposé sur la plage et attaqué par la houle.
- Dans une seconde série, nous avons examiné l'influence, sur les évolutions d'un stock du même matériau, d'une butée de pied située à une certaine distance du littoral initial.
- Enfin, dans une dernière série, nous avons examiné quelle pouvait être l'influence de la méthode de mise en place du stock de sable sur l'équilibre final.

Sans entrer dans le détail des essais, nous donnerons les conclusions auxquelles nous avons pu aboutir.

Les deux premières séries d'essais avaient montré que sur le modèle réalisé en canal vitré, un engraissement artificiel était possible mais nécessitait un entretien constant. En effet, cet engraissement réalisé sans butée et l'avancée très sensible peut diminuer chaque hiver d'une certaine quantité à cause du départ d'éléments, vers le large, en période de gros temps. C'est ce départ qui devrait être compensé de temps à autre. Rappelons que ces essais avaient été effectués en utilisant un matériau d'apport identique à celui constituant la plage d'origine.

Par contre, on peut stabiliser l'avancée obtenue même pour des attaques de très fortes houles par la mise en place à une certaine distance du littoral d'une butée étanche au sable.

Enfin, la troisième série d'essais nous avait permis de conclure que, tout au moins dans les conditions expérimentales réalisées, la méthode de mise en place ne paraît pas avoir d'influence sur l'avan-

cée finale. Néanmoins, pour l'ensablement réel, nous avons recommandé une mise en place la plus progressive possible.

3.4. CONCLUSIONS DES ETUDES PRELIMINAIRES

A la fin des études préliminaires que nous venons de résumer, nous avons pu conclure qu'un ensablement réalisé avec des apports de granulométrie voisine de celle des matériaux constituant la plage d'origine n'était possible économiquement que si l'on prévoyait la mise en place d'une butée de pied limitant le départ vers le large des matériaux d'apport. Sans cette butée, il serait nécessaire de prévoir des apports saisonniers.

Avec la mise en place d'une butée, nous avons estimé que l'on pouvait escompter gagner environ 25 m de plage moyennant le dépôt de 200 m³ par mètre linéaire de littoral.

4. L'EXPERIENCE D'ENSABLEMENT "IN SITU"

Devant les résultats relativement favorables des études préliminaires et encouragés également par la découverte d'un gisement d'un sable de granulométrie importante par rapport à celle du sédiment disponibles jusque-là, les Services Techniques de la Ville de Cannes avaient donné leur accord pour la réalisation d'un ensablement artificiel expérimental limité à un tronçon de la plage de la Croisette.

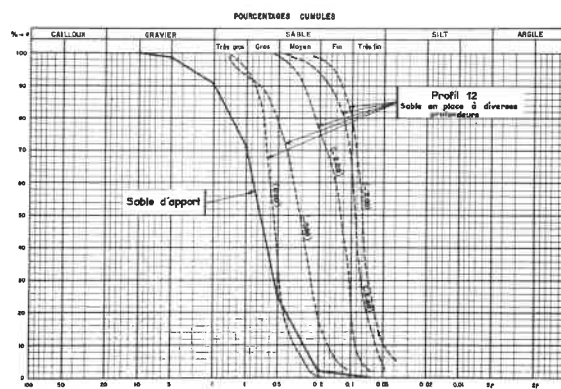
4.1. LE SABLE D'APPORT

Le choix final s'était porté sur un sable provenant de la région de Fréjus à 40 km de Cannes, dont la granulométrie et l'aspect étaient particulièrement bien adaptés.

Le transport depuis le gisement était effectué par une flotte de camions de fort tonnage.

Nous donnons sur la figure 6 la courbe granulométrique moyenne des sables sélectionnés. Sur cette même figure, nous avons fait paraître les courbes granulométriques correspondant à des échantillons prélevés sur le profil 12 à diverses profondeurs avant aménagement. On peut donc voir sur cette figure que le sable d'apport était nettement plus gros que celui en place, quel que soit le point du profil considéré.

Fig. 6
Sand granulometer used in construction of the experimental beach
Granulométrie du sable utilisé pour l'ensablement expérimental
Granulometría de la arena utilizada para el arenado experimental



La qualité du sable disponible pour l'expérience, nous a conduits à diminuer considérablement le volume de sable à déverser sur la plage. En effet, nous avons réduit le volume d'apports à mettre en place à environ 100 m³/ml.

4.2. EMPLACEMENT DE LA ZONE EXPERIMENTALE

La zone expérimentale s'étendait sur une longueur d'environ 330 m et comprenait le profil 12 défini ci-dessous. La figure 3 donne son emplacement exact.

Des limites matérialisées par des épis avaient été prévues afin de réduire l'étalement latéral du sable.

Une butée expérimentale réalisée en sacs de nylon remplis de sable avait été disposée sur une longueur d'environ 80 m, localisée au centre de la zone d'essai, à environ une centaine de mètres de la laisse du zéro. Etant donné, la granulométrie du sable d'apport, on pouvait se demander si une telle butée était vraiment nécessaire. Le caractère expérimental de l'ensablement limité nous a conduits à en recommander la mise en place. Nous verrons que, par la suite, cette précaution ne s'est pas avérée utile.

4.3. OPERATIONS DE MISE EN PLACE DU SABLE D'APPORT

Le volume total mis en place a été de : 29 550 m³ avec une cadence moyenne journalière de 850 m³ environ.

Il est très important de noter que tous les chiffres donnés ci-dessus concernant le débit journalier et le volume total de sable correspondent à des quantités mesurées sur camion. Or, il nous a paru intéressant d'essayer de déterminer, par comparaison des relevés de profils de la plage avant et après l'ensablement, le volume réel de sable mesuré en place.

Cette comparaison nous a permis de conclure qu'il existe un certain rapport que nous prendrons constant, entre le volume de sable mesuré sur camion et celui mesuré par comparaison de relevés de fonds. Ce rapport est approximativement de : 2/3.

Par la suite, nous signalerons les volumes mesurés sur camion en les faisant suivre d'un astérisque.

Sur la longueur de 330 m couverte par la zone expérimentale, il a donc été mis en place en moyenne :

$$\frac{29\,550 \text{ m}^3}{330 \text{ m}} = 90 \text{ m}^3/\text{ml}$$

Les camions chargés de sable déversaient directement leur chargement sur le haut de la plage en des points spécialement aménagés pour cet usage sur la Promenade de la Croisette. Le sable était ensuite repris par un bulldozer qui assurait la répartition du matériau d'apport.

Le volume de sable a été mis en place en deux passes successives de 50 m³/ml chacune.

Pour la deuxième passe, l'avancée limite fixée était de 20 mètres au-delà de l'ancien littoral.

Parallèlement à la mise en place du sable, on avait établi les limites Est et Ouest ainsi que la durée expérimentale.

La mise en place du sable n'a posé aucun problème difficile.

La figure 7 donne une vue aérienne oblique de la zone expérimentale au cours de la mise en place du sable.



4.4. EVOLUTION DU LITTORAL PENDANT ET APRES LA MISE EN PLACE DU SABLE

Diverses observations et relevés ont été effectués périodiquement pendant et après la mise en place du sable.

Parmi ceux-ci on peut citer notamment :

- observation de la houle,
- observation des variations de niveaux,
- relevés de la largeur utile de la plage,
- relevés des profils de la plage.

La figure 8 donne les résultats obtenus au cours de deux périodes :

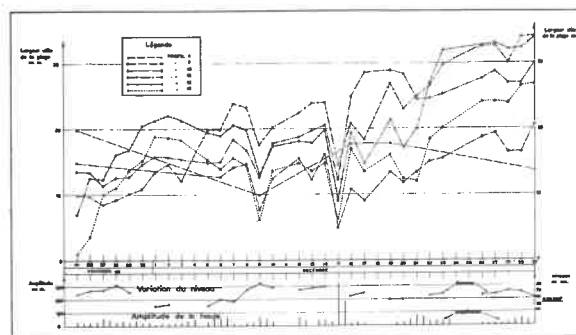
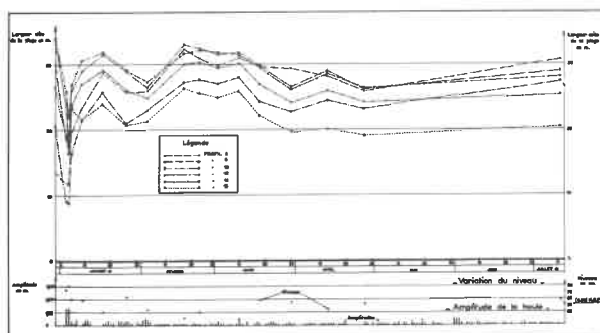


Fig.8

Variation of the useful width of the beach Variation de la largeur utile de la plage Variación del ancho útil de la playa



- l'une, s'étendant du 25 novembre 1960 au 29 décembre 1960 et correspondant à la mise en place du sable à raison de 850* m³ en moyenne par jour,
- l'autre, s'étendant du 2 janvier 1961 au mois de juillet 1961.

Sur cette figure, on a indiqué :

- les caractéristiques de la houle (amplitude, période),
- les niveaux observés,
- les variations de la largeur utile de la plage pour 6 profils.

Cette figure permet de mettre en évidence l'augmentation sensible de largeur utile de la plage, en comparant les ordonnées de départ, le 25 novembre 1960, et celles d'arrivée le 11 juillet 1961.

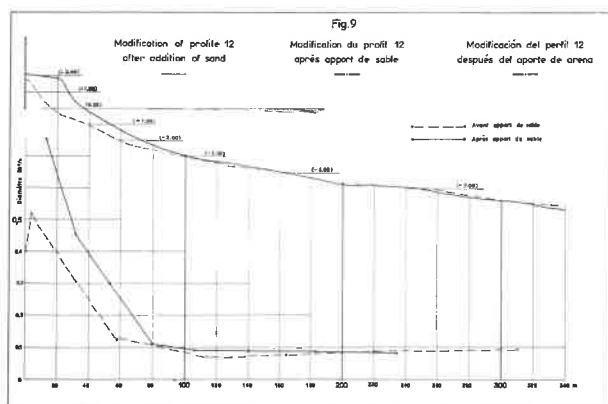
L'augmentation de largeur utile de la plage entre les mois de novembre 1960 et juillet 1961 était de :

Profils	Augmentation de largeur utile de la plage (nov. 1960-juil. 1961)
6	11 mètres
8	12 mètres
10	15 mètres
12	18 mètres
14	18 mètres
épi proche de 16	19 mètres

Des relevés des profils de plage ont également été effectués à quatre reprises après la réalisation de l'ensablement expérimental.

Il était intéressant de comparer ces relevés et ceux qui avaient été effectués avant l'ensablement.

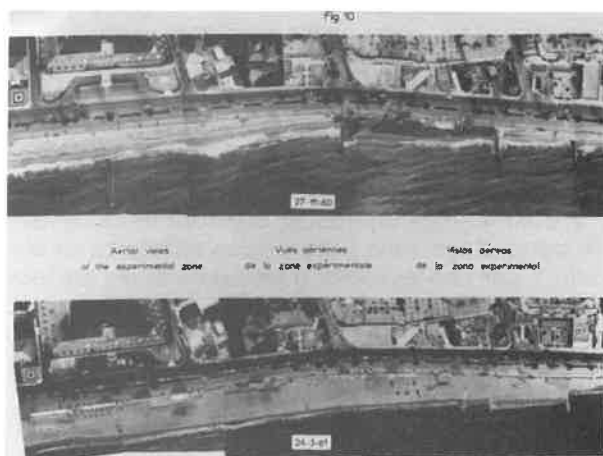
Les deux relevés les plus intéressants à comparer étaient ceux de novembre 1960 et de mars 1961 car l'étalement latéral du sable n'était pas encore suffisamment avancé pour fausser trop profondément les résultats. D'autre part, cet intervalle de temps englobait les quelques jours de fortes houles que l'on a mesurées pendant l'hiver 1960-1961. Dans la figure 9, nous avons fait paraître le profil 12 en novembre 1960 puis en mars 1961. Sur cette figure on peut voir que l'avancée obtenue était d'une vingtaine de mètres et que le sable ne s'étalait pas au large à des profondeurs supérieures à (- 3,00). Sur cette même figure 9, nous avons également fait figurer les graphiques donnant le diamètre médian des prélèvements effectués sur



le profil 12 avant et après la mise en place du sable. On peut remarquer la coïncidence très nette des raccordements des profils et des graphiques de granulométrie.

On pouvait conclure également de ce schéma que la butée de pied n'avait joué aucun rôle.

Enfin, l'évolution du littoral avait été suivie par photographies aériennes verticales. La figure 10 donne deux de ces vues aériennes.



4.5. L'ENSEIGNEMENT QUE L'ON POUVAIT TIRER DE L'ENSABLEMENT EXPERIMENTAL

On peut énoncer ci-dessous les renseignements essentiels que l'expérience avait pu fournir.

- un engraissement artificiel de l'ordre de 100 m³/ml conduisait bien dans la zone soumise à l'expérience à une avancée de l'ordre de 20 mètres,
- la granulométrie du sable d'apport employé était parfaitement adaptée à la constitution d'une plage artificielle à Cannes. La notion de granulométrie des apports est un facteur fondamental dont dépend, pour une grande part, le succès de l'ensablement,
- la butée qui avait été disposée sur une partie de la zone expérimentale n'avait joué aucun rôle, le sable ne descendant pas jusqu'à elle.

Pour un engraissement définitif et total de la Croisette, une telle butée n'était donc pas nécessaire, à condition bien entendu qu'il s'agisse d'un sable d'apport de même granulométrie.

En résumé, on pouvait conclure que l'expérimentation effectuée sur place avait permis de vérifier la bonne concordance des résultats obtenus au cours des études antérieures et de ceux fournis par le tronçon de plage ensablé.

On pouvait donc dès lors envisager avec confiance la réalisation de l'ensablement total de la plage, car nous disposions pour cela des éléments principaux permettant une bonne détermination des caractéristiques essentielles de cet aménagement.

5. L'ENSABLEMENT GENERALISE A L'ENSEMBLE DE LA PLAGE DE LA CROISSETTE

5.1. LE SABLE D'APPORT

Le sable d'apport était de granulométrie semblable à celle du sable utilisé en phase expérimentale.

5.2. LA DISPOSITION GENERALE DE LA PLAGE ARTIFICIELLE

Si l'on considère n'importe quel plan ou photographie aérienne de la Croisette avant ensablement, il apparaît immédiatement que le littoral de la plage n'était pas parallèle au tracé de la chaussée de la Promenade.

Cette discordance provient du fait que le tracé de la Promenade suit plus ou moins le littoral qui existait avant la constitution de la jetée Albert Edouard et les terre-pleins du Casino.

L'établissement de ces nouveaux ouvrages a introduit dans la forme en plan du rivage une nouvelle condition aux limites qui a provoqué l'évolution de la plage jusqu'à la forme qu'elle présentait avant les travaux d'ensablement.

Il était logique de penser que tout ensablement de cette plage sans précautions spéciales se traduirait par une avancée à peu près égale en tous points, la houle régularisant progressivement toute protubérance qui aurait pu être formée par les apports de sable. Cette avancée ne pourrait donc être modulée en fonction des besoins.

Si l'on désirait disposer d'une trentaine de mètres à l'endroit le plus étroit de la plage primitive, il serait nécessaire d'établir la même avancée partout ailleurs et en particulier au voisinage de l'extrémité Ouest où la plage n'avait nul besoin d'un tel appoint. Une telle méthode conduirait donc à un gaspillage de sable important. C'est pourquoi nous avons prévu un cloisonnement de la plage artificielle.

En effet, on peut essayer, pour des tronçons de plage séparés par des cloisons étanches, d'adapter l'avancée aux besoins particuliers de chacun de ces tronçons. On établit alors des discontinuités au droit de chaque cloison : il est évident que l'on ne peut augmenter trop le nombre de cloisons car leur coût serait alors supérieur à l'économie de sable qu'elles permettraient d'obtenir. De plus, l'esthétique de la plage ne peut s'accommoder d'une grande quantité d'ouvrages.

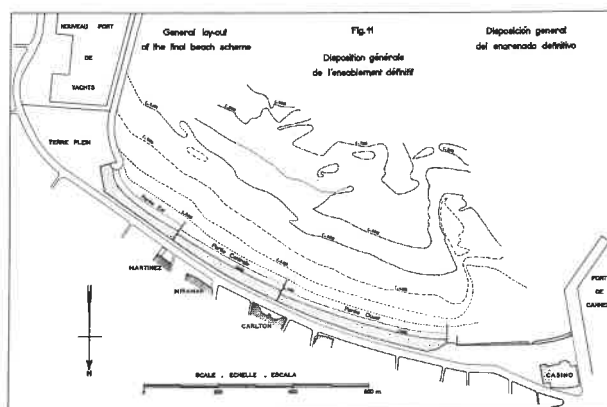
Un cloisonnement de la plage en trois tronçons indépendants nous a paru suffisant et c'est cette disposition que nous avons adoptée en accord avec les Services Techniques de la Mairie de Cannes.

Les cloisonnements ont été réalisés à l'aide d'épis formés d'une double paroi en palplanches métalliques (fig. 12).



Les écoulements des eaux de ruissellement ont été détournés, notamment à l'intérieur des épis de cloisonnement.

La figure 11 donne une vue en plan de la disposition générale de l'ensablement définitif.



De 1962 à 1964, l'ensablement de la Croisette a été réalisé définitivement par campagnes successives.

Le volume total de sable mis en place sur les 1 040 m de plage a atteint 125 000 m³.

Parallèlement à l'ensablement de la plage un ouvrage limitant la Promenade de la Croisette proprement dite était réalisé. Cet ouvrage réalisé par éléments de 24 m présente une structure avec encorbellement de 4 m et contrepoids arrière entièrement supportée par une double rangée de pieux coulés en place.

Ainsi, même si exceptionnellement la mer pouvait atteindre le pied de cette structure, elle ne subirait aucun dommage.

Enfin, vers l'Est l'extrémité de la plage a été conçue afin de permettre une liaison harmonieuse avec le Port Canto.

Dès 1965, le littoral cannois offrait depuis les jardins du Casino jusqu'au Palm Beach le magnifique exemple d'un aménagement intégré réussi, l'un des plus beaux de la Côte d'Azur.



PROFIL EN TRAVERS DE L'OUVRAGE EN ENCORBELLEMENT

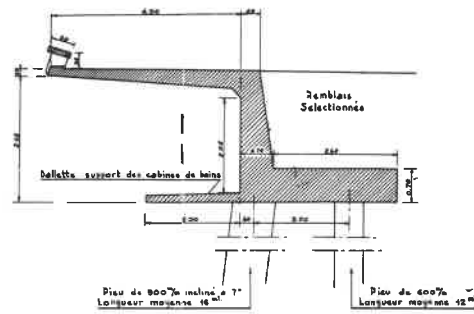
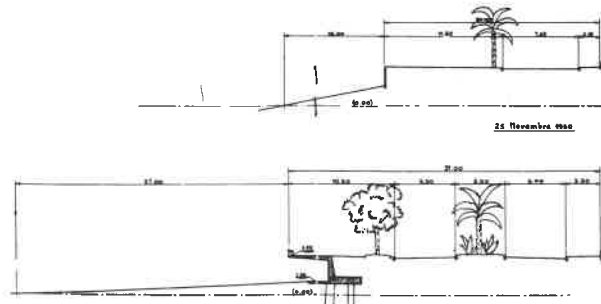


Fig. 14

PROFILS EN TRAVERS DE LA CROISSETTE AU DROIT DE LA RUE DU CANADA



1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

"SYSTEME GEODINE 30"

par Jean-Marie DOIZI
Compagnie Générale de Géophysique

Résumé

Le système GEODINE 30 est un nouveau concept de la mise en oeuvre des opérations Topographiques basé sur l'utilisation d'un Navigateur Inertiel.

Le système GEODINE 30 est le fruit d'une étroite collaboration de la SAGEM, premier fabricant européen de Centrales Inertielles, et de la C.G.G., leader mondial dans sa spécialité.

Appliqué aux mises en oeuvre Topographiques des Etudes Sismiques Terrestres 2D et 3D, le système GEODINE 30 permet d'effectuer en temps réel l'implantation, le levé et la gestion des points remarquables de ces études.

INTRODUCTION

La définition d'une méthodologie topographique adaptée aux exigences des études sismiques 2D et 3D terrestres suppose la prise en compte d'un certain nombre d'intervenants tels que : précision de localisation accrue, importance du nombre de points à matérialiser, géométrie de la répartition, nécessité de disposer rapidement des coordonnées des points topographiques.

Faire face à ces contraintes multiples suppose, à ce jour, un nombre important d'équipes de terrain, des méthodes et matériels sophistiqués, une puissance de calcul conséquente.

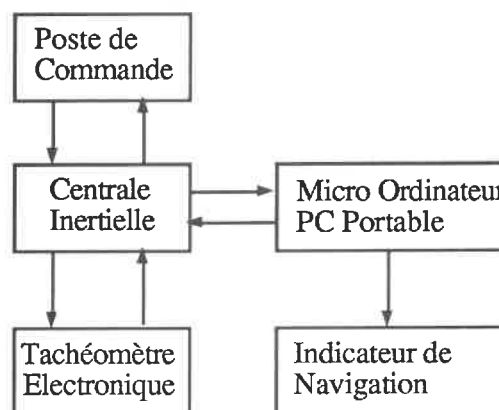
L'importance grandissante du coût des opérations topographiques dans une mission sismique 3D terrestre oblige à reconsidérer le problème en étudiant de nouvelles méthodes opératoires mettant à profit les possibilités offertes par les matériels récemment parus sur le marché.

Le système GEODINE 30 repose sur la combinaison d'une réalisation originale de la SAGEM en matière de Centrale Inertielle, le GEODINE 30, et l'expérience mondiale de la C.G.G. en sismique terrestre.

Appliqué aux mises en oeuvre topographiques des études sismiques 2D et 3D, le système GEODINE 30 permet la réalisation en temps réel de l'implantation, du levé et la gestion des points caractéristiques de ces études (points géodésiques, positions géophones, positions points de tir).

1 - LE SYSTEME GEODINE 30.

Architecture du produit :



Le système GEODINE 30 se compose des éléments suivants :

- une centrale inertielle et son poste de commande
 - une tachéomètre électronique harmonisé et couplé à la Centrale
 - un microordinateur PC portable et l'indicateur de navigation associé.
- L'ensemble est monté dans un véhicule tout terrain spécialement aménagé à cet effet.

1-1 CENTRALE INERTIELLE ET POSTE DE COMMANDE :

La centrale inertielle, modèle ULISS 30, est un système de navigation de haute précision conçu pour une utilisation dans un véhicule terrestre.

Le système ULISS 30 repose sur la technique de navigation inertielle utilisant la méthode des recalages à vitesse nulle (zéro velocity update method).

Le système ULISS 30 se compose d'une unité de navigation inertielle UNI 30 et d'un poste de commande CDU 30.

L'unité de navigation UNI 30 utilise une plateforme inertielle à cardans équipée de gyroscopes secs deux axes à suspension dynamique accordés et de trois accéléromètres pendulaires asservis.

Le poste de commande CDU 30 est l'interface homme-machine qui permet de vérifier l'état du système inertielle.

1-2 TACHEOMETRE ELECTRONIQUE

Le tachéomètre électronique, modèle Geodimeter GDM 420, permet l'implantation et/ou le levé de positions déportées. En effet, embarqué dans un véhicule terrestre, le système inertiel délivre en temps réel ses coordonnées de position relativement au cœur inertiel ou à des points de référence solidaires du véhicule. Afin d'étendre les possibilités du système inertiel et de pallier à l'obligation de "stationner" les positions à lever ou implanter, le tachéomètre électronique est couplé et harmonisé à la centrale inertielle. Il permet ainsi de favoriser l'implantation et/ou levé des positions déportées dans un rayon de 300 mètres autour du véhicule porteur.

Le couplage du Tachéomètre électronique à la centrale est réalisé comme suit :

- Position basse : le tachéomètre est monté dans une embase solidaire du carter du système inertiel. La position basse n'autorise que les visées rayonnées par la porte arrière ouverte du véhicule.
- Position haute : le tachéomètre est monté dans une embase sur un trépied solidaire du carter du système inertiel. La position haute autorise les visées rayonnées sur 360°. Un toit ouvrant a été spécialement aménagé dans le véhicule à cet effet.

L'harmonisation du tachéomètre électronique à la centrale consiste à déterminer les paramètres de la matrice de passage du référentiel tachéomètre au référentiel inertiel. L'harmonisation est réalisée au travers d'une "procédure d'harmonisation" originale conçue par la SAGEM.

1-3 MICRO-ORDINATEUR PC PORTABLE ET INDICATEUR DE NAVIGATION

Le microordinateur portable, modèle COMPAQ 386, assure l'interfaçage entre les acquisitions inertielles et les spécificités de la topographie géophysique. Un moniteur temps réel a été spécialement développé pour prendre en compte le caractère temps réel du système. Les accès au disque dur du COMPAQ sont gérés de manière à ce qu'ils ne peuvent être effectués qu'à l'arrêt du véhicule porteur. Le micro-ordinateur est monté sur silent blocs.

L'indicateur de navigation, modèle SAGEM MTPL+, est une unité de visualisation périphérique du micro-ordinateur. Installée dans le tableau de

bord du véhicule, cet indicateur permet au chauffeur du véhicule de connaître distance et cap de ralliement à une position prédéterminée ainsi que le temps disponible avant le prochain recalage à vitesse nulle.

2- PRINCIPE DES TECHNIQUES INERTIELLES UTILISEES PAR GEODINE 30

La centrale inertielle ULISS 30 est un système autonome de navigation embarqué qui mesure en 3 dimensions les accélérations et rotations pour reconstituer le trajet parcouru.

Les éléments inertiels aéronautiques utilisés sont de la classe de précision du "nautique/heure". Afin d'obtenir une précision significative, le système est utilisé en procédant à intervalles réguliers à des recalages à vitesse nulle.

Ces arrêts permettent de déterminer l'erreur apparue sur la vitesse au cours du trajet précédant et donc :

- de corriger la position de cet arrêt
- de connaître la vraie valeur de la vitesse à l'origine du trajet à venir.

De plus, les trajets étant insérés entre des positions connues des recalages de position sur ces points permettent d'optimiser par lissage la trajectoire.

Les performances intrinsèques du système GEODINE 30 avant lissage sont :

- en planimétrie, $3 \cdot 10^{-4}$ de la distance parcourue
- en altimétrie, 10^{-4} de la distance parcourue

Les performances obtenues après recalage de position (après lissage) sont quelques 10^{-5} de la distance parcourue.

3- APPLICATIONS AUX MISES EN OEUVRE GEOPHYSIQUES. FONCTIONNALITES DU LOGICIEL GEODINE 30 :

3-1 MISE EN OEUVRE TOPOGRAPHIQUE EN SISMIQUE TERRESTRE :

La mise en oeuvre topographique en sismique terrestre consiste à matérialiser sur le terrain les positions d'émission et de réception nécessaires à la mise en oeuvre de l'acquisition sismique. Les positions de réception (Géophone ou Trace) sont régulièrement réparties le long de profils. Les positions d'émission (point de tir) sont réparties au voisinage des positions de

réception. Selon le type d'exploitation sismique envisagé, on distingue les études 2D monoligne (Rectiligne explosif, rectiligne vibrosismique et slalom line) et les études 3D multilignes (source vibrosismique ou explosif). Nous nous bornerons à considérer le cas des études 3D. La majeure partie des études 3D se caractérise par l'existence de la notion de grille traces et grille point de tir. la grille traces (ensembles des positions géophones ou traces) est constituée d'un ensemble de profils rectilignes et parallèles. La grille points de tir (ensemble des positions points de tir) est constituée, par exemple, d'un ensemble de profils rectilignes parallèles et perpendiculaires aux lignes de la grille traces. Ces grilles s'étendent sur quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres carrés. La précision requise est généralement métrique en planimétrie. En altimétrie, elle peut être décimétrique. L'ensemble des coordonnées de position est calculé et inséré dans le système géodésique du pays considéré.

3-2 FONCTIONNALITES DU LOGICIEL GEODINE 30 :

Le logiciel GEODINE 30, développé sur microordinateur COMPAQ 386, permet d'harmoniser les acquisitions inertielles et les spécificités de la topographie géophysique. Ce logiciel a été écrit par la SAGEM en langage C autour d'un monitor temps réel, à partir des spécifications fonctionnelles définies par la C.G.G.

Le logiciel GEODINE 30 permet l'implantation et le levé en temps réel et la gestion des positions traces et points de tir des études sismiques 2D et 3D terrestres.

Les principales fonctions de ce logiciel sont les suivantes :

1- *Densification de réseaux géodésiques primaires :*

Cette densification permet de disposer, sur la zone de prospection, d'un ensemble de points homogènes et de qualité comparable à celle des points du réseau primaire.

Ces points permettront d'effectuer des recalages de position et pourront constituer des points de passage obligé.

2- *Transformation de coordonnées :*

Il importe que les données acquises soient exprimées dans le système géodésique et dans le système de projection du pays considéré. Le logiciel autorise donc, la transformation bi-directionnelle des coordonnées géographiques d'un datum

donné dans la plupart des systèmes de projection connus au monde.

3- *Génération des grilles théoriques traces et points de tir :*

Le logiciel GEODINE 30 permet, à partir d'une description détaillée des grilles, de générer les coordonnées théoriques de chacune des positions traces ou points de tir.

4- *Prise en compte des spécifications relatives à l'implantation.*

Le système GEODINE 30 intègre les spécifications géophysiques relatives à l'implantation des points déportés de leur position théorique.

En fonction de ces spécifications, différentes possibilités sont offertes à l'opérateur qui choisit la position topographique la plus viable.

5- *Implantation/levé d'une position trace ou point de tir :*

Le logiciel GEODINE 30 permet le ralliement à chacune des positions traces ou points de tir de coordonnées théoriques X,Y précalculées, à en assurer l'implantation et le levé X,Y et Z en temps réel. Dans le cas où la position théorique ne peut être ralliée physiquement sur le terrain, une position réelle sera implantée et levée au voisinage de la position théorique en tenant compte des contraintes de déport tolérées du point de vue des spécifications sismiques.

Les opérations d'implantation et de levé sont réalisées soit en amenant le véhicule porteur sur la position à topographier, soit en utilisant le tachéomètre électronique au travers de visées rayonnées depuis la station inertielle. Dans ce cas, le véhicule porteur stationnant une position quelconque et, après sélection du numéro de point à implanter ou à lever, le microordinateur détermine les données d'implantation à afficher au tachéomètre électronique.

6- *Archivage des données*

Le logiciel GEODINE 30 permet d'acquérir toutes les informations de position des traces et points de tir réels et de les rendre compatibles à la norme internationale UKOOA P1/84 sur disquette MSDOS. Ces données peuvent constituer des fichiers d'entrée du système de calcul et de représentation graphique GEOMICRO*, autorisant ainsi la production de plan de position, coupe altimétrique, simulation de couverture, ...

* C.G.G. copyright

5- CONCLUSION :

Le système GEODINE 30 représente un nouveau concept de la mise en oeuvre des opérations topographiques en géophysique terrestre. Le système devrait permettre de diminuer les coûts de mise en oeuvre

topographique et de réduire les délais d'obtention des coordonnées des positions géophysiques, nécessaires à l'acquisition et au traitement sismiques.

La méthode est également applicable aux études gravimétriques.



Système GEODINE 30 - Tachéomètre électronique en position haute



Implantation/levé en visées rayonnées à partir de la station inertielle

1789
Les états généraux
s'ouvrent à Versailles



7-8-9 décembre 1989
L'AFT organise
"Les états généraux
de la topographie"
au CNIT, Paris-la-Défense

CENTRE DES NOUVELLES INDUSTRIES ET TECHNOLOGIES

**L'AFT CELEBRERA SES 10 ANS AU CNIT
DU 7 AU 9 DECEMBRE 1989
et y organise(*) son
2^e CONGRES INTERNATIONAL
intitulé
"LES ETATS GENERAUX DE LA TOPOGRAPHIE"**

— Conférences sur :

Les derniers progrès en matière d'instruments et de méthodes.

Leurs applications aux travaux généraux et de génie civil.

La formation professionnelle et des débouchés dans le cadre de la Communauté Européenne et face au marché mondial.

— Exposition sur 1 000 m²

Exposition de matériels, de services, de travaux, de littérature professionnelle et historique, etc... par posters et tous autres moyens.

Lieu de rencontre privilégié des congressistes.

— Visites techniques extérieures

Placé au centre du CNIT, ce congrès, le plus grand carrefour de la profession, sera un espace privilégié de rencontre, de dialogue et d'animation pour les entreprises, les jeunes et les professionnels.

Pour toutes informations écrire à l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.

() Avec le concours des fédérations de la construction, de l'industrie, des mines et carrières.*

BORNES & BALISES

B. P. 14 - Zone Industrielle
17290 AIGREFEUILLE d'AUNIS
Tél. : (46) 35-54-00

Une nouvelle technique révolutionnaire de bornage :

le système BISS de BORNES et BALISES, le complément indispensable d'un plan de récolement

Le système BISS de BORNES et BALISES est une technique révolutionnaire de matérialisation d'un point géométrique couplé à un mode de localisation permanent et précis au centimètre près.

PRINCIPE

Il est composé de deux éléments : le premier, actif, est un émetteur récepteur radio calé sur deux fréquences prédéterminées — l'une, d'émission, l'autre de réception — (Sondeur 2B SENSOR) ; le deuxième, passif, dénommé "BORA" (borne radio).

Son principe correspond à une antenne qui renvoie sous un code précis le signal émis par l'émetteur 2B SENSOR.

AVANTAGES

Depuis de nombreuses années, l'évolution des engins agricoles et de travaux publics ont rendu les bornes de plus en plus vulnérables. Grâce au système BISS, on peut raisonnablement concevoir aujourd'hui que chaque borne implantée permettra d'être conservée dans le temps et, par conséquent, amènera une économie importante dans la recherche de ces points.

En effet, par ses caractéristiques, le système BISS apporte les avantages suivants :

- durée de vie illimitée de la borne (élément passif sans énergie) ;
- pose et manutention ultra-rapides (poids de la borne : 50 g ; longueur : 11,5 cm ; diamètre : 2 cm) ;
- facilité de recherche du point grâce à sa personnalisation ;
- localisation unique sans interférence (aucun écran d'arrêt tel que béton armé, plaque de fer, pierres, eau, etc...) ;
- rétablissement du point avec une précision à la verticale d'environ 2 cm.



A gauche :
Repère topographique
de réseau.

A droite :
Borne radio
"BORA".

Au centre :
Émetteur-récepteur
"2B SENSOR".

APPLICATIONS

Les performances de cette nouvelle technique de bornage ont amené la Société BORNES et BALISES à affecter des fréquences d'utilisation en accord avec les Administrations concernées :

- 25 Khz : IGN, Cadastres, bornes géodésiques, bornes de triangulation.
- 33 Khz : bornes foncières contrôlées par l'Ordre des Géomètres-Experts.
- 40 Khz : repère topographique affecté pour les repères de drainage, d'adduction d'eau et d'assainissement.

Le système BISS de BORNES et BALISES devient donc un outil indispensable dans le cadre des Banques de Données Urbaines et des nouvelles structures d'aménagement rural.



Détermination de verticalité
d'un point avec émetteur-
récepteur 2B SENSOR.

Tous les topographes savent que la réalisation d'un plan de récolement nécessite en complément un balisage des points singuliers définis par rapport à la topographie des lieux. Au fur et à mesure des années, cette topographie peut changer et il devient plus compliqué pour les utilisateurs qui recherchent ces points, de les redéfinir.

Grâce au système BISS, le gain de temps dans la recherche va donc être considérablement augmenté ou accru et il apportera une économie extrêmement intéressante, en particulier, dans le cadre de la recherche de réseaux.

L'ensemble des Administrations concernées a déjà implanté 10 000 points en FRANCE et les tests de recherche réalisés ont amené ces Administrations à homologuer définitivement ce système.

Répertoire des Annonceurs - N° 38

NIKON	2 ^e CV
WILD LEITZ	2
SOKKISHA	6
GEOID	13
GEOTRONICS	14
LART	40
APEI	46
WILD LEITZ	56-57
SLOM	58
JENOPTIK	87-89-91
BORNES ET BALISES	109
MICROS G	111
AERIAL	3 ^e CV
TOPO CENTER	4 ^e CV

ACTUALITES A.F.T.

INFOS-FLASH

ORDRE DES GEOMETRES-EXPERTS - OGE



REELECTION DE JACQUES BRETON A LA PRESIDENCE DU BUREAU DU CONSEIL SUPERIEUR DE L'ORDRE DES GEOMETRES-EXPERTS.

COMPOSITION DU NOUVEAU BUREAU DU CONSEIL SUPERIEUR DE L'ORDRE DES GEOMETRES-EXPERTS ELU LE 21 JUIN 1989.

Président : Jacques BRETON
1^{er} Vice-Président : Jean-Pierre PICAVER
Vice-Président : Jean LAMAISON
Vice-Président : Richard PEDEZERT
Trésorier : Dominique LENOIR
Secrétaire : André RADIER

NECROLOGIE

Pierre Mermin (CA 146), fils de Marcel Mermin, a le regret de vous informer que son père est décédé le 16 mai dernier. L'AFT adresse à sa famille ses plus sincères condoléances.

DEMANDE D'EMPLOI

• **Opérateur topographe + préparation d'un brevet professionnel de chef de brigade**, 24 ans, dégagé OM, en activité actuellement, recherche en vue d'élargir horizon professionnel un emploi à l'étranger ou dans les Dom-Tom. M. Dialma Yannick, 9, route de Goussonville, Boinville-en-Mantois, 78930 Guerville. Tél. : 30.93.95.58.

OFFRES D'EMPLOI



• Dans le cadre du développement de ses activités "**GPS Survey System**", Sagem recherche : **1 technicien d'assistance technique**. Le candidat devra assurer auprès de la clientèle le support technique nécessaire à la vente et à l'utilisation des matériels GPS. Formation : **BTS/DUT Electronique**. Une première expérience dans le domaine du GPS appliqué à la géodésie est nécessaire ainsi que la pratique courante de l'anglais. Connaissances en micro-informatique sur système DOS appréciées. Nombreux déplacements en Europe. Poste basé à Cergy (95). Merci d'adresser votre candidature à Sagem, Département Mines-Energie, 27, rue Leblanc, 75512 Paris Cedex 15.

URGENT

• Société de photogrammétrie recherche pour chantier région **Cherbourg**,
• **Topographes** (Chefs de Brigade et Opérateurs).
• **Photographes**.
Ayant expérience industrielle si possible. Tél. : 33.03.81.67.

A VENDRE

• Vends à Metz, **cabinet tous travaux** : topo, arpentage, remembrement. Equipement moderne. Association - sur 3 à 5 ans possible. Ecrire AFT, réf. 381.

Michelin présente A.M.I.,
son premier service sur Minitel.
Un service télématique révolutionnaire,
premier pas vers la route du futur :

Assistance Michelin Itinéraires

A.M.I. permet à tout utilisateur d'un Minitel
de déterminer, en quelques secondes,
le meilleur itinéraire
entre deux localités.
Elaboré à partir de la cartographie
Michelin au 1/200.000^{ème},
A.M.I. peut calculer
tous les itinéraires reliant
les 36.000 communes de France
et quelques 4.000 sites touristiques
remarquables, par plus de
375.000 kilomètres de routes
de toutes catégories.

Pour la première fois au monde,
un service télématique intègre

des informations routières, touristiques
et hôtelières, pour la préparation
des déplacements, de A à Z.

Objectif : assurer un service d'itinéraires
24 h/24 répondant aux besoins
particuliers de chaque utilisateur,
du voyage d'affaires
au voyage d'agrément.

