

Cartographie  
Récifs coralliens  
Numérisation  
Golfe d'Aqaba  
Mer Rouge  
Cartography  
Coral reefs  
Digitization  
Aqaba Gulf  
Red Sea

# Traitements d'image et cartographie de récifs coralliens en Mer Rouge (Golfe d'Aqaba)

Roger MANIÈRE <sup>a</sup>, Jean JAUBERT <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Sophia-Antipolis, 06565 Valbonne cedex, France.

<sup>b</sup> Groupe de Recherches Marines, Mission Océanographique Française au Moyen-Orient, Université de Nice, Parc Valrose, 06034 Nice cedex, France.

Reçu le 31/1/85, révisé le 1/4/85, accepté le 5/4/85.

## RÉSUMÉ

La cartographie automatisée de récifs coralliens en Mer Rouge (Golfe d'Aqaba) est expérimentée à partir de la numérisation d'une photographie aérienne prise à basse altitude (diapositive couleur). Cette expérimentation qui utilise les moyens informatiques désormais traditionnels en télédétection spatiale s'avère très prometteuse grâce à la souplesse des moyens employés qui permettent notamment de s'affranchir des barrières posées par la faible dimension des objets à cartographier.

*Oceanol. Acta*, 1985, 8, 3, 321-330.

## ABSTRACT

Coral reefs mapping and cartography in Red Sea (Aqaba Gulf).

The usual methods for mapping coral reefs and shallow water communities generally combine two types of data:

- field observations which are always limited to more or less small sized areas;
- regional information such as aerial photographs and side-scanning sonar data and, occasionally, synoptic information in the form of satellite images.

For such work, the digitization and computer processing of aerial photographs appears to offer valuable prospects in so far as they permit:

- analysis of a great amount of information,
- any kind of geometrical rectification,
- the production of computer-assisted synthetic maps.

In accordance with these considerations, an attempt to develop an interactive method for coral reef mapping has been made.

The method includes two successive steps:

- digitization of the aerial colour diapositive and storage of the three resulting numeric images in the computer memory (red, blue and green channel);
- interactive computer processing of the numeric images.

Once the numeric images were stored, a supervised classification was implemented. The results seem very promising and show clearly that the method of computer processing of aerial photographs offers very interesting possibilities.

The main assets and prospects are:

- the regional analysis of a great number of data,
- the identification and mapping of a variety of morphological and biological communities,
- the automatic computation of the surface area of classes which have been differentiated,
- the method is particularly flexible in as much as it allows the scale for studies to be chosen according to the purpose of the study,
- it also permits periodical surveys at any given time in order to follow seasonal changes as well as the impact of pollution and various phenomena resulting from human activities.

*Oceanol. Acta*, 1985, 8, 3, 321-330.

## INTRODUCTION

Bordant les côtes des pays tropicaux faiblement peuplées ou encore peu industrialisées, les récifs coralliens et les milieux environnants sont longtemps restés à l'abri des interférences, souvent nocives, des activités de l'homme. Ce n'est plus le cas aujourd'hui et les perspectives qu'ils offrent, notamment dans le domaine de la mariculture (multiplicité des sites naturels, températures optimales, etc.) ont conduit, dans le monde entier, à un développement spectaculaire des études les concernant. La connaissance et la gestion de ces milieux supposent, parmi d'autres tâches, la mise en place d'inventaires cartographiques susceptibles d'en permettre une perception synoptique et un suivi dans le temps.

Les techniques habituellement utilisées sont variées (Stoddart, 1978; Hopley, 1978). Elles associent généralement les inventaires ponctuels (plongées sous-marines, utilisation de sous-marins d'explorations) et synoptiques (photographies aériennes, sonar latéral, imagerie satellitaire). Pour ce type d'études, l'utilisation de l'imagerie issue des satellites d'observation de la Terre paraît particulièrement bien adaptée. Les données issues des satellites tels que Landsat, HCMM, Tiros N ou Nimbus 7 ont en effet été employées pour l'analyse des milieux marins et lagunaires et ont ainsi permis de nombreuses applications relatives à la bathymétrie, à la turbidité, aux phénomènes de surface, à l'étude des pollutions (Doak *et al.*, 1980; Lyzenga, 1981; Albuissou *et al.*, 1981; Pirazzoli, 1982; Wald, Monget, 1983; Pirazzoli, 1984). Ce type de données a également été utilisé plus spécifiquement pour la cartographie de récifs coralliens (Smith *et al.*, 1975; Bina *et al.*, 1978; Bina, Ombac, 1979; Jupp *et al.*, 1981; Jupp *et al.*, 1984; Kuchler, 1984). Dans ce dernier cas, malgré la qualité intrinsèque des travaux effectués, les résultats obtenus manquent de précision du fait de la faible résolution du satellite (la taille du pixel variant de 1 km à 80 m) face à la taille des objets à identifier.

La numérisation de photographies aériennes, permettant une perception beaucoup plus fine des différents thèmes susceptibles d'être étudiés, constitue, dans l'attente des données SPOT notamment (Loubersac, 1983; Belsher *et al.*, 1983), une voie intéressante qu'il importe d'expérimenter. Dans cette optique, une réflexion méthodologique préliminaire a été conduite concernant l'utilisation des techniques de traitements d'images héritées de la télédétection spatiale.

La numérisation de photographies aériennes et l'application des moyens informatiques mis au point pour le traitement de données géocodées devraient permettre :

- une adéquation parfaite entre les données traitées et les niveaux de perceptions nécessaires à l'étude des récifs coralliens et des systèmes environnants;
- les redressements géométriques indispensables à la planimétrie des zones étudiées;
- la gestion et la manipulation d'un nombre considérable d'informations localisées géographiquement;
- enfin, en abaissant de façon notable le coût de production d'inventaires cartographiques, d'assurer un suivi diachronique des régions concernées.

Cette expérimentation a été tentée à partir d'un document photographique numérisé (diapositive Koda-

chrome II, 24 x 36 mm prise à 100 m de hauteur environ en vision proche de la verticale) représentant une portion de récif frangeant situé dans le Golfe d'Aqaba en Mer Rouge (fig. 1).

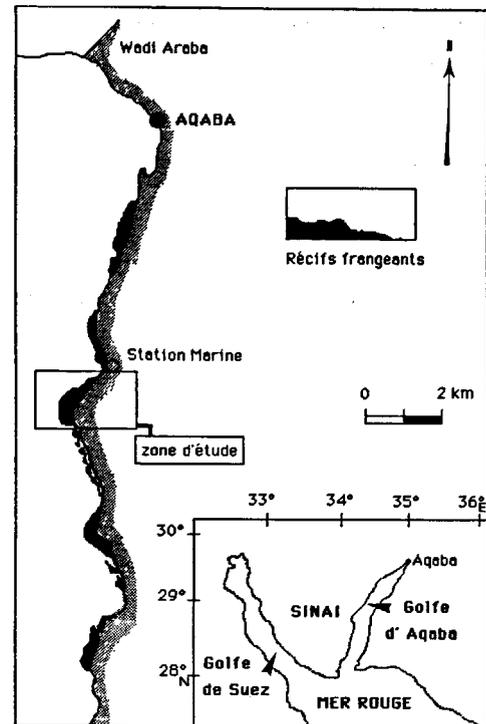


Figure 1  
Localisation de la zone d'étude.  
Location of study area.

## MÉTHODOLOGIE

## Terminologie

De nombreuses méthodes de traitements informatiques des données issues de la télédétection spatiale existent désormais pour regrouper et cartographier différents objets caractérisés par leurs signatures spectrales.

L'intervention du thématique (géographe, écologue, géologue) est appelée assistance dans le vocabulaire de la télédétection. On distingue, d'après Fralit (1977) :

- la pré-assistance qui est exercée avant la classification;
- la post-assistance qui est exercée après la classification;
- la co-assistance qui est exercée pendant la classification.

L'intervention de l'utilisateur intéresse différents domaines permettant de différencier :

- l'assistance spectrale qui est fondée sur la connaissance des caractéristiques des signatures spectrales;
- l'assistance taxonomique qui repose sur la connaissance des objets susceptibles d'être discernés sur le terrain;
- l'assistance géographique qui s'appuie sur la connaissance de l'étendue géographique d'un phénomène connu.

Les traitements utilisés pour cette expérimentation relèvent d'une pré-assistance à la fois taxonomique et géographique qui s'appuient sur la méthode dite du maximum de vraisemblance (Duda, Hart, 1973; Duda *et al.*, 1976).

#### Classification suivant le maximum de vraisemblance

Ce type de classification décrite par Monget *et al.* (1980) et Poisson (1981), consiste, après délimitation de parcelles de vérité-terrain, à reconnaître l'appartenance de chaque point de l'image étudiée à l'une des classes associées à ces parcelles. Pour cela, la combinaison de deux canaux est expérimentée en cherchant à mettre en évidence la meilleure délimitation des différents thèmes à cartographier. Cette combinaison suppose un découpage linéaire préalable des 256 valeurs possibles par canal en 16 niveaux afin de ramener le volume des informations à traiter à des dimensions compatibles avec le matériel utilisé. Les bornes du codage sont choisies pour ne s'intéresser qu'aux domaines spectraux offrant le plus d'intérêt pour les finalités poursuivies. Pour chaque parcelle d'entraînement, un histogramme croisé  $J1 = 16$  et  $J2 = 16$  est établi où chaque couple de codes  $S J1 J2$  est associé au nombre d'occurrences simultanées de  $J1$  et  $J2$  dans la parcelle concernée. Afin d'affecter un spectre  $S$  dans une classe plutôt que dans une autre une règle de décision est appliquée. Il s'agit de la règle dite du maximum de vraisemblance qui utilise la probabilité conditionnelle d'appartenance d'un spectre  $S$  à une parcelle  $P$ .

Cette règle s'exprime de la façon suivante :

$$S \in \Pi_i \Leftrightarrow P(S/\Pi_i)P(\Pi_j) > P(S/\Pi_j)P(\Pi_i)$$

$$\forall i \neq j,$$

où  $P(S/\Pi_i)$  correspond aux probabilités conditionnelles d'appartenance d'un spectre à une parcelle  $i$   
 $P(\Pi_i)$  est la probabilité *a priori* des classes  $i$ .

En faisant l'hypothèse que les différentes classes sont *a priori* équiprobables, on obtient :

$$S \in \Pi_i \Leftrightarrow P(S/\Pi_i) > P(S/\Pi_j)$$

$$j \neq i$$

$$j = i, m.$$

Ainsi, seules les probabilités conditionnelles d'appartenance d'un spectre à une parcelle sont-elles utilisées pour affecter chacun des spectres de l'image à la classe  $i$  à laquelle il a le plus de chance d'appartenir.

Enfin, pour éviter toutes confusions de classification une classe de rejet est définie qui est capable de recueillir les pixels qu'il n'a pas été possible d'affecter à l'une des classes d'entraînement.

Pour cela, une borne inférieure à la probabilité conditionnelle d'appartenance d'un pixel à une classe est fixée arbitrairement par l'utilisateur au-delà de laquelle le pixel est placé dans une classe de rejet.

La relation précédente devient alors :

$$S \in \Pi_j \Leftrightarrow P(S/\Pi_j) \forall j$$

et

$$P(S/\Pi_j) > R$$

où  $R$  est le seuil de rejet exprimé en probabilité.

#### Analyse des données

La cartographie numérique de cette portion de côte jordanienne s'est déroulée en trois phases distinctes :

- numérisation du document de base;
- stockage des données numériques sur fichiers informatiques;
- classification supervisée proprement dite.

#### Numérisation du document de base

La photographie aérienne étudiée (photographie n° 1) a été numérisée au Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels (C.T.A.M.N.) de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris à l'aide d'un numériseur d'images mis au point par la Société Européenne de Propulsion (S.E.P.).

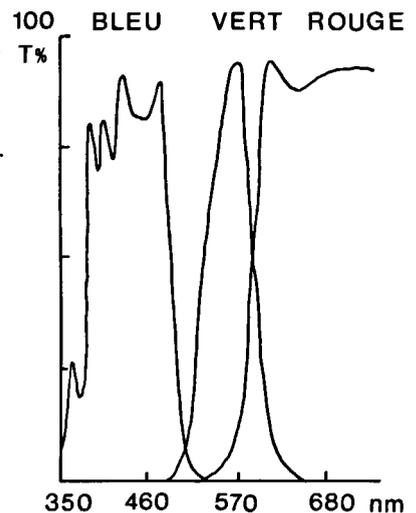
Les caractéristiques de la numérisation sont les suivantes :

- résolution 1200 lignes/800 points par lignes;
- dimension du point de résolution  $30 \mu\text{m} \times 30 \mu\text{m}$ ;
- analyse simultanée des couleurs par filtrage optique (bleu, vert, rouge). Les courbes de transmissions optiques des filtres utilisés sont données dans la figure 2.

Figure 2

Courbes de transmission optique des filtres Rouge, Bleu, Vert utilisés lors de la numérisation du document de base.

*Transmission spectra of the different filters used.*



#### Stockage des données

Pour chacune des bandes spectrales utilisées (0,35-0,55  $\mu\text{m}$ ; 0,47-0,65  $\mu\text{m}$ ; 0,52-0,80  $\mu\text{m}$ ), les informations numériques sont stockées dans un fichier appelé canal. Les trois canaux sont eux-mêmes réunis dans un fichier appelé Multi<sup>®</sup> (pour fichier *Multicanal* ou *Multivarié*) schématisé dans la figure 3.

Chaque canal est caractérisé par son nombre de lignes et de colonnes.

Les fichiers Multi<sup>®</sup> présentent en plus des différents canaux, une en-tête contenant diverses informations (titre général du fichier, nom des différents canaux, nombre de lignes et de colonnes, paramètres de la fenêtre de visualisation), et une zone graphique pouvant contenir un graphique susceptible d'être superposé aux images (tracé de routes, contours des polygones d'apprentissages, etc.).

Ainsi pour l'image traitée, trois fichiers « canaux » de 500 lignes et 450 colonnes ont-ils été constitués où les réflectances sont codées sur 256 niveaux et la résolution

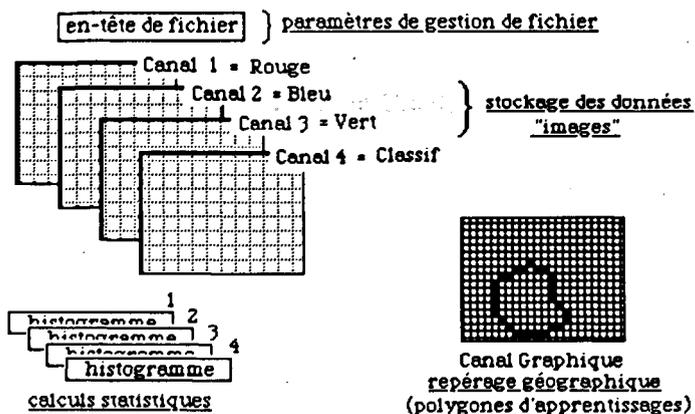


Figure 3  
Schéma représentant un fichier Multi®.  
Multi® file.

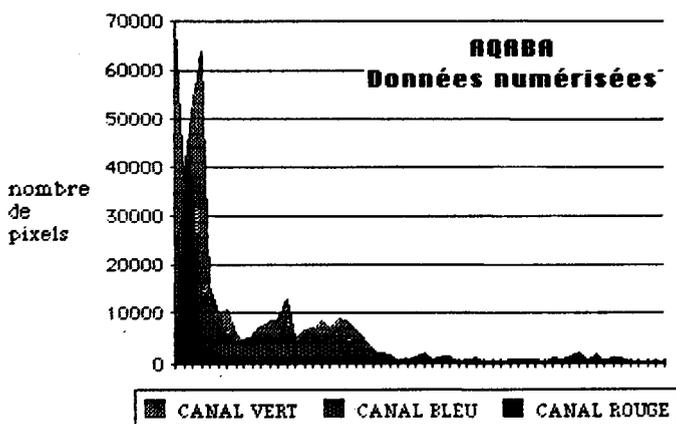


Figure 4  
Réflectances des canaux Bleu, Vert et Rouge.  
Blue, Green and Red channels.

au sol (pixel) représente un carré d'environ 0,25 m<sup>2</sup> (photographies n° 2, 3 et 4 et fig. 4).

**Classifications supervisées**

Basés sur une architecture de mini-ordinateurs (HP-1000), les moyens informatiques utilisés pour notre expérimentation sont ceux de l'École Nationale supérieure des Mines installés à Sophia-Antipolis au Centre

de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels et à l'Université de Nice au Centre de Traitement en Télédétection (fig. 5).

Matériels et logiciels sont orientés vers l'élaboration de méthodes de traitements d'images et d'analyses des données appliquées à la télédétection spatiale et plus généralement à la cartographie numérique.

Les classifications supervisées qui ont été effectuées se ramènent à deux étapes fondamentales :

- le calcul de l'histogramme croisé à partir de deux bandes spectrales préalablement seuillées;
- les classifications interactives qui s'appuient sur la délimitation de parcelles d'entraînement (vérité-terrain) établie à partir de la connaissance *a priori* de la localisation géographique, en un certain nombre de points de l'image, des objets à cartographier.

*Élaboration de l'histogramme croisé 16 x 16*

Après un seuillage de l'information de base, un histogramme croisé 16 x 16 est élaboré sur lequel viennent s'appuyer les classifications ultérieures.

A chaque croisement correspond un tableau où à chaque case (intersection d'une ligne et d'une colonne) est associée une couleur (256 potentielles suivant une charte déterminée, table Krosskolor®) qui permet une visualisation du croisement effectué étendu à l'ensemble de l'image.

Le codage simplificateur de l'espace des mesures étudiées - obligatoire compte tenu du matériel utilisé et du nombre des données à traiter - induit souvent des confusions thématiques. C'est pourquoi il importe d'expérimenter différents croisements pour ne retenir que la meilleure combinaison possible. Cet apprentissage préliminaire est fondamental et permet de définir une stratégie cartographique répondant aux caractéristiques des objets à cartographier.

En ce qui nous concerne, le croisement des canaux Rouge et Bleu paraît offrir la meilleure délimitation possible des objets susceptibles d'être cartographiés dans la zone étudiée. Les seuils retenus pour le croisement des canaux Rouge et Bleu sont donnés dans la figure suivante (fig. 6).

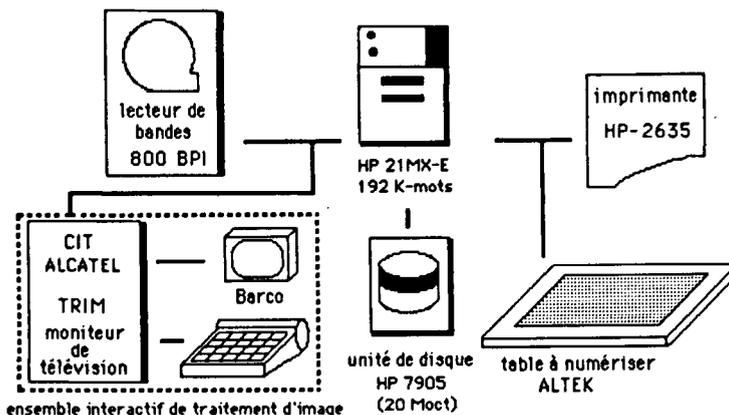


Figure 5  
Ensemble de traitements interactifs utilisé pour les classifications supervisées.  
Image processing system.



c) la pente externe comprenant les sables coralliens et les zones construites.

A ce niveau de l'étude, une critique de la classification obtenue est nécessaire :

– la limite externe du platier et son contenu paraissent satisfaisants;

– par contre, la partie de l'image située au-delà (pente externe, sables coralliens et formations construites) montre des objets mal délimités.

Une nouvelle classification doit donc être pratiquée cherchant à améliorer ce premier résultat. Pour cela, deux étapes sont nécessaires :

– d'une part, masquer l'information de base pour ne s'intéresser qu'à la pente externe et aux objets qui s'y trouvent;

– d'autre part, croiser les canaux Bleu et Vert qui offrent une meilleure perception des objets immergés plus profondément situés dans cette partie de l'image.

Un masque est donc réalisé et la classification s'opère suivant les mêmes étapes que précédemment (croisement multispectral, délimitation de polygones d'apprentissages, classification supervisée suivant le maximum de vraisemblance; fig. 7).

L'histogramme croisé obtenu pour les canaux Bleu et Vert masqués est le suivant :

		GREEN CHANNEL															
BLUE CHANNEL	124	3620	8494	1930	1223	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	172	2461	2330	8085	6391	2958	1211	196	42	2	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	16	491	1649	2655	1520	1585	895	327	47	14	0	0	0
	0	0	0	0	0	5	40	154	190	541	757	623	194	336	18	3	0
	0	0	0	0	0	4	4	29	21	57	273	338	131	383	80	30	0
	0	0	0	0	0	1	32	49	32	45	130	385	227	1070	318	1011	0
	0	0	0	0	0	0	1	9	6	7	16	21	52	313	148	1312	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	17	82	46	630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	46	171	93	2193	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	44	37	1889
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	20	15	1532	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	7	1040	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	317	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	461	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	357	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tableau 3

Histogramme croisé Bleu x Vert masqués  
 canal vertical = canal bleu masqué  
 canal horizontal = canal vert masqué.  
 Cross histogram (Blue and Green masked).

Trois biotopes sont retenus pour cette classification :

- 1) Pente externe et formations construites (outer slope-coral built)
- 2) Sables coralliens nus (bare coral sand)
- 3) Herbiers à Phanérogames (*Halophila* et *Halodule*) à faible recouvrement (scattered seagrass beds).

La table de classification résultante est la suivante :

pente externe										herbier peu dense										sables coralliens									
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

Tableau 4  
 Table de classification 2.  
 Classification Table No. 2.

La classification obtenue se révèle désormais parfaitement satisfaisante donnant les répartitions respectives de la pente externe et des formations construites, des sables coralliens nus, des herbiers. Les résultats des deux classifications peuvent être réunis pour obtenir la cartographie supervisée définitive du récif étudié (photographie n° 7).

En résumé, 7 étapes ont donc été nécessaires à la réalisation de cette synthèse cartographique supervisée :

- 1) Croisement des canaux Rouge et Bleu;
- 2) Classification préliminaire;
- 3) Critique de la classification obtenue;
- 4) Masquage de l'information de base et de l'image classée 1;
- 5) Croisement des canaux Bleu et Vert;
- 6) Classification 2;
- 7) Synthèse cartographique finale (réunion des deux images classées 1 et 2).

L'enchaînement des traitements opérés pour cette étude est représenté par la figure suivante (fig. 8).

CONCLUSIONS

L'expérimentation tentée ici démontre clairement les possibilités offertes par la numérisation de photographies aériennes pour la cartographie à grande échelle des récifs coralliens et des milieux environnants que l'imagerie satellitaire ne peut, dans les conditions actuelles, permettre.

Les moyens utilisés, désormais classiques en télédétection spatiale, montrent :

- une grande souplesse d'utilisation grâce à l'interactivité du système (critique immédiate des résultats, retours en arrière toujours possibles, manipulation de l'information disponible);
- de remarquables possibilités d'adaptations aux finalités préalablement définies (croisements différentiels, masquage de l'information de base comme des images classées, synthèse cartographique).

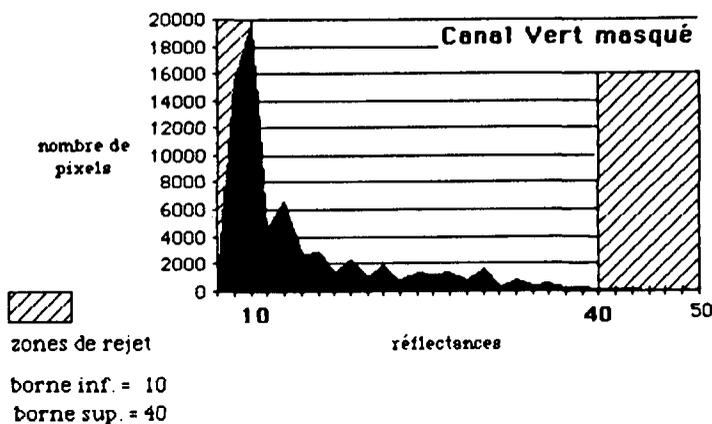
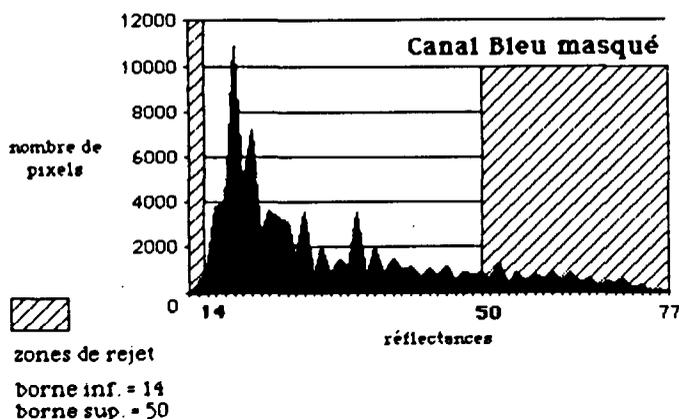


Figure 7  
Seuils de rejet retenus pour le croisement des canaux Bleu et Vert.

Reject threshold of Blue and Green channels.

Ainsi, l'analyse synoptique de vastes portions de territoires, le calcul automatisé de surfaces, l'élaboration d'inventaires cartographiques numériques sont, grâce à ce type de méthodes, désormais possibles avec des délais d'exécution rapides et une fiabilité certaine.

Au-delà, c'est la possibilité de mettre en place de véritables systèmes d'informations géographiques sur l'environnement récifal qui s'offre en permettant :

- de constituer des inventaires informatisés sur les récifs coralliens et les milieux environnants;
- d'en assurer des réactualisations rapides et peu coûteuses;
- d'accéder rapidement aux données stockées grâce aux nombreux moyens de restitutions cartographiques existants;
- de conduire des études dynamiques (suivis phénologiques, études d'impact).

Bien évidemment cette réflexion préliminaire reste à approfondir. Parmi les thèmes susceptibles d'être envisagés, on peut citer les différents paramètres intervenant sur la perception à distance des biocoenoses marines (type de vecteur, émulsions photographiques, filtres, niveaux de perceptions optimaux), l'utilisation de ratio améliorant les classifications, l'élaboration d'un modèle bathymétrique.

RÉFÉRENCES

Albuissou M., Monget J.-M., Wald L., 1981. Oil spills: a large scale monitoring from Landsat, *Proc. EARSEL-ESA Symposium, Voss, Norway, 19-20 May 1981, (ESA SP-167), 171-172.*

Battistini R. et al., 1975. Éléments de terminologie récifale, *Téthys*, 7, 1, 1-111.

Belsher T., Loubersac L., Belbeach G., 1983. Télédétection et variations du phytobenthos intertidal. *Actes 17<sup>e</sup> Symp. Europ. Biol. Mar., Brest, France, 27 septembre-1<sup>er</sup> octobre 1982. Oceanol. Acta. n° sp., 11-14.*

Binar R., Ombac E., 1979. Effects of tidal fluctuations on the spectral patterns of Landsat coral reef imageries, *Proc. 13th International Symposium on remote sensing of environment, ERIM, Ann Arbor, Michigan, 1293-1308.*

Binar R., Carpentier K., Zacher W., Jara R., Lim J., 1978. Coral Reef mapping using Landsat data: follow up studies, *Proc. 12th International Symposium on remote sensing of environment, ERIM, Ann Arbor, Michigan, 2051-2070.*

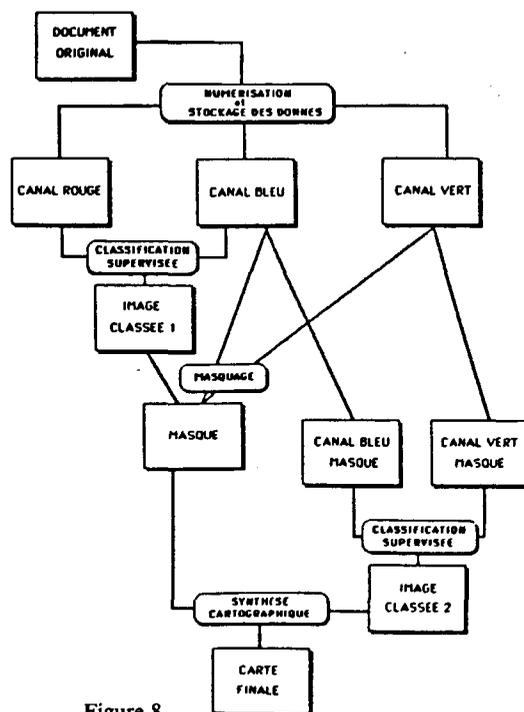


Figure 8  
Ordinogramme des traitements opérés.  
Classification process.

Doak E., Livizay J., Lyzenga D., Ott J., Polcyn F., 1980. Evaluation of water depth extraction techniques using Landsat and aircraft data, Final Report, Defense Mapping Agency, Hydrographic/Topographic Center, Washington DC, 1359000-2-J, 208 p.

Duda D., Hart E., 1973. *Pattern classification and scene analysis*, Wiley interscience, New York.

Duda D., Hart E., Nislon N., 1976. Subjective Bayesian methods for rule-based inference systems, *National Computer Conf.*, 1075-1083.

Fralit, 1977. Télédétection du littoral océanique de la France, Collection École Normale Supérieure de J.F., n° 11, 312 p.

Hopley D., 1978. Aerial photography and other remote sensing techniques, in: *Coral reefs: research and methods*, edited by R.E. Johannes and D.R. Stoddart. Monogr., Oceanogr. Methodol., UNESCO éd., Paris, 581 p., 23-44.

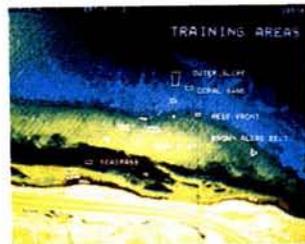
Jupp D., Mayo K., Kuchler D., Heggen S., Kendall S., 1981. Remote sensing by Landsat as support for management of the Great Barrier Reef, *Proc. 2nd Australasian Remote Sensing Conference, Canberra, Septembre 1981.*



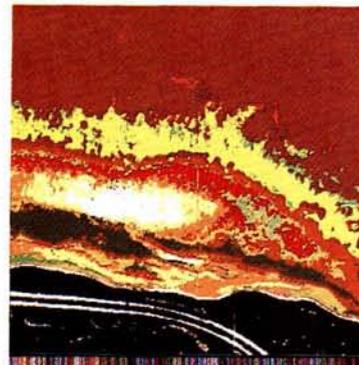
Photographie n° 1  
Document de base.  
Original aerial colour diapositive.



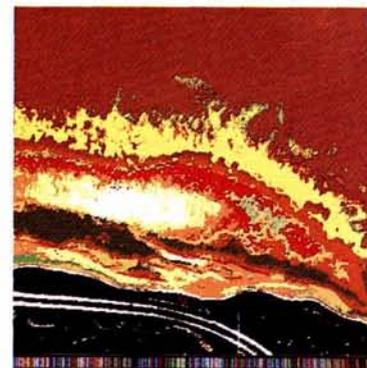
Photographies n° 2, 3 et 4  
Visualisation des canaux Rouge, Bleu et Vert obtenus après numérisation du document de base.  
Digitization result: Red, Blue and Green channels.



Photographie n° 5  
Localisation des polygones d'apprentissages.  
Ground truth polygons.



Photographie n° 6  
Image classée 1.  
Classified image n° 1.



Photographie n° 7  
Synthèse cartographique finale.  
Final cartographic synthesis.

Jupp D.L.B., Mayo K.K., Kuchler D.A., Heggen S.J., Kendall S.W., Radke B.M., Ayling T., Haywood M., 1984. Landsat based multirate information system for the bairns section of the Great Barrier Reef marine park. Report 2: Interpretation of landsat data by computer based classification and labelling, Technical Memorandum, CSIRO Division of Water and Land Resources, Canberra, ACT, 107 p.

Kuchler D.A., 1984. Separability of Landsat MSS and aerial photographic data for Heron Island reef together with spectral reflectances of coral reef features: Great Barrier Reef, Australia, Ph. D. Thesis, Dep. Geography, James Cook Univ.

Loubersac L., 1983. Coastal zones inventory by high resolution satellites, Proc. Alpbach Summer School, 27 July-5 August 1983, ESA SP-205, september 1983, 87-94.

Lyzenga D., 1981. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data, Int. J. Rem. Sens., 2, 71-82.

Monget J.-M., Poisson M., Verger M., 1980. La cartographie de la forêt de chizé par télédétection, Ann. Mines, avril-mai 1980, 182-190.

Pirazzoli P.-A., 1982. Télédétection en milieu récifal. Utilisation d'une image Landsat pour évaluer la bathymétrie dans l'atoll de Rangiroa (Polynésie française), Oceanis, 8, 4, 297-308.

Pirazzoli P.-A., 1984. Cartographie des hauts fonds par télédétection dans l'Archipel des Gambier (Polynésie française), L'espace géographique, 13, 3, 277-284.

Poisson M., 1981. La forêt de Chizé, in : Télédétection du marais poitevin et de ses marges, Collection École Normale Supérieure J.F., vol. 13, 311 p.

Smith V., Rogers R., Reed L., 1975. Thematic mapping of coral reefs using Landsat data, Proc. 10th International Symposium on remote sensing of environment, ERIM, Ann Arbor, Michigan.

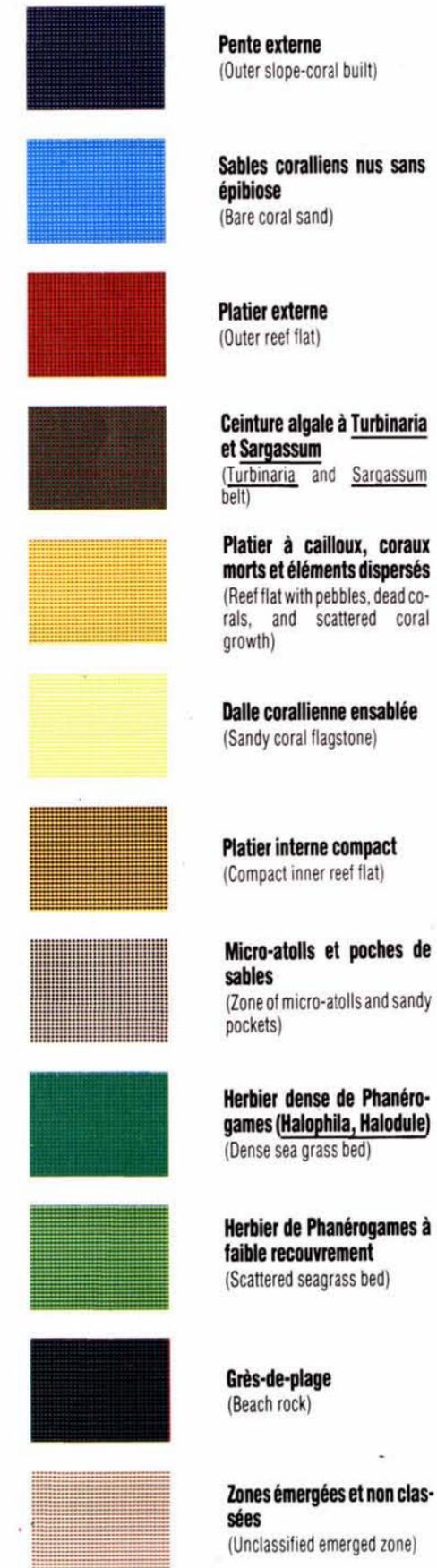
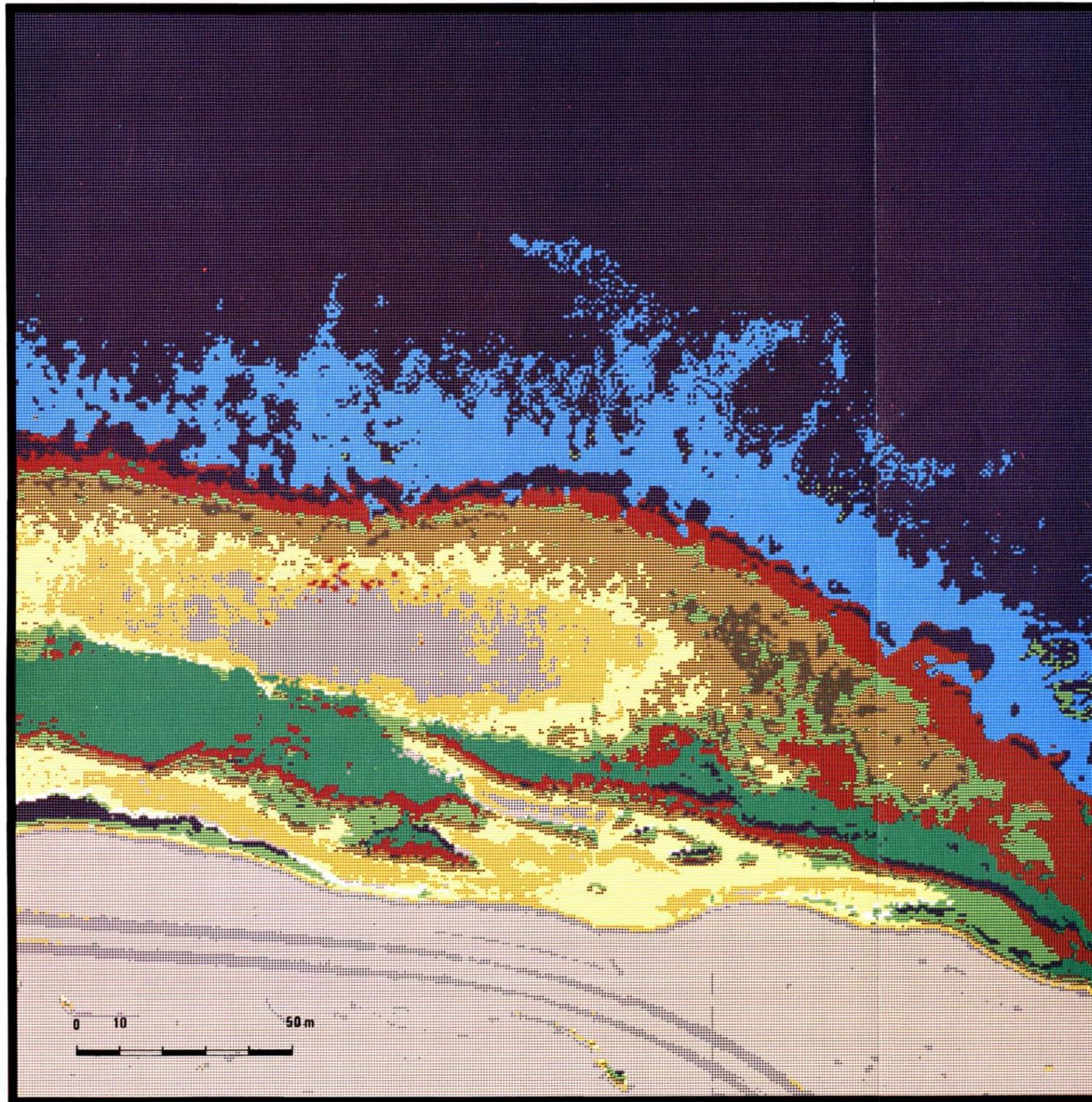
Stoddart D., 1978. Mapping reefs and island, in: Coral reefs: research and methods, edited by R.E. Johannes and D.R. Stoddart. Monogr., Oceanogr. Methodol., UNESCO éd., Paris, 581 p., 17-21.

Wald L., Monget J.-M., 1983. Reflectance contrast observed by Landsat between a calm and a rough sea, Photogram. Engineer. Rem. Sens., 49, 2, 241-242.

# CARTOGRAPHIE DE RECIFS CORALLIENS EN MER ROUGE

(Golfe d'Aqaba)

Extrait de *Oceanologica Acta* volume 8 n° 3, 1985



## TELEDETECTION AEROPORTEE ET SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE ASSISTEE PAR ORDINATEUR

par

R. MANIERE  
et  
J. JAUBERT

Mission  
Océanographique  
Française  
au Moyen-Orient :  
Ministère des  
Relations Extérieures

Groupe  
de Recherches  
Marines  
Université de Nice  
Parc Valrose  
06034 Nice Cedex

Centre  
de Télédétection  
et d'Analyse  
des Milieux Naturels  
E.N.S. Mines de Paris  
06565 Valbonne Cedex

Restitution VIZIR COLOR  
SEP/CTAMN-SODETEG-  
Télédétection