

Carte des peuplements benthiques en Méditerranée : constitution d'une banque de données géocodées et synthèse cartographique

Robert Méaille, Lucien Wald, Charles-François Boudouresque

▶ **To cite this version:**

Robert Méaille, Lucien Wald, Charles-François Boudouresque. Carte des peuplements benthiques en Méditerranée : constitution d'une banque de données géocodées et synthèse cartographique. Oceanologica Acta, 1988, 11 (2), pp.201-211. hal-00464749

HAL Id: hal-00464749

https://minesparis-psl.hal.science/hal-00464749

Submitted on 13 Apr 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cartes des peuplements benthiques en Méditerranée : constitution d'une banque de données géocodées et synthèse cartographique

Peuplements benthiques
Synthèse cartographique
Banque de données géocodées
Littoral méditerranéen
Traitement d'image

Benthic communities
Synthetic mapping
Geocoded data base
Mediterranean sea-shore
Image processing

Robert MÉAILLE [a], **Lucien WALD** [a], **Charles-François BOUDOURESQUE** [b]

[a] Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Sophia-Antipolis, 06565 Valbonne Cedex, France.

[b] Laboratoire d'Écologie du Benthos et de Biologie Végétale Marine, Université d'Aix-Marseille II, Faculté des Sciences de Luminy, Case 901, 13288 Marseille Cedex 9, France.

Reçu le 18/6/87, révisé le 24/11/87, accepté le 26/11/87.

RÉSUMÉ

Cet article relate la création d'une banque de données géocodées pour l'étude des peuplements benthiques de Méditerranée occidentale (sud-est de la France). Une méthode de synthèse cartographique est présentée et discutée ici. Les cartes relatives aux peuplements benthiques existant sur une zone de 18 km N-S par 41 km E-W, comprise entre Toulon et La Ciotat ont été rassemblées. La finalité de celles-ci étant diverse, elles présentent un grand nombre de codes décrivant les peuplements benthiques qu'il a été nécessaire de standardiser afin d'homogénéiser la banque de données.

Ensuite, ces cartes ont été numérisées, puis rectifiées géométriquement par rapport à une même projection. Après la standardisation du trait de côte, la banque de données a été créée avec un élément d'information (pixel) de 25 × 25 m. Elle se compose de sept secteurs se recouvrant partiellement et décrivant la zone totale étudiée. Ce découpage permet d'optimiser l'utilisation de la banque et la visualisation de la zone d'étude. Ensuite les différents secteurs ont été enregistrés sur un disque optique numérique relié à un micro-ordinateur.

Au sein de chaque secteur, chaque point est pondéré par un facteur dépendant essentiellement des techniques d'observation ou de cartographie bionomiques des peuplements (observation de photographies aériennes, observation directe lors de plongées en sous-marin d'exploration, résultats bionomiques d'après prélèvements par dragages) et de l'année au cours de laquelle les relevés ou prélèvements ont été réalisés. La carte de synthèse est composée des points de pondération maximale trouvés sur l'ensemble des cartes, tandis que la différence en chaque point entre le code de pondération maximale et le code de pondération immédiatement inférieure, est reportée sur la carte des « désaccords ».

Les résultats de ces traitements sont présentés. Une évolution de cette méthode de synthèse est discutée.

Oceanol. Acta, 1988, **11**, 2, 201-211.

ABSTRACT

Mediterranean benthic community maps: geocoded data base and cartographic synthesis

This paper deals with the creation of a geocoded data base for the study of western Mediterranean benthic communities. A method for cartographic synthesis is also presented and discussed. Maps were collected for an area off the southeast coast of France, between Toulon and La Ciotat, measuring 18 km N-S and 41 km E-W. Once digitized by means of a digitizing table, the maps are standardized for codes as well as geometry. When replaced in an absolute frame, they are also standardized for the sea-shore line.

Les nombreuses cartes existant sur cette région ont été inventoriées par Jeudy de Grissac *et al.* (1986). De cet inventaire, nous avons écarté les cartes trop anciennes, les cartes redondantes et aussi les croquis dont les échelles sont inférieures à 1/14 000, croquis le plus souvent restreints à une toute petite zone d'étude. Au total, dix-huit cartes ont été retenues :

— Blanc (1975) : carte générale, de La Ciotat au Cap Cépet (1/96 000), du Cap Cépet à la pointe de Carqueiranne (1/49 000) ;

— Picard et Bourcier (1976) : baie de La Ciotat (1/43 000) ;

— Blanc (1977) : du Cap Canaille à Figuerolles (1/48 000), La Ciotat (1/29 000), Port d'Alon (1/14 000), Sanary (1/29 000), Le Brusc (1/17 000), baies de La Seyne et des Sablettes (1/25 000), baie de la Garonne et pointe de Carqueiranne (1/13 000) ;

— Picard (1978) : baie de La Ciotat, évolution de 1959 à 1972 (1/43 000) ;

— Nodot *et al.* (1978) : Le Mourillon (1/22 000) ;

— Bourcier *et al.* (1979) : baie du Lazaret (rade de Toulon) ;

— Verlaque et Tine (1979) : du Cap Cépet à Saint-Mandrier et du Mourillon au Pradet (1/25 000) ;

— Bourcier (1980) : du Bec de l'Aigle à Bandol (1/81 000) ;

—Giraud (1980) : carte générale (1/50 000) ;

— Nodot *et al.* (1984) : grande rade de Toulon, de Saint-Mandrier à la pointe de Carqueiranne (1/57 000).

L'échelle de ces cartes est comprise entre 1/14 000 et 1/122 000. Elle peut d'ailleurs varier très fortement d'un point à l'autre d'une même carte, du fait d'un étirement involontaire ou d'un manque de fond de carte correct lors de la transcription des données relevées, et nécessite alors une transformation géométrique explicitée ultérieurement. Nous avons choisi pour la banque de données, l'échelle standard du 1/25 000, car elle offre un bon compromis entre la précision des documents utilisés et les impératifs de facilité d'utilisation de cette banque.

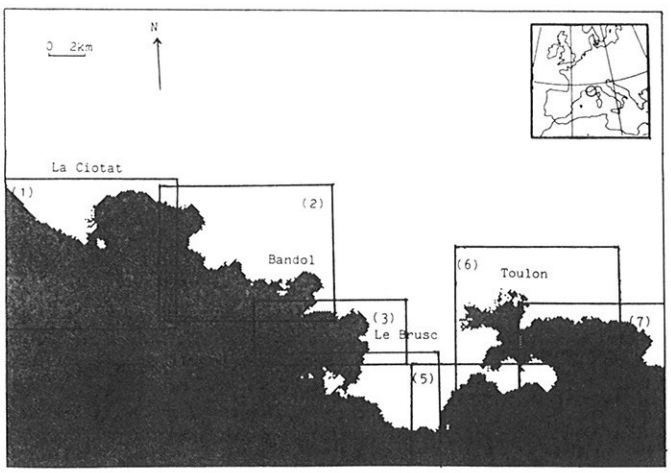


Figure 1
Carte indiquant la situation géographique de la zone étudiée et la position des sept secteurs.
Map showing the location of the area studied and the seven sectors.

Les cartes sélectionnées n'utilisent pas toutes le même fond de carte. Certaines sont tracées sur le fond de carte du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) de type Mercator ou sur le fond de l'Institut Géographique National (IGN). La plupart ont été tracées sur des fonds de carte moins répandus ou, en ce qui concerne les relevés effectués par photographies aériennes, elles ont été laissées dans leur géométrie d'acquisition et présentent des déformations latérales importantes. Il est difficile, voire impossible, d'obtenir l'original de la carte, et il faut se contenter d'une reproduction plus ou moins fidèle dont les éventuelles distorsions géométriques s'ajoutent aux précédents problèmes.

Il faudra donc, lors de la constitution de la banque de données, transformer géométriquement ces cartes pour uniformiser l'échelle et le fond de carte. Ce dernier sera le fond IGN en projection conique conforme Lambert zone III, et l'échelle sera le 1/25 000.

En fonction de son échelle, de son objectif, des préoccupations ou de la spécialité des auteurs, chaque carte constitue un cas particulier du point de vue du découpage des peuplements benthiques et de leur légende. Dans certains cas, la correspondance n'est pas évidente à établir entre les différentes cartes. Par ailleurs, la normalisation des symboles de représentation, proposée récemment par Meinesz *et al.* (1983) n'a bien sûr pas été utilisée dans les cartes antérieures, et chaque auteur adopte un système de symboles personnels.

Au total, une centaine de dénominations pour des peuplements ou types de fonds ont été recensées sur l'ensemble des documents utilisés. Nous les avons regroupées en vingt-trois classes correspondant, soit à des « biocénoses » telles que définies par Pérès et Picard (1964), soit à des « faciès de biocénoses ». Comme le montre le tableau 1, nous avons attribué à

Tableau 1
Table de correspondance entre codes chiffrés (à gauche) et codes abrégés (en lettres grasses) décrivant les vingt-trois classes de peuplements benthiques utilisées.
Table of the correspondence between the codes (numbers and letters) and the twenty-three classes of benthic communities.

0 : Zones non cartographiées par l'auteur de la carte.
1 : **AP**. Algues photophiles.
2 : **APd**, Algues photophiles appauvries.
3 : **APe**. Algues photophiles sur éboulis sous-marins.
10 : **P**. Milieux portuaires, zones fortement polluées.
11 : **SVMC**. Sable vaseux en mode calme, sans épiflore.
12 : **SVMC/z**. Herbier à *Zostera noltii* sur SVMC.
13 : **SVMC/c**. Herbier à *Cymodocea nodosa* sur SVMC.
20 : **SFHN**. Sables fins de hauts niveaux.
21 : **SFBC**. Sables fins bien calibrés.
22 : **SGCF**. Sables grossiers et fins graviers sous influence de courants de fond.
30 : **HP**. Herbiers à *Posidonia oceanica* non dégradés.
31 : **HPD**. Herbiers à *P. oceanica* dégradés.
32 : **MM**. Mattes mortes de *Posidonia oceanica* couvertes d'algues photophiles.
40 : **C**. Fonds caralligènes (fortement bioconcrétionnés).
41 : **PC**. Précoralligène (faiblement bioconcrétionné).
50 : **DC**. Détritique côtier.
51 : **DC/c**. Détritique côtier plus ou moins concrétionné.
52 : **DC/p**. Détritique côtier à Peyssonnéliacées libres.
53 : **DC/m**. Détritique côtier avec maërl ou pralines.
54 : **DC/i**. Détritique côtier avec faciès d'instabilité.
60 : **DE**. Détritique envasé.
70 : **VTC**. Vases terrigènes côtières.
80 : **DL**. Détritique du large.
250 : **Côte**. Littoral et terres émergées.

Dans le premier cas, il n'y a pas de correction, sauf si la superficie d'une classe côtière est diminuée de plus d'un tiers approximativement.

En conclusion, quoique les opérations soient automatisées, la géométrie de chaque carte pose un problème qui est résolu rapidement de manière interactive. Le temps nécessaire à la préparation, à la numérisation, à la rectification et à la correction géométrique est en moyenne de 30 minutes-homme et de 30 minutes-calcul (IBM® PC/XT).

Réalisation de la banque de données géocodées

La zone cartographiée étant d'une taille totale égale à 720 lignes pour 1 640 colonnes avec un pixel de 25 × 25 m, il est impossible de la voir d'un seul bloc sur le moniteur couleur sans la réduire plus de trois fois, et par conséquent perdre de l'information, ou alors modifier la fenêtre de visualisation pour faire apparaître la région souhaitée, ceci en calculant ses coordonnées par avance. Afin de pallier aisément ces inconvénients, nous avons opté pour un partage de la zone considérée en plusieurs secteurs de taille compatible avec celle de la fenêtre de visualisation. Pour cela nous avons découpé la zone en sept secteurs de taille comprise entre 160 et 360 lignes pour 400 à 440 colonnes. Ce découpage offre un compromis entre, d'une part, la visualisation d'une zone relativement importante et, d'autre part, les exigences du traitement informatique pour la synthèse et une gestion de la banque de données plus performante. De plus, le recouvrement des différents secteurs contigus atténue les inconvénients dus au découpage de la carte, et offre ainsi une meilleure visualisation des zones de chevauchement. Chaque secteur ainsi défini forme un fichier image à l'intérieur duquel sont classés plusieurs canaux. Chaque canal contient une carte ou une partie de carte référencée par ses auteurs (tab. 2). Une fois toutes ces cartes intégrées dans la banque de données, il est aisé de les comparer entre elles et de suivre l'évolution temporelle des faciès (fig. 2).

Indépendamment des buts thématiques, la réalisation de banques de données suivant le schéma précédemment décrit est relativement répandue (*voir* par exemple Smith, Blackwell, 1980; Shasby *et al.*, 1981; Williams *et al.*, 1985), et est particulièrement utilisée au CTAMN (Giraud *et al.*, 1983; Adam de Villiers-Demarcq, 1985; Bardinet *et al.*, 1986; Cano, 1987; Méaille, 1987; Wald, 1987). Toutefois le principe de la finalité de notre banque de données est différent de celles citées précédemment. En effet, ces dernières comportent une série d'images mono ou multi-thématiques, mais de thèmes différents d'une image à l'autre. Dans ce cas, d'une part, une nouvelle carte (administrative ou de l'inventaire forestier, par exemple) remplace complètement une ancienne qui devient obsolète et, d'autre part, la synthèse des informations consiste à utiliser chaque carte thématique comme filtre de l'information (par

Tableau 2

Ce tableau indique, pour chacun des sept secteurs : les coordonnées du Coin Supérieur Gauche (CSG) du secteur en système Lambert zone III, la taille en kilomètres du secteur permettant de le localiser très précisément sur une carte IGN (pour le 1/25 000 IGN, une unité Lambert correspond à 1 km) et la liste des cartes prises en compte.

Table showing for the seven sectors: the location of the left superior corner in Lambert III coordinates (CSG); the sizes of the sector in kilometres; and the list of the maps taken into account.

	CSG (coordonnées en Lambert III)		Taille du secteur (km)		Liste des cartes prises en compte dans le secteur
	Nord	Est	N-S	E-W	
Secteur 1	3105	861	9	10	Picard et Bourcier (1975) Blanc (1975; 1977) Giraud (1980) Bourcier (1980)
Secteur 2	3104	870	8	11	Picard et Bourcier (1975) Blanc (1975; 1977) Giraud (1980) Bourcier (1980)
Secteur 3	3097	876	4	10	Blanc (1975; 1977) Giraud (1980) Bourcier (1980)
Secteur 4	3094	876	7	11	Blanc (1975; 1977) Giraud (1980) Bourcier (1980)
Secteur 5	3093	886	6	10	Blanc (1975; 1977) Bourcier *et al.* (1979) Verlaque et Tine (1979) Giraud (1980) Nodot (1981)
Secteur 6	3099	888	8	10	Blanc (1975; 1977) Nodot *et al.* (1978; 1984) Bourcier *et al.* (1979) Verlaque et Tine (1979) Giraud (1980)
Secteur 7	3091	892	9	10	Blanc (1975; 1977) Nodot *et al.* (1978; 1984) Verlaque et Tine (1979) Giraud (1980)

tres provenant d'une carte dont l'échelle procure une plus grande précision.

En tenant compte de ces remarques, chaque pixel de chaque carte est pondéré en fonction de l'année de relevé ou d'observation, de la méthode de cartographie des fonds sous-marins et de l'échelle cartographique. Plus une carte est ancienne, plus son crédit est faible. Les limites des biocénoses sous faible couverture d'eau définies par photographies aériennes peuvent recevoir un important crédit; celui-ci, au-delà de 15-20 m, diminuera de façon importante. De même, la limite des herbiers de *Posidonia oceanica* cartographiée par un sous-marin d'exploration recevra un coefficient maximum, alors que celui-ci sera moins important si cette limite est définie par un ensemble de dragages.

En ce qui concerne les travaux de cartographie par plongées sous-marines successives (Meinesz *et al.*, 1981), qui permettent une délimitation très précise des limites des peuplements benthiques ainsi que de leur type, la zone étudiée est généralement très restreinte et ne peut être prise en compte dans une synthèse cartographique à l'échelle du 1/25 000.

Le tableau 3 indique les valeurs de pondération ainsi que leurs conditions d'affectation.

Pour effectuer la synthèse des cartes, nous avons d'abord utilisé une première méthode basée sur la construction de l'histogramme des valeurs prises par un même point géométrique dans la série des cartes. Dans un même secteur, pour chaque pixel de coordonnées (x,y) en lignes et en colonnes, on dispose de n cartes de biocénoses et de n cartes de fiabilité. On établit alors, pour chaque pixel, l'histogramme des classes à partir des valeurs cumulées des coefficients de fiabilité. La classe modale est recherchée, et sera affectée sur la carte de synthèse au pixel correspondant. Cette méthode a été abandonnée, car elle donnait un poids trop important aux cartes anciennes. En effet, la répétition d'erreurs dans une succession de cartes (souvent, du reste, en partie redondantes) donne à ces erreurs une fiabilité illusoire; inversement, des précisions crédibles qui paraissent intéressantes se trouvent masquées. Pour corriger cette imperfection, il serait possible d'attribuer aux pixels correspondant à ces précisions crédibles, une fiabilité supérieure à la somme des fiabilités des cartes restantes sur le secteur considéré. Ainsi la classe modale serait celle correspondant aux précisions, et elles apparaîtraient sur la carte de synthèse.

Toutefois, chaque fois que de nouvelles cartes seraient numérisées, il serait alors nécessaire, soit de diminuer les coefficients de fiabilité des anciennes cartes (et donc revenir en arrière pour modifier la banque de données), soit d'attribuer aux nouvelles cartes ou à des parties de celles-ci des coefficients sans cesse plus élevés. De ce fait, la banque de données cartographiques aurait perdu une de ses qualités essentielles : la simplicité de son caractère évolutif. C'est la raison pour laquelle nous avons préféré la méthode suivante.

Celle-ci consiste à comparer les images contenues dans un secteur entre elles, et de ne retenir en chaque point géographique que l'information la plus fiable, c'est-à-dire d'affecter à ce point la valeur de la carte à laquelle on accorde le plus de crédit pour ce point. De plus, lorsque le crédit le plus élevé correspond à plusieurs cartes, on choisit alors la valeur de la carte la plus récente.

La carte résultant de cette comparaison sera dite « du maximum de fiabilité ». On calculera également une carte synthétique dite « des désaccords », montrant en chaque point géographique l'importance du désaccord entre toutes les cartes. Cette méthode est donc subjective, puisqu'elle fait appel à la notion du crédit que l'on accorde à une carte.

Tableau 3

Ce tableau indique quelques valeurs repères des coefficients de fiabilité et leurs significations. Des valeurs intermédiaires sont utilisées pour les cas intermédiaires.

Table showing some key values of the weighting coefficients and their meanings. Intermediate values are used for intermediate cases.

Coefficient de fiabilité	Signification
0	Non cartographié
4	Fiabilité nulle : limite placée de façon totalement empirique et sans aucune justification.
8	Fiabilité approximative : limite placée de façon empirique mais en fonction d'une certaine logique. Ex. : dans un secteur donné, la limite inférieure de l'herbier se situe en général entre 30 et 40 m : on a donc suivi les isobathes.
12	Fiabilité moyenne : limite placée en fonction de données concrètes; l'imprécision vient du type de données ou du repérage.
16	Fiabilité bonne : limite placée en fonction de données concrètes; maillage serré (1 observation/100 m); données très précisément localisées (ex. : sonar latéral, transects balisés, photointerprétation avec correction de parallaxe).
20	Totalement fiable : l'erreur est inférieure ou égale au pixel.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La banque de données est constituée de sept secteurs. Chacun d'eux comprend la carte de synthèse, la carte des « désaccords » et les différentes cartes ayant servi à élaborer les deux précédentes (fig. 3). Les sept secteurs étant repérés dans la projection Lambert zone III, il est possible de les réunir par mosaïque afin de retrouver une vue d'ensemble du secteur (fig. 4).

Les cartes des « désaccords » (fig. 3*f*) quantifient, pour chaque pixel, la différence entre la classe retenue pour la carte de synthèse (celle du maximum de fiabilité) et la classe dont la somme des crédits des cartes présentes dans le secteur est la plus importante. Trois cas peuvent se présenter :

— Les deux classes sont identiques; la valeur 0 est portée sur la carte des « désaccords ».

—Les classes sont distinctes mais appartiennent au même groupe; la valeur attribuée est 10.

—Les classes sont distinctes et appartiennent à des groupes différents; la valeur attribuée est 20.

Les cartes « du maximum de fiabilité » (fig. 3*e*, 4) obtenues par synthèse cartographique, comportent des imperfections. La plus démonstrative est celle que l'on

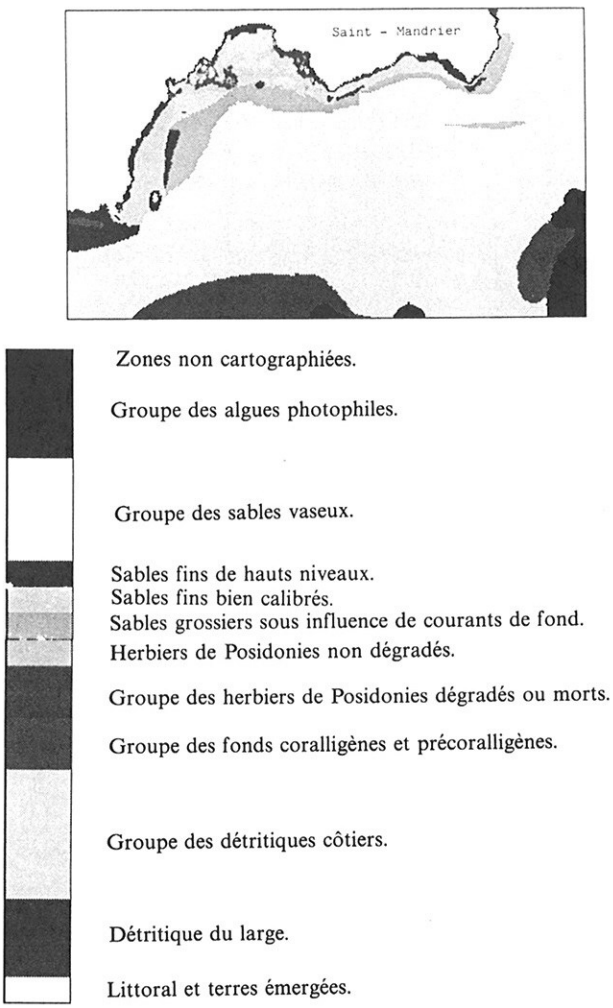


Figure 5

Carte de synthèse du secteur 5. Elle met en évidence une imperfection : la tache allongée (gris foncé) de Sable Grossier soumis à des Courants de Fond (SGCF) au sud de Saint-Mandrier, entourée par du Détritique Côtier (gris clair) ne correspond pas à une entité naturelle

Synthetic map for the fifth sector. It shows an artefact due to the lack of information in the original maps which cannot be corrected by the synthesis method. The elongated spot in dark grey shade (Row Sand under Bottom Currents: SGCF) which is surrounded by Coastal Detritics (clear grey shade) and south of Saint-Mandrier does not correspond to reality.

découvre sur la figure 5. On remarque sur celle-ci une étroite bande de substrat appartenant à la « biocénose des sables grossiers soumis à des courants de fonds (SGCF) » entourée par du « détritique côtier (DC) », et présentant un contour peu vraisemblable, ce qui nous conduit à penser que cette bande n'est qu'un artéfact. Le schéma de la figure 6 permet de mieux comprendre la raison de sa présence, qui est due à la superposition d'une carte à fort crédit, où la bande littorale cartographiée est étroite et n'inclut que partiellement une zone de « sables grossiers soumis à des courants de fond » située plus au large et cartographiée sur une autre carte de crédit inférieur.

Cette imperfection, ainsi que celles rencontrées sur les cartes de synthèse des autres secteurs (par exemple, des zones d'herbiers de posidonies touchant le littoral ou encore des taches de « détritique côtier » ou de « vases terrigènes côtières » isolées au milieu d'un herbier de posidonies, *etc.*), est davantage due à un manque d'informations précises sur certaines portions de secteur qu'à la simplicité de la méthode de synthèse. Une solution permettant de résoudre ces imperfections est d'ailleurs proposée ultérieurement. Une tentative de synthèse cartographique a déjà été effectuée sur le littoral méditerranéen (Jeudy de Grissac *et al.*, 1986). Celle-ci se limite d'ailleurs aux herbiers à *Posidonia oceanica*, alors que notre étude s'étend à l'ensemble des peuplements benthiques littoraux. La comparaison des cartes de synthèse établies par les deux méthodes montre, en ce qui concerne les herbiers, que les résultats sont dans l'ensemble analogues. On note toutefois que la surface couverte par ces herbiers est plus importante de 5% environ sur notre carte que sur celle de Jeudy de Grissac *et al.*. Par ailleurs, de nombreuses différences de détail sont perceptibles, en particulier dans la région de La Ciotat.

Comme nous l'avons déjà souligné, la méthode que nous proposons pour la carte du maximum de fiabilité est subjective. Elle ne fait que traduire l'approche manuelle utilisée jusqu'à présent, en particulier par Jeudy de Grissac *et al.*. Elle se présente plutôt comme un outil d'aide à la production d'une carte de synthèse, puisque c'est encore l'utilisateur, et lui seul, qui va décider du crédit à affecter à chaque pixel d'une carte.

Cette étude a montré que notre approche était globalement satisfaisante, hormis la subjectivité encore nécessaire. Il faut donc maintenant viser à améliorer les critères de pondération de chaque carte afin de rendre la synthèse plus objective. Cette amélioration n'est pas chose facile, et passe à notre avis par l'utilisation d'un système-expert. Un système-expert est composé d'une part, d'une base de connaissances et de lois et, d'autre part, d'un moteur d'inférences qui effectue la démarche

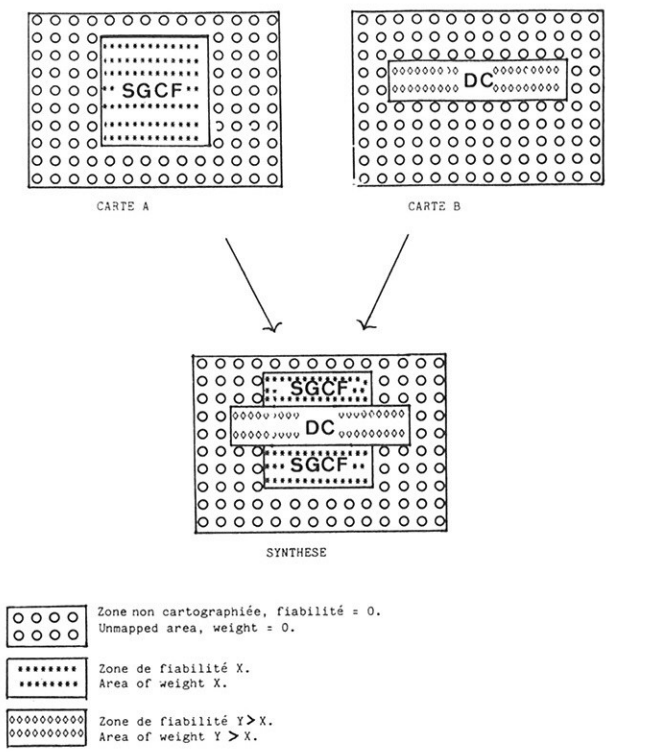


Figure 6

Schéma montrant comment se produisent des aberrations dans la carte de synthèse à cause de la disparité de la zone couverte par chaque carte.

Diagram showing the occurrence of errors in the synthetic map due to the difference in the mapped areas.

RÉFÉRENCES

Adam de Villiers-Demarcq C., 1985. Utilisation géologique du traitement d'image appliqué aux modèles numériques de terrain. Exemples du Nord-Limousin et du Plateau de Millevaches, *Thèse Doct. 3e cycle, École Nat. Sup. Mines Paris et Univ. Nice*, 1-147.

Augier H., 1982. La cartographie biocénotique répétitive à grande échelle et à repérage métrique pour l'étude fine de l'évolution des peuplements marins benthiques. Application dans l'île de Porquerolles (Méditerranée, France), *Trav. Sci. Parc Natl. Port-Cros*, **8,** 11-18.

Bardinet C., Bossut P., Monget J.-M., Albuisson M., 1986. Multisatellite thematic mapping and integration of multidisciplinary data through hash coding analysis. COGEODATA-IUGS, *Inter. Colloq. on the Construction and Display of Geoscientific maps derived from data bases*, 2-4 *December*, 1986, *Dinkelsbuehl, FRG.*

Bellan G., Arnoux A., Bellan-Santini D., Boudouresque C. F., Bourcier M., Harmelin J. G., Picard J., Salen C., Stora G., 1980. Cartographie dynamique de milieux marins littoraux soumis à des pollutions telluriques et à des aménagements par l'homme. Rapport sur le benthos I et II, A.S.P. PIREN, CNRS, Paris, 43 p.

Blanc J. J., 1975. *Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection,* Centre National pour l'Exploitation des Océans et Laboratoire de Géologie marine et Sédimentologie appliquée de l'Université d'Aix-Marseille II, 1-164.

Blanc J. J., 1977. Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence, CNEXO, Paris, 1-154.

Boudouresque C. F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie, *Cah. Parc Nat. Port-Cros*, **1,** 3, 1-80.

Bourcier M., 1980. Évolution récente des peuplements macrobenthiques entre La Ciotat et les Embiez (côtes de Provence). Processus de contamination du benthos entre bassins côtiers voisins, *Téthys*, **9,** 3, 197-206.

Bourcier M., Nodot C., Jeudy de Grissac A., Tine J., 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon, *Téthys*, **9,** 2, 103-112.

Cano B., 1987. Télédétection spatiale à haute résolution et système d'informations géocodées sur l'environnement. Exemples d'applications et de gestion dans le cadre d'un espace protégé : le Parc National du Mercantour, *Thèse Doct. Ing., Univ. Aix-Marseille III,* 201 p.

Cuvelier M., 1976. Surveillance en temps réel de l'évolution des herbiers : nouvelle méthode de recensement des herbiers par cartographie au sonar latéral, *Journées Études Pollutions, Split,* CIESM éd., Monaco, 3, 191-193.

Cuvelier-Kareth M., 1979. La cartographie des herbiers de Phanérogames marines par télédétection acoustique, *Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Paris-VI,* 1-163.

Giraud G., 1980. Synthèse cartographique des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica*) entre Fos-sur-Mer et la rade d'Hyères, Direction des Constructions et Armes Navales et Lab. Biol. Vég. Mar., Fac. Sci. Luminy, Aix-Marseille II, 1-16.

Giraud A., Manière R., Monget J.-M., 1983. Un système d'aide à la recherche et à la décision appliqué à la gestion des milieux naturels : mise en place et fonctionnement d'une banque de données cartographique de l'environnement (projet Molières). Annexe : Carte des principaux faciès paysagers; la végétation du Haut Vallon de Molières, au 1/25 000, Parc National du Mercantour, *Écol. Médit.*, **9,** 1, 101-136.

Jeudy de Grissac A., Meinesz A., Boudouresque C. F., Astier J. M., Bourcier M., Lefèvre J. R., 1986. Notice d'utilisation des cartes IPLI au 1/25 000 (Région Provence Alpes Côte-d'Azur) : herbiers de Posidonies. Ministère de l'Environnement, Délégation Régionale à l'Architecture et à l'Environnement Provence Alpes Côte-d'Azur et GIS Posidonie, 1-126.

Méaille R., 1987. Conception de méthodes intégrées d'élaboration de scénarios de développement/environnement —Rapport final. Conv. CAR-PB/ARMINES du 08.11.85, Rapport Interne École Nat. Sup. Mines Paris CTAMN/87/R/09, octobre 1987.

Meinesz A., Laurent R., 1982. Cartes de la végétation sous-marine des Alpes-Maritimes (côtes françaises de la Méditerranée). I : Limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans le Golfe Juan et à l'Est des îles de Lerins, *Ann. Inst. Océanogr.*, **58,** 1, 103-112.

Meinesz A., Cuvelier M., Laurent R., 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée, *Vie Milieu*, **31,** 1, 27-34.

Meinesz A., Boudouresque C. F., Falconetti C., Astier J. M., Bay D., Blanc J.-J., Bourcier M., Cinneli F., Cirik S., Cristiani G., Di Geronimo I., Giaccone G., Harmelin J. G., Laubier L., Lovric A. Z., Molinier R., Soyer J., Vamvakas C., 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoces benthiques littorales de Méditerranée, *Ann. Inst. Océanogr.*, **59,** 2, 155-172.

Nodot C., Astier J. M., Tailliez P., Tine J., 1978. Étude d'impact des aménagements littoraux du Mourillon sur l'herbier de *Posidonia oceanica* de la rade des Vignettes (Toulon, Var), *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var*, **30,** 118-133.

Nodot C., Bourcier M., Jeudy de Grissac A., Heusner S., Régis J., Tine J., 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2 : La Grande Rade, *Téthys*, **11,** 2, 141-153.

Pérès J.-M., Picard J., 1964. Bionomie en fonction de la géomorphologie sous-marine dans la région de Cassis (Bouches-du-Rhône), *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume*, **8,** 13, 3-8.

Picard J., 1978. Impact sur le benthos marin de quelques grands types de nuisances liées à l'évolution des complexes urbains et industriels de la Provence occidentale, *Oceanis*, **4,** 3, 214-251.

Picard J., Bourcier M., 1976. Évolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972, *Téthys*, **7,** 2-3, 213-222.

Shasby M., Burgan R. E., Johnson G. R., 1981. Broad area forest fuels and topography mapping using digital Landsat and terrain data, *Proc. Seventh Annual Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue Univ., Lafayette, Indiana,* 529-538.

Smith A. Y., Blackwell R. J., 1980. Development of an information data base for watershed monitoring, *Photogr. Eng. Remote Sens.*, 46-1027.

Verlaque M., Tine J., 1979. Végétation marine de Toulon (Var, France) : Grande Rade et Rade-Abri, Marine nationale, Bureau d'Études Antipollution, Toulon, 1-83.

Wald L., 1987. An assessment of the use of satellite remote sensing for the quantitative mapping of the forest biomass. A case study: The projet LEBEN-Abruzzo, *4th CEC European Conf. Biomass for Energy and Industry*, 11-15 *May* 1987, *Orléans, France.*

Williams D. L., Nelson R. F., Dottavio C. L., 1985. A georeferenced Landsat digital database for forest insect damage assessment, *Inter. J. Remote Sens.*, **6,** 5, 643-656.