

C.N.E.X.O.

CONTRAT 72/475

Thème 3

AMENAGEMENT DE L'AIRES MARINE MARSEILLAISE
ET DU PRECONTINENT DU CAP COURONNE AU CAP DE L'AROL

J. BLANC

Professeur de Géologie marine
et de Sédimentologie appliquée
Centre Universitaire de Marseille-Luminy
Centre d'Océanologie d'Endoume

I - LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET OCEANOLOGIQUE.

A - La baie de Marseille et ses annexes :

La baie de Marseille prolonge vers l'Ouest la structure effondrée du bassin de l'Huveaune, individualisée dès l'Oligocène et ravivée par des mouvements tectoniques plus récents qui se sont prolongés durant le Mio-pliocène et jusqu'au Mindel.

De ce bassin d'effondrement il demeure des traits structuraux et topographiques majeurs qui sont :

1° - le littoral au Sud de la chaîne de la Nerthe, assez rectiligne, est commandé par des failles de direction EW et SW-NE.

2° - l'archipel du Frioul cloisonne la baie de Marseille en deux parties, la rade de Marseille au Nord, la baie du Prado au Sud.

3° - l'îlot du Planier et l'Ecueil immergé du Veyron (-13 m) forment un alignement orienté E.NE-W.SW, se prolongeant jusqu'à plus de 6 milles nautiques du phare de Planier, par la zone du "plateau de Marsigli" et es "Berlingaous", bancs de roches alignées, jusqu'à des fonds de -100 m. Le haut-fond Planier-Veyron y forme la "crête" du Mangespın. Cette dernière cloison isole la partie méridionale de la baie de Marseille.

L'archipel du Frioul, le Planier, Veyron, plateau de Marsigli, sont représentés par des affleurements du faciès calcaire urgonien, d'âge barrémien.

Le précontinent s'étend très loin vers l'Ouest et le Sud-Ouest.

Au Sud de la côte des Calanques et de l'archipel de Riou s'ouvrent deux canyons amenant très rapidement les profondeurs à 500 et même 800 m, ce sont les canyons de Planier et de la Cassidagne. Plus à l'Ouest de la zone qui nous intéresse, au Sud de Fos et du Cap Couronne, se trouve une troisième "vallée" : le canyon de Couronne.

A l'Est du méridien du cap Croisette, le précontinent se réduit de 8 à 4 milles nautiques. Il comprend :

1° - le littoral des Calanques, du cap Croisette à Cassis, côte calcaire abrupte présentant parfois des à-pics de 400 m au Sud de la Grande Candelle. Les Calanques de Sormiou, Morgiou, En-Vau, Port-Pin et Port Miou, pour ne citer que les principales, s'ouvrent dans ce littoral.

2° - l'archipel de Riou

3° - la baie de Cassis.

4° - le littoral accore de Cassis au cap de l'Aigle se prolongeant, vers l'Est, par la baie de La Ciotat.

Au Sud du cap de l'Aigle et de la baie de La Ciotat, le précontinent s'étend à nouveau très largement par la présence d'un bloc paléozoïque immergé : le banc des Blauquières, prolongé vers l'Ouest par le plateau de l'Esquine (-85 m à -130 m). Il faut alors parcourir 11 à 12 milles nautiques pour retrouver les grands fonds au Sud de la Ciotat.

Les cartes marines détaillées (5318 et 5190) et la carte géologique sous-marine au 1/100.000 (feuille de Marseille, (J. Blanc et C. Froget)), éditée par le B.R.G.M., rendent compte de la topographie sous-marine et de la nature générale des fonds rocheux ou meubles, du point de vue de la lithologie et de la granulométrie, calcimétrie.

B - Les masses d'eaux :

Au large de ce littoral, les masses d'eaux se déplacent lentement, en surface, de l'Est vers l'Ouest. Ce régime géostrophique permanent n'excède guère une vitesse de 0,2 à 0,5 noeud. Il se trouve fortement altéré par les dérives rapides de surface liées aux vents de tempêtes et aux régimes météorologiques de Mistral, Tramontane, vents d'Est, SE, et W.SW. Les azimuths peuvent être alors très variés tandis que les flotteurs dérivent à grande vitesse : 20 à 50 m/minute.

Le flux rhodanien et un mouvement tourbillonnaire issu du golfe de Fos forment un contrecourant dirigé de l'Ouest vers l'Est, longeant la chaîne de la Nerthe et pénétrant dans la zone nord de la baie de Marseille. Ce mouvement a été nommé "contre-courant de la Nerthe".

La marée montre un marnage moyen de 0,24 m et malgré quelques phénomènes locaux de résonance, apparaît négligeable pour le secteur qui nous intéresse. Des oscillations de seiches sont relevées dans les bassins du port de Marseille et dans la calanque de Port-Miou.

C - Au point de vue nautique, les zones abritées sont les suivantes :

1° - Littoral sud de la chaîne de la Nerthe (ou "route du Mistral"), parfaitement à l'abri des vents du N, NW, NNW, jusqu'à la "zone neutre". Cette étroite bande Est-Ouest est continuellement empruntée par les péniches se rendant de Marseille à Fos (et *vice versa*) depuis l'effondrement du tunnel maritime du Rove et par d'autres nombreux navires d'un tonnage plus important.

2° - Littoral au Sud de la côte des Calanques, pour les mêmes régimes, ainsi que la baie de La Ciotat.

3° - Mouillages à l'abri du Frioul et dans la baie de Marseille (zone Sud : rade du Prado), pour les régimes d'Est, SE et SSE.

4° - Aucun abri naturel efficace n'est réalisé pour les gros temps issus de l'Ouest.

D - Les zones actuelles de servitude sont les suivantes :

- 1) "route du Mistral" au Sud de la Nerthe
- 2) chenaux de navigation des rades Nord et Sud de Marseille, du 200 au 290-300.
- 3) zones des câbles au Sud et à l'Ouest de Marseille (cf. cartes du S.H. 5318 et alt.).
- 4) zone de forage pétrolier expérimental à l'Est de Calseraigne.
- 5) zone du *sea-line* de boues industrielles issues du traitement de la bauxite (usine Pêchiney à Gardanne), jusqu'à -350 m, dans le 185 de la Pointe Cacaou.
- 6) zones de "dumping" dans l'herbier à Posidonies de la baie du Prado (à proscrire du fait de la destruction des peuplements végétaux benthiques) et aux débouchés des calanques de Port-Pin et Port-Miou (non fonctionnelle depuis vingt années).

E - Les secteurs très pollués sont nombreux au voisinage de l'aire urbaine marseillaise. Parmi les plus nombreux citons :

- 1) Toute la zone Nord et NE de la rade de Marseille et jusqu'à 1 mille nautique à l'Ouest des bassins portuaires.
- 2) Plage du Prado et ses annexes (Pointe Rouge) pour la zone Sud.
- 3) Eventail autour de l'émissaire actuel de Cortiou, au Sud de Marseille, sur la côte des Calanques, étalé en direction de l'Ouest ou de l'Est par les dérives de vent d'Est ou de Mistral. En régime de Mistral, les effluents pollués sortent de la baie de Marseille par les passes d'If et "doublent" le cap Croisette et l'île Maïré pour se diriger ensuite vers l'Est et Callelongue. Ces derniers mouvements ont été mis en évidence par des mesures de courant (Castelbon, 1969) et des clichés à haute et basse altitudes en émulsions panchromatiques, ectachrome ou infra-rouge.

II - UTILISATION ACTUELLE DE L'ESPACE MARIN :

Nous distinguerons :

- Les zones industrielles,
- Les zones portuaires et les chenaux de navigation
- Les zones de loisirs et de pêche artisanale.
- Les zones de pêche au chalut et en haute mer.
- Les zones de protection liées aux gîtes archéologiques.

A - Zones industrielles :

Zone Nord, très polluée de la rade de Marseille, à vocation industrielle depuis le 19^e siècle : métallurgie, tuileries et cimenteries, trafic portuaire intense, etc... Plus au Sud : silos, hydrocarbures, gare-maritime.

Déportés par les dérives de Mistral ou les "branches" annexes du courant permanent, les hydrocarbures et les effluents franchissent les passes d'If et d'Endoume pour contaminer la rade du Prado.

Au Sud de la Côte "Salyenne" et de Port-Miou, on note le rejet des "boues-rouges" dans la zone septentrionale du canyon de la Cassidaigne. La dispersion de ces boues industrielles résultant du traitement de l'alumine se traduit par le colmatage du canyon et de son thalweg, mais encore des versants avec des remontées temporaires et irrégulières à -200 m et même à -90 m, sur la bordure au large du précontinent (Bourcier, 1969). Cependant, la majeure partie des "boues rouges" se disperse au large jusqu'à des profondeurs de 2000 m.

Zone expérimentale de forages pétroliers à l'Ouest de Calseraigne et au Nord du Petit Congloué.

B - Zones portuaires et chenaux de navigation :

Elles comprennent essentiellement les ports de Marseille jusqu'au Rove et les chenaux et zones de câbles (cf. "servitudes") s'irradiant autour de la rade de Marseille et de la baie du Prado. Signalons les routes au 300 au Sud de Riou, et les routes au 200, 210, 260, 270, etc... Ces routes connaissent une grande fréquentation peu propice aux travaux continus de pêche intensive, dragages, chalutages et plongées. Il en sera de même pour la "route du Mistral" au Sud de la Nerthe.

C - Zones de loisirs et de pêche artisanale :

Pêche d'artisans où pêche d'amateurs, petite navigation de plaisance, plongées, natation en bordure immédiate de la côte et des îles, ski nautique, etc... Plusieurs sites importants sont à distinguer :

1° - Zone sud du littoral de la Nerthe (nommée "Côte Bleue"), lieu essentiel de villégiature et de pêche (roches et herbiers, pêche en nage libre, etc...). Site très abrité même par fort Mistral.

2° - Archipel du Frioul : près de 10 km de littoral rocheux sous le contrôle de la Marine Nationale, cédés en grande partie à la Ville de Marseille et en voie d'aménagement. Il s'agit d'un paysage rocheux et sauvage extraordinaire, très peu connu du public et situé aux abords immédiats de Marseille. L'aménagement de ce secteur devra être entrepris avec beaucoup de soin et de mesure.

3° - Zone Sud de la baie de Marseille (baie du Prado) : essentiellement vouée à la pêche artisanale et à la pêche d'amateur. Depuis la construction du port de plaisance de la Pointe Rouge, on assiste au développement de la navigation à voile (plusieurs écoles). Au littoral, nous mentionnerons les plages du Prado (1.500 m) et de la Pointe Rouge (450 m), à grande capacité d'accueil et d'accès facile mais très polluées. La plage du Prado fera l'objet d'un important aménagement (Blanc, 1969) lorsque les effluents et le cours de l'Huveaune seront définitivement détournés.

4° - Côte des Calanques : tourisme et sports nautiques, plongées, pêche artisanale et d'amateur localisée aux herbiers à Posidonies et fonds rocheux, voile, navigation de plaisance, etc... Le rejet de l'égoût de Cortiou altère grandement cette zone.

La destination militaire de l'île Riou (propriété de la Marine Nationale, mais accès libre et réglementé) n'altère point l'importance de touristique de cet archipel si diversifié.

5° - Baies de Cassis et de La Ciotat, île Verte. Activités de pêches et loisirs malgré des pollutions locales parfois étendues étudiées par thermographie infra-rouge (dérives en "spirales" ou en "queue de comète").

D - Zones de pêche au chalut et en haute-mer :

Elles sont limitées par les servitudes (zones de câbles, chenaux à fort trafic). Nous mentionnerons le Sud de la Nerthe et du cap Couronne, le banc des Blauquières au large de La Ciotat, mais, surtout, les secteurs au SW ou à l'W.SW de Planier : les Berlingaous, le plateau de Marsigli, le grand espace du précontinent (sables détritiques du large) entre les

canyons du Planier et de la Couronne, à la limite de l'extension sous-marine de l'envasement rhodanien.

E - Gîtes archéologiques : zones de protection :

Il convient de signaler les gîtes suivants :

- épaves de Planier,
- banc du Veyron,
- épaves antiques de l'île Maïré et du Grand Congloué (Blanc, 1953, 1956).
- grottes sous-marines de la Triperie et des Trémies (Bonifay et Courtin, 1972).

Les grottes marines du littoral, entre le Cap Croisette et Cassis sont parfois le siège d'exurgences très importantes (Port-Miou et Cassis Le Bestouan). La "rivière" souterraine de Port-Miou est actuellement en voie d'aménagement, sous la forme d'un "barrage" intérieur immergé à 450 m de l'entrée (Potié, Société des Eaux de Marseille et BRGM). Cette expérience, actuellement unique au monde, décidera en partie, de l'alimentation en eau d'une aire en voie de peuplement et d'aménagements accélérés (résidences, tourisme et loisirs). Le "modèle" de captage et de régulation du site souterrain de Port-Miou pourra éventuellement, être appliqué avec des modifications, en d'autres secteurs littoraux arides (1) caractérisés par des écoulements karstiques en charge débouchant sous le niveau actuel de la mer, à la faveur de réseaux antéversiliens (J. Blanc, 1956 ; Corroy, Gouvernet, etc., 1958). Une prospection en thermographie I.R. a permis de préciser la localisation des exurgences (recherches en cours).

Les grottes marines, outre leur intérêt hydrogéologique, sont actuellement des zones privilégiées pour les recherches biologiques et préhistoriques. Les plongeurs et biologistes du Centre d'Océanologie d'Endoume (Harmelin, Vacelet, Zibrowius et al.) et les préhistoriens et géologues du groupe Bonifay-Courtin, ont dressé un inventaire détaillé des grottes marines. Citons les cavités suivantes : Jaïre, Calseraigne, Moyade, Fontagne, Keïrons, Bec Sormiou : Capélan, Triperie (cap Morgiou), Morgiou-Est, Grande Candelle, Oeil-de-Verre, cap Devenson, Castel-Vieil, Martin-Bouffo, Port-Miou et le Bestouan.

(1) Nous pensons notamment au Péloponnèse et à la Dalmatie (Vélébits, Kotor, etc...).

III - LES SECTEURS NERTHE-SUD ET NORD DE LA BAIE DE MARSEILLE :

A - Secteur Nerthe-Sud :

Du cap Couronne au cap Ragnon se situe une côte rocheuse très abritée des vents du N, N.NW, NW devenant abrupte à partir du Rouet. Les criques échancrées (Le Verdon, Ste Croix, Sausset, Carry, la Redonne) correspondent à des "éventails" détritiques sous-marins de sable mobile et lessivé. Les blocs et fonds rocheux y forment également une frange presque continue : molasses, grès, poudingues, calcaires dolomitiques, calcaires, etc...

L'herbier à Posidonies, vivace à cet endroit, se traduit par une zone régulière parallèle au littoral, de quelques mètres à -25 m. Il constitue, avec les fonds de roches adjacents, une réserve de pêche appréciable qu'il importe de protéger.

Plus au large, jusqu'à 50 ou 60 m selon les cas, et toujours parallèlement au littoral, ont été cartographiées les formations du *détritique côtier*. Ces sables et graviers hétérométriques recouvrent des fonds de roches et leur puissance varie de 1 à 5 m, avec une épaisseur maximale de 7 m par endroits. Une tendance à l'envasement se manifeste sur la marge externe profonde et au NNE, à partir du cap Ragnon. Les formations du détritico côtier entourent deux secteurs rocheux importants (La Plaine de Carry) au Sud de Carry-le-Rouet, par -27 et -25 m. Des zones de graviers biogènes forment des épandages au Sud de la Couronne, Ste Croix et surtout, au Sud de Sausset et Carry. Ce détritico côtier réalise une réserve potentielle importante de sables et d'agrégats (sites de "Nerthe-Sud") (1).

B - Nord de la baie de Marseille :

Ce secteur est l'objet d'un envasement d'origine rhodanienne facilité par la présence du contre courant de la Nerthe. Ainsi, les troubles (riches en minéraux d'origine rhodanienne), s'accumulent, au terme d'un courant turbide dirigé de l'Ouest vers l'Est, dans la partie Nord de la baie de Marseille, "bloqués" au Sud par le cloisonnement des îles et hauts-fonds du Frioul-If-Endoume. En 1883, c'est-à-dire bien antérieurement aux récents travaux du golfe de Fos, A.F. Marion avait constaté ce phénomène d'envasement alors strictement localisé au Sud de la Nerthe et à la partie septentrionale de la Baie. Depuis, ce dernier n'a fait que s'accentuer et,

(1) Les sites de "Nerthe-Sud" se sont étudiés en détail dans le rapport concernant les recherches sur les sables et graviers sous-marins du pré-continent aux abords de Marseille.

actuellement, le faciès des vases terrigènes côtières envahit le détritique côtier et, débordant l'archipel du Frioul, pénètre dans la partie méridionale de la baie de Marseille ; les troubles peuvent s'étendre jusqu'au Prado. Les recherches de F. Picard traduisent les récentes modalités de cette progression.

IV - BAIE DE MARSEILLE-SUD ET BAIE DU PRADO :

Les fonds rocheux du Frioul, de la Corniche, du Mont Rose et des Goudes sont doublés par l'extension des "mattes", plus ou moins dégradées, et de l'herbier vivace à Posidonies. Cela correspond à peu près exactement à la localisation des lieux de pêche encore relativement protégés des envasements et de l'influence humaine. En bordure du littoral, on note :

- sables et graviers mobiles dispersés par les courants de fond (Endoume, La Corniche),
- sables fins lessivés, isométriques, très mobiles à la plage du Prado, jusqu'à -11 m (Blanc, 1969).

Au large de l'herbier à Posidonies, de -23 m à -96 m, la baie de Marseille-Sud présente le développement remarquable des trois faciès du "détritique côtier" s.l. :

1 - détritique côtier proprement dit : sables hétérogènes, polygéniques (composantes biogènes autochtones et allochtones, composantes "minérales" détritiques et apport bioclastique fossile ou sub-fossile).

2 - sables et graviers bioclastiques à Lithothamniées ("maërl" en place ou remanié), assez mobiles ; concrétionnements divers, débris de mollusques, etc...

3 - détritique côtier envasé (D.C.E.) enrichi en pélites et en minéraux phylliteux d'origine essentiellement rhodaniennes et en matières organiques. Or, ce détritique côtier envasé montre deux dispositions essentielles pour le secteur considéré :

a) détritique côtier envasé aux marges d'extensions du faciès des vases terrigènes côtières (V.T.C.). Il manque la progression d'un front terrigène s'étendant de l'Ouest vers l'Est (J. Picard, F. Picard, L. Blanc-Vernet, J. Blanc). Les dérives de Mistral et les courants de fond sont responsables de ces phénomènes dont la récente accentuation apparaît probablement (et en partie) liée aux terrassements et "dumpings" systématiques au golfe de Fos.

b) détritique côtier envasé lié à des "cellules" de décantation au centre de tourbillons et aux zones calmes ("zones d'ombre"), en arrière

des cloisons insulaires et des hauts-fonds (Frioul, If, Planier, Mangespın). Les courants de direction NW-SE et N-S, correspondent à la "fermeture" vers le Sud des circuits de la baie de Marseille, notamment au Sud du cap Caveau et par les passes du Frioul - If - Endoume (Castelbon, 1971). La perte d'énergie liée au ralentissement amène la sédimentation des troubles par décantation (enrichissement en pélites et en matière organique). Ces "taches" sont mobiles et paraissent s'étendre sous l'influence annexe de courants de fond comme le montrent les travaux de J. Picard, F. Picard, J.P. Reys et P. Weydert. Au Sud du Mangespın, du cap Croisette et de l'île Maïré, on observe l'extension d'une zone de D.C.E. s'étirant vers l'Est et l'archipel de Riou.

V - ARCHIPEL DE RIOU :

L'archipel de Riou est représenté par deux alignements insulaires parallèles, orientés NW-SE et correspondant vraisemblablement à une vallée tertiaire. La présence de variolites remaniées et de minéraux d'origine alpine disséminés fait penser à un très ancien réseau durancien. Le substratum rocheux (calcaire urgonien) montre un modelé karstique, colmaté par des loess durçis et des limons rubéfiés, avec des grottes, dolines et "niches de nivation" immergées (Riou, Jaïré, Calseraigne) (1).

L'herbier à Posidonies et les "mattes" s'établissent sur un fond rocheux (calcaires urgoniens, brèches quaternaires würmiennes, grès, etc...). Ces fonds de pêche sont ravinés dans les passes par les courants de fond, de direction Est-Ouest ou l'inverse, liés aux dérives de vent d'Est et de Mistral. Les mattes dégradées alimentent des lobes bioclastiques étirés dans le sens des courants et jalonnant l'axe des passes. Un sédiment mobile, lessivé et isométrique, parfois relativement grossier, correspond à ces faciès d'érosion sous-marine (sables à *Amphioxus*). Ces sables mobiles s'étendent depuis plusieurs années et leurs modalités topographiques ont été cartographiées (2). Les chenaux les plus importants sont observés dans la passe entre Riou et Calseraigne. Un phénomène assez voisin a été noté près de l'île Verte et le cap de l'Aigle, à La Ciotat, en une zone également parcourue par les courants de fond. Des "taches" de "maërl" peuvent s'associer au

1 - Recherches en cours (J. Blanc, R. Monteau).

2 - Rapport sur les gîtes de sables et graviers sous-marins (thème 2).

détritique côtier (Petit Congloué), en bordure de ces faciès lessivés. Dans les passes rocheuses (Grand Congloué) et les talus sous-marins se développent encore les concrétions coralligènes (Les Empereurs, au Sud de Riou).

Plus au Sud, on relève l'extension normale des fonds du détritico côtier (jusqu'à -95 m) et des sables détritiques du large se prolongeant, par -120 m, à une latitude de 43°03'N.

VI - LITTORAL DES CALANQUES ET DE LA CIOTAT :

Le littoral abrupt forme des falaises atteignant parfois plusieurs centaines de mètres. A leur pied se développe un éboulis, sous-marin, parfois jusqu'à -25 m, formé de blocs très volumineux (La Grande Candelle, Falaises du Soubeyran). Ces éboulis sont liés à des rejeux de failles au Quaternaire (littoral du massif de Puget) et à la décompression des versants. La dernière phase d'écroulement importante paraît remonter au Boréal (8.500 à 7.500 A.B.P.) d'après les travaux de M. Escalon de Fonton (1969, 1970). Mais des phases plus récentes (moyen-âge et 1946) continuent à souligner l'instabilité générale de ces secteurs (1).

Un herbier à Posidonies assez réduit et les biocoenoses du "coralligène d'horizon inférieur de la roche littorale" accompagnent la frange détritico littorale.

Sur le fond, les courants de décharge jouent un rôle majeur en deux cas précis :

a - au débouche des Calanques (Sormiou, Morgiou, En-Vau, l'Oule, l'Oeil-de-Verre, Figuerolles), les courants de décharge étalent vers le large des lobes bio-clastiques sous-marins alimentés par les matériaux érodés aux dépens du talus détritico littoral et des herbiers dégradés à Posidonies (J. Blanc, 1958). Ces formations relevant déjà de l'étage circo-littoral s'apparentent aux sables et graviers lessivés du détritico côtier. Elles ont été découvertes par J. Picard (1965) et nommées : "sables des bouchons de Calanques". Ces épandages mobiles sous-marins, à caractères deltaïques, atteignent une profondeur de 40 et même 44 m. Il s'agit d'un excellent matériau malheureusement inexploitable du fait des contraintes biologiques.

Lorsque la profondeur et le rayon hydraulique des chenaux augmentent, l'énergie des courants compensateurs s'annule et l'on note la

1 - Recherches en cours (Blanc J.).

la "séquence latérale" suivante :

- . sables hétérogènes du détritique côtier (-90 m)
- . sables fins vaseux du D.E.C. (-97 m)
- . sables détritiques du large (de -100 à -180 m)
- . vases bathyales.

b - au bas des falaises et éboulis du Soubeyran, les courants de décharge issus des vagues de tempête (Mistral) provoquent des aires de troubles allongées vers le large avec mise en suspension générale du sédiment. Plusieurs chenaux ont été observés et les sables et graviers mobiles sont étalés en lobes sous-marins jusqu'à des fonds de -35 m.

Plus au large on trouve des graviers à Lithothamniées (circalittoral supérieur) dont la répartition correspond à 3 modalités :

1) Graviers au pied des talus détritiques des falaises du Soubeyran, entre Cassis et le Sémaphore de La Ciotat (-30 à -60 m). Les pentes demeurent très fortes en de tels sites réalisant une réserve potentielle d'agrégats.

2) Graviers à Lithothamniées situés au centre de deux "cellules" de convection liées à des courants tourbillonnaires dans la baie de Cassis (courant permanent très faible, mais fortes dérives par régimes de Mistral et "zone d'ombre" avec tourbillon par vent d'Est). Les graviers organogènes, plus lourds et aux formes irrégulières, se déposent très rapidement lorsqu'ils sont allochtones, dans les secteurs à très faible énergie, au centre des circuits, tout comme les troubles fins du détritique côtier envasé (de -37 à -60 m) (1).

3) Graviers du plateau sous-marin de la Cassidagne, de -8 à -46 m, disposés en faible épaisseur sur une surface rocheuse irrégulière. Gîte inexploitable et très exposé.

Les gîtes de types 1 et 3 sont généralement autochtones alors que le type 2 résulte souvent d'un apport **initialement** allochtone.

(1) Le même phénomène s'observe dans la baie de La Ciotat où il a été découvert par J. Picard et continue à être étudié par cet auteur.

VII - CARACTERES GENERAUX ET UTILISATION POTENTIELLE DES TYPES DE FONDS
CARTOGRAPHIES :

A - Sables mobiles du prisme littoral : 0 à -12 m :

- sables fins, lessivés, très isométriques,
- origine mixte : biogène et détritique,
- teneur en carbonate : 30 à 80 % selon les types d'alimentation et la nature lithologique du littoral.
- dynamique : traction, saltation, suspension (vagues et courants de décharge, déferlements, transferts très localisés).
- usage : bâtiment, travaux public, pas de débouillage.
- géotechnique : matériau compressible, poreux, perméable, portance moyenne.
- épaisseur : jusqu'à plusieurs mètres,
- outillage : dragues, bennes, lançage, vibro-fonçages,
- contraintes : exploitation à prohiber strictement à cause du danger d'érosion et de la rupture immédiate du profil d'équilibre littoral.
- mouillages : médiocres.

B - Herbiers à Posidonies : de quelques mètres à -30 m :

- sable coquillier hétérométrique,
- origine essentiellement bio-détritique,
- teneur en carbonates : 90 % à 99 %.
- dynamique : sédiment fixé par les frondes de Posidonies, mattes érodées par les courants de fond et formation de "tombants" et "chenaux" in-termattes".
- usage : travaux publics, agrégats, pas de débouillage.
- matériau compressible, poreux, perméable, portance moyenne.
- épaisseur : de 0,50 à 5 m.
- outillage : dragues, bennes, lançage, vibro-fonçage.
- mouillages : bonne tenue, arrachage des souches de Posidonies.
- contraintes : exploitation à prohiber strictement afin d'éviter la destruction systématique des biotopes et fonds de pêches, destruction du profil d'équilibre littoral. A protéger impérativement.

C - Fonds à concrétions coralligènes : de quelques mètres à -50 m.

- biolithes cavernueuses,
- origine essentiellement biogène,
- teneur en carbonate : 97 à 99 %,
- usages : aucun en l'état actuel,
- géotechnique : matériau incompressible et poreux. Portance moyenne à forte.
- épaisseur : jusqu'à 2-3 m.
- outillage : déroctage sous-marin, explosif, électro-carottage.
- mouillages : fonds "vifs", bonne tenue, risques de perte par accrochage.
- contraintes : fonds de pêches à protéger.

D - Détritique côtier s.l. : de -25 à -95 m.

- sable hétérométrique,
- origine mixte : matériel détritique, fossile et bioclastique actuel.
- teneur en carbonates : très variable : de 45 à 90 %.
- dynamique : courants de fonds, charriages et suspension momentanées,
- usage : débouillage souvent nécessaire, bâtiment et travaux publics.
- matériel compressible, poreux, portance faible à moyenne.
- épaisseur : de 2 à 5 m.
- outillage : dragues puissantes, suceuses, lançage, vibrofonçage.
- contraintes : exploitation possible dans la limite : -20 à -30 m. Eviter absolument les risques d'érosion et de colmatages, par les "fines" en suspensions, des fonds de pêches (herbiers).
- mouillages : bons.

E - Graviers du détritique côtier : -23 m à -60 m.

- graviers, nodules et concrétions biogènes, "maërl".
- origine biogène autochtone ou allochtone
- teneur en carbonates : 97 à 99 %.
- dynamique : traction ; courants compensateurs, courants de fond. Accumulations en zones calmes.
- usage : agrégats.

- géotechnique : matériau compressible, portance nulle.
- épaisseur : faible à très faible. Il s'agit généralement de placages.
- outillage : dragues, vibro-fonçages.
- contraintes : profondeurs trop importantes et sites exposés sauf à Nerthe-Sud. Substrats rocheux et proximité de peuplements à préserver. Tonnages faibles.
- mouillages : généralement mauvais.

F - Détritique côtier envasé : de -25 m à -100 m.

- sables fins vaseux, sables hétérométriques vaseux, sablon pélitique, graviers envasés, etc...
- origine mixte : dominance des éléments terrigènes,
- teneurs en carbonates : très variables : de 45 à 80 %.
- dynamique : action des courants de fond. Traction, suspensions momentanées.
- usage : travaux publics, agrégats. Débourage nécessaire et souvent trop onéreux.
- géotechnique : matériau compressible à très compressible, porosité et perméabilité variables, portance faible, matériel parfois fluant (enrichissement en phyllites).
- épaisseur : faible : 1 à 2 m. Recherches en cours.
- outillage : bennes, dragues, suceuses, lançage.
- contraintes : profondeurs trop importantes et débourage obligatoire.
- mouillages : bons.

G - Vases terrigènes côtières : de -55 m à -200 m.

- vase gluante, pélites dominantes (faciès de lutite).
- origine terrigène : troubles issus de l'épandage rhodanien.
- teneurs en carbonates : 28 à 40 %.
- dynamique : contre-courant de la Nerthe, dérives de Mistral et W.NW, suspensions vraies et momentanées, courants compensateurs de fond.
- usage : aucun. Boues montmorillonitiques possibles.
- géotechnique : matériau fluant et thixotropique, souvent peu perméable, portance très faible.
- épaisseur : de quelques mètres à 30 m.

- outillage : dragues, suceuses, vibro-fonçage, etc...
- contraintes : aires souvent polluées. Présence de "complexes gonflants", minéraux interstratifiés et montmorillonites concentrant par adsorption les éléments polluants (hydrocarbures, pesticides) ou très toxiques (métaux : Pb, Hg, etc...). Les travaux sous-marins doivent tenir compte de l'éboulement incessant des talus (à Fos : talutages avec des "fruits" de 1/30). Risques d'embourbages et de pollutions turbides des milieux voisins en fonction du sens des dérives dominantes.

Enfouissement rapide des câbles et corps-morts.

- mouillages : bons à excellents.

H - Sables détritiques du large : de -95 à 180 m.

- sables coquilliers rubéfiés et grossiers, matériel hétérométrique.

- origine mixte : détritique, bio-clastique fossile (thanatocœnosés, bioclastique actuel.

- teneurs en carbonates : variables : 40 à 85 %.

- dynamique : en-dessous de la zone d'action des vagues et des courants compensateurs. On ignore la dynamique des courants de fond éventuels à ces niveaux.

- usages possibles : bâtiment, travaux publics. Débourbages parfois nécessaires.

- géotechnique : même remarque que pour le détritique côtier.

- épaisseur : de 1 à 2 ou 3 m. Le plus souvent, cette épaisseur est réduite ou inconnue.

- outillages : électro-vibro fonçage, forages sous-marins (1), suceuse, dragues flottantes.

- contraintes : sites très exposés et à trop grande profondeur compte tenu de la valeur du matériau et de la technique actuelle d'extraction profonde. Mais les tonnages potentiels sont importants et les contraintes biologiques réduites. Zone propice aux chalutages de haute-mer.

- mouillages : corps-morts de structures flottantes ou immergées. Essais à effectuer.

(1) Essais de la "C.O.M.E.X." au large de Marseille (1972).

VIII - EQUIPEMENT DU PRECONTINENT ET DU LITTORAL :

Dans une étude prospective à moyen terme il nous faut envisager parmi les actions multiples et raisonnablement possibles :

- . les aménagements littoraux,
- . les ouvrages lourds,
- . les extractions de sables et agrégats sous-marins,
- . les rejets (émissaires, industries, travaux publics)
- . la conduite à tenir à moyen et long termes.

A - Aménagements littoraux :

- Aménagements de plages : aménagement de la plage du Prado : digues, épis en T inclinés et alvéoles. Cet aménagement demeure subordonné à la déviation complète de l'Huveaune (à l'exception du réseau pluvial, avec recharge de la nappe phréatique du Prado) et des émissaires littoraux. Des aménagements de plages complémentaires peuvent être prévus au Rouet, Cassis La Ciotat.

- Aménagements portuaires : ils sont possibles au secteur de Nerthe-Sud : Carry et Sausset. Les sites de la Redonne et Méjean comportent un accès par la terre très médiocre. Il est difficile, du fait de son exposition, d'étendre le port de la Pointe Rouge.

- Terrains conquis sur la mer : près de 15 hectares pourront être empiétés à la plage du Prado moyennant des précautions rigoureuses et le respect des peuplements de l'herbier à Posidonies. Même remarque pour la baie de La Ciotat et Nerthe-Sud. A l'exception de la plage du Prado, le secteur est assez peu propice à des extensions d'envergure : exposition et pentes trop fortes.

B - Ouvrages lourds :

- digues et brise-lames : extension possible de l'abri du Frioul par l'édification bien étudiée de brise-lames. Le projet de relier l'archipel du Frioul à la Corniche par des digues lourdes est à proscrire car il entraverait complètement les circuits courantologiques naturels de la baie de Marseille. En revanche des ouvrages perméables, *sea-line*, câbles, etc... ont été réalisés et leur extension demeure possible. Des sondages de reconnaissance sous-marins sont indispensables avant l'édification de tout ouvrage lourd. Ils seront procédés par une campagne géophysique légère : "sparker", "boomer" et sonographie latérale.

- Iles artificielles :

a) ancrées : hauts-fonds de Canoubier et Sourdaras entre If et la Pointe d'Endoume.

b) semi-flottantes ou flottantes : roches de la plaine de Carry (-25 à -27 m), le Veyron (-15 m), écueils de Miet et du Milieu (archipel de Riou) (1), plateau de la Cassidagne (-8 m, -36 m et -33 m), écueils de l'île Verte (Canonnière -7 m et à l'Est de l'île -15 m et -19 m.).

c) des structures flottantes importantes, dans la zone d'abri au Nord de la baie de Marseille, peuvent être étudiées.

- Forages off-shore : réalisés par l'I.F.P. à l'Ouest de Calseraigne (-70 m), à 950 m de profondeur et à l'abri de Pomègues (essais technologiques). D'autres essais ont été entrepris par la COMEX à Riou et au Frioul. Un sondage plus important avec tête de puits sous-marine contrôlée par plongeurs est prévu au Sud du Planier, près du rebord oriental du canyon (essais technologiques COMEX), sur une assise stable. D'autres sites, très exposés, sont possibles à Cassidagne et au banc des Blauquières.

C - Extractions de sables et d'agrégats (2) :

Les baies de Marseille, Cassis et La Ciotat semblent devoir être rejetées du fait de contraintes multiples : herbiers, fonds de pêches, pollutions, câbles, chenaux de navigation, etc...

Les sites de Nerthe-Sud et Riou-Ouest peuvent être retenus après une étude critique détaillée et avis des spécialistes en Biologie marine. Il en sera de même pour les gîtes de Canaille, très exposés et à forte pente. La limitation de la profondeur d'extraction à -30 ou -35 m réduit l'étendue des gisements et il faudra admettre, en cas d'exploitation, la dégradation des herbiers voisins (Riou, Carry, Sausset, Canaille).

La mise au point d'une technologie rentable d'extraction profonde permettrait de reconsidérer la question et d'étendre alors l'extraction aux sables détritiques du large qui posent beaucoup moins de problèmes quant aux servitudes d'exploitations.

(1) Sondages d'essais de la COMEX.

(2) cf. rapport détaillé (thème 2 du CNEXO) : extraction sous-marine de sables et graviers sur le précontinent de la région de Marseille.

D - Rejets : "Rejeter des déchets ou des effluents en mer, ne signifie pas forcément polluer" (1).

- Problème de l'extension des émissaires :

. La création d'émissaires sur la côte de Nerthe-Sud est à proscrire car les effluents se dirigeront vers l'Est pour augmenter la pollution, déjà très forte, au Nord de la baie de Marseille.

. Aucun rejet ne devra être effectué dans la baie de Marseille-Sud (problème du détournement de l'Huveaune dans le collecteur supplémentaire de Cortiou). La conservation des fonds et les aménagements de la plage du Prado sont subordonnés à ces dispositions.

. Le rejet actuel de l'égoût de Marseille à Cortiou ("grand collecteur"), qui doit être "doublé", accentue la pollution de la côte des Calanques, voire de l'archipel de Riou. Le projet d'un émissaire en eau profonde doit être reconsidéré. L'état actuel, même amplifié, apparaît préférable à mon sens, qu'un rejet d'effluents à très fort débit et à faible profondeur au niveau du détritique côtier. L'éventualité d'un rejet en eaux plus profondes, vers -150 m, au large de Riou serait, à priori, intéressante mais pose de graves problèmes techniques et financiers. Une solution à moyen terme, comportant une ou plusieurs stations d'épuration efficaces et à forts débits, serait de nature à concilier, dans une certaine mesure, les rejets en mer et le développement urbain de Marseille.

. Les clichés en infra-rouge ("*scanning*", (télé-détection) et "fausses couleurs") montrent la pollution en tourbillons et volutes de l'égoût actuel dans la baie de Cassis. Une certaine dilution est réalisée et les effluents s'éloignent vers le SSE et le large. Mais une augmentation de débit, augmentation prévisible, exigerait une station de traitement des eaux.

. Egoût actuel de La Ciotat, au Nord de la Calanque de Figuerolles : site de rejet bien choisi, dilution rapide des effluents vers l'Ouest et le SE, favorisée par les dérives et la très forte pente du fond.

. Egoût de la Villa des Tours (baie de La Ciotat). Les clichés en émulsions I.R. et la télé-détection (thermographie I.R.) mettent en évidence une pollution générale de la baie sous la forme d'un tourbillon dirigé vers le SE, puis l'Est et s'étalant, à certaines heures, vers le littoral en se diluant (missions I.G.N.)

(1) Rapport CNEXO 1972 (R. Toussaint) : le programme du CNEXO en matière d'aménagement de la frange maritime du littoral, p.12 (13 avril 1972).

Seul l'égoût de Figuerolles peut rejeter, sans inconvénients majeurs, un débit d'effluents beaucoup plus important (1).

- Problème du rejet des "boues rouges" industrielles :

Les recherches de Bourcier (1969) et de la Station Géodynamique de Villefranche me dispensent d'insister sur ce problème. Glissant sur une pente très abrupte jusqu'à -700 m, les boues rouges, cartographiées par Bourcier s'étalent très au large, sur le fond, jusqu'à -2000 m et empatent aussi les versants du canyon de la Cassidagne en s'insinuant vers le thalweg occidental. Par certains régimes encore mal connus (ondes de tempêtes ? "upwelling" ?), les suspensions remontent à -200 m, salissant des filets à plancton, voire à -90 m, sur la bordure externe du précontinent. Le débit actuel de 7 m³/heure a été récemment doublé. Bien que les régimes de remontée soient fortuits ou épisodiques, la situation n'apparaît pas alarmante pour les peuplements benthiques mais une rupture du sea-line, dans son trajet sur le précontinent, au Sud de Port-Miou, serait très grave et contaminerait immédiatement la baie de Cassis et, probablement, son littoral.

Pour des nouveaux rejets plus conséquents de boues industrielles (exploitations en extension aux Baux-de-Provence), les recherches devraient s'orienter vers des secteurs à très forte pente, au large, à taux de sédimentation très rapide tels que le canyon de Couronne ou, plutôt, le canyon du Rhône.

- Zones de "dumping" : matériaux solides non polluants, produits de terrassements, déblais de travaux publics ou de carrières, etc...

Les conditions favorables sont les suivantes :

1) Facteurs physiques : rejets en zones abritées des vents dominants et à une profondeur suffisante, en-deçà de la zone d'action des courants compensateurs, lesquels pourraient étaler trop loin les matériaux.

2) Facteurs biologiques : rejets éloignés des fonds d'herbiers et des lieux de pêche fréquentés.

3) Facteurs techniques et économiques : rejets les plus proches possibles des sites urbains ou d'extraction, en dehors des zones de trafic important ou des trajets de câbles et sea-line, pente faible à nulle.

Deux sites ont été retenus après une étude du milieu :

1) Nord de la baie de Marseille : -54 m, vases terrigènes côtiers, pente faible. Secteur abrité du Mistral, à 1,5 mille nautique de

(1) Signalons les levers détaillés et inédits de J. Picard en ce secteur.

l'aire portuaire, à 0,85 mille nautique dans le 164 du feu du cap Ragnon. Ce site peut se prêter à une grande extension et le colmatage de ce secteur déjà très envasé naturellement, n'altèrera point les peuplements existants adjacents et déjà dégradés.

2) Sud-Ouest du cap de l'Aigle : ~60 m, pente moyenne, détritico-côtière déjà polluée par l'égoût de Figuerolles à la Ciotat. A 1,4 m. nautique du port de La Ciotat.

D'autres sites peuvent être étudiés en fonction des besoins.

E - Conduite à tenir :

A long ou moyen termes, il paraît opportun de considérer les points suivants :

1° - Secteurs à protéger impérativement :

Littoral Nerthe-Sud, côte des Calanques, baies de Marseille-Sud, Cassis et La Ciotat. Archipel de Riou, île Verte.

2° - Secteurs pouvant être aménagés :

. Industrie : baie de Marseille-Nord, en complément des aires de Berre et Fos, irrémédiablement polluées et transformées.

. Tourisme nautique : archipel du Frioul et baie de Marseille-Sud.

3° - Secteurs menacés par les "marées noires" :

En cas de sinistre maritime, ou rejets intempestifs d'hydrocarbures, les aires de départ sont les chenaux d'accès à Fos, Berre et Martigues. Le danger immédiat est représenté par l'écueil du Planier et la Pierre-à-la-Bague.

Le contre-courant de la Nerthe et les dérives de Mistral et de vent d'Ouest constitueront les vecteurs dangereux. Les hydrocarbures pénétreront dans la baie de Marseille et aucun courant de marée ne viendra les dégager, même pas un éventuel changement de régime (vent d'Est).

Les littoraux très menacés sont :

- . le littoral de Nerthe-Sud,
- . le "cul-de-sac" de l'Estaque-Le Rove, au NNE de la baie de Marseille,
- . la zone occidentale du Frioul,
- . le littoral de la Pointe-Rouge, le Mont-Rose, les Coudes, au SW de la baie du Prado, où une "marée noire", fort heureusement localisée, a été observée en 1971 (Pointe Rouge, Madrague de Montredon).

En fait, les menaces les plus importantes viennent de l'Ouest et

les nappes d'hydrocarbures devraient pouvoir être signalées à temps et déviées vers le Sud avant d'atteindre le méridien de Planier. Le "courant-général", dirigé d'Est en Ouest, déporterait alors ces dernières vers Port-la-Nouvelle ou les Baléares, ce qui laisserait une marge d'action de plusieurs journées étant donnée la vitesse faible de ce courant. La présence d'une forte dérive de vent d'Est aggraverait le phénomène aux dépens du littoral camarguais ou languedocien. La marge d'intervention serait beaucoup plus limitée en ce cas.

IX - EXTENSION DES RECHERCHES :

Il apparaît souhaitable, au terme de cet exposé, d'envisager les directions de recherches les plus rentables et les plus urgentes dans le sens d'une protection et d'un aménagement rationnel du précontinent.

1° - Cartographie au 1/50.000 des réflecteurs et du *bed-rock* ("maillage" : 0,5 mille nautique), afin de préciser la profondeur et la cubature éventuelle des corps sédimentaires. Ce travail, commencé à Nerthe-Sud et à Riou (Leehnardt et Dalserra) devra être étendu systématiquement à la baie de Marseille.

2° - Sondages, lançages et vibro-fonçages afin de reconnaître, en profondeur, la nature des corps sédimentaires et leurs caractéristiques géotechniques. La connaissance de ces dernières est indispensable dans la recherche et la réalisation d'ouvrages lourds.

3° - Photographies sous-marines systématiques à la "troïka" (procédé Cousteau et Alinat) accompagnée d'une sonographie (sonars latéraux) à large maille sur le précontinent (étude des sites, ancrages, dumpings, peuplements benthiques et ravinements du fond).

4° - Etude des émissaires en haute mer et rejets de débits importants de boues industrielles (canyons, knee-line et zones profondes du précontinent).

5° - Réalisation de cartes géotechniques (pour les appuis, terrassements, ancrages off-shore, etc...) ; nature rhéologique des matériaux, portances, compressibilités, coefficients de cisaillement, thixotropie, etc...