Méditerranée

La dynamique littorale et ses applications sédimentologiques du grand Rhône à la presqu'île de Giens

Monsieur Jean-Jacques Blanc

Abstract

The dynamic studies deal to the shoreline mechanisms and their applications. The major effects are the consequences of surface current system and compensation current near the bottom, waves and oblique swells. We examine here some local examples : Fos, Marseilles, Giens. Posidonian submarine «sea grasses» show a regressive state under the effects of pollution and hydrodynamic processes : rip-currents. Applied investigations are linked to the protection of shoreline and his aménagements, prévisible extension of pollued flow, delimitation of threaten areas, dumpings and sewages, selection of sites...

Résumé

La dynamique littorale et ses applications sont conditionnées par un système de courants de surface et de courants compensateurs sur le fond. Ces actions s'ajoutent aux effets des vagues et houles obliques. On examine ici des exemples locaux :Fos, Marseille, Giens. Les herbiers et les actions hydrodynamiques: courants sagittaux. Les applications de ces recherches sont liées à la protection du littoral et son aménagement, aux extensions prévisibles des pollutions et des zones menacées, aux rejets, choix des sites, etc.

Citer ce document / Cite this document :

Blanc Jean-Jacques. La dynamique littorale et ses applications sédimentologiques du grand Rhône à la presqu'île de Giens. In: Méditerranée, troisième série, tome 46, 3-4-1982. Développement et environnement dans la région Provence -Alpes Côte d'Azur. pp. 25-33;

doi : https://doi.org/10.3406/medit.1982.2078

https://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1982_num_46_3_2078

Fichier pdf généré le 09/11/2019

La dynamique littorale et ses applications sédimentologiques du grand Rhône à la presqu'île de Giens

Jean-Joseph BLANC*

Persée creative commons

Résumé – *La dynamique littorale et ses applications sont conditionnées par un système de courants de surface et de courants compensateurs sur le fond. Ces actions s'ajoutent aux effets des vagues et houles obliques. On examine ici des exemples locaux : Fos, Marseille, Giens. Les herbiers et les actions hydrodynamiques : courants sagittaux. Les applications de ces recherches sont liées à la protection du littoral et son aménagement, aux extensions prévisibles des pollutions et des zones menacées, aux rejets, choix des sites, etc.*

Abstract – *The dynamic studies deal to the shoreline mechanisms and their applications. The major effects are the consequences of surface current system and compensation current near the bottom, waves and oblique swells. We examine here some local examples : Fos, Marseilles, Giens. Posidonian submarine «sea grasses» show a regressive state under the effects of pollution and hydrodynamic processes : rip-currents. Applied investigations are linked to the protection of shoreline and his amenagements, previsible extension of pollued flow, delimitation of threaten areas, dumpings and sewages, selection of sites...*

Mots descripteurs : Océanographie et sédimentologie littorales, sédiments, herbiers sous-marins, applications, aménagements, Provence occidentale.

INTRODUCTION

La dynamique littorale de la Provence occidentale est influencée par l'action des vagues et houles obliques, les courants de surface (courants de dérive) et, plus au large, par le «courant général» (courant géostrophique). Au niveau du fond, des courants de décharge compensent, lors des tempêtes, l'afflux des vagues et houles à longues périodes. Ces courants déplacent le sédiment, érodent le fond et les herbiers à Posidonies, ou, au contraire, déterminent la formation de prismes détritiques d'accrétion et de micro-deltas sous-marins.

Nous ne traiterons ici que quelques exemples : golfe de Fos et ses aménagements, baie de Marseille, littoral rocheux du massif des Calanques, presqu'île de Giens, – zone «sensible» et très fragile, où se manifestent les phénomènes de transfert et d'érosion, la dégradation des herbiers à Posidonies par un réseau de chenaux et l'intervention de courants compensateurs particuliers : les courants sagittaux.

Les applications, à court et moyen terme, découlant de ces recherches traitent à la fois de la protection et de l'aménagement du littoral. Plusieurs points de vue sont alors à considérer :

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

1) Protection du rivage, rôle des ouvrages, relations avec les herbiers, conséquences des brises-lames et épis sur les transferts.

2) Recherches sous-marines de matériaux : sables et agrégats, les contraintes d'exploitation, la classification des gîtes etc.

3) Extension des pollutions d'hydrocarbures et «marées noires». Il a été possible d'envisager des simulations de situations, directions prévisibles des polluants, temps disponible d'intervention pour un régime météorologique donné, définition des zones menacées.

4) Enfin, la question très importante des aménagements littoraux. Elle inclut le choix des sites : ports et «marinas», définition d'un «état initial» nécessaire pour une étude d'impact, étude des tempêtes maximales prévisibles et de la position des émissaires, recherche des zones et fronts d'envasement et des sites de rejets («dumping»).

I – LA DYNAMIQUE DU GOLFE DE FOS – CONSEQUENCES SUR LES AMENAGEMENTS

Plusieurs mécanismes sont décrits pour cette zone très mobile complètement transformée par les aménagements :

1°) Le cap Couronne : déjà mentionné, et les dalles molassiques immergées des Ragues de Carro et d'Arnette, forment un obstacle réfractant les grosses houles, pour tous les régimes. Cette zone toujours battue, dangereuse, est jalonnée d'épaves, blocs remaniés, graviers et sables grossiers. Les réfractions et amortissements sont insuffisants et le littoral rocheux demeure très exposé, déchiqueté et partiellement submergé par fortes tempêtes. Transferts, déferlements et vagues obliques assurent un brassage des eaux amenant la dilution rapide des eaux chaudes de la centrale thermique de Ponteau.

L'abrasion des affleurements de molasse et la présence d'un petit réseau karstique, voire d'eaux thermales sulfureuses (Arnette, les Laurons), correspondent à une morphologie sous-marine assez singulière, étudiée par FROGET, avec grottes,exurgences temporaires, couloirs immergés, «tombants» et encoches. On peut y observer encore des abris sous-roche immergés et cisaillés et des chenaux et «lobes» de blocs étalés par les courants de décharge.

2°) Le They de la Gracieuse : longue flèche sableuse de 6 km, limite à l'Ouest le golfe de Fos. Cette construction minutieusement étudiée par RAZAVET, ROUX et VERNIER, forme une jetée naturelle condidionnant l'existence même du mouillage de Fos. Essentiellement alimentée par les apports sableux d'origine rhodanienne, suivant un transfert orienté du SW au NNE, elle tendait à progresser à la vitesse très rapide de 70 m par an, menaçant de comblement les accès aux mouillages de Fos. Les réfractions et réflexions ont été accentuées artificiellemnt par l'échouage systématique d'épaves amenant une déviation des «crochons» frontaux vers le golfe et le mouillage de Carteau.

Ce pivotement ne constitue point le seul problème. PAUC, ROUX et VERNIER ont récemment montré l'amaigrissement et le déficit en sédiment relatifs à la partie longitudinale de cette flèche. Cette menace, accentuée, pour les zones faibles, par des immersions temporaires, apparaît liée aux aménagements hydroélectriques sur le Rhône retenant essentiellement les particules sableuses. Il en résulte un recul des rivages au niveau du delta tandis que, par gros temps, les déséquilibres hydrostatiques des plans d'eaux entre le golfe de Fos et la mer ouverte, amènent l'immersion temporaire et partielle de la flèche de la Gracieuse. Ces déséquilibres peuvent être accentués par l'influence de résonances, seiches et, surtout, «marées barométriques». Nous mentionnerons les recherches de F. BLANC, J. BLANC, CAZABAT, DEMATHIEU, LEVEAU, ROUX et VERNIER, en hydrologie, géologie et thermographie infra-rouge en ce secteur.

3°) L'hydrologie et la courantologie du golfe de Fos sont influencées par les apports duranciens et les arrivées sous-marines d'eaux douces :

Les études de thermographie infra-rouge montrent l'étalement à la sortie du chenal de Caronte, d'un flux d'eau douce superficiel, formant un éventail dans le golfe de Fos. Par ailleurs, les «arrivées» sous-marines, parfaitement visibles en thermographie, sont augmentées par un flux de «griffons» immergés, issus de la grande nappe de la Crau, réalisé par les profonds terrassements des darses de Fos et Carteau. Ces fouilles profondes ont recoupé la surface phréatique de la nappe qui se mêle aux eaux marines. Enfin, les eaux rhodaniennes, ou issues du canal de Port St-Louis, suivent un transfert le long du They de la Gracieuse et s'étalent en tourbillons et volutes au contact de «l'éventail durancien» et des eaux de la haute mer.

4°) Le colmatage général du golfe de Fos est accentué par les décharges, freinages et décantations des flux turbides incidents liés aux vagues obliques. Les réfractions et interférences, à l'Ouest du «crochon» terminal du They de la Gracieuse, se traduisent par une hypersédimentation affectant le mouillage de Carteau. Le comblement y est très rapide ; on observe des herbiers envasés, à Zostères ; des dunes hydrauliques, rides obliques, «crochons» sous-marins et même des alignements d'îles en voie de formation ou émergées (île sableuse de Carteau, émergée en 1973).

Ailleurs, les envasements se manifestent au centre des cellules tourbillonnaires ; le tracé des nouvelles jetées a déjà modifié le sens de ces tourbillons et circulations (ROUX et VERNIER), transformant ainsi les conditions hydrauliques des chenaux d'accès à l'entretien délicat. Les aires de «dumping» et décharges de matériaux trop proches du golfe et des chenaux, réalisées à faible profondeur, altèrent les conditions naturelles de la sédimentation et accentuent les colmatages.

Ainsi, le port de Fos ne pourra être maintenu que dans la mesure où pourront être maîtrisés les phénomènes naturels suivants :

1) Intégrité du They de la Gracieuse, dont le bilan sédimentaire devra être renforcé par des actions appropriées et l'interdiction formelle d'emprunts de matériaux au littoral et dans le domaine sous-marin avoisinant.

2) Atténuation de la vitesse du colmatage naturel, en évitant le rejet des matériaux de dragages à proximité du golfe et des chenaux d'accès.

II — UN REGIME COMPLEXE : LA BAIE DE MARSEILLE

A l'exception du contre-courant de la Nerthe, la baie de Marseille demeure étrangère à l'influence du courant général. D'autre part, la crête orientée NE-SW et correspondant à l'archi - pel du Frioul, amène le cloisonnement du plan d'eau en deux ensembles :

1) Zone Nord, ou baie de l'Estaque, en voie d'envasement sous l'influence du contre-courant et des dérives de Mistral, issues des aires de Fos.

2) Zone Sud, ou baie du Prado, zone complexe agitée, à fonds mobiles : prisme littoral, herbier et détritique côtier s. l., avec des secteurs où se manifestent les érosions ou les concrétionnements (fig. 1).

Ce cloisonnement est accompagné par la dualité de deux régimes dominants condi - tionnant les dérives de Mistral et de vent d'Est.

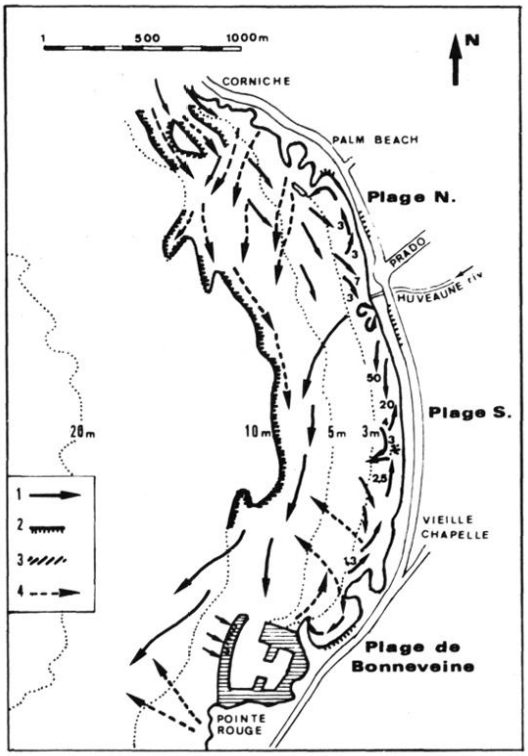

Fig. 1 : BAIE DE MARSEILLE SUD ; PLAGE DU PRADO
SYSTEMES DES COURANTS, DERIVES ET TRANSFERTS
1 : Flux turbides, sédimentation fine, transferts ; — 2 : Front d'érosion des herbiers à Posidonies ; — 3 : Erosion des plages ; 4 : Courants de dérive et transferts liés aux régimes N. NW.

1°) Mistral : dérives très rapides (35 à 40 m/mn : ces valeurs ont été établies par des visées effectuées sur des flotteurs ; elles sont inférieures aux vitesses réelles par très gros temps, non mesurées). Les courants de dérive se déplacent du NNW vers le SSE et longent la corniche et la plage du Prado où d'importants aménagements sont projetés. La présence des îles du Frioul (Ratonneau, Pomègues If), assure un abri relatif, tandis que les vagues les plus grosses se brisent à la Pointe Rouge, au Mont Rose et aux Goudes.

Les courants de Mistral concernent surtout les eaux de surface ; ils entraînent vers le Sud la plupart des pollutions d'origine portuaire ou issues de l'Huveaune. Par gros temps, les effluents déportés par un courant littoral, «doublent» le cap Croisette et l'île de Tiboulen de Maïré (photographies avec pellicules «infra-rouge», «fausses-couleurs»).

2°) Vent d'Est s. l. (Levant, Levant Dré, Levant Eissero) : les pollutions sont amenées vers le Nord tandis que les houles se réfractent aux caps Croisette et Caveau. Au large de cette pointe, les influences de l'abri relatif dû à la baie de Marseille disparaissent et une très forte houle peut aborder le cap Couronne et le Sud du golfe de Fos. Par très gros temps, les «creux» peuvent très exceptionnellement atteindre 6 m au large du cap Couronne.

III – LE LITTORAL ROCHEUX DU MASSIF DES CALANQUES ET LES BAIES ENTRE CASSIS ET TOULON

Les courants de dérive liés aux vents d'Est ou de NW y déterminent des trajectoires, et, dans les baies des circuits en sens opposés (La Ciotat, Bandol, Sanary). Une sédimentation détritique et bio-clastique («gravelles», «maërl», sables coquilliers, sables et graviers hétérométriques) caractérise les zones plus calmes au centre des circuits tourbillonnaires. Les mouvements rattachés aux deux régimes dominants, régissent partiellement la répartition des peuplements et les types de sédiments (PICARD, MUSCHOTTI, BLANC).

Les courants de dérive et leurs «vecteurs», distribués dans la masse des eaux et contre le fond, assurent la migration des effluents et déchets urbains du «grand collecteur» de Marseille se déversant directement dans la mer au niveau de Cortiou, à un littoral accore et désert. Les recherches de la Station Marine d'Endoume et de BELLAN, PICARD et leurs collaborateurs, plus particulièrement, traduisent une pollution et une dégradation définitive des fonds et peuplements au littoral des Calanques bordant le massif de Marseilleveyre. La «composante» d'une dérive de l'Est vers l'Ouest domine et les pollutions s'étendent jusqu'au cap Croisette où elles «rejoignent» les contaminations de l'Huveaune et de la baie de Marseille déportées par les régimes de Mistral. Par ce même vent, la «pollution» est dirigée vers l'Est et, depuis quelques années, contourne le cap Sormiou et s'étend, en outre, jusqu'à l'archipel de Riou. Ainsi, les courants de dérive, au Sud du massif des Calanques, amènent la dégradation rapide d'une aire marine étendue ; le très fort débit (15 à 30 m3/sec) de l'égoût, *rejeté en surface,* forme un «panache» difficile à disperser malgré l'exposition du site anciennement choisi.

Par gros temps et tempêtes de vent d'Est ou SE, un afflux d'eau s'engouffre dans les Calanques ; il est compensé par des *courants de décharge* érodant les fonds puis étalant les sédiments à l'entrée où la perte d'énergie liée à l'augmentation du rayon hydaulique, amène la formation de lobes détritiques sous-marins.

Dans la baie de La Ciotat, des réfractions et des diffractions se manifestent au cap de l'Aigle – île Verte et à la Pointe Grenier. La sortie des eaux paraît devoir être assurée, sans que cela soit prouvé, par un courant compensateur situé au voisinage du fond et dirigé vers le large.

Les baies de Bandol et Sanary présentent des «physionomies» différentes et une dynamique complexe. On y observe l'érosion et la rapide dégradation des herbiers à Posidonies sous l'influence des actions mécaniques, des pollutions et surtout d'envasements liés à de regrettables décharges de matériaux. Les «circuits» courantologiques observés finissent toujours par revenir au rivage, quel que soit par ailleurs le régime météorologique. Il en résulte que ces secteurs nécessitent une protection efficace et rapide, l'interdiction de rejets fins et polluants et l'arrêt de projets d'aménagements. La zone du Brusc et des Embiez représente une aire déjà profondément altérée par l'intervention humaine :

– sédimentation accélérée au fond de la baie, accentuée par le «piège» des herbiers, progression des envasements au cours du temps ;

– pollutions diverses et dégradation d'un des plus beaux herbiers à Posidonies du littoral méditerranéen français.

IV – LA PRESQU'ILE DE GIENS

La presqu'île de Giens, caractérisée par un tombolo double est située aux «frontières» de deux régimes différents, le golfe du Lion à l'Ouest et le golfe de Gênes à l'Est (fig. 2).

. *Les dérives d'Est s. l.* correspondent à de fortes vagues à fetch élevé, avec des creux de 5 m par gros temps (les maxima ne sont point connus). Il en résulte un transfert littoral notable engraissant la zone méridionale de la baie d'Hyères et les plages au Sud du tombolo oriental.

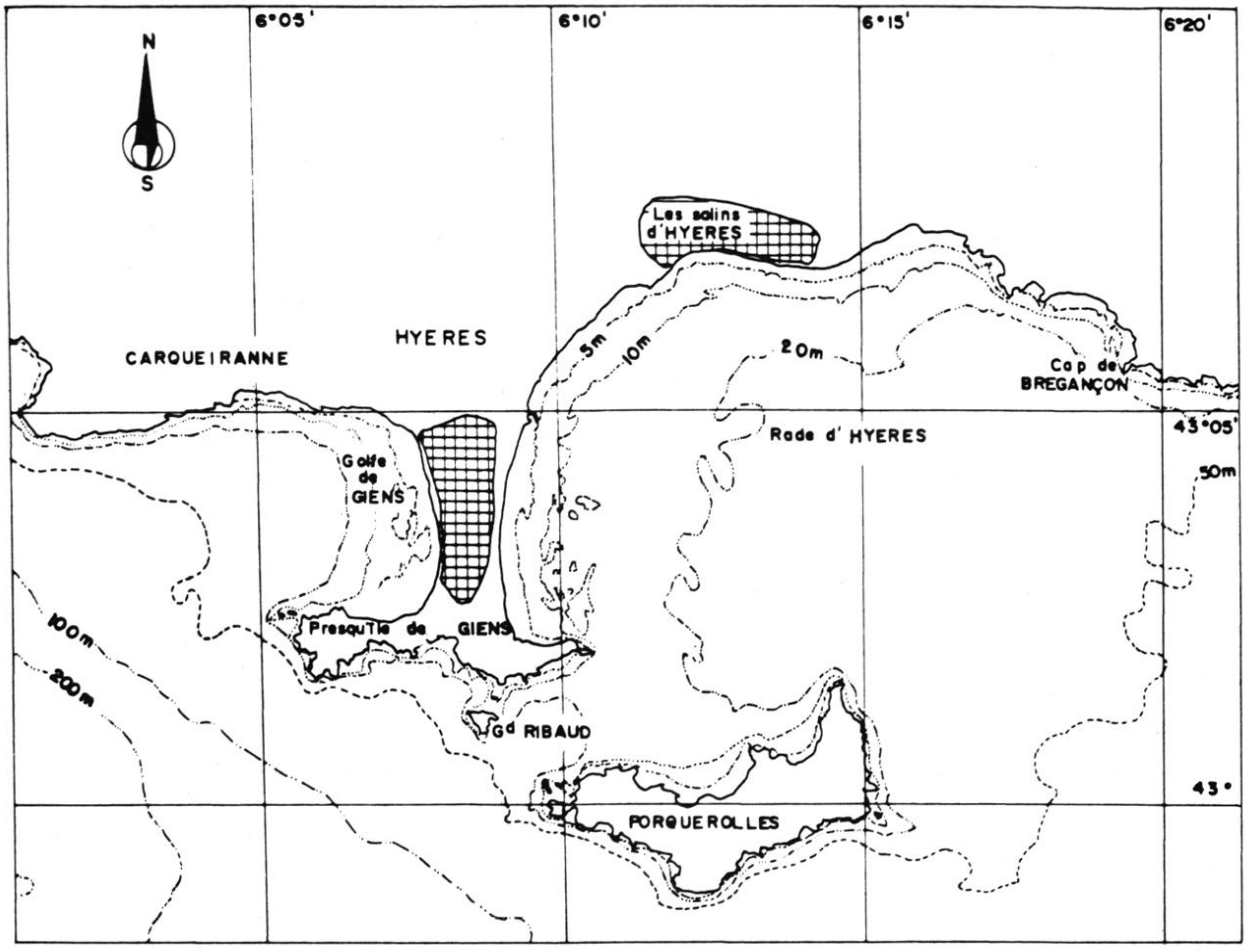

Fig. 2 : PRESQU'ILE DE GIENS, RADE DE GIENS ET BAIE D'HYERES

. *Les vagues courtes de Mistral,* à forte cambrure, venant de l'Ouest s. l., correspondent à de rapides dérives érodant le littoral du tombolo occidental, non alimenté en sédiment (absence de rivières se jetant dans la baie de Toulon et le golfe de Giens). Le matériel de ce tombolo résulte, en fait, de stocks remaniés en relation avec des plages «fossiles» *(beach rocks)* et d'anciens cours du Gapeau durant le Quaternaire. Cette absence d'alimentation ne compense plus les phénomènes d'érosion accompagnés par une dégradation rapide des herbiers à Posidonies.

Les régimes les plus érosifs correspondent à des élévations du plan d'eau atteignant 0,60 à 0,70 m et, très exceptionnellement, 1 m. Ces dernières sont liées à des dépressions («marées barométriques») ; elles se combinent à de fortes vagues à cambrure élevée. Les secteurs très menacés sont le tombolo occidental, les plages d'Hyères et de l'Hippodrome tandis que d'autres érosions locales se manifestent au débouché du Gapeau, au Ceinturon et à la Capte.

. *La compensation hydrostatique,* par fortes tempêtes, est réalisée par un retour au large sous la forme de *«rip-currents»* ou *«courants sagittaux»* (Rivière, 1951 ; Arbey, 1959). Les zones de départ de ces courants de retour dirigés vers le large correspondent à une ablation des plages du tombolo, notamment pour l'isthme occidental et ce, malgré la protection sous-marine d'une formation sablo-limoneuse indurée *(«beach-rock»* laguno-marin, sable consolidé), témoin d'un ancien rivage, de −6 à −3 m.

En deçà de l'action spectaculaire au niveau des plages, les courants sagittaux déterminent une érosion quantitativement beaucoup plus importante sur les fonds et amènent la dégradation du plus bel herbier à Posidonies de la côte méditerranéenne française, en rade de Giens, à l'Ouest de la presqu'île et en baie d'Hyères, à l'Est.

Les recherches cartographiques sous marines, les examens en plongée et les calculs montrent que, par très gros temps, ces ablations se manifestent jusqu'à −12 m et même −15 m en rade de Giens, par régime d'Ouest. En rade d'Hyères (régimes d'Est s. l. dominants), ces dernières se poursuivent jusqu'à 30 m et probablement 40 m de profondeur. Mais, en ce secteur, la présence d'un herbier vivace à Posidonies jusqu'à −32 m (recherches

inédites de A. JEUDI de GRISSAC) protège encore les fonds par la consolidation du sédiment des «mattes», ce qui n'est point le cas pour la baie de Giens, où l'herbier très dégradé demeure en voie de régression rapide.

. *La décharge est réalisée par deux systèmes de chenaux :*

1) *Chenaux des courants sagittaux, perpendiculaires au littoral* et responsables d'érosions rapides. Depuis plus de treize années (BLANC, 1969), ils montrent un développement accru récemment confirmé (MAGGI, 1973) par la comparaison des relevés hydrographiques de 1896 à 1969, pour le golfe de Giens. Les ablations concernent principalement les fonds de –3 à –5 m ; elles se poursuivent jusqu'à –10 m et même –18 selon les cas, découpant les mattes de l'herbier à Posidonies, creusant jusqu'à 1 ou 3 m dans le sédiment et ce, *bien antérieurement aux pollutions et épandages récents.* A la Madrague de Giens, au voisinage de l'îlot de la Redonne, j'ai noté une érosion latérale de 4 m pour un «tombant» de l'herbier à Posidonies, en dix années.

Les caractères essentiels de ces chenaux, empruntés par les courants de décharge, sont les suivants :

– tracé généralement perpendiculaire à la ligne de côte, forme sinueuse, rarement rectiligne ;

– ils se poursuivent, en moyenne, jusqu'à l'isobathe 10 m mais certains ont été suivis jusqu'à –20 m et même davantage ;

– largeur moyenne : 100 à 300 m, parfois beaucoup moins ; leur creusement amène la formation de «tombants» de 2 à 5 m dans la «matte» de l'herbier à Posidonies ;

– après un trajet sous-marin variant entre 600 et 2 300 m au maximum, s'observe une zone d'amortissement où s'effectue le délestage du sédiment en transit, à des profondeurs variant entre 7 et 19 m. Alors se dépose un sable hétérométrique, étalé vers le large, formant un lobe d'apparence «deltaïque». Le matériel sédimentaire peut être varié, issu du littoral ou de l'herbier : sables fins, granulés, galets de quartz hyalin issus du permo-trias, galets de quartz cérébroïde ferrugineux d'origine filonienne (Giens), fragments de *«beach-rocks»* arrachés, blocs remaniés, pesant jusqu'à 50 kg provenant des enrochements de défense littorale, etc. A ces profondeurs cessent les phénomènes d'érosion mais les herbiers continuent à régresser par l'action des colmatages au terme de ces transits.

2) *«Couloirs» d'érosion parallèles à la courbure du rivage.* Ces chenaux longitudinaux se situent à des profondeurs oscillant entre 4 et 17 m. Ils peuvent être liés à une isobathe, occlus ou reliés entre eux formant alors des «couloirs» sinueux à une profondeur constante. Les chenaux longitudinaux *recoupent* les chenaux transverses. Une érosion sous-marine accentuée par ce «quadrillage» amène la dissection rapide des «mattes». En dehors des golfes de Giens et d'Hyères, ces chenaux s'observent entre les Salins et le Pansard : ils présentent des «tombants» de 4 m, entaillant des «mattes» datées par des amphores du type III de Dreyssel.

Les sillons longitudinaux paraissent liés — avec un certain décalage, aux lignes majeures du déferlement par gros temps.

V — APPLICATIONS A COURT ET MOYEN TERMES

Elles concernent essentiellement les domaines suivants :

1°) Protection du littoral : il a été souligné le rôle essentiel des vagues obliques à forte cambrure et des courants compensateurs, courants sagittaux, etc. ramenant les eaux vers le large. L'alimentation sédimentaire liée aux transferts (Fos, pointe de la Gracieuse, Giens, etc.) est parfois insuffisante pour compenser les phénomènes de l'érosion littorale, malgré la présence d'accumulations temporaires à l'emplacement des nodales (Bellaiche).

Il apparaît alors l'importance d'ouvrages *frontaux* bien étudiés, modifiant les conditions du déferlement et du retour au large, plutôt que la réalisation éventuelle d'épis transversaux.

D'autre part, la protection, à tous prix, des «mattes» de l'herbier demeure la meilleure chance de conservation des équilibres littoraux (BLANC).

2°) Recherches de sables et d'agrégats : l'importance manifeste des «gîtes fossiles» du Quaternaire récent ne saurait faire sous-estimer les relations souvent étroites entre les modalités hydrodynamiques, les vagues obliques, circuits courantologiques, courants compensateurs et les accumulations recherchées.

Mais il apparaît que les contraintes sévères d'exploitation et de protection des fonds et du rivage rendent délicates, sinon impossibles, les exploitations reconnues en fonction des actuelles possibilités techniques, à l'exception de quelques sites nécessitant une étude très détaillée et des essais en vraie grandeur.

3°) Extension des pollutions d'hydrocarbures et «marées noires» : ces dernières ont une destination qui demeure liée à la courantologie et la topographie locales. D'autre part, l'absence de marées notables en ce secteur peut limiter – ou aggraver les conséquences d'un sinistre.

La «simulation» d'un naufrage de pétrolier au large de Fos ou du Planier (Marseille) pourrait amener des situations différentes selon la dominance :

– du courant général : pollutions dirigées vers le Languedoc ou les Baléares ;
– du contre-courant de la Nerthe : pollutions dirigées vers la baie de Marseille-Nord ;
– d'un régime de Mistral : pollution généralisée en baie de Marseille ;
– d'un régime de vent d'Est : dépôt vers les plages de la Camargue et du Languedoc.

Les durées où demeureront possibles les interventions seront courtes (généralement quelques heures). Les fonds de baies où se développent les circuits décrits (Fos, Marseille, Cassis, La Siotat, Toulon, Hyères, etc.) constituent de véritables impasses.

Le golfe de Fos, malgré la fragilité du They de la Gracieuse demeure l'objet d'un colmatage rapide du fait des apports turbides rhodaniens, envasements naturels et rejets importants. Les conséquences, en plus des phénomènes de pollutions, se manifestent encore pour les problèmes d'accostage et d'entretien des chenaux.

4°) Aménagements littoraux :

Les aménagements industriels, portuaires et touristiques (installations de Fos, Lavéra, centrales thermiques, baies de Marseille (Prado) et de Toulon (Mourillon), ports et agrandissements de La Ciotat, Giens, «marinas» de Port Cogolin et Port Grimaud, port Bormes, etc.), doivent être entrepris à la suite de recherches détaillées aux emplacements des sites prévus (Océanographie, Sédimentologie, observations aériennes et météorologiques).

Il sera indispensable de prévoir des tempêtes maximales et des surélévations des plans d'eaux au-delà des situations observées (jetées, brise-lames, protection du littoral). On cherchera à se protéger autant des chocs frontaux, plus ou moins obliques, que des emprunts et soutirages de matériaux à la côte sous l'action des courants sagittaux, courant compensateurs. Mais le problème s'avère plus complexe que pour la simple défense du littoral car les aménagements empiètent fréquemment sur le domaine marin, ce qui entraîne des modifications notables, parfois gênantes, dans les mécanismes des houles (réflexions, diffractions) et des courants (cas de Fos ; cf. recherches de ROUX et VERNIER , Bormes, Santa Lucia, à Ste-Maxime). La situation des jetées par rapport au tracé des isobathes peut fréquemment intervenir vis-à-vis de leur résistance aux chocs des rouleaux. Les recherches de LEWIS, SCHOU, CLOS-ARCEDUC et SITARZ nous conduisent à considérer attentivement les transferts et plans de vagues (zones de convergence des houles) avant le choix définitif d'un site. Il en sera de même pour les phénomènes de résonances, voire de seiches, se manifestant dans les baies encaissées (Giens, St-Aygulf, Fos), phénomènes souvent bénéfiques (protection du littoral sableux par l'adjonction de corps sédimentaires aux nodales), ou néfaste, quant au rassemblement des éléments polluants à ces mêmes nodales (Fréjus, St-Aygulf).

Les nouveaux aménagements portuaires, «marinas», etc. posent de sérieux problèmes de pollutions (rejets d'effluents à partir des navires, égouts, émissaires «profonds», etc.). Les effluents, épurés ou non, se trouvent repris par le système des courants tourbillonnaires des fonds de baies (La Ciotat) précédemment décrit. Leur dilution est plus ou moins satisfaisante et ce «modèle» amène des pollutions aux littoraux. Les rejets aux niveaux des caps ou des zones accores profondes et rocheuses s'avèrent généralement préférables (cap Sicié, Figuerolles à La Ciotat), avec une dilution rapide au contact des eaux de la haute mer, sauf lorsque le débit des effluents atteint des valeurs trop importantes (grand collecteur de Marseille à Cortiou). Alors, la contamination devient générale quelles que soient, par ailleurs, les modalités hydrodynamiques ; une épuration très soignée s'avérant ainsi la seule solution raisonnable (BRAHTZ).

Quant aux émissaires «profonds», ou qualifiés comme tels, il apparaît que, pour de forts débits, des profondeurs de 70 m (ou davantage) devraient être envisagées malgré les problèmes techniques que posent de telles installations. De ce fait, les détails topographiques sous-marins (présence souhaitable de ressauts et de contre-pentes) ont autant d'importance que la présence de thermoclines. On examinera avec attention les zones de courants compensateurs et une cartographie préalable des fonds sera nécessaire. Les phénomènes d'*upwelling* ne devront jamais être entravés, surtout dans le cas de «marinas» installées au fond des baies, et, leur action

demeure plutôt bénéfique par l'excellent renouvellement des eaux littorales. Mais il faudra en tenir compte pour les projets d'implantation d'émissaires profonds, où intervient alors un paramètre majeur qui est la distance à la côte ; cette dernière devra être, si possible, supérieure à 1 500 m afin de se tenir le plus éloigné possible du circuit des fonds de baies.

Si nous éliminons, *a priori*, les émissaires directement situés au rivage, amenant une contamination immédiate par le jeu des vagues obliques et des transferts, il convient d'éviter en outre les émissaires en eaux peu profondes à l'exception de quelques cas particuliers en milieux agités et relativement éloignés des herbiers et littoraux habités.

Les éléments polluants tels qu'hydrocarbures et métaux lourds sont absorbés par les argiles des faciès en cours d'envasements rapides (Fos, Marseille-Nord, Toulon, St-Tropez, Fréjus), principalement les montmorillonites et les édifices interstratifiés (ARNOUX et CHAMLEY). Ces accumulations de vase s'élaborent dans les baies abritées et les zones «mortes» des circuits toubillonnaires. Dans une certaine mesure, on peut prévoir leur existence et définir leur extension, à la suite d'études détaillées. De ce fait, dans les schémas d'aménagement des littoraux, il sera possible de prévoir les zones d'envasement et de pollution maxima consécutives à tout projet de rejet et d'installation industrielle. Ainsi, les études minéralogiques portant sur les phyllites de la fraction fine (lutites), complètent les renseignements hydrodynamiques et les données de la cartographie des sédiments sous-marins.

La définition des zones de *«dumping»* et rejets solides non polluants, matériaux de dragages, etc. devra tenir compte des résultats exposés et d'une étude granulométrique soignée (et non d'analyses effectuées au hasard), en plus des contraintes biologiques sévères relatives à la protection des fonds. Or, chaque matériau rejeté ou dragué dans une excavation sous-marine, présente, pour chaque phase prépondérante, une dimension équilibrée avec des conditions et un état hydrodynamique particulier (chute rapide, lente, suspension momentanée et suspension vraie : recherches de WEYDERT). Il sera donc utile d'envisager une étude sédimentométrique du matériau où les données granulométriques *globales* seront combinées avec la connaissance des facteurs hydrodynamiques en surface, dans la tranche d'eau et contre le fond. Alors la trajectoire des éventails turbides sera connue, voire programmée à l'avance, en fonction d'états météorologiques définis et de la présence de peuplements et d'associations biologiques à préserver.

Ces pages résument plusieurs années de recherches. Elles ont pour objet de marquer l'intérêt des travaux d'Océanographie et de Sédimentologie appliquée aux rivages. Les études doivent porter sur une certaine durée afin de mieux connaître les divers régimes possibles. Elles apparaissent indispensables à tout projet d'aménagement du littoral.

BIBLIOGRAPHIE

ARNOUX A. et CHAMLEY H., (1974).– Minéraux des argiles et détergents des eaux interstitielles dans les sédiments superficiels du golfe de Lion. *C. R. Som. Acad. Sci.* Paris, 278 : 999-1002.

BLANC J.J., (1959).– Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. Thèse Paris, *Ann. Inst. Ocean.*, Masson ; 35 : 140 p.

BLANC J.J., (1968).– Sédimentary geology of Mediterranean Sea. *Oceanogr. and marine Biology,* 6 : 377-457.

BLANC J.J., (1969).– Recherches de géodynamique littorale appliquée à la plage du Prado (Marseille). *Téthys,* 1 (4) . 1147-1166.

BLANC J.J., BLANC F., CAZABAT C., DEMATHIEU P., LEVEAU M., ROUX M. et VERNIER E., (1973). Intérêt de la thermographie aérienne infra-rouge pour l'interprétation des phénomènes hydrobiologiques et sédimentologiques dans le golfe de Fos. *C. R. Acad. Sci.,* Paris, 277, D : 561-564.

BLANC J.J., (1974).– Phénomènes d'érosions sous-marines à la presqu'île de Giens (Var). *C. R. Acad. Sci.* Paris, 278, D . 1821-1823.

BLANC J.J., (1974).– Les zones littorales de la Provence orientale. Equilibres sédimentaires. *Rapport contrat CNEXO,* n° 74/920 : 57 p.

BLANC J.J., (1974).– Recherches sur les gîtes de sables et agrégats sur la marge continentale de la Provence. *Rapport contrat CNEXO,* 71/265 et 72/475 : 16 p.

BLANC-VERNET L., (1969).– Contribution à l'étude des Foraminifères de la Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment, biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocènes et quaternaires. Thèse, *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume,* (64) : 48. 315 p.

BRAHTZ J. F. P., (1972).– Coastal zone management : multiple use with conservation. *John Wiley and Sons inc.,* Nw Yk, London, Sydney, Toronto : 352 p.

CASTELBON C., (1972).– Etude de la circulation des masses d'eaux dans le golfe de Marseille. *Téthys,* 2 (4) : 269-312.

CLOS-ARCEDUC A., (1964).– La photographie aérienne et l'étude des dépôts pré-littoraux. Etudes de photo-interprétation n° 1, *I. G. N.,* 53 p.

CRESSARD A. P., (1974).– Les répercussions de l'exploitation industrielle des sables et graviers sur l'environnement marin et sur les activités économiques du domaine maritime: *Rapport CNEXO* ; Paris, 36 p.

CRESSARD A. P. et DEBYSER J., (1974).– Influence de l'exploitation des sables et graviers sur le milieu marin. *Rapport CNEXO,* Paris, 23 p.

FROGET C., (1963).– La morphologie et les mécanismes d'érosion du littoral rocheux de la Provence occidentale. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume* 45 (30) : 165-243.

KING C. A., (1959).– (et nouv. ed. 1973). Beaches and coast. *Edward Arnold* publishers, London : 403 p.

LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE de FRANCE, (1972).– Plages et littoraux artificiels. Ministère de l'Equipement, du Logements, de l'Aménagement du territoire. Direction des ports maritimes et des voies navigables. (Bellossort M. B. et Migniot M. C.) : 52 p.

LAHUEC G., (1973).– Contribution à l'étude de quelques problèmes géologiques liés au dragage en mer. *Thèse 3ème cycle,* Univ. Nantes, Se Dep. Sc. Terre : 238 p.

LEPETIT J. P., (1972).– Protection du littoral. Problèmes posés, moyens d'études et ouvrages de défense. *E. D. F., Direction des études et recherches,* rapport ref. HCO42/72222 : 145 p.

LARRAS J., (1957).– Plages et côtes de sable. *Eyrolles* : 117 p.

LEWIS W. V., (1931).– Effect of wave incidence on the configuration of a shingle beach. *Geogr. Journ.,* 78 : 131-148.

PAUC H., (1970).– Contribution à l'étude dynamique et sédimentologique des suspensions solides au large de l'embouchure du Grand Rhône (Grau de Roustan). *Thèse 3ème cycle,* Montpellier, 134 p.

RAZAVET-DUBOUL C., (1955).– Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du delta du Rhône. Thèse Paris, *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume,* (10) 17 : 361 p.

SCHOU A., (1945).– Det marine forland. *Folia geog. Danica,* 4 : 1-236.

SITARZ J., (1963).– Contribution à l'étude de l'évolution des plages à partir de la connaissance des profils d'équilibre. *Trav. du C. R. E. O.,* V (2. 3. 4) : 1-200.

TOUSSAINT R., (1972).– Le programme du CNEXO en matière d'aménagement de la frange maritime du littoral. *Rapport CNEXO,* avril 1972 : 12 p.

VERNIER E., (1972).– Recherches sur la dynamique sédimentaire du golfe de Fos. *Thèse 3ème cycle,* Marseille-Luminy, 72 p.

WEYDERT P., CASTELBON C. et REYS J. P., (1974).– Influences des conditions météorologiques sur la sédimentation du «détritique côtier» (55 m), au large de la baie de Marseille. *CR. Acad. Sci. Paris,* 278, D : 1705-1708.

ZENKOVICH V. P., (1967).– Processus of coastal development. *Oliver and Boyd* publ., Edinburg and London, 738 p.