

BASSIN RHONE MEDITERRANEE
ET BASSIN DE CORSE

GUIDE TECHNIQUE N° 9

CONNAISSANCE ET GESTION
DE L'ÉROSION DU LITTORAL

MARS 2005



SDAGE
RHONE MEDITERRANEE

Ce document a été réalisé par un groupe technique co-piloté par l'EID Méditerranée et le SMNLR.

L'animation du groupe technique a été assurée par :

Didier MOULIS (EID Méditerranée) de 2000 à 2003
Dominique GINDRE (EID Méditerranée) de 1998 à 2000

L'animation de la cellule de rédaction a été assurée par :

Pierre-Yves VALANTIN (SMNLR) de 2001 à 2003
Catherine GOURBIL (SMNLR) de 2000 à 2001

Ont participé à la rédaction de ce guide technique :

Jean-Paul BARUSSEAU (Université de Perpignan), André ESTUPINA (SMNLR), Catherine GOURBIL (SMNLR), Hugues HEURTEFEUX (EID Méditerranée), Didier MOULIS (EID Méditerranée), Sylvie ORSONNEAU (Agence de l'Eau), Eric PALVADEAU (BRGM), Nathalie QUELIN (DIREN PACA), Pierre-Yves VALANTIN (SMNLR)

Auxquels s'ajoutent, pour les études de cas :

Christian BRANDLI (DDE Maritime 13), Patrick BRICOUT (DDE Maritime 83), Mireille PROVANSAL (CEREGE), Philippe RICHARD (EID Méditerranée), Régis VIANNET (PNRC)

Des remerciements sont adressés aux équipes du CEREGE d'Aix en Provence et du Laboratoire de Sédimentologie Marine de Perpignan dirigées respectivement par Mireille PROVANSAL et Jean-Paul BARUSSEAU pour leurs travaux de recherche qui ont permis d'établir le bilan de l'évolution du littoral et la délimitation en cellules sédimentaires.

Que l'ensemble des membres du groupe plénier qui ont activement participé aux réunions de travail soient également remerciés pour leurs avis, remarques et amendements.

La mise en forme de ce document et l'annexe cartographique ont été réalisées respectivement par Christian LASNIER et Benjamin HERCELIN (Agence de l'Eau), qu'ils soient remerciés pour leur collaboration.



BASSIN RHONE MEDITERRANEE
ET BASSIN CORSE

GUIDE TECHNIQUE N°9

CONNAISSANCE ET GESTION
DE L'ÉROSION DU LITTORAL

MARS 2005

PRÉAMBULE

Les phénomènes d'érosion et d'accumulation sédimentaire sur le littoral constituent un enjeu majeur pour l'aménagement du littoral méditerranéen, milieu naturel notamment soumis à de nombreuses pressions d'ordre économique et touristique.

Le SDAGE RMC (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée-Corse) *"reconnait le phénomène d'érosion et d'accumulation sédimentaire comme étant, à l'origine, un processus naturel d'évolution morphologique du littoral. Ce phénomène (...) est lié au fonctionnement des milieux littoraux et des milieux continentaux (apports fluviaux)"*. A ce titre il recommande :

- de l'accepter à chaque fois que cela est possible,
- de le gérer à une échelle territoriale adaptée en respectant les liens fonctionnels entre les différentes unités latérales et transversales du littoral,
- de préserver ou restaurer les unités écologiques participant à l'équilibre des plages (cordons dunaires, herbiers de posidonies,...).

Pour ce faire, il est nécessaire d'évoluer vers une politique de gestion plus respectueuse du fonctionnement du système littoral.

Ce guide technique a donc pour ambition d'informer et de sensibiliser les acteurs du littoral à cette approche, mais aussi de constituer l'un des outils d'aide à sa mise en œuvre.

Il s'adresse principalement aux techniciens (des collectivités territoriales, des bureaux d'études,...) pour leur apporter :

- les connaissances minimales à la compréhension des processus en jeu,
- un vocabulaire commun,
- un bilan synthétique de l'évolution du littoral méditerranéen,
- des retours d'expériences sur des opérations menées,
- des premiers éléments de méthode permettant de définir et mettre en œuvre une politique de gestion du littoral globale et cohérente,
- un découpage du littoral en unités de référence : les cellules sédimentaires.

Compte tenu de la complexité des phénomènes, ce guide aborde principalement les aspects physiques de l'érosion, les aspects biologiques et paysagers n'étant que très partiellement évoqués.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME LITTORAL	6
La dynamique sédimentaire et les facteurs naturels agissants	8
Principaux facteurs agissants	8
Déplacements sédimentaires	10
Cellules et bilans sédimentaires	11
Espace de liberté du littoral	12
Les spécificités méditerranéennes	13
Les vents	13
Le marnage et les surcôtes	14
Les herbiers de posidonie	14
Le régime torrentiel des cours d'eau	15
Conséquences sur le fonctionnement global des systèmes littoraux	15
LE BILAN DE L'EVOLUTION DU LITTORAL MEDITERRANEEN FRANÇAIS	16
Etat des connaissances sur l'évolution physique du littoral	16
Les plages de la région Corse	16
Les plages du littoral rocheux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	17
Le golfe du Lion : du golfe de Fos à Argelès	17
Conclusion	18
Quelques causes identifiées	19
L'élévation du niveau de la mer	19
Le déficit sédimentaire	20
Les aménagements	20
La fréquentation humaine	21
ETUDES DE CAS	23
Exemples	24
Schéma de protection du littoral de Saint-Cyprien (Pyrénées Orientales)	24
Le Domaine des Orpellières (Hérault)	26
Littoral Ouest de Vias (Hérault)	28
Le Lido de Mauguio (Hérault)	30
Littoral de Camargue (Gard et Bouches du Rhône)	32
La plage des Lecques à Saint-Cyr-sur-Mer (Var)	34
Le littoral de Saint-Aygulf à Fréjus (Var)	35
Baie de Calvi (Haute Corse)	36
Les enseignements et les perspectives	38
PREMIERS ELEMENTS DE METHODE	39
Phase 1 : Définition du secteur d'étude et du mode de concertation	41
Secteur d'étude	41
Concertation	41
Phase 2 : Diagnostic des aléas, de la vulnérabilité et des risques	42
Aléas	42
Vulnérabilité	44
Définition des risques	44
Phase 3 : Définition des objectifs, des moyens et des critères de choix	44
Phase 4 : Élaboration de scénarii et choix	45
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	46
Annexe	47

Le littoral est l'espace de rencontre entre la terre, la mer et l'atmosphère. Ce lieu de convergence et de compétition entre de nombreuses activités humaines, quelquefois concurrentes (industrie, agriculture, transport, tourisme), constitue aussi un patrimoine biologique et paysager de première importance où les équilibres écologiques sont sans cesse fragilisés par les aléas naturels mais également par l'Homme.

Le trait de côte, ou ligne de rivage, peut être défini comme le “niveau maximal atteint par la mer en période hivernale” (définition commune SHOM-OHI*) : c'est une notion qui peut par exemple permettre de mesurer la longueur des côtes, de quantifier les conséquences des phénomènes de conflit entre la terre et la mer... Malgré son utilité, cette ligne est par essence même imprécise et mobile : sur le plan juridique, la notion de trait de côte n'a d'ailleurs aucune valeur puisque seules sont reconnues les limites du Domaine Public Maritime et celles des eaux territoriales ; le trait de côte se situe quelque part entre ces deux limites sans qu'aucun recoupement n'existe.

Le recul du trait de côte n'est pas un phénomène récent mais son ampleur s'est accrue au cours des dernières décennies. Ce recul est notamment dû à l'érosion marine qui peut prendre plusieurs formes et qui se généralise actuellement sur la plupart des rivages maritimes français : les causes sont diverses et font généralement appel à la conjonction de facteurs naturels et humains. Ses conséquences sont souvent difficiles à observer dans les conditions dynamiques les plus habituelles, mais les tempêtes, en accélérant les processus érosifs de manière spectaculaire et en mettant en péril des espaces urbanisés ou naturels, viennent régulièrement nous rappeler la fragilité de l'espace littoral.

D'une logique d'adaptation de l'homme au milieu à une logique d'adaptation du milieu à l'homme

Sans s'étendre sur la mythologie qui rapporte de nombreux cas de cités englouties par la mer, la période historique plus proche nous donne des exemples très concrets de fluctuation progressive ou régressive de la ligne de rivage. Les côtes meubles et les deltas en particulier ont en effet toujours été sujets à d'importantes variations de position du rivage : l'étude de cartes anciennes nous montre par exemple la rapidité avec laquelle la ligne de rivage a varié au cours des siècles en Camargue.

Jusqu'à une époque récente, l'homme s'adaptait aisément à ces fluctuations en évitant de pérenniser son installation à proximité du bord de mer. L'espace littoral était par ailleurs un lieu dangereux pour d'autres raisons : la présence de zones humides le rendait inhospitalier et insalubre et celle de la mer vulnérable aux envahisseurs. A l'exclusion des sites portuaires indispensables aux échanges économiques ou aux futures conquêtes, le rivage était peu habité et les grandes villes situées à quelques kilomètres, voire dizaines de kilomètres de la mer. Les fluctuations du trait de côte ne représentaient alors pas un risque majeur pour les populations et pouvaient être assez facilement acceptées : seules les zones agricoles gagnées sur la mer ou situées à sa proximité immédiate faisaient l'objet de travaux de renforcement de leur bordure maritime (polders de l'Atlantique et du Nord, secteurs viticoles méditerranéens).

L'occupation du littoral, et les convoitises qu'elle induit, s'accroît rapidement dès le début du XX^{ème} siècle. Mais ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XX^{ème} siècle, qui constitue le véritable point de départ de l'aménagement du littoral, que les problèmes posés par l'instabilité du rivage apparaissent réellement.

* SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
OHI : International Hydrographic Organization (en Français)

Si, jusqu'alors, l'activité traditionnelle de pêche ne consommait que peu d'espace et ne demandait que peu d'aménagements, le développement industriel et surtout touristique des années cinquante et soixante modifie considérablement le paysage littoral. De nombreux sites, désormais voués à l'industrie lourde (raffineries, aciéries,...) ou au tourisme balnéaire sont aménagés. Des espaces jouant un rôle majeur dans l'équilibre dynamique du système littoral (cordons dunaires par exemple) disparaissent et d'autres sont gagnés sur la mer (zones industrielles, aéroports,...).

Dès lors, pour beaucoup, la fluctuation du trait de côte n'apparaît plus envisageable, puisque des pans entiers de l'économie nationale et locale reposent sur sa "fixité". Aux différents travaux qui ont permis l'implantation des infrastructures (endiguements pour gagner des terrains sur la mer, digues portuaires, arasement des dunes) se superposent ainsi d'autres aménagements qui doivent permettre d'assurer la recherche d'une certaine fixation du trait de côte et garantissent la pérennité des activités.

Vers une nouvelle philosophie de gestion du littoral

Si l'intervention sur le milieu est encore souvent retenue comme une nécessité compte tenu des enjeux économiques, il apparaît aujourd'hui indispensable d'améliorer les démarches qui ont jusqu'alors prévalu en matière d'aménagement du littoral et, en particulier, de protection contre l'érosion. Pendant longtemps les interventions au "coup par coup" et dans l'urgence ont été par exemple privilégiées au détriment d'une prise en compte plus globale et approfondie des problèmes.

Parmi les méthodes à développer et généraliser citons notamment les Schémas d'Aménagement globaux (départementaux, régionaux, ou du moins à l'échelle de secteurs cohérents au plan morphodynamique), prenant en compte les notions de vulnérabilité et de sensibilité, l'expérimentation de nouvelles techniques moins dommageables à l'environnement, ...

De nombreux points de blocage subsistent néanmoins à plusieurs niveaux parce que :

- les connaissances en matière de dynamique littorale sont encore trop souvent ponctuelles, incomplètes et empiriques,
- les outils d'aide à la décision s'appuyant sur ces connaissances manquent encore,
- la recherche de la fixité du trait de côte reste encore fortement ancrée dans les mentalités,
- la concertation n'est pas rentrée suffisamment dans la pratique et les habitudes,
- la coordination est rendue difficile par la multiplicité des acteurs et le manque de clarté dans la répartition des tâches et la distribution des rôles.

La mise en oeuvre de politiques de gestion de l'espace littoral adaptées aux processus évolutifs en jeu est donc nécessaire. D'autant plus que la perspective des changements climatiques conduit à envisager leurs conséquences éventuelles.

L'un des préalables nécessaires étant l'information et la sensibilisation des acteurs de l'aménagement littoral, ce guide technique a pour ambition de constituer l'un des outils d'aide à la mise en oeuvre de politiques globales et cohérentes.

Dans une première partie seront présentées les connaissances aujourd'hui acquises sur les spécificités méditerranéennes de la dynamique littorale. La seconde partie sera consacrée au bilan de l'évolution du littoral méditerranéen observée durant les dernières décennies ainsi qu'à l'identification des causes et des tendances évolutives. Nous aborderons dans la troisième partie de ce guide une analyse critique des méthodes et techniques utilisées jusqu'alors sur la base d'études de cas. Enfin, dans la quatrième et dernière partie nous proposerons des éléments de méthode mieux adaptés aux enjeux actuels.

LE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME LITTORAL

La côte n'est pas seulement le contact de la terre et de la mer : le fond de l'océan répondrait aussi à cette définition. Ce qui caractérise la côte, c'est la présence d'un troisième élément, l'atmosphère, qui joue ici un rôle fondamental : l'énergie de la mer est, pour l'essentiel, le fait de mouvements ondulatoires qui se produisent le long de l'interface eau-air.

Ces mouvements ondulatoires (houles ou marées) et les déplacements d'eau qui en sont la conséquence renferment en effet une énergie considérable. La dissipation brutale, quasi instantanée, de cette énergie façonne les côtes selon des processus qui n'ont d'équivalent ni au fond des mers ni sur le continent.

A ces actions, il convient d'ajouter celle du vent qui, dans le prolongement à la côte de l'interface terre-air, est responsable de la création des systèmes dunaires littoraux.

Les processus mécaniques qui agissent sur le façonnement des côtes sont variables et discontinus. Leurs effets sont parfois contradictoires. Ceux d'entre eux qui sont d'origine météorologique sont, de plus, encore peu prévisibles. La morphogenèse côtière en tire ses caractères particuliers qui font la richesse et la diversité des paysages littoraux. La bande côtière comprend donc :

- une avant-côte, région submergée en permanence, mais où les phénomènes marins exercent encore une action sensible sur le fond,
- une arrière-côte, dans laquelle les processus morphologiques terrestres sont modifiés de façon appréciable par la proximité de la mer.

La bande côtière se présente donc comme celle où les processus terrestres et les processus marins s'associent, mais surtout où ils sont masqués par des processus propres, qui résultent de leurs interactions.

Le présent chapitre a pour objet dans un premier temps d'explicitier le fonctionnement d'un système littoral et de préciser ensuite les particularités méditerranéennes.

La dynamique sédimentaire et les facteurs naturels agissants

Sur une côte meuble, ce sont les déplacements de matériaux qui entraînent les variations morphologiques. Pour pouvoir appréhender la dynamique sédimentaire, il est nécessaire :

- tout d'abord, de connaître les facteurs qui mettent en mouvement le sable,
- puis de déterminer les déplacements qui en résultent,
- enfin, d'évaluer et si possible de quantifier les volumes en jeu : on peut parler d'une évaluation nécessaire du "bilan sédimentaire".



Pointe de l'Espiguette

Principaux facteurs agissants

La marée, le niveau de la mer (surcôte), les vents, la houle sont les principaux facteurs naturels agissant dans la dynamique sédimentaire, notamment par le biais des courants qu'ils génèrent.

À l'exception de la marée, ces facteurs sont des corollaires de phénomènes d'origine climatique. Ceux-ci découlent de l'organisation du champ de pression atmosphérique à l'échelle planétaire, de ses variations, de la situation géographique du lieu considéré, de l'orographie (relief).

Marées et courants de marée

Ces courants résultent essentiellement des mouvements de marée. Contrairement à une opinion encore répandue, les courants marins ainsi définis sont loin d'être le principal agent de transport en milieu littoral : les houles et les courants associés jouent un rôle bien plus considérable.

Les courants de marée sont importants en Manche et en Mer du Nord où ils dépassent fréquemment 1 m/s et moindres le long des côtes aquitaines. En Méditerranée, ils n'ont qu'un rôle mineur dans l'évolution du littoral.

Surcôtes

Les surcôtes et décôtes sont des variations du niveau instantané de la mer qui se superposent à la marée astronomique. Ces phénomènes résultent essentiellement des effets météorologiques :

- une zone de basses pressions atmosphériques génère une surcôte (onde de tempête) et à l'inverse une zone à haute pression génère une décôte,
- les vents de mer provoquent un afflux d'eau vers les côtes (surcôte) et les vents de terre repoussent l'eau au large (décôte).

Vents

Le vent a une action primordiale dans la dynamique sédimentaire :

- d'une part, il est responsable de la génération de la houle,
- d'autre part, il joue un rôle important en agissant directement sur les sédiments de la plage émergée.

Cette action intervient dans le bilan sédimentaire en se combinant à celle de la houle : le vent de mer reprend les matériaux précédemment déposés par la houle et alimente la dune, pour autant que le sable soit sec. Réciproquement, le vent de terre alimente la dérive littorale par les matériaux arrachés à la dune.

Le vent est susceptible de transporter des quantités de matériaux sableux d'autant plus considérables, que ceux-ci sont de granulométrie fine.

Houles

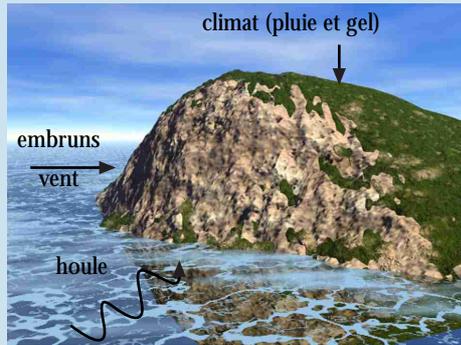
Le niveau de la mer subit des oscillations périodiques. Elles se manifestent de façon épisodique, en fonction des inégalités de pression et de la friction du vent.

On distingue :

- la mer de vent (ou clapot) qui est formée par le vent local. Elle est constituée d'oscillations irrégulières, de faible hauteur et de courte longueur d'onde. De ce fait, en moyenne, leur action sur le rivage est négligeable. En se propageant depuis leur zone de formation, les mers de vents perdent de l'énergie et seules certaines oscillations correspondant aux houles parviennent à parcourir de grandes distances,
- la houle qui résulte de la filtration des mers de vent formées par des dépressions lointaines : la houle est une oscillation de profil sensiblement sinusoïdal, donc très régulière, et qui se propage sur de longues distances.

Le cas particulier des falaises côtières

L'érosion d'une falaise rocheuse côtière est conditionnée par la combinaison et l'interaction de nombreux facteurs d'origine géologique (nature des roches et fracturation), d'origine climatique et hydrogéologique (pluviométrie, variation du niveau de l'aquifère et des circulations des eaux souterraines au sein de la falaise, action du gel) et d'origine marine (action de la houle et des vents).



Erosion d'une paroi ou falaise rocheuse côtière

Les conséquences principales de cette association sont les suivantes :

- altération chimique par le biais du réseau de fracturation et les circulations d'eau souterraine ;
- modification de l'état de contrainte, fragilisation en relation avec les variations de niveau de l'aquifère (effet de la pluviométrie) ;
- fatigue mécanique de la paroi des falaises et évolution de la fracturation sous l'action du déferlement des vagues sur les parois.



Côte Vermelle

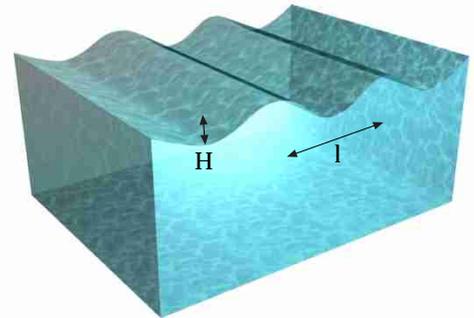
L'importance relative des différents facteurs dépend de la nature des matériaux, du régime des houles et de l'exposition à ces dernières.

Facteurs		Rôle
Géologiques	Nature des roches et structure des couches	Instabilité des falaises fonction du degré de cohésion et d'altération des matériaux, de la stratification et du pendage des roches.
	Fracturation	Altération et/ou dissolution des roches favorisée par la circulation des eaux.
Climatiques et hydrogéologiques	Pluviométrie et aquifères	Mise sous pression d'eau des falaises par le biais du réseau de fracturation, altération et/ou dissolution des roches.
	Gel	Rôle déclencheur du détachement d'écailles superficielles.
Marins	Houle	Action mécanique : déblaiement des éboulis de pied de falaise, sous-cavage, fatigue des matériaux et évolution de la fracturation sous l'effet du déferlement.
	Vents	Altération chimique en front de falaise par les embruns.

Caractéristiques des houles

Les houles sont caractérisées par :

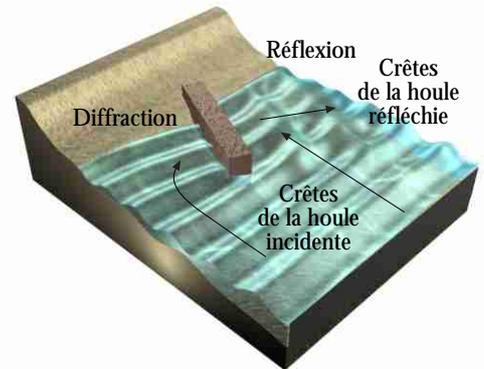
- leur période, c'est-à-dire le temps (T) qui s'écoule entre le passage en un point donné de deux crêtes successives. Elle est généralement inférieure à 30 secondes pour les grands océans. En Méditerranée, cette valeur est souvent inférieure à 10 secondes,
- leur hauteur (H) qui désigne la distance verticale entre un creux et une crête. Elle peut également être désignée par les termes amplitude ou creux,
- leur longueur d'onde (λ) qui correspond à la distance entre deux crêtes successives.



Transformations de la houle

A l'approche de la côte, la houle va subir différentes transformations, suivant la bathymétrie des secteurs qu'elle traverse, et les obstacles qu'elle rencontre :

- La réfraction : le frottement de la houle sur le fond entraîne une diminution de la vitesse et une modification de la direction de propagation et, de ce fait, la réduction de l'énergie transportée.
- La diffraction : c'est le phénomène par lequel une onde, en rencontrant un obstacle, génère à l'aval de celui-ci une onde circulaire de même période mais d'énergie décroissante.
- La réflexion : quand la houle rencontre un obstacle, elle est réfléchie dans une direction qui fait avec la perpendiculaire à l'obstacle un angle égal à l'angle d'incidence. La superposition des ondes incidentes et réfléchies peut créer des oscillations bien plus grandes que celles de la houle incidente seule.
- Le déferlement : la houle se brise en arrivant à de faibles profondeurs, puis déferle jusqu'au rivage. Le déferlement a une action très importante sur la morphologie du rivage et mobilise d'importants volumes de matériaux. C'est en partie à lui que l'on doit la formation des systèmes fosse-barre.



Il est important de noter qu'en dehors de la zone de déferlement, au large des brisants, la houle ne déplace pas les masses d'eau. Elle ne transporte donc pas les sédiments. Mais, du fait de son oscillation, elle les décolle du fond et les rend susceptibles d'être transportés par les courants.

Le courant littoral

C'est le courant créé, en bordure immédiate du trait de côte, par l'apport d'eau des houles obliques. Il joue un rôle d'autant plus important en Méditerranée, que les courants de marée sont faibles. Il peut mettre en mouvement les particules de sable.

Déplacements sédimentaires

Les avancées ou reculs du trait de côte sont dus à un mouvement perpétuel des matériaux (sables, graviers ou galets).

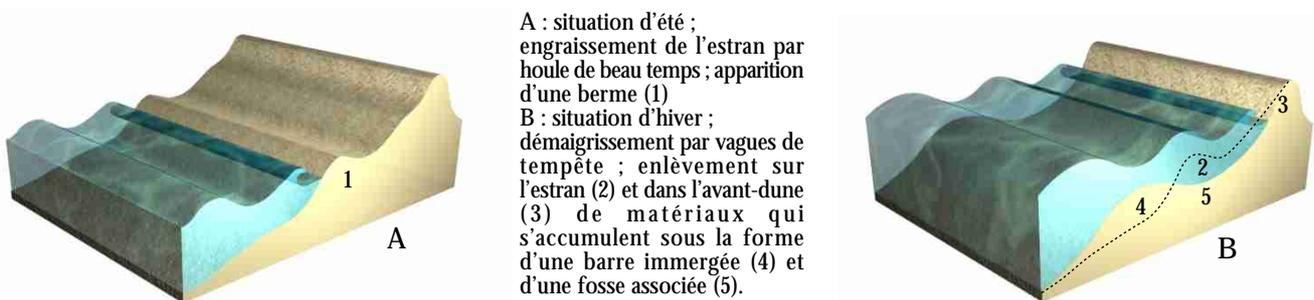
Ces mouvements ont pour cause l'agitation de la mer ou l'action du vent. Ils se font en outre de façon plus ou moins oblique par rapport au rivage et peuvent être appréhendés suivant leurs deux composantes.

Mouvements du sable dans le profil, perpendiculairement à la côte

Ils se font sentir jusqu'à une profondeur de l'ordre de trois fois la hauteur de houle (de 10 à 15 m en Atlantique, 5 à 10 m en Manche et de 3 à 8 m en Méditerranée).

L'agitation provoquée par la houle déferlant sur la plage immergée est responsable de déplacements de matériaux vers la plage ou vers le large et par des processus complexes de formation de fosses et de barres.

Ces mouvements donnent lieu à des variations de profil de plage à l'occasion des tempêtes. Au-dessus d'un certain seuil d'énergie, ils modifient fortement la morphologie de la plage en enregistrant dans celle-ci les événements météorologiques les plus actifs ou les plus récents. Entre ces événements et pendant ses longues périodes de faible énergie (petit temps), la houle lisse les profils et cicatrise les dégâts des tempêtes.



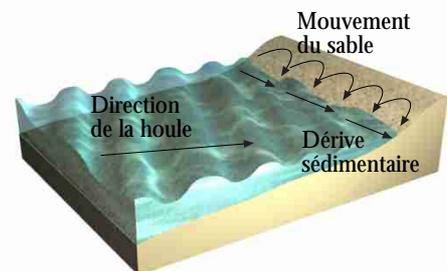
Déplacement parallèle à la côte : la dérive sédimentaire

Cette dérive résulte de l'action moyenne du déferlement de la houle, sur les sédiments.

Dans la zone de déferlement, les matériaux sont arrachés, brassés et déposés de façon relativement imprévisible. Cependant si on observe le littoral d'une façon plus globale, on s'aperçoit qu'il se dégage un déplacement préférentiel dans une direction parallèle au rivage : c'est la dérive sédimentaire.

L'intensité des transits dépend des caractéristiques des houles, de la nature et de la granulométrie des sédiments, ainsi que de leur disponibilité.

Leur sens dépend de la direction de la houle et son orientation par rapport au rivage : ainsi la dérive littorale peut se propager alternativement dans les deux sens. Le plus souvent sa résultante présente un sens dominant à l'échelle d'une année.



Sur une côte uniforme, sans obstacle et d'orientation donnée, le résultat se traduit par un débit continu de matériaux dont on peut apprécier la valeur, s'écoulant parallèlement à la côte. Le moindre obstacle (naturel ou anthropique) apparaissant sur cette portion de côte s'interpose dans ce transit. Il provoque alors une interruption plus ou moins localisée du débit avec une accumulation de matériaux à l'amont-transit de l'obstacle et un déficit à l'aval-transit de celui-ci.

En Atlantique, les transits les plus importants s'observent le long du littoral des Landes (500 000 à 1 million de m³/an).

En Méditerranée, des sites comme la Pointe de l'Espiguette (Petite Camargue, Gard) témoignent de la réalité des transits littoraux (340 000 m³/an : *source catalogue sédimentologique des côtes françaises*). Cette valeur est toutefois exceptionnelle, le transit sédimentaire étant généralement plus faible.

Déplacements dus au vent

Après la houle, le vent est le second facteur de déplacement des matériaux sur nos côtes. Ces déplacements concernent les matériaux sableux de granulométrie suffisamment fine pour être emportés.

Ils peuvent constituer des apports ou des pertes, et être orientés depuis l'intérieur des terres vers la mer ou inversement de la mer vers la terre.

Ils sont à l'origine de l'édification de dunes : les matériaux apportés sur la plage par la houle sont repris par les vents de mer pour constituer des dunes. Celles-ci peuvent ensuite être enrichies de différentes façons. Mais elles peuvent aussi être érodées.



Flèche de la Gracieuse - Exemple de réhabilitation dunaire

Cellules et bilans sédimentaires

Pour pouvoir quantifier l'érosion ou l'accrétion d'une côte, il est apparu nécessaire de chiffrer les volumes de sable mis en jeu. En effet, un recul du trait de côte peut être compensé en terme de volume par un engraissement de la dune ou des barres d'avant côte.

Le littoral se découpe en compartiments ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux compartiments voisins. Ce sont les cellules sédimentaires. Entre deux cellules voisines, les échanges sont faibles voire nuls. On admet donc que sous l'action des facteurs naturels (houles, vents,...), le sable reste à l'intérieur de la cellule ou sort définitivement du système littoral (perte au large, à terre...). La cellule sédimentaire est donc ainsi l'échelle minimum à prendre en compte pour comprendre les déplacements sédimentaires.

Pour chaque cellule, il est théoriquement possible d'établir un bilan sédimentaire si l'on connaît :

- les apports : sources d'alimentation en sédiment externes à la cellule,
- les pertes : fuites des sédiments vers l'extérieur de la cellule,
- les réserves sédimentaires internes.

Le plus souvent, seule une évaluation approximative de ce bilan peut être donnée compte tenu du manque de données quantifiées et fiables.

Les apports

Apports des fleuves et rivières

Les fleuves transportent vers la mer le produit de l'érosion de leur bassin versant. A l'échelle humaine des temps, on peut considérer que la majorité du capital sédimentaire leur est due.

Apports du large

Ils se font par balayage du plateau continental par le jeu des marées, des courants et des houles.

Erosion des falaises ou du substrat rocheux

En dissipant son énergie sur les parois rocheuses, la houle érode celles-ci. Les débris ainsi arrachés sont ensuite transportés et remodelés pour alimenter le bilan sédimentaire côtier.

Les pertes

Prélèvements anthropiques

Au cours des cinquante dernières années, l'homme a procédé à d'importants prélèvements de matériaux sur les plages et le littoral pour les besoins de la construction et des aménagements côtiers.

Fuite des matériaux vers les grands fonds

Sous l'action de la houle et des courants, les matériaux peuvent être emportés vers le large et déposés au delà d'une certaine profondeur où ils ne peuvent être repris.

Transport des matériaux vers l'intérieur des terres

Sous l'action des vents marins, voire de la houle, les matériaux de faible granulométrie sont transportés vers l'intérieur au delà des systèmes dunaires et plus particulièrement vers les lagunes.

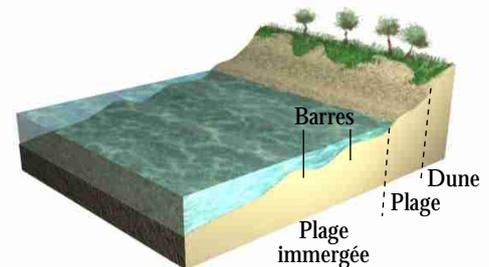
Les réserves sédimentaires

Cônes de déjection des fleuves et rivières

Les fleuves et rivières sont responsables d'importants apports. Leur dépôt à la côte se fait initialement à leur embouchure, et constitue des réserves sous forme de deltas sous-marins.

Prisme littoral

Il est formé par une sorte de bande de mobilité littorale, comprenant les matériaux disponibles le long de la côte (dunes, plage, plage immergée) jusqu'à la profondeur de fermeture, profondeur au delà de laquelle les matériaux ne sont plus mobilisés (8 m en moyenne en Méditerranée).



Dunes

A l'intérieur du prisme littoral, les dunes méritent une mention particulière car elles constituent des réserves de sable de première importance. Ce réservoir tampon, utilisable selon l'intensité et l'agressivité des tempêtes, intervient comme un système régulateur. La possibilité d'accumulations successives peut donner naissance à de véritables champs de dunes qui augmentent encore le volume de ces réserves.

Espace de liberté du littoral

Le littoral s'adapte en permanence à l'action simultanée des différents facteurs (houle, vent, ...) : cela se traduit entre autres par des variations de la pente de la plage, par le déstockage du sable dunaire, par l'évolution des barres sous-marines, par le déplacement du trait de côte ...

Ces variations qui peuvent être saisonnières ne sont pas pour autant synonymes d'une érosion ou d'une accrétion. Préserver un espace de liberté (zone nécessaire à la mobilité des différents éléments composant le système littoral) participe donc au maintien de l'équilibre naturel. A l'inverse, toute intervention intempestive dans cette zone peut rompre cet état d'équilibre et engendrer alors une érosion chronique.

Les spécificités méditerranéennes

La morphologie et le fonctionnement des systèmes littoraux méditerranéens français sont guidés par des conditions particulières du milieu :

- l'extrême violence des vents et principalement des vents de terre pour les littoraux sableux des côtes basses,
- un marnage très faible mais une forte occurrence de surcôtes et de décôtes,
- la présence d'herbiers à une faible profondeur, en particulier en Corse et Provence-Alpes-Côte d'Azur,
- le régime torrentiel des cours d'eau.



Lido de Pierre Blanche

Les vents

L'action antagoniste des vents de terre et de mer conditionne l'évolution des rivages et contribue à l'équilibre morphodynamique des plages.

On doit en particulier prendre en compte sur les côtes méditerranéennes la force et la prédominance des vents de terre qui peuvent exporter vers la mer d'importantes quantités de matériaux sableux. En outre, lors des périodes de vent de mer, les plages sont en général trop étroites pour permettre une ré-alimentation en sédiments du haut de plage par le transport éolien.

Le fonctionnement des systèmes littoraux méditerranéens apparaît de ce fait fort différent de celui des systèmes littoraux des autres régions françaises.

Les vents marins

Les caractéristiques des houles en Méditerranée sont particulières en raison de la faible étendue de la zone d'action des vents sur la mer (fetch) au cours des tempêtes : longueur d'onde faible et période courte.

En Languedoc-Roussillon, les vents marins à l'origine des fortes tempêtes sont de secteur sud-est à sud ("Le Marin") et, dans une moindre mesure, est-nord-est ("Le Grec").

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, ce sont les vents des secteurs sud-est ("Regali ou Levant"), sud-sud-est, et plus exceptionnellement, mais avec de forts impacts, de secteur sud-ouest ("le Labech") qui peuvent soulever des houles capables de modifier les fonds de manière importante notable (lorsque ceux-ci sont inférieurs à une valeur de l'ordre de 8 à 10 mètres).

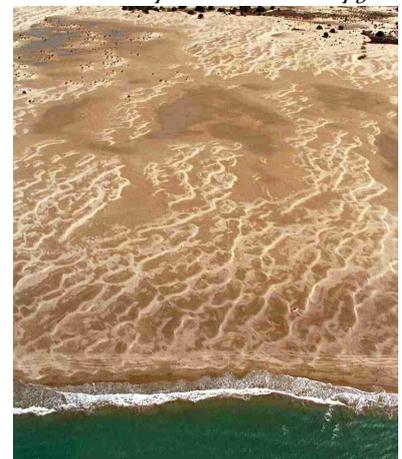
En Corse, il s'agit des vents de secteur ouest ("Ponente") et sud-ouest ("Libeccio") pour la Balagne (nord-ouest de la Corse), ouest et nord-ouest ("Maestrale") pour la région d'Ajaccio et le sud-est de l'île, et enfin nord-est ("Grecale") et sud-est ("Sirocco") pour la côte orientale.

Les vents de terre

Le rôle des vents de terre est pour les littoraux sableux méditerranéens français une composante essentielle qu'il faut prendre en compte dans l'analyse des mécanismes d'évolution des plages.

Les littoraux des régions Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Languedoc-Roussillon sont régulièrement soumis, et en toutes saisons, à des vents de terre (Mistral et Tramontane) pouvant dépasser 100 km/h.

Champs de dunes mobiles à l'Espiguette



En Corse, les vents de terre contribuent pour une part significative au bilan sédimentaire des systèmes littoraux, puisqu'ils concernent l'ensemble des côtes sableuses de la plaine orientale et les petites unités sédimentaires du sud-est de la Corse (de Solenzara au Golfe de Sant'Amanza) : "Ponente, Libeccio et Maestrale".

Le marnage et les surcôtes

La faible amplitude des marées est en Méditerranée un élément à prendre en compte dans le fonctionnement des systèmes littoraux : le marnage n'excède pas en effet quelques décimètres.

Du fait de l'étroitesse du rivage, l'absence de marées significatives limite la capacité d'échange et de transfert de sédiments vers la haute-plage par les vents marins.

Si sur les côtes à marée (estran large) les effets des surcôte peuvent être atténués à marée basse ou à marée haute en période de mortes eaux, en Méditerranée, l'étroitesse quasi générale des rivages constitue une faiblesse vis-à-vis du risque d'érosion.

Les herbiers de Posidonie

Parmi les différents types d'herbiers présents en Méditerranée, les herbiers de posidonies sont ceux qui ont un rôle prépondérant sur la dynamique littorale.

Par leur haute et épaisse frondaison, ces herbiers jouent un rôle capital dans la stabilité des fonds meubles puisqu'ils amortissent les houles et piègent les sédiments. Entraînées lors des tempêtes vers les plages, les feuilles mortes de posidonies s'accumulent : elles constituent alors des "banquettes" en bordure de rivage qui contribuent à protéger les plages contre l'érosion marine en amortissant l'énergie du déferlement de la houle.

La posidonie est une espèce endémique de la Méditerranée. Ses herbiers couvrent une surface importante du Rhône à la frontière italienne ainsi qu'en Corse mais sont rares à l'Ouest du Rhône.

Ils sont caractéristiques de l'étage infralittoral et présents à une profondeur allant de quelques dizaines de centimètres à 30 ou 40 mètres.

L'intérêt de ces herbiers est également remarquable d'un point de vue biologique puisqu'en servant de refuge et de nurserie à de nombreuses espèces animales, ils contribuent de manière essentielle à l'équilibre et à la richesse biologiques du milieu marin.

Herbiers de Posidonie



Le régime torrentiel des cours d'eau

Les processus d'érosion des bassins versants en domaine méditerranéen sont conditionnés par deux paramètres principaux : le climat présentant de forts contrastes saisonniers (hivers doux parfois humides à très humides, et étés chauds et secs) et le relief montagneux. Ce contexte conduit à des processus d'érosion liés essentiellement à l'action des eaux courantes (ruissellement sur sols secs, coulées de débris sèches ou boueuses...) gouvernée par le caractère soudain, discontinu et très intense des précipitations (régime torrentiel des cours d'eau). Il en résulte que le rythme de l'érosion en domaine méditerranéen est saccadé, et que les apports sédimentaires des fleuves au littoral sont très discontinus et soudains.

Conséquences sur le fonctionnement global des systèmes littoraux

Les spécificités mises en évidence sur les côtes méditerranéennes, et notamment celles concernant le régime éolien, ont des conséquences importantes sur la dynamique globale des systèmes littoraux.

Alors qu'ailleurs les vents dominants (marins) ont tendance à transférer le sable de la plage vers la dune et de la dune vers l'intérieur des terres, sur les côtes méditerranéennes, les vents dominants - qui sont ici des vents de terre - génèrent un transfert considérable de sédiments de la partie émergée des plages vers la partie immergée (l'avant-plage).

Les coups de mer, qui sont sur les autres côtes françaises synonymes de démaigrissement de la plage et de la dune, permettent à l'inverse sur les côtes méditerranéennes l'engraissement de la haute plage en ramenant sur la partie émergée les matériaux évacués par les vents de terre même si comme ailleurs, ils contribuent à l'érosion de la basse plage.

Le rôle des cordons dunaires dans le fonctionnement du système se trouve ainsi accru : ils permettent à la fois le stockage du sable apporté lors des coups de mer sur la plage et limitent l'érosion éolienne de celle-ci par les vents de terre. La destruction d'un cordon dunaire, qu'elle soit d'origine naturelle ou humaine, aboutit alors généralement à la disparition rapide de la plage.

L'importance du rôle joué par les vents dominants de terre et leur occurrence aléatoire tout au long de l'année (on peut observer des périodes de fort à très fort vent de terre durant l'été) rendent en outre ici inadaptés les schémas de fonctionnement des littoraux classiquement présentés (profils d'érosion hivernaux et profils d'engraissement estivaux).

Ces différentes particularités génèrent un type de fonctionnement foncièrement différent (tant au plan du principe général que de celui de la saisonnalité) de celui observé sur la plupart des autres côtes : ce mode de fonctionnement particulier devra bien entendu être pris en compte pour la mise en œuvre de stratégies et de techniques adaptées.

Les Orpellières - Crête cordon dunaire



LE BILAN DE L'ÉVOLUTION DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN FRANÇAIS

Etat des connaissances sur l'évolution physique du littoral

Les connaissances disponibles sur le littoral méditerranéen français sont très hétérogènes selon les régions. Les côtes rocheuses ayant peu évolué à l'échelle des dernières décennies, la quantification de la mobilité du trait de côte par photo-interprétation s'est faite essentiellement sur les côtes sableuses. Les missions photographiques aériennes de l'IGN entre 1949 et 1998 ont servi de base à ce travail. Leur analyse et leur comparaison, après correction géométrique, permettent d'estimer les évolutions du trait de côte à une dizaine de mètres près. L'interprétation des résultats s'est faite sur la base du découpage du littoral en cellules sédimentaires (cartographie jointe en annexe).

Les plages de la région Corse

En Corse, les littoraux meubles les plus importants se situent le long de la côte orientale entre Bastia et Solenzara (ou plaine orientale). Partout ailleurs, dominant des côtes rocheuses au sein desquelles s'inscrivent en majorité des plages de petite taille (plages de poche, inférieures à 1 km) et quelques plages moyennes (1 à 4 km). Parmi les plus importantes, on notera à l'ouest celles situées dans les golfes de Saint-Florent, de Calvi, de Sagone, d'Ajaccio, de Valinco, et au sud-est celles des golfes de Santa-Giulia et Pinarellu.

Les littoraux meubles de la côte orientale

La côte orientale est découpée et alimentée par de nombreux cours d'eau dont les plus importants sont le Golo, le Fium'Altu, l'Alésani, l'Alistro, le Fium'Orbo, la Bravone, le Tavignano et le Travo.

Le fleuve Solenzara constitue la limite méridionale de la plaine orientale. Les apports sédimentaires de ces fleuves sont mal connus en raison de données rares, dispersées et peu représentatives sur leurs débits solides et liquides. Le transport sédimentaire n'a été estimé qu'en un seul point du littoral oriental au niveau du port de Campoloro : transit de 25 000 m³/an vers le nord (65 000 m³ vers le nord contre 40 000 m³ vers le sud). Le littoral est localement relativement urbanisé (secteur de la Costa Verde, Moriani, Lido de la Marana), mais peu d'ouvrages de protection y ont été réalisés.

Le littoral oriental montre une tendance générale à l'érosion mais de faible ampleur, exceptée au nord de l'embouchure de la Bravone, au nord de l'étang d'Urbino et de part et d'autre des embouchures du Tavignano et du Golo. Cette tendance semble trouver son origine dans une diminution des apports sédimentaires par les fleuves en raison d'importantes extractions de matériaux dans leur lit mineur réalisées entre les années 50 et le début des années 90. La modification du régime naturel de certains fleuves par la construction de barrages a pu, dans une certaine mesure, contribuer également à ce déficit sédimentaire. L'arrêt progressif de l'activité d'extraction pourrait expliquer un ralentissement de cette tendance érosive depuis 1981. Certains phénomènes d'érosion plus ponctuels et importants (recul supérieur ou égal à 10 m/an en moyenne) sont liés aux impacts d'aménagements réalisés sur la frange littorale (port de Campoloro, épi du CNRO). D'autres restent plus difficilement explicables, mais sont parfois aggravés par la présence d'établissements touristiques en bordure de plage.



Plage d'Argent - Corse du Sud

Les littoraux rocheux

Les unités sédimentaires de la côte rocheuse se sont toutes constituées essentiellement à partir des matériaux des petits fleuves côtiers se jetant dans leur baie. Sur ces plages, en majorité de petite taille et souvent à très forte pente (jusqu'à 5 %), le transport sédimentaire longitudinal est très faible. Ce sont les transports transversaux qui vont jouer un rôle prépondérant dans ce type de contexte.

Peu d'ouvrages de protection ont été implantés sur les plages, bien qu'elles soient souvent dotées d'un port et d'une voie d'accès à la mer et/ou d'équipements à vocation touristique (complexes hôteliers, villages de vacances, ...).

Les plages sont globalement stables et peu de cas d'érosion chronique et problématique sont rapportés à l'exception de la baie de Calvi et, dans une moindre mesure, la plage de Porticciolo (Cagnano - côte est du Cap corse). La partie ouest de la baie de Calvi a enregistré un recul de 30 m entre 1960 et 1975. Ce recul s'est depuis intensifié et se poursuit actuellement. La plage de Porticciolo subit depuis quelques années un recul de faible ampleur (10m) mais induisant un risque de déstabilisation de la route départementale située en bordure.

A l'échelle de la région Corse, les phénomènes d'érosion liés à des aménagements ou aggravés par ceux-ci restent à l'heure actuelle relativement marginaux ou de faible amplitude.

Les plages du littoral rocheux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Seules les entités de grande taille ont été étudiées, la mesure des variations des plages moyennes à petites se situant dans la fourchette d'incertitude de la méthode. Les transits sédimentaires ont des valeurs très modestes (200 à 3400 m³/an), comparés à ceux du golfe du Lion. Les plages varoises limitées par des caps rocheux, sont proches de la stabilité. Les bilans sédimentaires sont très disparates : positifs sur le Tombolo de Giens, les Golfes de Cannes / la Napoule / Golfe Juan et la Baie des Anges, faiblement négatifs à Pampelonne et Fréjus. Ces disparités sont dues à une alimentation sédimentaire très hétérogène, quelques plages bénéficiant d'apports fluviaux médiocres (le Gapeau à Hyères, l'Argens à Fréjus, la Siagne à Cannes et le Var pour la Baie des Anges). Elles reflètent surtout des interventions de protection qui modifient complètement le fonctionnement naturel : recharges sédimentaires, sur la branche occidentale du tombolo de Giens, artificiellement maintenue pour préserver la "route du sel" ou sur la plage de Nice, où les apports de galets sont équivalents aux valeurs de l'érosion ; ouvrages de protection frontaux, épis, brise-lames, comme dans les golfes d'Hyères, de Fréjus, etc.



Baie des Anges - Alpes Maritimes

Ces équipements interrompent la dérive littorale et peuvent générer des problèmes vers l'aval dérive, ils favorisent les courants de retour, qui ont des effets néfastes sur l'herbier de posidonies. L'herbier, encore important sur le littoral varois, constitue vraisemblablement une zone "puits", dont l'importance n'est pas connue.

La vitesse d'évolution n'est généralement pas évaluée, sauf sur le tombolo de Giens, dont le trait de côte se stabilise depuis une dizaine d'années, en relation avec les rechargements à l'ouest et les ouvrages à l'est.

Le golfe du Lion : du golfe de Fos à Argelès

De l'embouchure du Rhône à la digue de l'Espiguette (Port Camargue), le littoral est alimenté par les apports sédimentaires du Rhône redistribués par une dérive globalement est-ouest, si l'on excepte la flèche de la Gracieuse située à l'est immédiat du débouché du fleuve. Les stocks sableux déplacés y sont encore importants. Ils alimentent quelques zones d'accumulation, dont le volume et la profondeur ne sont pas toujours connus avec précision (delta sous-marin du grand Rhône, flèche de l'Espiguette, etc.). Ils contribuent au maintien d'une à trois barres infra-

littorales. Dans la partie la plus orientale (delta du Rhône), le recul du trait de côte ne présente pas d'accélération notable depuis 20 ans, généralement parce qu'il a été stabilisé par des ouvrages (digues frontales, épis, brise-lames). Mais sur quelques secteurs encore naturels (Piémanson, Réserve Naturelle), on observe un recul modéré. Il reste à déterminer si cette apparente stabilité ne se maintient pas aux dépens des stocks sableux de la plage immergée et des dunes, ces dernières étant soumises actuellement à une érosion rapide.

De la digue de l'Espiguette au Cap d'Agde, l'érosion est prédominante (la cellule Frontignan Palavas aurait perdu 20 ha de plage depuis 1945 avec un recul moyen de 0,7 m/an et un recul maximal de 1,4 m/an. Le lido de Marseillan à Sète perd quant à lui 0,6 m/an en moyenne). Dans ce secteur la dérive littorale globalement est-ouest est plus faible (des valeurs de 10 000 à 40 000 m³/an sont avancées sans jamais avoir été prouvées). Le linéaire est, dans son ensemble, très artificialisé.



Du Cap d'Agde à l'embouchure de l'Aude, le bilan est contrasté. Le transit littoral est faible (les épis de Farinette plage ont assuré une protection effective de la plage dix ans après leur implantation). De ce fait les ouvrages jouent un rôle important : s'ils permettent d'enrayer le processus d'érosion de façon ponctuelle, ils peuvent avoir des conséquences négatives sur les secteurs voisins en les privant de leur apports naturels (les brise-lames de Valras ont accru l'érosion au sud-ouest) ou en augmentant l'effet érosif de la houle (les digues de haut de plage de Vias réalisées pour lutter contre la submersion en cas de tempête sont à l'origine de la disparition de la plage).

De l'embouchure de l'Aude au Cap Leucate, le littoral montre peu de signes d'érosion dans un contexte de dérive littorale alternante équilibrée.

Du Cap Leucate à Argelès, le littoral est soumis à un régime d'apport plus diffus (fleuves côtiers pyrénéens) et globalement plus faible que les cellules sous l'influence du Rhône. La dérive littorale (de 10 000 à 30 000 m³/an) est sud-nord, sauf rares exceptions locales dues à des effets de réfraction naturelle ou induite. Le régime des apports sableux est toutefois mal connu. On peut penser que cette zone s'entretient à partir d'un stock peu renouvelé dont le volume est en grande partie renfermé dans le système des barres d'avant côte présentes de façon ininterrompue sur l'ensemble du linéaire (de 1 à 3 barres selon les secteurs).



Conclusion

L'analyse proposée ci-dessus ne doit pas être sortie de son contexte : elle ne tient pas compte des variations du phénomène entre les dates extrêmes et aucune estimation fiable des volumes en jeu n'a pu être faite. Malgré les limites actuelles des connaissances, les experts s'accordent à dire que la période actuelle est une période de déficit sédimentaire. De ce fait toute intervention peut avoir des conséquences importantes sur les cellules voisines. Il est donc essentiel d'avoir une vision globale du phénomène que l'on cherche à traiter avant de choisir le mode de réponse.

Quelques causes identifiées

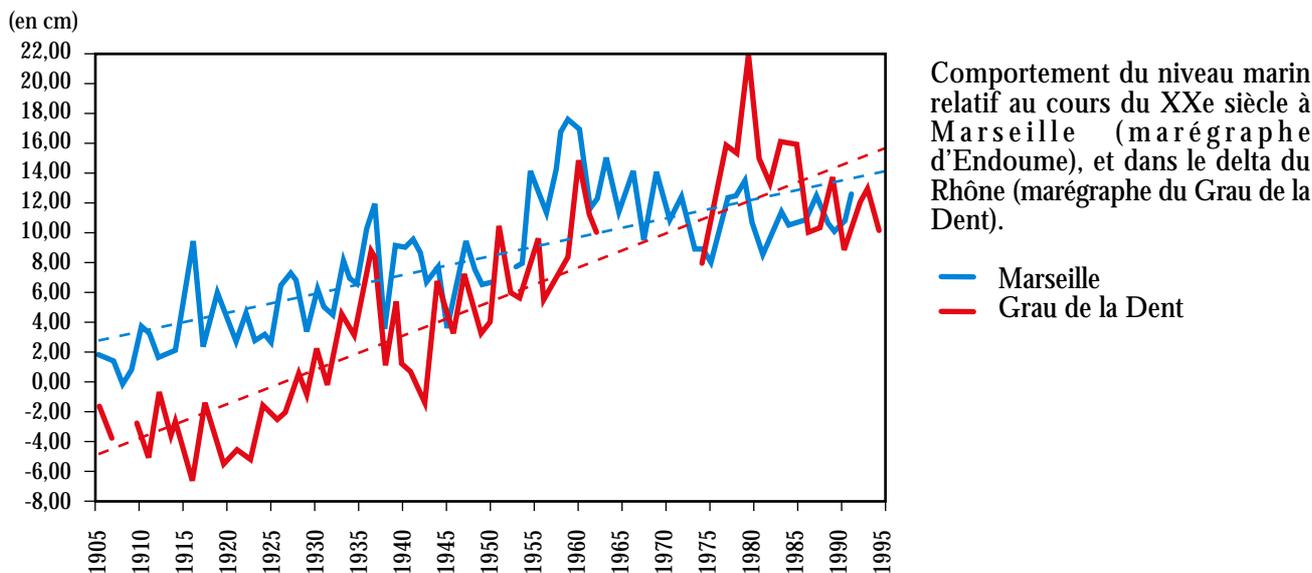
La ligne de rivage se trouve soumise à un ensemble d'agents variables dans l'espace et dans le temps. Ces agents contribuent à l'érosion des côtes, que celles-ci soient constituées de matériaux meubles, tendres ou résistants.

— L'élévation du niveau de la mer —

L'élévation du niveau des mers et océans a pu être mise en évidence sur la majeure partie des rivages : elle a été en moyenne en France de l'ordre de 1 à 1,5 millimètre par an durant le dernier siècle. Les causes de cette élévation de niveau sont controversées (augmentation des émissions de gaz à effet de serre ?) et sa possible accélération dans les années à venir est, de ce fait, source d'incertitudes.

Le marégraphe de Marseille a été mis en service en février 1885, il offre une très longue série temporelle de données. Le diagramme ci-dessous donne une représentation des variations annuelles de niveau de la Méditerranée dans le port de Marseille.

S'il est indéniable que la remontée du niveau des mers a joué et jouera un rôle dans le phénomène de recul des rivages, la difficulté d'extrapoler les données actuelles à court ou moyen terme ne permet donc pas d'évaluer avec précision son intensité future et de ce fait ses conséquences sur le milieu. Les travaux de recherche engagés sur ce phénomène aux origines complexes devraient apporter des éléments de réponse plus fiables dans les années à venir.



Jusqu'à présent, la montée du niveau de la mer ne semble pas avoir été déterminante dans l'intensification du recul des rivages : si l'on se réfère aux 4 à 6 centimètres de remontée pour les 40 dernières années et en se basant sur une pente moyenne de la plage de 2%, le recul équivalent est compris entre 2 m et 3, ce qui apparaît en effet négligeable au regard de la vitesse de recul de certaines côtes. Sa possible accélération dans les décennies à venir, associée à un accroissement de la fréquence et de la force des tempêtes (tendance dont la fiabilité statistique reste à confirmer), pourrait néanmoins avoir des conséquences néfastes, notamment sur l'évolution du trait de côte : cette hypothèse doit donc être prise en compte dans la gestion du littoral à moyen ou long terme (30-100 ans).

Le déficit sédimentaire

Le déficit sédimentaire, lié à l'épuisement du stock de sédiments disponible sur le plateau continental, est un paramètre indéniable du recul des côtes. Ce déficit est dû à la réduction des apports d'alluvions par les fleuves.

En effet, on note une diminution de l'érosion des sols liée aux reboisements réalisés à partir du XIX^{ème} siècle. De même, les dragages et extractions de matériaux ont contribué à un épuisement des stocks et un affaissement des lits : un cours d'eau comme le Var a connu entre 1946 et 1958 des extractions estimées à 4,5 millions de mètres cubes dans son tronçon terminal (du Pont de La Manda à la mer), le fond du lit s'étant quant à lui surcreusé de plus de 10 mètres par endroits.

La mise en place de barrages a engendré un blocage de la grande majorité de la charge solide charriée sur le fond du lit, ne laissant passer que la charge solide en suspension.

Enfin, l'extraction directe de matériaux, sur la plage ou en mer, encore fréquente il y a quelques décennies, est également responsable de ce déficit sédimentaire.

Les aménagements

Le littoral, considéré comme un espace répulsif inhospitalier avant l'avènement de l'ère des loisirs, s'est peu à peu transformé en un espace de liberté au fort pouvoir attractif. Il est aujourd'hui soumis à des enjeux considérables tant d'un point de vue économique qu'environnemental.

Avec l'émergence du tourisme de masse, il y a une cinquantaine d'années, les côtes méditerranéennes, et en particulier celles du Languedoc-Roussillon avec la mise en place de la Mission Racine, ont fait l'objet de profondes transformations. Les stations touristiques en bordure immédiate de la mer, le réseau de dessertes routières, mais également les ports, en sont le résultat visible aujourd'hui.

Ces aménagements ont eu des conséquences importantes sur la dynamique des milieux littoraux.

L'urbanisation

Pour répondre au désir d'héliotropisme de nos concitoyens, de petits villages de pêcheurs furent agrandis et parfois même de véritables stations touristiques nouvelles furent créées. C'est par exemple le cas, en région Languedoc-Roussillon, de la Grande-Motte (Hérault) qui, comme son nom l'indique, a pris place sur un site vierge jadis recouvert de dunes.

Aménagement du débouché d'un Grau (Hérault)



Les aménagements structurants

La présence d'ouvrages en mer occasionne une perturbation des transits sédimentaires qui régulent l'équilibre des plages. L'accroissement rapide du nombre de ports de plaisance à partir des années cinquante a considérablement modifié les mouvements de sédiments et de ce fait pu accentuer l'érosion marine sur les secteurs adjacents : les digues de ces ports constituent en effet de véritables barrières infranchissables pour les sédiments drainés charriés par la dérive littorale, créant des déficits importants en aval dérive.

Les conséquences sont particulièrement marquées sur les côtes sableuses rectilignes du Languedoc Roussillon, de Camargue et de Corse orientale.

En ce qui concerne la région Languedoc-Roussillon, 24 ports ont été construits ou réaménagés entre 1965 et 1995 pour environ 200 km de cordon littoral sableux.

Des problèmes de gestion de cet espace sont alors rapidement apparus, notamment du fait du recul ou de la disparition des plages, constituant le véritable “fond de commerce” de l'économie littorale. Au choix stratégique “défendre le littoral ou accepter qu'il recule”, à celui d'une défense quasi systématique a, dans un premier temps, été privilégié.

Les ouvrages de protection

Si la mise en œuvre d'ouvrages de protection “durs” ou “légers” depuis plusieurs décennies a localement permis de ralentir ou de stopper l'érosion de certains secteurs du littoral, les effets à moyen terme de ces ouvrages sur l'évolution du littoral et sur l'environnement ne sont que partiellement connus : déplacement des zones d'érosion, effets négatifs de certaines structures après une courte période positive, impacts paysagers des épis perpendiculaires au littoral...

Malgré le succès indéniable de certaines opérations, le bilan global, tant environnemental qu'économique, reste mitigé et à ce jour incertain.

Protection en mer (Agde)



Protections individuelles en fond de plage (Vias)

La présence de plus de 250 ouvrages en Languedoc-Roussillon et plus de 110 en Camargue n'a cependant pas définitivement résolu les problèmes d'érosion. De plus, la nécessité croissante d'entretien et de restauration de ces équipements entraîne des surcoûts financiers généralement non prévus dans les budgets initiaux de construction.

La fréquentation humaine

La fréquentation à terre

Certains espaces littoraux particulièrement fragiles ont été déstabilisés par l'intensification de la fréquentation humaine. Les cordons dunaires, qui constituent un rempart naturel contre l'envahissement par la mer et qui représentent un élément indispensable au fonctionnement de certains systèmes littoraux, ont un peu partout été fragilisés par le piétinement de la végétation fixatrice des sables, ce qui a favorisé l'action des agents érosifs naturels (vent, mer). Ce piétinement est accentué l'été quand par exemple des secteurs entiers sont victimes du camping sauvage et de la multiplication des nuisances que celui-ci génère (véhicules, salubrité, dégradations...)

En outre, la saison estivale amène aussi parfois des modifications morphologiques qui peuvent être néfastes au système littoral : c'est par exemple le nettoyage intensif des plages avec des moyens mécaniques (cribleuses) qui entraîne une déstructuration de la couche superficielle du sable rendant celui-ci plus sensible à l'action du vent et qui, à terme, peut provoquer un affaissement du pied de dune.

Si la disparition des cordons dunaires ne peut être imputable à la seule fréquentation, celle-ci joue néanmoins un rôle déterminant en amorçant les phénomènes érosifs.

La fréquentation en mer

Entre autres conséquences, la fréquentation mal contrôlée (mouillages sauvages) peut être source de destruction des véritables prairies sous-marines que peuvent former dans certains secteurs les herbiers de posidonies.



Fréquentation estivale sur une plage du Var



Route côtière passant à l'intérieur du cordon dunaire (Carnon)

Or, les herbiers infra-littoraux de posidonies constituent une protection contre la houle en amortissant son énergie. L'efficacité de cette protection naturelle est clairement démontrée par les conséquences qui résultent de la disparition des posidonies : creusement et instabilité des fonds, divagation générale des particules, synonyme d'entrave à l'installation des peuplements benthiques, risque supplémentaire d'érosion des plages... Pour résumer, la disparition de ces herbiers engendre une entrave certaine à l'utilisation du littoral en général et des ports et zones balnéaires en particulier.

A titre d'exemple citons la rade de Giens, où la régression des herbiers de posidonies a eu pour conséquence, selon certains auteurs, le renforcement de la puissance des houles et, ainsi le recul du tombolo de 50 à 90 m en 20 ans.

ÉTUDES DE CAS

Le chapitre précédent, outre un bilan de l'évolution du trait de côte ces dernières décennies sur le littoral méditerranéen français, montre combien les interventions anthropiques sont susceptibles d'influencer cette évolution.

Les politiques d'aménagement et de gestion du littoral, notamment dans les années 70 et 80, ont été à l'origine des actions de lutte contre les phénomènes d'érosion mais ont également participé, à moyen terme, à la modification des processus d'évolution. Leurs impacts, à l'échelle de la côte méditerranéenne française, sont toutefois mal connus. C'est pourquoi le choix a été fait de les illustrer par 9 exemples répartis sur le littoral méditerranéen.

Il s'agit de présenter une image des approches retenues à un moment donné, en fonction de l'état des connaissances du moment, et des limites telles qu'on peut les évaluer aujourd'hui. Cette présentation n'est cependant ni exhaustive (en terme de choix d'aménagement, d'impacts mesurés...) ni démonstrative de ce qu'il faut faire ou non.

Pour faciliter la lisibilité, les exemples sont exposés sous forme de fiches synthétiques dont le canevas, identique pour tous, décrit les origines, le contenu, les effets et les limites des projets ; seule exception, l'exemple de la Camargue, où le souhait d'une présentation globale des politiques passées et actuelles de gestion du trait de côte a prévalu.



Schéma de protection du littoral de Saint-Cyprien (Pyrénées Orientales)

La commune de Saint-Cyprien est située immédiatement au nord du débouché du Tech, son littoral s'étend jusqu'à l'étang de Canet Saint-Nazaire.

Au sud s'étend une zone semi naturelle où l'urbanisation, généralement assez éloignée du rivage, intègre le plan d'eau des Capellans et sa zone balnéaire à caractère résidentiel. Au centre se trouve le port de plaisance avec ses 2 200 anneaux et son secteur d'activité navale. Au nord du port, jouxtant la plage principale, très fréquentée, l'agglomération de Saint-Cyprien-Plage et une zone naturelle précédant l'étang de Canet-Saint-Nazaire.

Problématique de l'aménagement

Le littoral de Saint-Cyprien est soumis à un phénomène d'érosion assez lent dont la cause principale est le déficit de matériaux du fait de l'épuisement progressif du stock disponible dans le cône de déjection du Tech après les crues exceptionnelles de 1940 : la dynamique des houles, dont la résultante produit un transit littoral Sud-Nord, entraîne ainsi hors du secteur plus de sédiments qu'il n'en rentre.

Il faut noter également l'impact des jetées du port (1967) et de l'épi nord qui leur est associé sur le transit et la morphologie du littoral, ainsi que les problèmes d'érosion au sud de l'étang des Capellans, au voisinage de l'ancien débouché du Tech, où quatre épis ont été construits (1987-88).

Objectifs de l'aménagement

L'objectif est d'assurer la pérennité à long terme de ce littoral à fort enjeu touristique, balnéaire et nautique, compte tenu de la vulnérabilité de la zone côtière qui se trouve en érosion en de nombreux secteurs.

La résolution des problèmes d'érosion passe par :

- le maintien d'une largeur de plage suffisante et la protection des zones urbanisées
- le respect de l'enjeu environnemental : paysage et espaces dunaires.

Les contraintes prises en compte ont été :

- l'hétérogénéité des zones à protéger,
- la disponibilité de matériaux de rechargement : granulométrie, sources,
- les impacts sur les zones voisines,
- la possibilité de phasage des travaux,
- le coût.

Approche méthodologique

Trois phases peuvent être identifiées :

- Expertise de l'ensemble du littoral de la commune
- Définition d'un programme d'ensemble adapté au traitement des différentes zones : naturelles, aménagées, urbanisées.
- Recherche de solutions durables.



Epis projetés

Compte tenu de la pénurie d'apports, la construction d'épis ne pouvait retenir suffisamment de matériaux, par ailleurs un rechargement seul aurait été emporté rapidement par le transit. Il a donc été envisagé d'associer les deux techniques et d'empêcher la fuite des sédiments vers le large par un ouvrage immergé.

Choix technique retenu

Selon les secteurs il a été décidé de :

- suivre l'évolution et anticiper un recul probable (maîtrise foncière),
- recharger en sable la plage et enlever les cordons en enrochements existants,
- reprofiler le haut de plage, transférer les parkings à l'arrière, canaliser les circulations de piétons et véhicules, réhabiliter les dunes,
- mettre en œuvre cinq épis et recharger massivement.

Bilan

Ce projet n'a pas encore été réalisé mais le parti adopté est un compromis propre à ralentir le phénomène d'érosion ; ses limites apparaîtront à terme si le contexte actuel de pénurie d'apports du Tech se poursuit.

L'utilisation, parmi d'autres, de techniques "lourdes" est discutable compte tenu de leur impact sur l'environnement.



Saint Cyprien

Le cordon dunaire des Orpellières, situé à l'est immédiat de l'embouchure de l'Orb (communes de Valras et Sérignan) s'est formé à partir des apports en sédiments des fleuves Orb et surtout Hérault : en séparant et protégeant de la mer des zones aujourd'hui naturelles (autrefois en partie cultivées), ce site a les caractéristiques d'une flèche sableuse d'environ 2 km de longueur. Le cordon dunaire, unique, peut atteindre 8 m d'altitude (NGF) et une largeur de 100 m. Le revers, généralement bien fixé par la végétation, vient se raccorder aux terres basses de l'arrière.

Problématique d'aménagement

Jusqu'au début des années 80 et malgré sa largeur, la plage précédait un cordon dunaire qui présentait des signes d'érosion : ouvert par plusieurs brèches, parfois de grande largeur, il se morcelait progressivement, et marquait un certain recul, soumis à l'action antagoniste des forts vents de terre (du NW) et des houles de Sud-Est. La tempête de novembre 1982 a aggravé ce phénomène. En outre, la forte fréquentation du site ajoutait à sa dégradation naturelle l'action destructrice d'un piétinement intense et anarchique, voire du passage de véhicules, sur la végétation : la stabilité de l'ensemble était donc à terme compromise.

Acquis par le Conservatoire du Littoral en 1980, ce site a fait l'objet de la mise en œuvre d'une politique de sauvegarde et de restauration des sites naturels.

Objectifs de l'aménagement

L'objectif était de redonner au site sa stabilité, pour empêcher le recul du cordon dunaire (et, à terme, de la plage), et de réduire le risque de submersion marine des terres situées en arrière (prairies, cultures) lors des fortes tempêtes. En son centre, le cordon est coupé par une large brèche. Il est probable qu'elle représente une ancienne embouchure de l'Orb, pouvant encore servir d'exutoire en cas de forte crue. Elle a donc toujours été laissée ouverte.



Le domaine des Orpellières

Approche méthodologique adoptée

L'année 1983 est consacrée aux expérimentations et à la compréhension de la dynamique dunaire. La réalisation du premier ouvrage de réhabilitation du cordon dunaire date de 1984, et, comme la majorité de ceux qui furent mis en œuvre les années suivantes, il fut implanté à l'avant d'une brèche. Tous les ouvrages (le dernier datant de 1996) ont été mis en place dans l'alignement du pied de dune d'une section du cordon dunaire.

Choix technique

Réhabilitation du cordon dunaire (essentiellement par la fermeture de certaines brèches) par des techniques de génie écologique :

- réalisation d'un bourrelet sableux d'amorçage, formant le corps de la future dune,
- mise en place d'ouvrages de reconstitution de première puis seconde génération, constitués de maillages de lignes écran à effet brise-vent en ganivelles,
- gestion de la fréquentation : canalisation des cheminements piétonniers (ganivelles et escaliers d'accès à la plage, panneaux de signalisation),
- végétalisation ponctuelle du revers dunaire à l'aide d'espèces végétales adaptées et autochtones.

Bilan

Malgré leur caractère expérimental et innovant ces opérations de réhabilitation du cordon dunaire se sont globalement soldées par un succès : le cordon est aujourd'hui continu à l'exception d'une brèche qui a été conservée comme exutoire potentiel des crues de l'Orb. L'une des difficultés observées tient à la gestion en continu qui doit être opérée sur ces ouvrages pour prendre en compte les inévitables dégradations qui ne manquent pas de survenir en période estivale (ganivelles détruites,...) ainsi que la destruction de certains ouvrages mis en place à titre expérimental il y a une quinzaine d'années et qui n'ont plus aujourd'hui de fonction particulière.



Dune recrée

Orienté est-ouest, le littoral de Vias jouxte les communes d'Agde et de Portiragnes. Situé à 1,5 km à l'ouest du débouché de l'Hérault, il se divise en deux zones séparées par le Libron. :

- A l'est l'agglomération de Vias-Plage, zone urbanisée à distance variable du rivage.
- A l'ouest, comprise entre le Libron actuel et l'ancien Grau du Libron, une zone de camping et d'habitat léger s'est développée, suivant une urbanisation anarchique, non structurée, et où les accès au rivage sont totalement occultés. Les campings riverains de la mer sont implantés sur des champs de dunes fossiles en surplomb de la plage.

Problématique de l'aménagement

L'érosion dans cette zone est significative. A chaque tempêtes, les campings et maisons riveraines connaissent des dégâts importants. Les défenses frontales des campings ont été détruites par la tempête exceptionnelle de 1982 (période de retour de l'ordre de 50 ans) et la mer a emporté une partie de leur plate forme en limite de plage.

Objectifs de l'aménagement

Les riverains souhaitent se protéger des assauts de la mer même lors des plus violentes tempêtes.



Côte ouest de Vias

Approche méthodologique

Compte tenu de l'objectif unique identifié et de l'urgence, le projet n'a pas fait l'objet d'une approche méthodologique.

Choix technique retenu

Il s'agit d'une d'un type de défense longitudinale implantée en limite de plage, dont la structure est du type « défenses portuaires » c'est-à-dire constituée d'enrochements de forte catégorie posés suivant une pente raide et s'élevant au dessus de tout franchissement (talus en enrochements).

Bilan

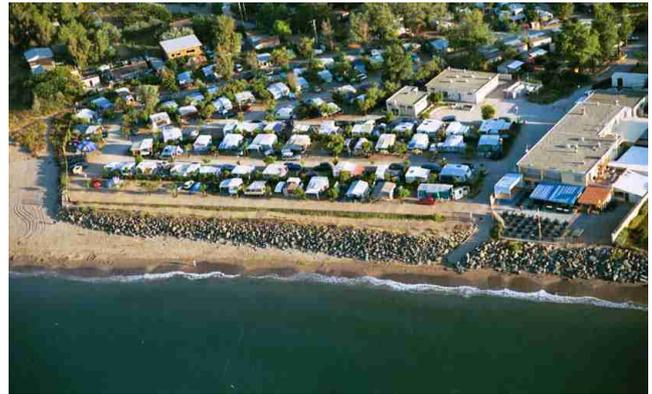
La plage a aujourd'hui quasiment disparu (en particulier sous l'effet de la tempête de 1997). Le sable a été emporté vers le large par la réflexion de l'énergie de la houle sur les enrochements. Les ouvrages sont régulièrement déstabilisés par érosion en pied ou contournement.

Ces ouvrages constituent un exemple d'aménagement et de défense « à tout prix », au détriment de la plage et du fonctionnement du système littoral.

En premier lieu la disparition des dunes liée à l'urbanisation a rompu l'équilibre naturel. En second lieu, la mise en place de ces ouvrages "en dur", a eu pour effet l'accroissement de ce déséquilibre.

Compte tenu de l'échec de ces réponses au coup par coup, la commune souhaite gérer globalement le problème. Un projet de réaménagement de l'ensemble de la zone est à l'étude. Il devrait permettre de :

- restaurer une zone de mobilité pour le trait de côte et un fonctionnement plus naturel du système,
- restaurer un cordon dunaire protégeant des tempêtes,
- améliorer la qualité paysagère et l'accessibilité du site.



Ultime protection d'un camping à Vias

A 20 km au SE de Montpellier, la plage urbaine de Mauguio-Carnon s'étend sur près de 3 km. Les dunes ont disparu sur ce secteur, remplacées aujourd'hui par des rangées ininterrompues de maisons et d'immeubles.

Problématique de l'aménagement

La construction d'immeubles et de maisons d'habitation en lieu et place du cordon dunaire s'est inévitablement accompagnée d'une déstabilisation du système littoral et d'un recul du trait de côte...

Rendues vulnérables à l'érosion littorale, les constructions ont alors fait l'objet d'une protection par des ouvrages en mer.

Objectifs de l'aménagement

Après la construction du port de plaisance à la fin des années 1960, le but a été d'enrayer le démaigrissement de la plage suite au blocage du transit par les digues du port. Bien entendu la protection des biens des particuliers a aussi été prise en compte puisque le développement des ouvrages entre 1969 et 1983 est à mettre en parallèle avec la pression urbaine.

Approche méthodologique adoptée (ou absence)

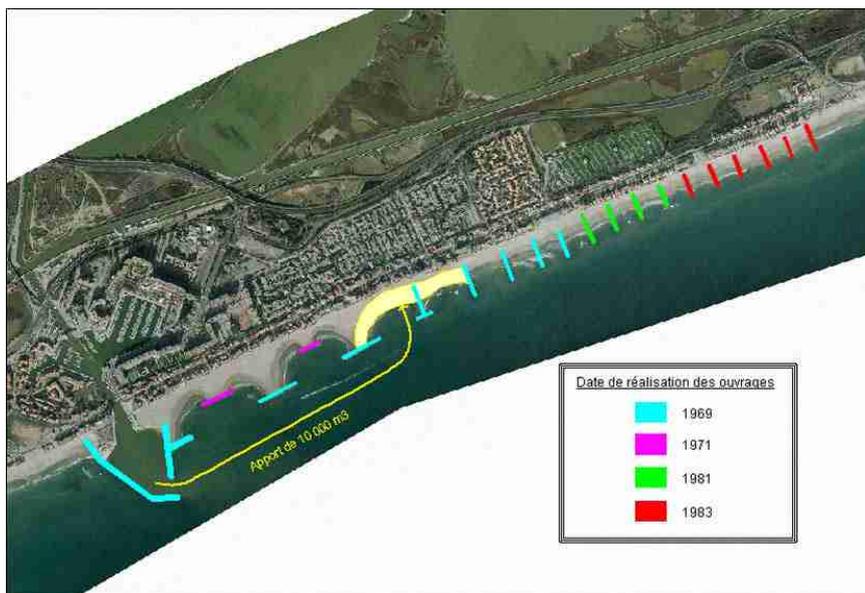
Aucune étude globale ne semble avoir été réalisée sur ce secteur avant les premières interventions de protection et il ne semble pas non plus qu'il y ait eu d'études réalisées sur l'impact prévisible des ouvrages. Les propriétaires riverains du site se sont organisés en ASA (Association Syndicale Autorisée).

L'historique reste cependant mal connu.

Choix technique

Plusieurs phases de travaux de protection peuvent être identifiées durant lesquelles ont été mis en place :

- 1 épis de 50 m accroché à la digue Est,
- 5 brise-lames d'une longueur allant de 50 à 150 m,
- 14 épis de 100 m de long, espacés entre eux de 100 à 150 m.



Mauguio - Carnon

Bilan

Le trait de côte est relativement stable (plusieurs rechargements ont eu lieu depuis 1983) à l'endroit où les ouvrages ont été installés, mais recule brutalement sur la zone non aménagée du petit travers située en aval dérive (-20 m en 14 ans, soit 1,4 m par an).

La batterie d'ouvrages de protection a permis de stabiliser le trait de côte mais le problème d'érosion a été reporté ailleurs. On peut en outre émettre des réserves sur les modalités de phasage des opérations qui n'ont visiblement pas pris en compte le sens dominant du transit (il aurait alors fallu commencer les travaux le plus à l'aval possible). Ces ouvrages remplissent donc néanmoins localement leur rôle hormis des phénomènes météorologiques exceptionnels qui donnent lieu au contournement des épis et au démaigrissement de la plage.

Lors de la tempête de décembre 1997 par exemple, un des tombolos de sable situé à l'arrière du brise-lame a disparu, et le dernier épi Est a été déraciné. Ceci s'est traduit par la disparition du sable dans le casier compris entre les deux épis : au total 76 000 € ont été nécessaires pour remettre en état ces ouvrages et recharger les portions de plage où le sable avait été emporté.



Mauguio Carzon

Un cadre géographique et institutionnel particulier

Né de la construction du promontoire deltaïque du Rhône, le littoral de Camargue s'étend sur 90 km sous la forme d'une côte sableuse basse et sans obstacle majeur, de la digue d'arrêt des sables de l'Espiguette à la Gracieuse.

Cet espace littoral concerne les deux régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Partagé entre les départements du Gard et des Bouches du Rhône, il regroupe 4 communes : Le Grau-du-Roi, Les Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône. Le Parc naturel régional de Camargue couvre le secteur deltaïque et proche maritime (zone des 3 milles) compris entre le Rhône vif et le Grand Rhône. Le syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise s'implique de manière comparable sur le territoire des huit communes gardoises à l'ouest du Petit Rhône.

Le littoral de la Camargue est divisible en quatre cellules hydrosédimentaires. Il s'agit d'Ouest en Est de la cellule Espiguette-Petit Rhône, de la cellule Petit Rhône - Grau de la Dent, de la cellule Grau de la Dent - Grand Rhône et de la cellule Grand Rhône - Flèche de la Gracieuse (cf. carte des cellules).

Les réservoirs sédimentaires alimentant ce littoral sont au nombre de trois :

- Les apports rhodaniens actuels qui subissent des fluctuations en fonction des changements climatiques et des activités humaines (aménagements).
- Les apports rhodaniens fossiles : les pro-deltas sous-marins.
- Le cordon dunaire constituant un stock de sable mobilisable.

Les vents, les courants, les houles, la charge solide apportée par le Rhône et les stocks sédimentaires fossiles contribuent ensemble à expliquer les évolutions du trait de côte de la Camargue.

La côte camarguaise est donc très évolutive dans le temps et l'espace : sa position est instable. Dans l'état actuel de son évolution, une nette tendance au recul est constatée sur environ 60 km du linéaire avec des vitesses pouvant atteindre 10 mètres par an notamment, sur les plages du village des Saintes-Maries-de-la-Mer et sur le littoral de Faraman.

Les avancées de l'Espiguette, de Beauduc et de la pointe de la Gracieuse sont les trois secteurs en progression vers la mer et donnent une particularité à la géographie du trait de côte du delta du Rhône.

Des enjeux et des logiques d'intervention multiples

Les interventions humaines en Camargue sont déjà anciennes : l'endigement du delta à la fin du 19^{ème} siècle qui fige le fonctionnement deltaïque et le développement touristique dès le 20^{ème} siècle, contribuent à accélérer les modifications du trait de côte.

Actuellement, le littoral de la Camargue s'adosse sur des espaces variés :

- des espaces urbanisés : la station touristique de Port-Camargue, le village des Saintes-Maries-de-la-Mer en front de mer, la ville de Port-Saint-Louis-du-Rhône à proximité de l'embouchure du Grand Rhône ;
- des espaces de production agricole : la saliculture d'Aigues-mortes et de Salin-de-giraud, l'agriculture et l'élevage sur le littoral de la des communes des Saintes-Maries-de-la-Mer, du Grau-du-Roi et d'Aigues Mortes ;
- l'espace industriel du complexe de Fos-sur-Mer protégé par la flèche de la Gracieuse ;
- des espaces de protection de la nature : la Réserve Naturelle, les terrains du Conservatoire du Littoral (La Palissade, La Capelude, Terre Neuve, les Baronnets, domaine du Mazet).

Ces espaces présentent donc des enjeux patrimoniaux, des enjeux liés à la protection des biens et des personnes (économiques, sociaux, fonciers...). Compte-tenu de ces enjeux, les acteurs de ces espaces ont pour la plupart sollicité des aménagements littoraux pour lutter contre l'érosion ou l'engraissement. Les prises de décision ont été le reflet de logiques d'acteurs s'exprimant différemment dans le temps, en fonction de leur moyens financiers disponibles, et de leurs intérêts propres.

De plus, les interventions ont aussi été motivées par des événements exceptionnels tel que les tempêtes de 1982 et 1997 et, dans ce contexte, les aménagements retenus ont concerné des linéaires côtiers discontinus et selon une approche au coup par coup.

On constate ainsi, dans les secteurs à forts enjeux socio-économiques, que les interventions se sont préférentiellement portées vers des aménagements "lourds" (brise lame, épi, digue frontale) ; c'est le cas pour Les Saintes-Maries-de-la-Mer et Salin-de-Giraud.

Dans les autres secteurs, des aménagements "légers" ont été privilégiés (ganivelles).

Mais tout cela n'a apporté qu'une réponse partielle aux problèmes posés :

- par manque d'une connaissance et d'une prise en compte globale du fonctionnement du littoral qui peuvent avoir conduit à des choix techniques s'avérant inadaptés,
- par des projets d'aménagement parfois non menés à terme,
- par manque de suivi et d'entretien des ouvrages réalisés,
- par manque de concertations globale entre les différents acteurs.

Cette logique a néanmoins conduit dans le temps à artificialiser environ un tiers du linéaire côtier camarguais par des équipements lourds.

Vers une stratégie globale de gestion durable du littoral

Partant de ce constat et d'une meilleure connaissance des phénomènes grâce aux études récentes études, l'ensemble des acteurs, du niveau national au niveau local, tentent de diverses manières (table ronde, séminaire, conférence...), d'avoir une approche concertée de la gestion du trait de côte de Camargue.

Au niveau du département des Bouches du Rhône, la création d'un syndicat mixte en charge de la protection contre les inondations fluviales et maritimes sur l'Île de Camargue illustre la volonté de cette approche globale. Il assure notamment, la maîtrise d'ouvrage d'une étude opérationnelle pour la gestion à long terme du littoral. Cette étude devrait permettre d'adapter les différents moyens d'action (épi, digue frontale, brise lame, méthode douce, espace de liberté) aux enjeux identifiés par la communauté des acteurs.

Au niveau du département du Gard, le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Petite Camargue gardoise a intégré les problématiques d'évolution du trait de côte. Il est notamment favorable à une amélioration de la gestion durable du cordon dunaire et renvoie les réflexions pour l'aménagement des ouvrages en mer à l'échelle de toute l'unité sédimentaire concernée : la gestion du transit sédimentaire ne peut en effet être ici réfléchi convenablement qu'en dépassant les limites administratives entre les deux régions et en intégrant la gestion du transport solide du Rhône.

Au-delà de cette démarche, une concertation à une échelle géographique cohérente (unité géographique Camargue) reste à mener.



Saintes Maries de la Mer

Située à l'est de la baie de La Ciotat, la plage des Lecques constitue une des plus belles plages de sable de l'ouest varois. Contribuant largement à l'attractivité touristique de la commune de St-Cyr-sur-Mer, son impact sur l'économie locale est important.

Problématique de l'aménagement

Cette plage était le siège d'une érosion du littoral importante qui a entraîné un recul moyen du trait de côte d'une dizaine de mètres au cours des vingt dernières années. Ce phénomène mettait à terme en péril l'existence même de la plage (elle avait déjà disparu sur un quart de sa longueur), et toute l'activité économique qui en découle.



Avant

Objectifs de l'aménagement

Cette opération avait pour but de protéger la plage contre les agressions de la houle, de retrouver une surface et une profondeur de plage de sable suffisantes pour éviter la réflexion des vagues sur le mur de haut de plage, et d'améliorer la qualité visuelle et urbanistique du front de mer afin de conforter la fonction d'animation de la zone balnéaire.



Après

Approche méthodologique

Après analyse des facteurs de l'érosion, plusieurs solutions ont été envisagées. Une étude courantologique et sédimentologique a permis de mieux en comprendre les causes et d'arrêter un parti d'aménagement. Ce dernier a fait l'objet d'une validation en canal à houles afin d'affiner la solution retenue et d'en optimiser le dimensionnement.

Choix technique retenu

Les problèmes d'érosion étant essentiellement dus au transit dans le profil, c'est un rechargement massif qui a été retenu, l'élargissement de la plage et sa surélévation en partie supérieure permettant que la mer atteigne le plus rarement possible le mur de garde. La granulométrie des matériaux d'apport a été adaptée à la dynamique sédimentaire des différents secteurs de la plage. Et deux petites plages artificielles sur épis et endigages ont été supprimées.



Vue aérienne de la plage des Lecques

Bilan

Un rechargement de 65 000 tonnes de grave roulée a été réalisé au printemps 1998, reconstituant une plage de 30 m de large sur 1 300 m de linéaire. Depuis, un suivi topographique et bathymétrique est effectué 2 fois par an. Il met en évidence une stabilité du trait de côte à une distance de 25 à 35 m du mur de garde et un équilibre global de la plage avec quelques mouvements de sédiments dans le profil et latéralement.

Cette stabilité concerne les matériaux grossiers, essentiellement du 3/8 mm, ayant reconstitué le soubassement de la plage. Les mouvements sédimentaires qui sont encore constatés affectent les apports annuels complémentaires d'environ 5 000 m³ de sable "de confort", nécessaires pour conserver à cette plage des Lecques sa renommée de belle plage de sable fin qui en fait son attrait. Il faut noter les difficultés administratives d'une telle opération, qui a nécessité 7 enquêtes publiques.

Le littoral de Saint-Aygulf à Fréjus (Var)

Le littoral du golfe de Fréjus correspond à la bordure maritime d'une plaine alluviale qui naturellement a gagné sur la mer. Au cours de ces dernières dizaines d'années, ce régime naturel a été perturbé par l'urbanisation, mais surtout par des extractions de matériaux dans le lit des rivières et à leur embouchure, et également suite à la catastrophe du barrage de Malpasset.

Problématique de l'aménagement

L'importance de cette érosion du littoral entre Saint-Aygulf et l'Argens était telle qu'elle entraînait la disparition de la plage, et qu'elle mettait en péril la stabilité de la route nationale 98 et l'existence de l'écosystème des étangs de Villepey. Par ailleurs, deux projets d'aménagement portuaires prenaient corps : l'extension du port de Saint-Aygulf au sud et la création de Port-Fréjus au nord. Les travaux de protection du littoral devaient prendre en compte ces deux projets.

Objectifs de l'aménagement

Cette opération avait pour but de reconstituer la plage de Saint-Aygulf, d'assurer la protection de la route et des étangs, et d'endiguer le débouché en mer de l'Argens. Les aménagements des ports de Saint-Aygulf et de Port-Fréjus ne devaient quant à eux ni favoriser l'ensablement des bassins portuaires, ni avoir d'incidences négatives sur l'équilibre sédimentaire des plages avoisinantes.

Approche méthodologique

Après une analyse de l'évolution sédimentologique du Golfe mettant en évidence les zones en érosion et les causes et facteurs de celle-ci, une étude mathématique a proposé des solutions d'amélioration et de protection intégrant la globalité des problèmes et projets. Puis une étude sur modèle sédimentologique a optimisé le positionnement et les caractéristiques des aménagements.

Choix technique retenu

Afin d'enrayer les mouvements dans le profil sous l'action des houles, c'est une solution combinant un rechargement de la plage et l'implantation de brise-lames qui a été retenue. Le volume et la granulométrie des matériaux d'apport ont été déterminés par le modèle réduit, lequel a également optimisé la disposition des ouvrages de protection, en s'assurant d'une bonne circulation des eaux.



Vue aérienne de la plage de Saint-Aygulf

Bilan

Un rechargement de 200 000 m³ de sable (provenant de creusement des bassins de Port-Fréjus) a permis de reconstituer une plage de plus de 70 m de large, protégée par 4 brise-lames de 120 m de long espacés de 80 m. Des tombolos se sont rapidement constitués à l'arrière des ouvrages, formant des alvéoles. Plus de 10 ans après son aménagement, le littoral du golfe de Fréjus est bien stabilisé.

Les ouvrages de protection ont certes modifié l'aspect naturel de cette portion du littoral. Mais les lourdes études effectuées avaient démontré l'inéluctable disparition de la plage de Saint-Aygulf à moyen terme dans le cas d'un simple apport de sable sans brise-lames. La réalisation de ce rechargement a toutefois été facilitée par l'aménagement concomitant de Port-Fréjus.

Située sur les côtes du nord-ouest de la Corse (Balagne), la baie de Calvi est un des piliers de l'activité touristique de ce secteur de l'île.

La baie s'étire en arc de cercle sur près de 4 km entre deux pointes rocheuses. Ses deux tiers ouest sont constitués de sables fins, et le tiers est de graviers et galets. Le haut de plage est formé par un ensemble de dunes bordières recouvertes par la pinède.

Au niveau de la partie sableuse de la baie, des aménagements à vocation touristique (bars, restaurants, campings) ont été réalisés ces 30 dernières années en front de mer, sur et en avant du cordon dunaire. Une voie de chemin de fer en exploitation longe le rivage dans la moitié ouest de la baie sur le cordon dunaire (30 à 50 m de la mer).

Problématique de l'aménagement

Le littoral sableux subit depuis plusieurs décennies un recul quasi constant et ponctuellement important (30 m entre 1975 et 1985), qui menace la préservation du site et la pérennité des infrastructures touristiques et ferroviaires implantées dans ce secteur.



Suite à la tempête du 6 janvier 1996, un épi de 80 m de long a été implanté à 500 m de l'extrémité ouest de la plage. Cette première mesure de protection a été suivie d'un rechargement en sable au cours de l'été 1996 (environ 15 000 m³). Ces interventions n'ont cependant pas permis de ralentir voire stopper le recul de la plage sableuse dans sa partie centrale. Un second volet d'aménagement plus lourd et de plus grande ampleur a donc été envisagé.

Objectifs du projet d'aménagement

L'objectif de l'aménagement est double : combler le déficit sédimentaire des secteurs touchés par l'érosion, et enrayer le démaigrissement de la plage par des aménagements de protection du littoral.

Approche méthodologique

Le projet d'aménagement s'est orienté vers une association de techniques dites "douces", recharge de plage et localement stabilisation de la dune par re-végétalisation, et plus "dures" et lourdes, construction d'ouvrages de protection (épis et brise lame).

Choix technique retenu

Le projet associe des techniques dites "douces" aux techniques plus "dures" nécessitant des aménagements lourds :

- plus de 100 000 m³ de sable ont été prélevés en milieu marin (dans la baie) pour recharger l'ensemble de la partie ouest de la plage,
- 4 épis et 2 brises lames ont été réalisés pour favoriser le maintien du stock de sable reconstitué et limiter le recul de la plage,
- des plantations ont également été effectuées pour stabiliser la dune dans les secteurs les plus touchés.



*Restaurant
"Les pieds dans l'eau"*

Bilan

Les travaux ont été achevés au début de l'été 2001, et les effets constatés à la fin de la saison estivale étaient positifs (engraissement des tombolos derrière les brise-lames). Cependant, en novembre de la même année, une très forte tempête de nord-est (conditions dans lesquelles la plage est fortement exposée à la houle) a soustrait sur l'ensemble du secteur aménagé une quantité importante de sable au profil émergé récemment rechargé. Mais cet événement n'a semble-t-il pas entraîné de déstabilisation nouvelle du site même si les impacts sont ponctuellement importants et spectaculaires : au centre du dispositif de protection (mais entre les brise-lames et donc dans un secteur plus exposé) les restaurants les plus proches du rivage ont eu « les pieds dans l'eau ».

Des travaux de stabilisation (enrochements et rechargement) au droit des établissements les plus touchés ont été réalisés suite à cet événement en avril 2002.

Les travaux de ré-ensablement de la plage de Calvi ont eu pour effet de rehausser et d'élargir de manière sensible le profil émergé. Reste que les caractères morphologiques (étroitesse de l'estran, talus d'érosion...) tendent à montrer une certaine vulnérabilité du littoral sableux de la baie de Calvi dans ces secteurs. Les impacts de la tempête de novembre 2001 viennent renforcer cette première conclusion.

On peut espérer que les équipements de protection et en particulier les brise-lames rempliront pleinement leur rôle de défense de la plage contre l'érosion et de maintien de son équilibre. Il est déjà fort probable, que sans ces équipements, la plage aurait subi une dégradation bien plus importante au regard de la force de cet événement. Reste la question du devenir du stock sableux soustrait au cours de la tempête, de son retour naturel ou non et de l'efficacité des ouvrages à le piéger.

Sur ce site très récemment aménagé on manque de recul temporel d'une part sur les effets des équipements de protection réalisés et d'autre part sur la capacité de récupération de la plage après cette forte tempête.

Les enseignements et les perspectives

Les exemples précédents présentent des situations différentes d'un point de vue de la géomorphologie, des déplacements sédimentaires... mais tous les sites sont ou ont été soumis à des phénomènes d'érosion.

Les réponses sont différenciées du fait de la diversité des problématiques mais également de l'époque où les décisions ont été prises.

Les aménagements les plus anciens datant des années 70/début 80 (lido de Mauguio, littoral Ouest de Vias) sont souvent lourds (épis, brise-lames, digues). A posteriori, les effets sur le trait de côte se caractérisent par un déplacement, voire une aggravation des processus d'érosion. Ils dénotent une absence de prise en compte globale (échelle de réflexion inadaptée) ou une politique de protection foncière à tout prix, dont la pérennité n'est pas assurée.

A partir du milieu des années 80 et jusqu'à aujourd'hui, des techniques dites "douces" ont été développées :

- réhabilitation de cordons dunaires (Les Orpellières, Portiragnes,...),
- rechargements de plage (Les Lecques, St. Cyr/Mer,...),
- plus exceptionnellement by-passing permettant de contourner les ouvrages bloquant le transit ...
- et parfois même des ouvrages en dur ont été démantelés (Les Lecques, St. Cyr/Mer).

L'amélioration de ces techniques s'est faite au travers d'expérimentations adaptées à des sites précis, sur la base d'aller-retour permanents entre le terrain et la recherche, en privilégiant les approches systémiques et la réversibilité des aménagements.

Les autres techniques sont toujours mises en œuvre mais leur usage est plus ciblé et mieux adapté. Souvent, ces deux types de techniques sont associés (St. Aygulf, Fréjus, St. Cyprien, ...).

Ainsi, en parallèle et de manière empirique a-t-on fait progresser la connaissance du fonctionnement du système méditerranéen et les techniques de gestion du trait de côte.

Il ressort également de la diversité des exemples et des réponses apportées que chaque situation est un cas particulier tant d'un point de vue physique et géomorphologique... que socio-économique.

Par ailleurs, au fil du temps, on assiste à l'émergence de démarches plus globales intégrant :

- les effets à moyen terme sur le transit,
- la gestion de la fréquentation et le déplacement d'aménagements d'arrière-plage (parking, routes...)
- la création d'instances de concertation et de suivi. L'utilité de ces instances est d'autant plus avérée que le secteur concerné est vaste.

Toutefois, ces avancées vers une réflexion à une échelle cohérente doivent être poursuivies et généralisées. C'est pourquoi, dans le cadre de l'élaboration du présent guide, une étude a été réalisée pour définir les cellules sédimentaires du littoral méditerranéen français, échelle de réflexion minimum pour aborder le phénomène d'érosion*.

* En effet, les zones homogènes du SDAGE sont en règle générale trop larges pour décrire précisément le seul phénomène d'érosion.

Il a donc été nécessaire, pour bien appréhender cette problématique, de réaliser un sous-découpage en cellules sédimentaires.

PREMIERS ÉLÉMENTS DE MÉTHODE



Quelques principes pour la gestion de l'érosion

Sur la base des orientations du SDAGE RMC, de la connaissance actuelle du fonctionnement du système littoral et des enseignements tirés des aménagements passés, il est possible de définir des principes fondamentaux en terme de gestion de l'érosion :

- Il est naturel que le littoral bouge. Ce phénomène est lié au fonctionnement des milieux littoraux et continentaux (apports fluviaux).
- Vouloir fixer " à tout prix " le littoral est illusoire à long terme, engendre des coûts (d'investissement et d'entretien) très élevés pour la collectivité et induit de nombreux impacts négatifs pour le littoral (artificialisation, déplacement du problème à l'aval transit...).
- Il convient d'accepter l'évolution du littoral et de la gérer en engageant dès à présent des réflexions en terme de planification.
- Il est indispensable de respecter et de restaurer un espace de liberté, ou espace de mobilité, pour le littoral. Des études doivent être engagées rapidement pour définir et délimiter cet espace de liberté.
- Il est nécessaire d'approfondir la connaissance sur le fonctionnement global du littoral et de suivre son évolution.
- Le littoral est un système global et les réponses à l'érosion ne peuvent être apportées durablement qu'à l'échelle minimale de la cellule sédimentaire et doivent faire l'objet d'une concertation la plus large possible.
- L'étude diagnostique (connaissance des processus, identification des enjeux et aléas, définition des objectifs à long terme) est le préalable indispensable à une gestion effective du problème posé.
- La préservation ou la restauration des unités écologiques participant à l'équilibre des plages (cordons dunaires, herbier de posidonies,...) est essentielle.
- Les techniques respectant le fonctionnement naturel du littoral doivent être privilégiées par rapport à celles qui s'y opposent.
- Les plages et les ouvrages de protection nécessitent un entretien et un suivi qui doivent être pris en compte dès la mise en place du mode de gestion.

Une fois posées ces notions, indispensables à la compréhension du fonctionnement des systèmes littoraux, une méthodologie peut être proposée pour aider les gestionnaires à élaborer, mettre en œuvre et évaluer une politique cohérente et concertée de gestion du littoral.

Elle doit permettre de répondre notamment aux questions suivantes :

- A quelle échelle le problème doit-il être abordé ? _____ Phase 1
- Quelle concertation doit être mise en place ? _____ Phase 1
- A quel type d'érosion ou d'accrétion a-t-on affaire ? _____ Phase 2
- Quels sont les enjeux menacés ? _____ Phase 2
- A quelle échéance ? _____ Phase 2
- Quels sont les objectifs à atteindre ? Avec quelle pérennité ? _____ Phase 3
- Quels moyens peuvent être mobilisés ? _____ Phase 3
- Sur la base de quels critères seront comparés les scénarii ? _____ Phase 3
- Quels sont les différents scénarii possibles ? _____ Phase 4
- Quels sont leurs impacts ? _____ Phase 4
- Quels sont leurs avantages – inconvénients ? _____ Phase 4
- Comment s'assurer de l'efficacité du mode de gestion choisi ? _____ Phase 4



La mise en œuvre d'une étude globale pour définir le mode de gestion du littoral s'appuie sur quatre phases principales.



Phase 1 : Définition du secteur d'étude et du mode de concertation

Secteur d'étude

Les cellules sédimentaires du littoral méditerranéen français (cf annexe), constituent la référence pour la définition de l'échelle de réflexion. Toute réflexion qui ne comprendrait pas une ou plusieurs cellules dans leur intégralité doit être écartée : elle générerait des scénarii dont l'impact ne pourrait être que partiellement évalué dans l'espace.

La première étape consiste donc à regarder dans quelle cellule se situe le secteur qui pose problème. Ensuite, il convient de s'intéresser aux cellules adjacentes, en s'interrogeant notamment sur l'importance des échanges sédimentaires entre cellules. Cet examen peut alors conduire à définir comme échelle de réflexion un ensemble de plusieurs cellules sédimentaires entières.

Les éléments précités permettent de définir le linéaire de côte à prendre en compte dans l'étude. Ils ne donnent pas de précision sur la largeur de la bande littorale à intégrer dans la réflexion. Au-delà des plages et cordons dunaires, il convient d'inclure dans le périmètre d'étude tout élément qui influe sur la dynamique sédimentaire (zones humides, plage immergée,...).

Concertation

La concertation est une étape fondamentale dans la mise en œuvre d'une démarche de gestion du littoral. Et, malgré toute la difficulté que sa mise en œuvre peut présenter elle mérite d'être organisée dès l'engagement de la réflexion.

En effet, bien menée la concertation est un gage de bon déroulement de la réflexion, de mobilisation des acteurs locaux et de moindre difficulté lors de la mise en œuvre concrète des opérations.

Le maître d'ouvrage doit donc organiser la concertation en associant l'ensemble des acteurs et partenaires concernés au sein de diverses instances, qui peuvent être les suivantes :

- Un comité de pilotage regroupant les différents gestionnaires du littoral (EPCI, communes et groupement de communes, Etat) et les partenaires financiers,
- Un comité technique s'appuyant sur un groupe d'experts (scientifiques, établissements publics, associations, ...),
- Une instance de concertation avec l'ensemble des usagers et acteurs présents sur le secteur d'étude (associations de riverains et de protection de la nature, professionnels,...).

Au travers de la concertation, le maître d'ouvrage devra constamment rechercher l'adhésion de l'ensemble des acteurs afin de garantir la pérennité de l'opération.

Les conditions de réussite de cette étape impliquent donc qu'un véritable dialogue puisse s'instaurer et que des réponses aux préoccupations énoncées soient apportées au regard des décisions prises.



Le risque est le résultat de la conjonction de l'aléa (phénomène naturel caractérisé par son intensité et sa période de retour ou son caractère chronique) et de la vulnérabilité (sensibilité des activités et usages d'une zone donnée à l'aléa).

Qu'il s'agisse de l'aléa ou de la vulnérabilité, le diagnostic s'appuie sur le recueil des données et études existantes, complété si nécessaire par l'acquisition de nouvelles données. La pertinence du diagnostic dépend étroitement de la qualité et de la fiabilité des documents existants, qui doivent donc faire l'objet d'une analyse critique.

Aléas

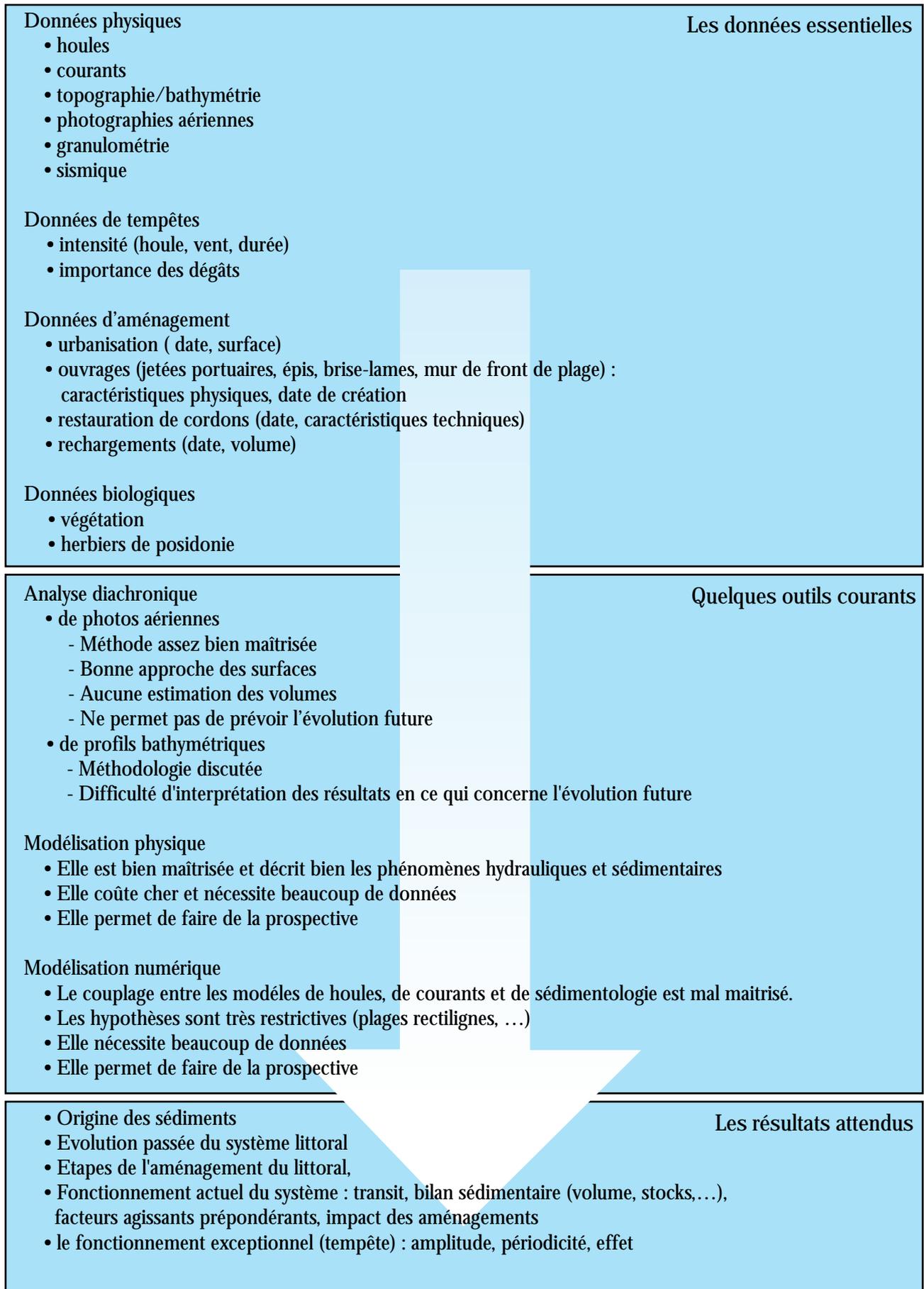
Deux types d'aléas sont à prendre en compte, car ils sont liés : l'érosion et la submersion marine.

L'étude d'aléas doit décrire le fonctionnement du système littoral, en expliquer les causes et prévoir, autant que faire se peut, son évolution future. Pour cela, elle doit préciser :

- l'évolution passée du système littoral,
- les étapes de l'aménagement du littoral,
- le fonctionnement actuel du système : transit, bilan sédimentaire (volume, stocks,...), facteurs agissants prépondérants, impact des aménagements,
- le fonctionnement exceptionnel (tempête) : amplitude, périodicité, effet...

et ainsi définir si le phénomène est exceptionnel, chronique, du à une fluctuation naturelle du système littoral, anthropique, réversible ou non.

De plus, elle doit préciser l'intensité du phénomène et son évolution future, et produire une carte de zonage des secteurs menacés (intensité, échéance).



Il est fondamental de caractériser la vulnérabilité des secteurs concernés par les phénomènes d'érosion et de submersion.

La vulnérabilité (c'est-à-dire la sensibilité des activités et usages d'une zone donnée à l'aléa) est caractérisée par les trois critères suivants :

- le critère social,
- le critère économique,
- le critère environnemental.

L'évaluation de chaque critère se fait au moyen d'indicateurs qui sont choisis en fonction des données disponibles ou acquises :

- critère social : fréquentation, population permanente, résidences secondaires, établissements publics,...
- critère économique : chiffre d'affaire, nombre d'emplois, capacité d'accueil, productions agricoles, piscicoles, valeur du foncier,...
- critère environnemental : sites classés, inscrits et archéologiques, faune et flore, paysage,...

Il est ensuite nécessaire de hiérarchiser les différents critères entre eux. Sachant qu'il n'existe pas de hiérarchisation type, elle doit être définie par les instances de concertation. C'est une étape importante, au cours de laquelle les décideurs vont être amenés à privilégier un ou plusieurs critères en fonction des priorités locales.

Définition des risques

L'évaluation des risques résulte du croisement de l'aléa et de la vulnérabilité et permet d'identifier les secteurs les plus problématiques. Un aléa, même fort, peut être accepté si les enjeux sont faibles. A l'inverse, des enjeux forts peuvent nécessiter une action même lorsque l'aléa est faible.

Cette étape doit permettre à l'ensemble des acteurs de partager la même vision de la situation et ainsi faciliter la définition des objectifs.



Phase 3 : Définition des objectifs, des moyens et des critères de choix

La définition des objectifs consiste à préciser quels risques sont acceptables ou non et donc à exprimer clairement le mode de gestion choisi par secteurs : laisser faire ou intervenir.

Pour les secteurs où une intervention est retenue, les objectifs de protection doivent être précisés en terme de :

- niveau de protection,
- durée de vie de la protection,
- moyens mobilisables (budget d'investissement et d'entretien, foncier, personnel, etc.).

Les objectifs doivent être clairs, formalisés et arbitrés.

Il convient également de préciser sur la base de quels critères sera effectuée la comparaison des différents scénarii, les impacts sur le fonctionnement sédimentaire de la zone d'étude devant au minimum en faire partie.

Cette phase relève d'un choix politique. Elle nécessite une concertation particulièrement large, notamment auprès des partenaires dont les attentes ne trouveraient pas d'échos en raison des choix effectués.



Phase 4 : Élaboration de scénarii et choix

En préambule, il faut bien différencier l'échelle de réflexion, de l'échelle d'intervention. En effet, si les impacts d'une intervention doivent être estimés à l'échelle d'une ou plusieurs cellules sédimentaires, les travaux, eux, peuvent être programmés en plusieurs phases et sur une portion de littoral plus réduite. L'élément principal est bien que les impacts aient été évalués correctement sur le périmètre de réflexion.

L'élaboration des scénarii consiste à décliner les objectifs en propositions techniques en précisant pour chacune :

- les impacts prévisibles à l'échelle de la zone d'étude : sédimentaires, hydrauliques, biologiques, paysagers, modification d'usages,...
- les différentes contraintes :
 - réglementaires : occupation du Domaine Public Maritime, Code de l'Environnement (ex loi sur l'eau), loi littoral, espèces protégées...
 - administratives : maîtrise foncière, période de travaux,...
 - techniques : coût d'investissement et d'entretien, mise en œuvre, modalités d'entretien,
- les méthodes de suivi et d'évaluation : pour pouvoir mesurer l'efficacité au regard des objectifs initiaux et éventuellement réorienter le projet.

Toute solution technique ayant ses limites (cf. études de cas), les scénarii préservant ou restaurant le fonctionnement dynamique naturel du littoral doivent être privilégiés par rapport à ceux qui s'y opposent.

De ce fait, les ouvrages interrompant le transit sédimentaire (épis, brise-lames) sont à réserver aux secteurs à enjeux forts et indéplaçables. Et le recul stratégique doit être privilégié car il constitue la réponse la plus durable à l'érosion.

Procédures réglementaires

Les travaux envisagés dans le cadre de la gestion du trait de côte sont soumis à différentes procédures réglementaires. Les textes les plus souvent applicables sont :

- articles L 122-1 à 3 du Code de l'Environnement, qui soumettent à étude d'impact tous travaux dont l'emprise est supérieure à 2000 m² ou dont le montant est supérieur à 12MF,
- article L 211-7 du Code de l'Environnement (ex article 31 de la loi sur l'eau) qui offre la possibilité, en particulier aux collectivités territoriales, d'être habilitées notamment à entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux présentant un intérêt général et visant à la défense contre la mer (Déclaration d'Intérêt Général),
- articles L 214-1 à 6 du Code de l'Environnement (ex article 10 de la loi sur l'eau) qui soumettent à déclaration ou autorisation, notamment les ouvrages réalisés en contact avec le milieu aquatique ou nécessitant une Déclaration d'Intérêt Général, dont le montant est respectivement compris entre 1 et 12MF ou supérieur à 12 MF,
- décret n°79-518 sur les concessions d'endiguages et d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime en dehors des ports.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES



Ce guide, à destination des décideurs et de leurs services techniques, a abordé des thèmes liés à la gestion du littoral. L'objectif n'est pas de donner des recettes « clé en main » aux techniciens : il doit permettre au lecteur d'acquérir le minimum de connaissances nécessaires pour favoriser l'émergence de projets dans un climat de dialogue et de concertation. Il a également pour but de proposer un vocabulaire commun dans le domaine de la gestion du littoral.

Des éléments restent à développer. Par exemple, la notion d'espace de liberté du littoral, au même titre que l'on identifie l'espace de liberté d'un cours d'eau (cf. guide n° 2 – SDAGE RMC), est une notion pertinente qui mériterait d'être approfondie. Elle doit être mise en parallèle avec la problématique de gestion du trait de côte.

Par ailleurs, en Languedoc-Roussillon, depuis une dizaine d'années, différents acteurs ont mené des approches globales sur la gestion du littoral, parmi lesquelles le « schéma d'orientation pour la protection, la restauration et la gestion des plages du LR, 1995 ». Cependant, la volonté de l'ensemble des acteurs de mener une réflexion partagée par tous s'est concrétisée plus récemment à l'occasion des travaux engagés sous le pilotage de la Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral Languedoc-Roussillon, pour l'élaboration du Plan de Développement Durable du Littoral. Le travail réalisé a conduit à la définition « d'orientations stratégiques pour la gestion du littoral LR », répondant ainsi à l'un des objectifs du CPER 2000-2006, et a porté sur :

- la définition d'une politique de gestion partagée à l'échelle régionale ;
- le réalisation de schémas directeurs pré-opérationnels, à l'échelle d'un ensemble homogène de cellules sédimentaires qui définissent les aléas, les enjeux et un scénario pour gérer les risques qui en résultent.

Plus en détail encore, les plans de prévention des risques littoraux en cours d'élaboration permettront d'identifier les risques encourus et d'adapter les règles d'urbanisme.

Une cellule sédimentaire correspond à une portion de littoral fonctionnant de façon relativement indépendante avec les secteurs voisins. Le découpage en cellules sédimentaires présenté ici est le résultat d'une analyse de l'évolution du littoral sur les 50 dernières années. Cependant, compte tenu de la complexité des phénomènes et du manque de données fiables sur certains secteurs, certaines limites restent difficile à déterminer. C'est par exemple le cas entre les cellules "Agly – Leucate", "Port de Canet – Port Barcarès" et "le Tech – la Têt". Un projet situé dans la zone d'intersection de deux de ces cellules devra prendre en compte, au minimum, les deux cellules.

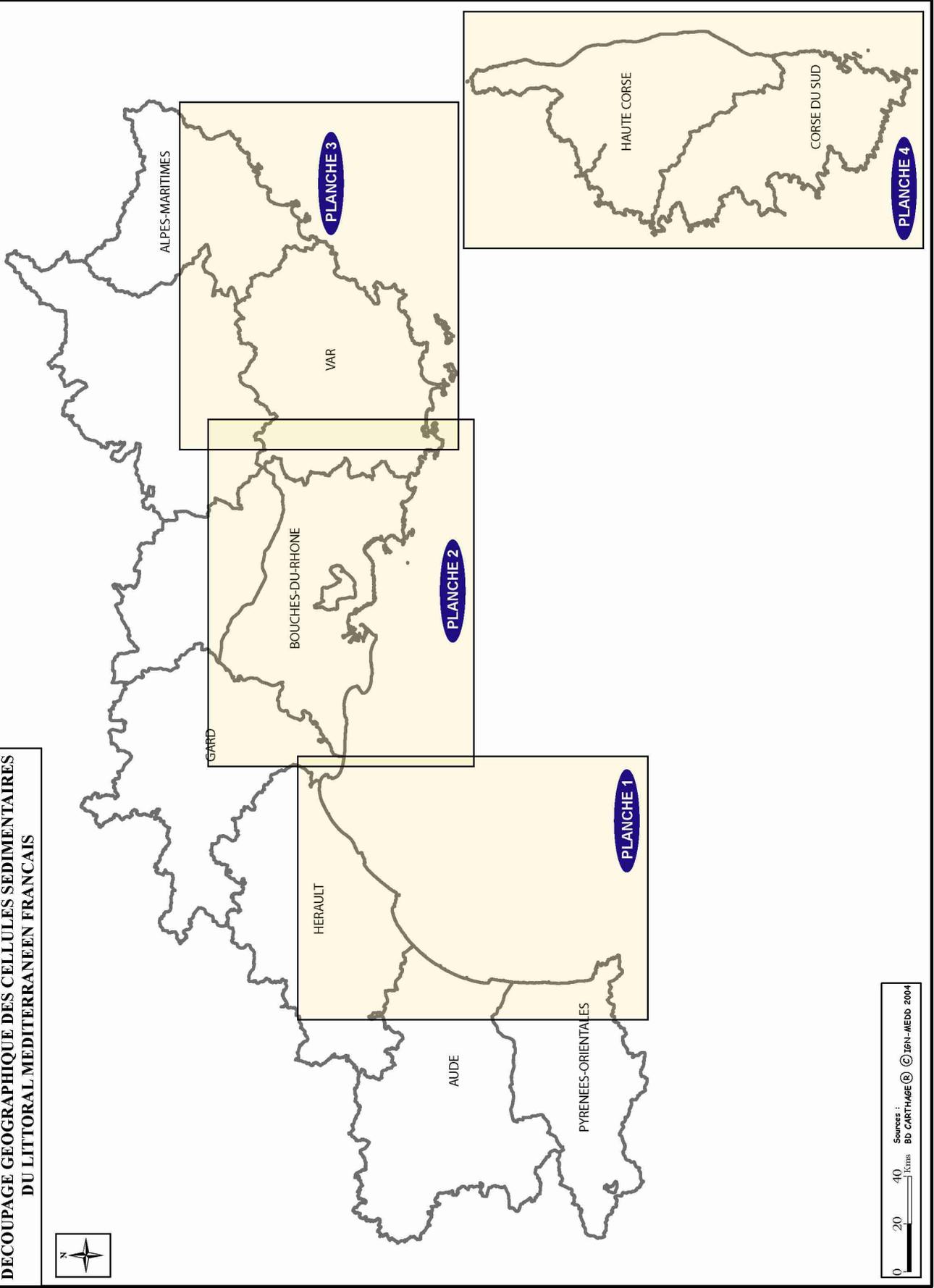
La cartographie ci-après prend en compte la connaissance actuelle des phénomènes.

De grands travaux d'aménagement du littoral (création de jetées portuaires, aménagement de grau ou d'embouchure) peuvent modifier les limites des cellules sédimentaires.

Ce découpage pourra donc être précisé et actualisé dans les années à venir. Il est cependant fondamental pour une gestion efficace de l'érosion, de prendre en compte ce découpage dans la définition des secteurs d'étude.

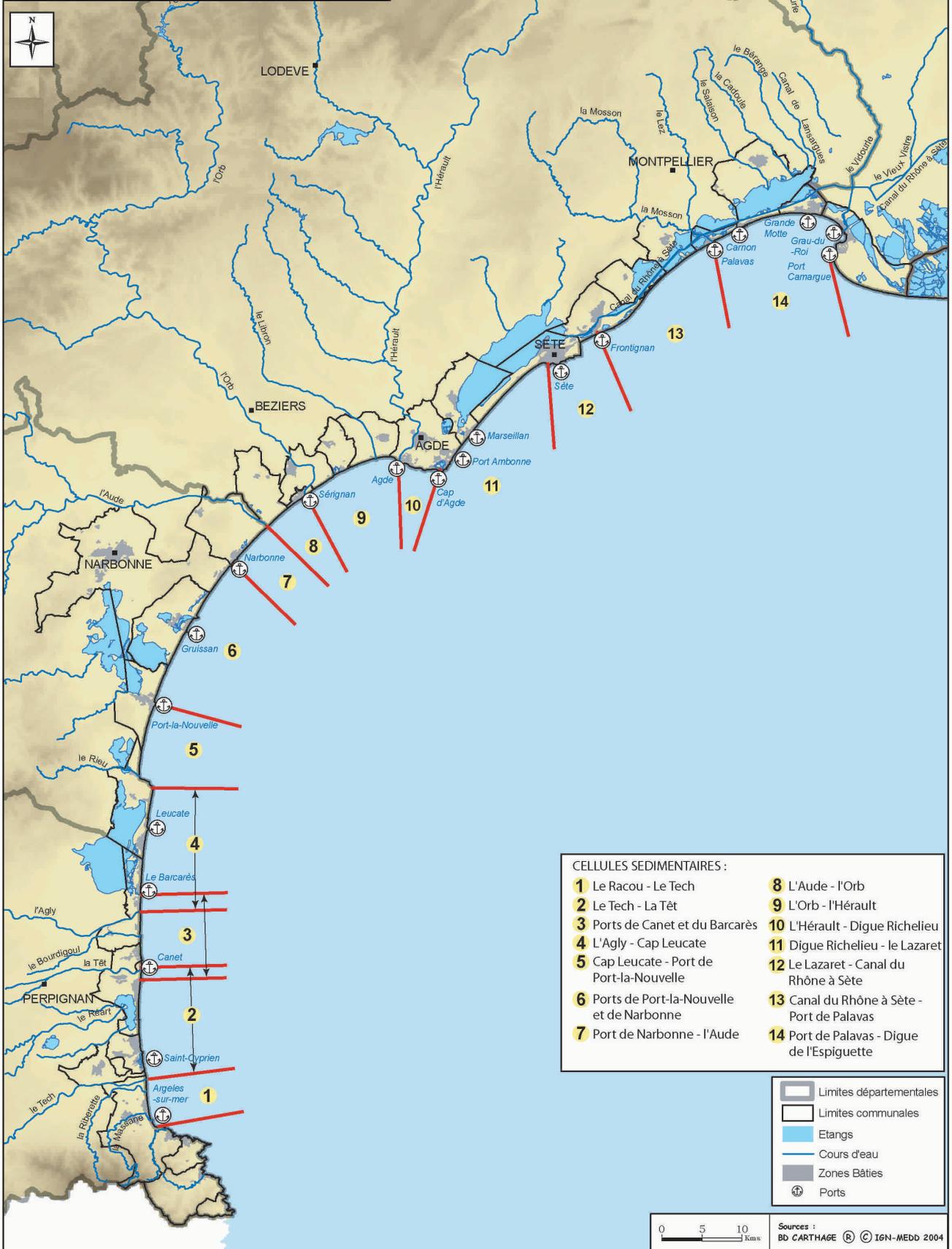
Ce découpage en cellules constitue un référentiel qui devra être pris en compte lors des études de gestion de l'érosion. Il a été validé par l'ensemble des acteurs techniques lors des réunions du groupe technique.

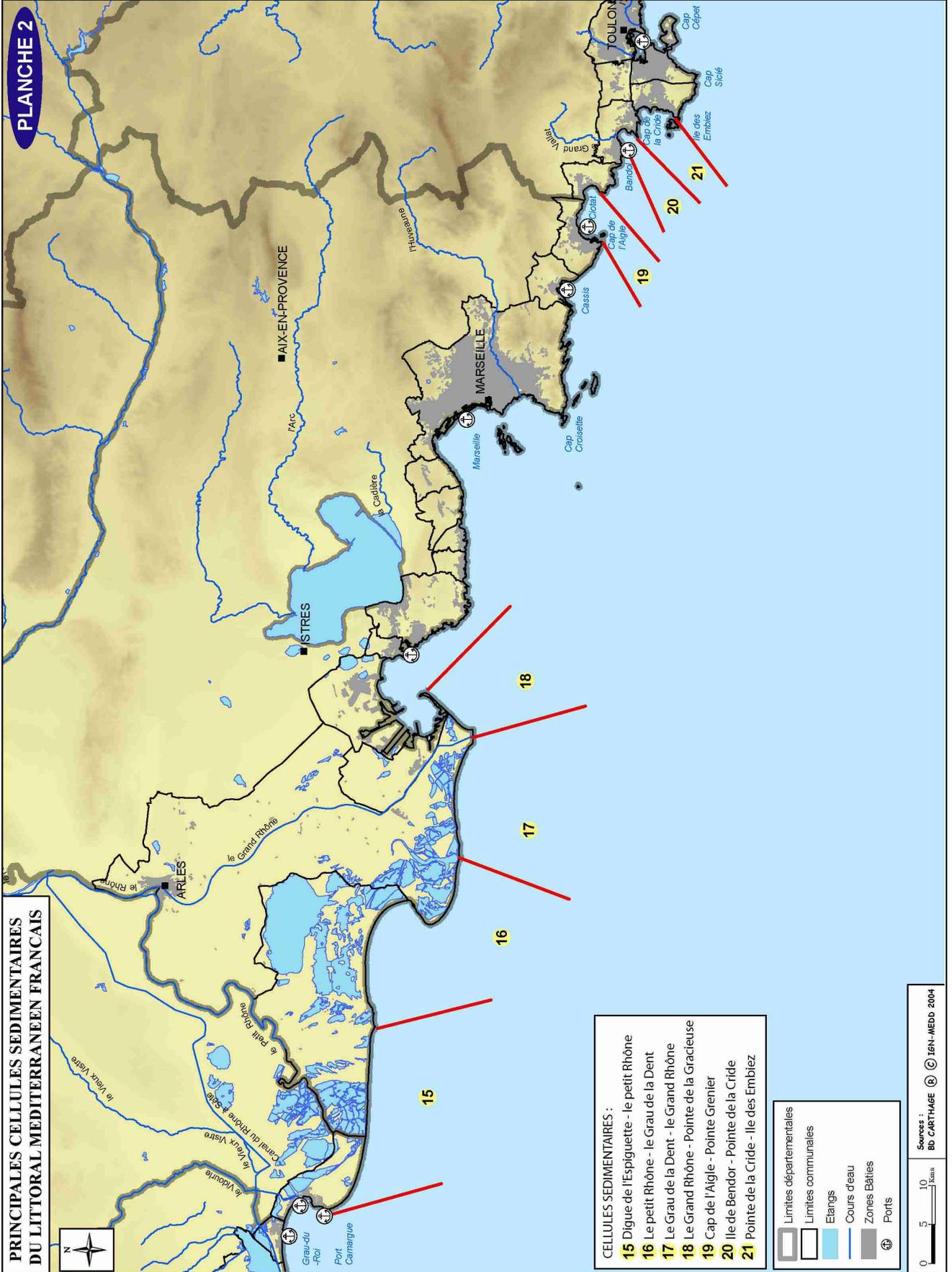
**DECOUPAGE GEOGRAPHIQUE DES CELLULES SEDIMENTAIRES
DU LITTORAL MEDITERRANEEEN FRANCAIS**



**PRINCIPALES CELLULES SEDIMENTAIRES
DU LITTORAL MEDITERRANEEN FRANCAIS**

PLANCHE 1





PRINCIPALES CELLULES SEDIMENTAIRES
DU LITTORAL MEDITERRANEEEN FRANCAIS

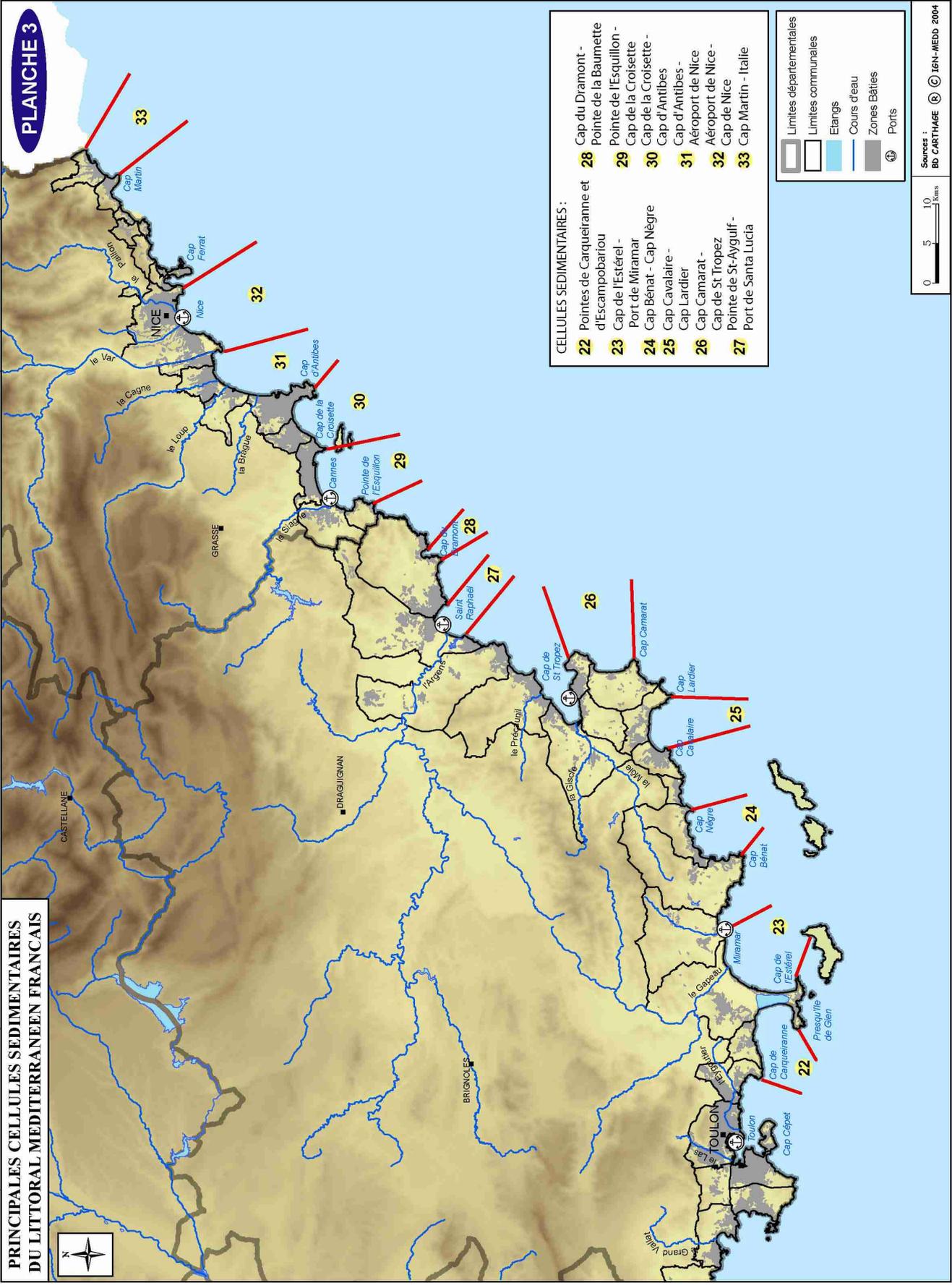


PLANCHE 3

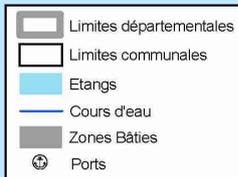
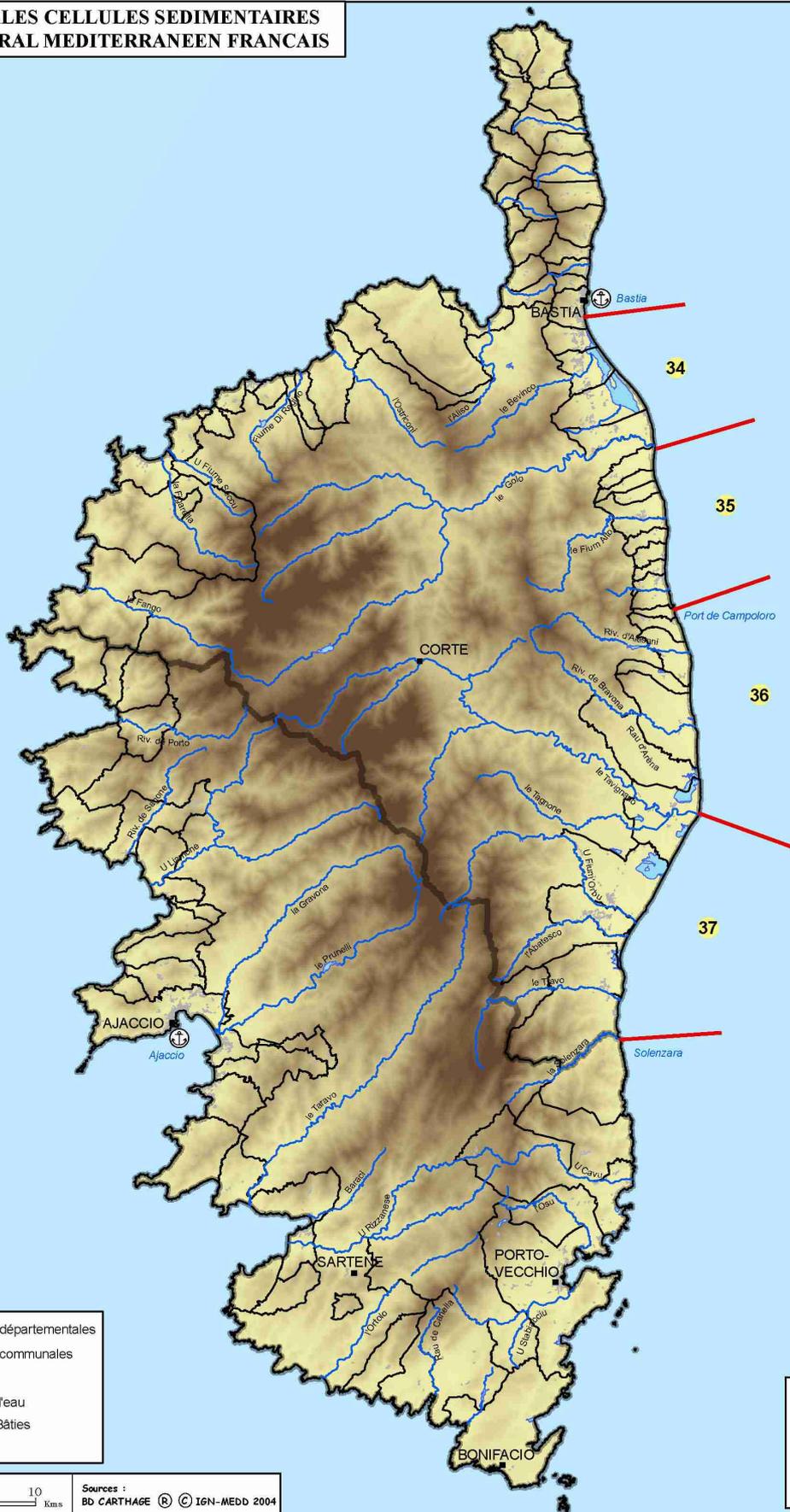
- CELLULES SEDIMENTAIRES :
- 22 Cap du Dramont - Pointe de la Baumette
 - 23 Cap de Carquieranne et d'Escampobarou
 - 24 Cap de l'Estérel - Port de Miramar
 - 25 Cap Bénat - Cap Nègre
 - 26 Cap Cavalair - Cap Lardier
 - 27 Cap Camarat - Cap de Saint-Tropez
 - 28 Cap de Saint-Raphael
 - 29 Cap de la Croisette - Pointe de l'Esquilon
 - 30 Cap d'Antibes
 - 31 Cap de Saint-Tropez - Cap Lardier
 - 32 Cap de Miramar - Cap de Carquieranne
 - 33 Cap de la Baumette - Cap de l'Esquilon

Limites départementales
 Limites communales
 Etangs
 Cours d'eau
 Zones Bâties
 Ports

Sources :
 BD CARTRAGE © IGN-MEDD 2004
 0 5 10
 Kilomètres

PRINCIPALES CELLULES SEDIMENTAIRES
DU LITTORAL MEDITERRANEEN FRANCAIS

PLANCHE 4



Sources :
BD CARTHAGE © (C) IGN-MEDD 2004

CELLULES SEDIMENTAIRES :

- 34** Bastia - Golo
- 35** Golo - Campoloro
- 36** Campoloro - Tavignano
- 37** Tavignano - Solenzara

SECRETARIAT TECHNIQUE DU SDAGE

Agence de l'Eau
Rhône Méditerranée et Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon Cédex 07
Tél. : 04 72 71 26 00
Fax : 04 72 71 26 05



DIREN Rhône Alpes
Délégation de Bassin RM
208 bis, rue Garibaldi
69422 Lyon Cédex 03
Tél. : 04 37 48 36 00
Fax : 04 37 48 36 01



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION
RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT


RHÔNE-ALPES
BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE

19, Cours Napoléon
Bât.D - BP 334
20180 AJACCIO Cedex 01
Tél. : 04 95 51 79 70
Fax : 04 95 51 79 89

DIRECTION
RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT


CORSE