

ETUDE DE DEFINITION DES ENJEUX DE PROTECTION DU LITTORAL SABLEUX

Phase C :
Définition des modes de gestion



DECEMBRE 2006

Direction de l'Environnement



Entente interdépartementale pour la démoustication
du littoral méditerranéen

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
1. Rappel de la signification des modes de gestion	2
Présentation générale	2
Définitions	3
Comparaison	9
2. Zones d'application et coûts.....	11
Zones d'application	11
Estimation des coûts	12
3. Cartographie des modes de gestion	17
CONCLUSION.....	23
SOURCES UTILISEES	24
ANNEXE 1 : Détail des données exploitées pour l'estimation des coûts.....	25
ANNEXE 2 : Travaux du CEREGE sur l'impact des digues.....	28
ANNEXE 3 : Aménagement et repli stratégique sur le site de la falaise d'Ault.....	30

INTRODUCTION

Suite à la définition des principes stratégiques et à la réflexion sur les enjeux, les modes de gestion viennent compléter la démarche ; ils seront définis et spatialisés.

En fonction de l'importance des aléas marins et des enjeux définis précédemment, il s'agit de savoir si il est possible d'accompagner la dynamique du trait de côte ou non. On s'intéressera aux possibilités de gestion sur le littoral camarguais en proposant une ou plusieurs solutions pour chaque secteur. Une diversité de solutions techniques permet la mise en œuvre opérationnelle de ces modes de gestion. Une estimation des coûts sera également effectuée en fonction des modes de gestion et des techniques choisies.

La définition des modes de gestion se fera en adéquation avec les grands principes stratégiques et, comme pour les phases précédentes, en concertation avec les acteurs locaux.

Cette dernière phase est également l'occasion de lancer une réflexion sur la gestion de l'érosion à long terme sur l'exemple de celle menée en Languedoc-Roussillon par la Mission Littoral et le SMNLR dans le cadre des orientations stratégiques et de la gestion des risques littoraux sur le site de l'Espiguette. En effet, sachant que l'on ne pourra pas tout protéger durablement et que cela coûtera de plus en plus cher, cette étude pourra servir de base aux réflexions suivantes :

- Que veut-on protéger et pourquoi ?
- Quels modes de protections peut-on accepter ?
- Quels moyens les partenaires peuvent-ils mobiliser dans la durée ?
- Quelles modalités juridiques et financières garantissent une pérennité suffisante ?

1. Rappel de la signification des modes de gestion

Présentation générale

En phase A, lors de la présentation de l'approche choisie dans le cadre de cette étude, les modes de gestion ont été brièvement présentés ; leur définition sera détaillée dans cette partie. Face aux problèmes d'érosion et de submersion marine décrits dans les phases précédentes (situation de recul du trait de côte paraissant irréversible en raison de la faiblesse des apports solides fluviaux et des stocks fossiles), deux alternatives sont possibles : **la résistance active** (on décide de tout faire pour protéger les terrains menacés, quels qu'en soient le coût et les conséquences) ou **le repli stratégique**. Le choix du repli peut être proposé si le coût des infrastructures ou des biens menacés est moins élevé que le coût des protections nécessaires, ou si rien n'est menacé par l'érosion marine (milieu naturel sans intérêt particulier). Par contre, la résistance active devra être choisie dans le cas où le coût de ce que l'on protège est supérieur au coût des protections, ou encore si l'on veut absolument sauvegarder un site naturel de grand intérêt. Le choix d'une voie plutôt que de l'autre doit s'inscrire dans une réflexion à long terme qui doit aboutir à une gestion durable et raisonnée du littoral. Cette réflexion doit prendre en compte les actions passées et à venir et leurs conséquences sur le milieu naturel et l'économie.¹

Pour chaque portion du littoral Camarguais il s'agit de savoir si il est possible d'accompagner la dynamique du trait de côte ou non en fonction des enjeux présents. Si l'on choisit de maintenir les enjeux, deux modes de gestion sont possibles : la **modification du transit sédimentaire** ou la **restauration du fonctionnement naturel**. A contrario si l'on accepte de s'adapter au phénomène naturel en déplaçant les enjeux on peut décider du **repli stratégique** (recul contrôlé du littoral) pour permettre le rétablissement des équilibres naturels.

La **gestion non active** est proposée car il existe des secteurs ne posant pas de problème (accrétion et/ou enjeux faibles), ils doivent cependant être suivis et surveillés régulièrement.

Cette partie reprend notamment le document sur les orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon (juin 2003). L'objectif est de décrire les différents modes de gestion et d'en dresser un bilan avantages/inconvénients en définissant dans quelles conditions ils peuvent être applicables.

L'objectif final est de définir ensemble les modes de gestion les plus acceptés par les acteurs camarguais. L'exercice consiste à proposer des modes de gestion acceptables par rapports aux grands principes et aux enjeux socio-économiques et environnementaux.

¹ Revue « Garde de l'espace littoral », n°47, Septembre 2002

Définitions

- **La modification du transit sédimentaire :**

D'une façon simplifiée on peut considérer que le transit sédimentaire est un phénomène naturel entretenu par des agents de forçage, il s'agit des houles, des vents, des courants qui induisent des transports de sable de long des plages ou vers le large. Il est impossible d'influer sur ces agents mais il existe des techniques pour bloquer localement le transit sédimentaire et ainsi stocker sur place le sable. Il s'agit de techniques de défense lourde relevant de l'ingénierie, tels que les ouvrages en béton, les enrochements en blocs de pierre ou tétrapodes (épis, brise-lames, digues frontales,...). Elles servent à diminuer l'action des dynamiques marines pour fixer le trait de côte et protéger les biens qui se trouvent en retrait.

Ce type de gestion, le plus répandu sur le littoral méditerranéen, offre des avantages certains :

- Face à un problème souvent posé localement, il apporte une réponse locale et ponctuelle.
- Il est rassurant : l'accrétion très locale est plus spectaculaire qu'une amélioration diffuse du système et cet aspect est important pour les maîtres d'ouvrage.
- Il ne consomme que peu d'espace privé, étant en général réalisé sur le D.P.M.

En revanche ses inconvénients sont nombreux :

- Le coût d'installation et d'entretien est élevé. En effet, pour un épi, on considère qu'au bout de 20 à 30 ans il faut réinvestir la totalité du budget d'installation pour le reconstruire dans sa totalité car l'ouvrage n'est plus viable à moins d'avoir investi chaque année 3 à 5 % du budget initial pour son entretien. Les épis peuvent s'affaisser et, sous l'effet du recul du trait de côte, perdre leur point d'enracinement à la côte par exemple.
- Il ne s'attaque pas aux causes du mal mais à ses symptômes.
- Il s'oppose à la dynamique naturelle et de ce fait ne peut pas être durable sans un entretien et un suivi parfois lourds.
- Les épis, techniques de protection largement utilisées, ont des impacts négatifs sur les secteurs situés en aval-dérive ce qui incite à y installer d'autres ouvrages. En artificialisant le littoral, ce mode de gestion constitue donc une contrainte supplémentaire s'opposant à la stabilisation naturelle du littoral. En raison de cet « effet domino », ce mode de gestion entraîne également la mise en oeuvre d'une gestion coûteuse.
- Ils modifient profondément le paysage littoral en l'artificialisant.

Ce type de gestion, s'il convient à des situations d'urgence, ne règle pas le problème de l'érosion, voire aggrave encore le phénomène. Surtout il ne s'inscrit pas réellement dans une perspective de développement durable, puisqu'il consiste à bloquer un processus naturel. Il nécessite donc un suivi étroit ainsi qu'une gestion sur le long terme et doit être utilisé avec discernement. Par exemple, les digues longitudinales coupent les échanges et la souplesse du système, la plage perd son sédiment et devient de plus en plus étroite, avec des attaques du pied de la digue lors des coups de mer. Les ouvrages transversaux, perpendiculaires au trait de côte, tels les épis ont l'inconvénient de supprimer les apports en aval. En effet, une partie du transit est stockée sur place et diminue ainsi la capacité du système à trouver un nouvel équilibre. En l'état des connaissances, même s'il est possible de

compenser les impacts connus (rechargements préventifs), il est difficile de prévoir l'évolution à long terme du littoral.

La Camargue a fait l'objet de travaux de recherche sur l'érosion induite par les digues (cf. article complet en annexe 2).² Les résultats issus de plusieurs années de suivi topographique et bathymétrique, présentés ci-dessous, montrent l'effet amplificateur de la digue sur les processus d'érosion ; on observe notamment :

- une augmentation des pertes sédimentaires
- un affouillement important au pied de l'ouvrage pendant les tempêtes,

Ces résultats démontrent également une accentuation des phénomènes érosifs dans le sens de la dérive dominante.

Dans le cadre de ce travail, les observations de terrain confirment les résultats de nombreux auteurs à propos de l'impact négatif des digues sur la bathymétrie environnante remettant en question à terme la stabilité de l'ouvrage.

A l'échelle européenne le constat est le même, beaucoup d'ouvrages de protection lourde n'ont eu d'effets positifs qu'à court terme et sur des secteurs limités. En bloquant la dérive littorale, ils ont privé d'apports sédimentaires les plages situées à leur aval qui ont par conséquent souffert d'une érosion accrue. Des ouvrages verticaux tels que les digues et les cordons d'enrochements augmentent aussi la vitesse de réflexion et la fuite de sédiments, minant ainsi leurs propres fondations.

² Olivier SAMAT, Adrien LAMBERT (CEREGE) et François SABATIER (CEREGE et Delft University of Technology) - *Erosion des fonds sableux (site de Véran, Golfe du Lion, Méditerranée)*.

- **La restauration du fonctionnement naturel :**

A l'inverse du type de gestion précédent, il ne s'agit pas de bloquer le processus naturel de transit sédimentaire mais de le rétablir ou de l'alimenter s'il manque de sédiment. Ce mode de gestion regroupe toutes les techniques qui visent à restaurer un fonctionnement naturel qui a été perturbé (reprofilage et recharge de plages, restauration de cordons dunaires, by-pass d'ouvrages,...) ou celles qui permettent d'apporter des sédiments au système naturel (rechargements de plage, reconstitution dunaire, suppression d'ouvrages en mer et à terre,...). Ces techniques mettent à profit des composants du milieu naturel (dunes, végétation, ...) pour empêcher l'érosion d'atteindre l'arrière-côte. Ce mode de gestion est apparu au début des années 80 (restauration du cordon dunaire des Orpellières - EID Méditerranée, 1983), comme solution alternative, après que la forte anthropisation du littoral ait détruit l'équilibre sédimentaire de nombreux secteurs. Dans certains cas, la restauration de l'équilibre initial ou la mise en place d'un nouvel équilibre permettent de stabiliser durablement le système.

Les avantages de ce mode de gestion sont ceux du développement durable :

- Le principal avantage vient du fait qu'au lieu de lutter contre un phénomène naturel, il s'adapte à lui voire l'utilise, ce qui garantit la pérennité de ce mode de gestion.
- Il n'a pas d'impact négatif à l'aval puisque le transit n'est pas interrompu.
- Son efficacité est plus globale. Il ne répond pas seulement au problème localement mais contribue à restaurer l'ensemble du système voire à s'attaquer aux causes de l'érosion.
- Dans bien des cas, il préserve voire améliore les qualités biologiques et paysagère des sites.
- Ce mode de gestion présente également un intérêt touristique car les plages deviennent plus accueillantes.

Par contre il peut sembler plus contraignant pour les raisons suivantes :

- Il est moins rassurant car beaucoup plus discret que le mode de gestion précédent.
- Les phénomènes naturels qu'il utilise étant progressifs et lents, il nécessite un suivi et une gestion plus réguliers.
- Il est consommateur d'espace car il ne fixe pas le littoral mais nécessite de disposer d'un espace de liberté dans lequel le système littoral pourra trouver un nouvel équilibre.
- Ce type de gestion permet de combattre efficacement une érosion due à une dégradation du système naturel mais il atteint ses limites si elle n'est due qu'aux changements du contexte climatique et sédimentaire.

- **Le repli stratégique :**

L'érosion pose des problèmes du fait de la présence d'enjeux dans le secteur menacé. Lorsque le maintien de la ligne actuelle de rivage sur sa position n'est pas essentiel pour la sauvegarde des biens et des personnes, un certain recul peut être admis. Dans les zones affectées par l'érosion, ce mode de gestion consiste à déplacer les enjeux afin de fournir au système littoral un espace de liberté pour retrouver un équilibre. Ce recul est le plus souvent couplé avec une opération de restauration permettant d'atteindre plus rapidement cet équilibre. Ce mode de gestion a été retenu pour le lido de Sète à Marseillan en Languedoc-Roussillon où le déplacement de la route littorale permettra de dégager l'espace nécessaire à la restauration d'une plage et d'un cordon dunaire. Le repli stratégique ne signifie donc pas forcément l'abandon du littoral mais plutôt la définition, plus en arrière, d'une nouvelle ligne de rivage plus facile à gérer. En terme de comparaison avec les précédents, ce mode de gestion est particulier car il n'agit pas sur l'érosion mais directement sur les enjeux.

Ce mode de gestion présente des avantages considérables :

- Il offre la meilleure efficacité à court et long terme. Le risque de dégâts est supprimé. Si l'élément déclencheur de l'érosion était l'anthropisation du cordon dunaire le littoral peut se stabiliser, sinon son recul ne posera plus de problèmes majeurs.
- La gestion et l'entretien de la nouvelle ligne de rivage définie plus en arrière sont plus aisés et moins coûteux car elle échappe aux assauts répétés de la mer.
- Il ne crée aucun impact sur le fonctionnement sédimentologique du littoral, s'il est appliqué sur un linéaire suffisamment large (un recul du trait de côte sur un trop faible linéaire constituerait un piège à sédiments).

Les inconvénients sont principalement d'ordre social :

- Il implique le déplacement des activités et/ou des usages avec éventuellement des problèmes d'expropriation.
- La mise en oeuvre de ce type de gestion nécessite une coordination et une communication importantes.
- Il est consommateur d'espace en arrière du littoral pour redéployer l'enjeu déplacé.

Ce mode de gestion est le plus raisonnable et le plus durable dans le contexte actuel d'élévation du niveau marin, il est donc aussi le plus viable d'un point de vue économique à long terme. Il nécessite cependant un changement profond des mentalités pour passer de la logique de l'adaptation du milieu à l'homme à celle de l'adaptation de l'homme au milieu.

En Europe, l'expérience a montré que le coût de la protection classique aurait largement excédé la valeur des biens à protéger sur le long terme (sur la durée de vie des biens), montrant que le repli stratégique pouvait être une option plus raisonnable d'un point de vue économique. De plus, la programmation et le montant du "dédommagement" sont la clef d'un accueil favorable par la population des mesures de repli stratégique dans certaines zones.

Un nouvel exemple de repli stratégique, celui de Ault (Somme, Picardie) permet d'illustrer ce mode de gestion³. Le village d'Ault est situé en haut d'une falaise crayeuse et l'érosion littorale menace de nombreux bâtiments. La vitesse du recul peut atteindre 30 cm par an. L'érosion et le recul des falaises sont ralentis par des perrés, des épis et autres travaux de consolidation (cf. annexe 3). L'accumulation de galets aux pieds de la falaise joue également un rôle protecteur. Les interventions lourdes, comme celles appliquées à la falaise d'Ault, sont coûteuses, ont une durée limitée et ne font que déplacer la zone d'érosion vers les portions du rivage non protégées. La protection de la falaise d'Ault a déplacé l'érosion en aval par rapport au sens dominant de la dérive littorale. Située à

³ Sources : SMACOPI et www.u-picardie.fr

l'abrupt de la falaise, la frange littorale urbanisée du bourg a déjà subi de nombreux effondrements brutaux de pans de falaise et risque d'en subir encore. Ault semble pouvoir se replier en retrait des zones littorales menacées. Prochainement, des actions concrètes liées à la décision du repli stratégique seront mises en œuvre, à savoir le déplacement plus en arrière (site du Moulinet) de 1000 habitants.

Ces deux derniers modes de gestion (restauration du fonctionnement naturel et repli stratégique) se complètent souvent et peuvent être assimilés l'un à l'autre. On peut donc également considérer qu'il s'agit d'un seul et même mode de gestion, nous avons fait la distinction ici dans un soucis de clarté.

- **La gestion non active :**

Ne pas gérer un littoral en érosion revient à considérer que l'absence d'enjeux ne justifie pas la définition d'un mode de gestion ou que les enjeux socio-économiques présents sont faibles et seront progressivement détruits par l'érosion, car ils ne justifient pas un investissement pour leur protection. Ce mode de gestion n'ayant pas d'effets négatifs sur le reste du système, pour peu que l'ensemble de ses conséquences (y compris en terme de submersion) ait bien été appréhendé, il ne sera pas détaillé davantage ici. Par contre ce mode de gestion présente des avantages certains notamment d'un point de vue environnemental. En effet, la gestion non active est souvent vue comme bénéfique par les gestionnaires des sites naturels. En Camargue c'est le cas notamment du Conservatoire du Littoral propriétaire du domaine de la Palissade, seul espace de Camargue non endigué, ce domaine est paradoxalement plus élevé en altitude que le reste de la Camargue, c'est aussi un site très riche de part sa biodiversité. La Réserve Nationale de Camargue adopte également ce principe de gestion en considérant que le retour à la nature n'est pas synonyme de non-productivité. A l'échelle européenne et nationale, des préconisations de non-intervention sont également proposées en fonction des habitats. Les cahiers d'habitats Natura 2000 préconisent ce mode de gestion notamment pour les sansouires et les boisements dunaires, habitats à forte valeur patrimoniale.

Comparaison

D'une façon plus synthétique, il est possible de classer la performance de ces modes de gestion pour les critères suivants :

- Réponse aux risques littoraux : seul le repli stratégique garantit la résolution du problème. Les autres modes, même s'ils permettent de retrouver un équilibre, ne garantissent pas la sécurité des biens et des personnes à long terme.
- Aspects paysagers et environnementaux : les différents modes de gestion n'ont pas le même impact visuel et environnemental sur le milieu littoral. On évalue ici les contraintes paysagères issues du mode de gestion choisi ainsi que l'impact sur le fonctionnement biologique et morphologique du littoral.
- Aspects techniques : il s'agit d'évaluer la difficulté de mise en œuvre du mode de gestion en ce qui concerne le coût d'installation et la consommation d'espace notamment ainsi que sa pérennité (efficacité et faible coût à long terme).

		Modification du transit	Restauration du fonctionnement naturel	Repli stratégique	Gestion non active
Efficacité face aux risques littoraux	Erosion	—	+	++	—
	Submersion	+	—	++	—
Aspects paysagers et environnementaux	Prise en compte de la qualité paysagère	—	++	++	++
	Réduction de l'impact négatif en aval dérive	—	++	++	++
	Amélioration de la qualité biologique	—	++	++	++
Aspects techniques	Facilité de mise en œuvre	++	++	+	++
	Pérennité	+	+	++	+

++

Mode de gestion très adapté au critère concerné

+

Mode de gestion moyennement adapté au critère concerné

—

Mode de gestion peu adapté au critère concerné

Le tableau ci-dessus synthétise les avantages et les inconvénients de chaque mode de gestion en fonction des différents critères. Plus la couleur est foncée, plus le mode de gestion est efficace pour le critère concerné. On s'aperçoit que la modification du transit (protections lourdes) apporte peu d'avantages par rapport aux deux autres modes de gestion. En effet, la modification du transit sédimentaire permet de minimiser la consommation d'espace mais pose des problèmes d'intégration

paysagère tout en réduisant la qualité environnementale du milieu littoral. A l'inverse, la restauration du fonctionnement naturel a pour avantage de minimiser l'impact négatif en aval dérive et d'améliorer le système littoral dans sa globalité un des inconvénients concerne sa pérennité. Enfin l'efficacité face aux risques littoraux et la pérennité sont les deux principaux avantages du repli stratégique tandis que sa mise en œuvre est son principal inconvénient en raison d'une forte consommation d'espace.

Il s'agit d'un tableau théorique ; dans la pratique, ce classement peut être modifié par les caractéristiques et les contraintes du site.

2. Zones d'application et coûts

Zones d'application

Les modes de gestion détaillés ci-dessus ne sont pas exclusifs les uns des autres. Il est généralement opportun de les combiner entre eux. Cependant au vu des critères énoncés ci-dessus il est possible de définir des types de secteurs sur lesquels certains modes de gestion sont à proscrire :

- Compte tenu de ses impacts négatifs, la **modification du transit sédimentaire** est à réservé aux secteurs à enjeux forts et indéplaçables. Il s'agit des zones où les autres modes de gestion sont impossibles en raison de la priorité donnée à la protection des lieux habités et des zones à forts enjeux économiques. Ce type de gestion est notamment à proscrire pour protéger des zones naturelles. En effet, la nature est prête à s'adapter au recul du littoral ; de ce fait seuls les enjeux socio-économiques forts peuvent justifier le choix d'une protection lourde et coûteuse.
- La **restauration du fonctionnement naturel** doit être recherchée tout particulièrement dans les secteurs :
 - . où l'équilibre naturel a été dégradé,
 - . où l'on dispose d'un espace de liberté suffisant.
- Au vu de son caractère durable et de son efficacité (donc de sa rentabilité à long terme), le **repli stratégique** est à favoriser en priorité. Il s'applique tout particulièrement aux secteurs où l'érosion n'est pas due à une action anthropique mais simplement à la fluctuation du littoral autour d'une position d'équilibre.
- La **gestion non active** peut s'appliquer aux zones où les enjeux socio-économiques sont faibles et/ou l'érosion est peu prononcée.

Estimation des coûts

Le tableau suivant indique les coûts d'installation et d'entretien pour 2 des 4 modes de gestion proposés. Il est difficile de déterminer le coût du repli stratégique, qui dépend de la difficulté de déplacement des enjeux ainsi que du coût de la gestion éventuelle du rivage. Le coût de la gestion non active est minime.

Les coûts présentés ici sont des estimations, ils peuvent varier selon des paramètres locaux. Ils ont été déterminés en fonction d'informations fournies par le PNRC, l'EID Méditerranée, la DDE 13, le SYMADREM, le SMNLR et les travaux du BCEOM et d'ERAMM (cf. annexe 1). Ces coûts permettent d'estimer les investissements à réaliser en fonction des modes de gestion. Il faut préciser que les coûts d'entretien des protections en enrochements sont très importants car il s'agit en fait d'interventions très lourdes souvent comptabilisées dans un budget d'investissement. Il faut rajouter à ces coûts ceux liés aux opérations de sensibilisation (panneaux expliquant le fonctionnement écologique des dunes,...) ainsi qu'au suivi des techniques utilisées (profils topo-bathymétriques, observations,...). En Languedoc-Roussillon, le SMNLR a étudié ces questions de coûts, pour un exemple donné (gestion des risques sur la commune du Grau du Roi) on observe un écart de 1 430 k€ entre les différents modes gestion. En effet, pour lutter contre les aléas marins, un rechargeement de plage accompagné de l'aménagement d'un cordon dunaire est bien moins coûteux mais aussi plus durable que la construction de 10 épis.

Restauration du fonctionnement naturel :

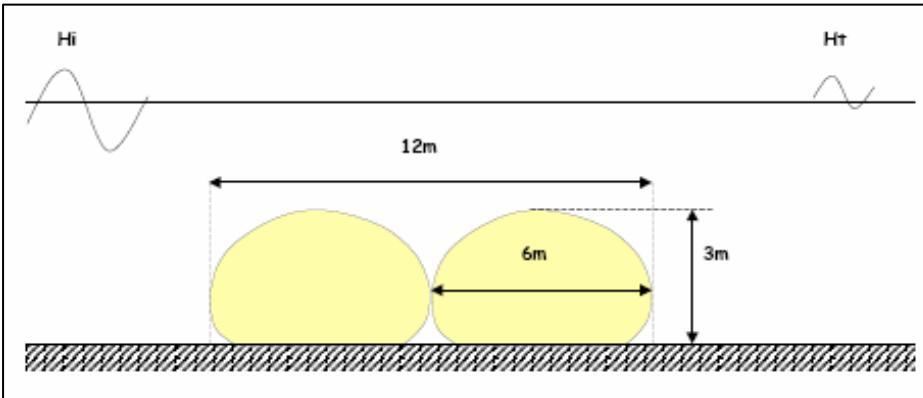
Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
Rechargeement de plage  	7 à 14 €HT/m³ pour un rechargeement en sable. <i>Coût variable en fonction du choix d'extraction et d'acheminement : tout voie terrestre (pompage et dumpers) ou tout voie maritime (dragues).</i> 45 €HT/m pour un rechargeement en matériaux grenus (DDE 13).	Très variable <i>Par exemple pour un rechargeement de 330 000m³ de sable sur une plage de Châtelaillon, chaque années sont ajoutés des volumes variables de sable (de 10 000 à 40 000 m³) d'où un coût d'entretien variant entre 30 000 et 76 000 euros suivant les années (source : R. Paskoff et M-C Prat, 2004).</i>
Reprofilage de plage	70 €HT/ml (EID Med)	

Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
<p>Création de cordon dunaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> ? reprofilage de la plage (8 lignes de ganivelles), ? apport sableux, ? pose de ganivelles comprenant un maillage de lignes de ganivelles, une mise en défens, la pose d'une couverture morte voire l'aménagement d'accès piétonniers. <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Accès piétonnier à Canet</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Construction de cordon dunaire à Canet</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Couverture morte (paillage) à la Capelude</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	<p>De 320 à 400 €HT/ml (EID Med) <i>Coût variable en fonction de la gestion de la fréquentation.</i></p>	<p>20 €HT/ml de ganivelles remplacé (EID Med)</p>

Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
<p>Restauration dunaire : ouvrages para-sable (4 lignes de ganivelles)</p>  <p><i>Ganivelles à la Capelude</i></p>	75 €HT/ml (EID Med)	20 €HT/ml de ganivelle remplacé (EID Med)
<p>Végétalisation</p>  <p><i>Plantation d'Oyats</i></p>  <p><i>Anthemis plantées aux Orpellières</i></p>	75 €HT/ml (EID Med)	Très variable

Modification du transit sédimentaire :

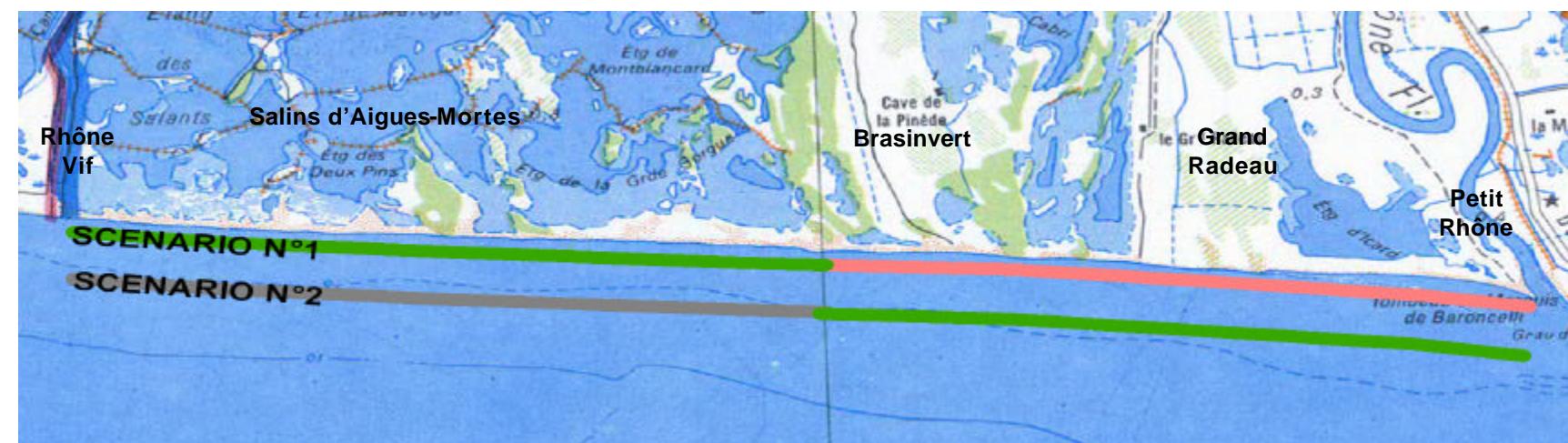
Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
Digues frontales	1 800 €HT/ml (DDE 13)	<p>Chaque année : 3 à 5 % du prix d'installation ou</p> <p>Au bout de 20-30 ans : l'équivalent du prix d'installation</p>
Epis	2 500 €HT/ml (DDE 13)	<p><u>Exemple de la cellule sédimentaire de l'Espiguette (de Port Camargue aux Saintes-Maries-de-la-Mer) :</u></p> <p>113 ouvrages dont 46 dans le Gard avec un investissement de 1 886 600 € et l'entretien de 36 épis à coûté 2 997 500 €.</p> <p>Pour les Bouches du Rhône l'investissement s'élève à 9400 000 €.</p>
Brises lames	<p>4 000 €HT/ml pour un brise-lames émergé et</p> <p>6 200 €HT/ml pour un brise-lames semi-immergeé (BCEOM)</p>	

Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
<p>Butée de pied en géotextile</p>  <div data-bbox="233 707 1156 1105">  <p>Cet ouvrage, géotextile rempli de sable, sera immergé au large de Villeroy (Sète) pour atténuer l'énergie de la houle, et sera accompagné d'un rechargeement important en sable, à la fois sur la plage et en mer.</p> </div>	<p>Variable en fonction des sources :</p> <p>BCEOM, 2004 : 2000 €HT/ml Il faut multiplier ce coût par 2 pour une butée de pied en enrochements.</p> <p>ERAMM, 2004 : 700 €HT/ml et 1330 €HT/ml pour un ouvrage en enrochements.</p> <p>BRL, 2005 (projet de Sète) : 1100€HT/ml.</p> <p>DDE13, 2006 : 7200€HT/ml.</p>	<p>Pour une butée de pied en enrochements, le coût d'entretien est semblable à celui des autres ouvrages lourds (cf. ci-dessus).</p>

3. Cartographie des modes de gestion

Les codes couleurs du tableau correspondent à ceux de la carte ci-dessous et de la carte globale carte p. 22

Secteurs	Synthèse des aléas ⁴ (la force de la houle est l'agent érosif le plus important)	Synthèse des enjeux	Modes de gestion préconisés	
			Scénario n°1	Scénario n°2
Salins d'Aigues-Mortes <i>linéaire côtier ~ 7km</i> 	Erosion modérée, nombreuses intrusions marines lors des tempêtes. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé d'environ 3 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 2,5 à 7m/an.	Enjeux environnementaux et économiques de valeur 3 liés aux salins	<p>Repli stratégique par l'abandon des bassins de pré-concentration les plus proches de la mer, le déplacement de la prise d'eau et l'entretien des digues de seconde ligne.</p> <p>Coût estimé : 7 km de digue à recréer : 12 6000 000 € HT si l'on se base sur un coût de 1800 €/ml (DDE13).</p>	<p>Modification du transit : entretien des protections lourdes par les salins dans la continuité de ce qui est fait actuellement.</p> <p>Coût estimé : 500 000 € TTC chaque année pour l'entretien de 2,5 km d'ouvrage en enrochements (33 épis de 75 mètres chacun) sur la base des coûts fournis par le SYMADREM.</p>
De Brasinvert au Petit Rhône <i>linéaire côtier ~ 6,5 km</i> 	Erosion forte, submersion par la Rhée longue. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé de 3 à 5 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 5 à 10 m/an.	Enjeux environnementaux forts (valeur de 3 à 4) et enjeux économiques assez faibles (valeur de 1 à 2).	<p>Gestion non-active : ce secteur à faible valeur socio-économique ne justifie pas l'utilisation de techniques lourdes de défense du trait de côte. Un état plus naturel pourrait ainsi être retrouvé mais la suppression des enrochements n'est pas envisagée.</p> <p>Restauration du fonctionnement naturel : le sous-secteur de Brasinvert peut néanmoins être géré dans la continuité de ce qui est fait actuellement, à savoir une gestion forestière en faveur du maintien du littoral par des méthodes douces (fascinage grâce aux Pins morts) mais aussi, plus en arrière l'entretien de la digue de second rang déjà en place.</p> <p>Le mode de gestion, quel qu'il soit, devra dans ce secteur être appréhendé avec précaution en raison du lit du Petit Rhône très proche et de son embouchure. Cette partie du littoral, très sensible, sert de déversoir en cas de crues.</p>	<p>Repli stratégique : sans entretien des protections lourdes, les pâturages (Grand Radeau) de plus en plus soumis à l'action marine devront être déplacés plus au Nord, la digue de second rang déjà en place peut être entretenue et constituer une protection plus en arrière.</p>



⁴ Selon Sabatier (2004) et Samat (2006)

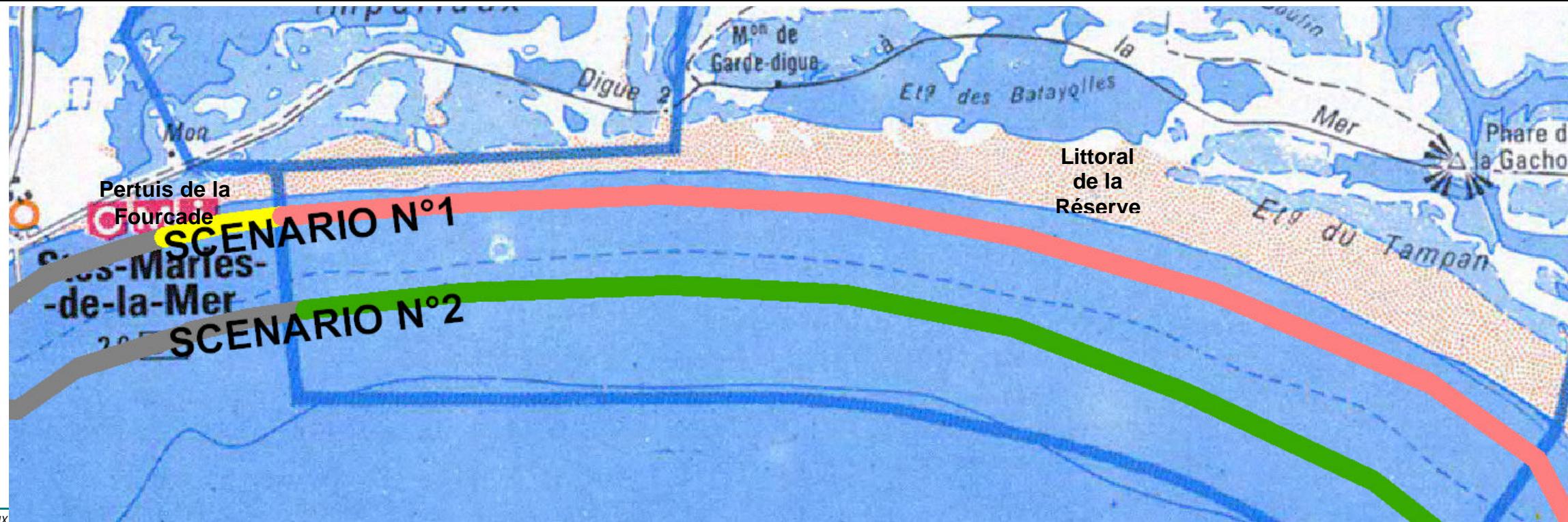
Les codes couleurs du tableau correspondent à ceux de la carte ci-dessous et de la carte globale carte p. 22

Secteurs	Synthèse des aléas (la force de la houle est l'agent érosif le plus important)	Synthèse des enjeux	Modes de gestion préconisés	
			Scénario 1	Scénario 2
De l'embouchure du Petit Rhône à Port Gardian linéaire côtier ~ 1,7 km	<p>Erosion modérée. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé d'environ 3 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 3 à 5 m/an.</p> 	<p>Enjeux économiques assez forts liés au camping et à la fréquentation des plages (valeur de 3 à 4)</p>	<p>Modification du transit sédimentaire notamment par l'entretien des ouvrages en enrochements déjà en place. <u>Coût estimé</u> : 100 000€/an TTC pour l'entretien et la réparation des ouvrages en enrochements : épis et brise-lames du Clos du Rhône pour un total de 500 ml (sur la base des coûts fournis par le SYMADREM).</p>	
Au droit du village linéaire côtier ~ 2 km	<p>Erosion modérée. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé d'environ 3 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 3 à 5 m/an.</p> 	<p>Enjeux économiques maximaux liés au village et au port (valeur de 4) et faibles enjeux environnementaux (valeur de 2).</p>	<p>Modification du transit sédimentaire : entretien voire rehaussement des protections lourdes déjà en place. <u>Coût estimé</u> : 400 000€/an TTC pour l'entretien et la réparation des ouvrages en enrochements : digues de Port Gardian, brise-lames et épis pour un total de 2 km linéaires (sur la base des coûts fournis par le SYMADREM).</p>	



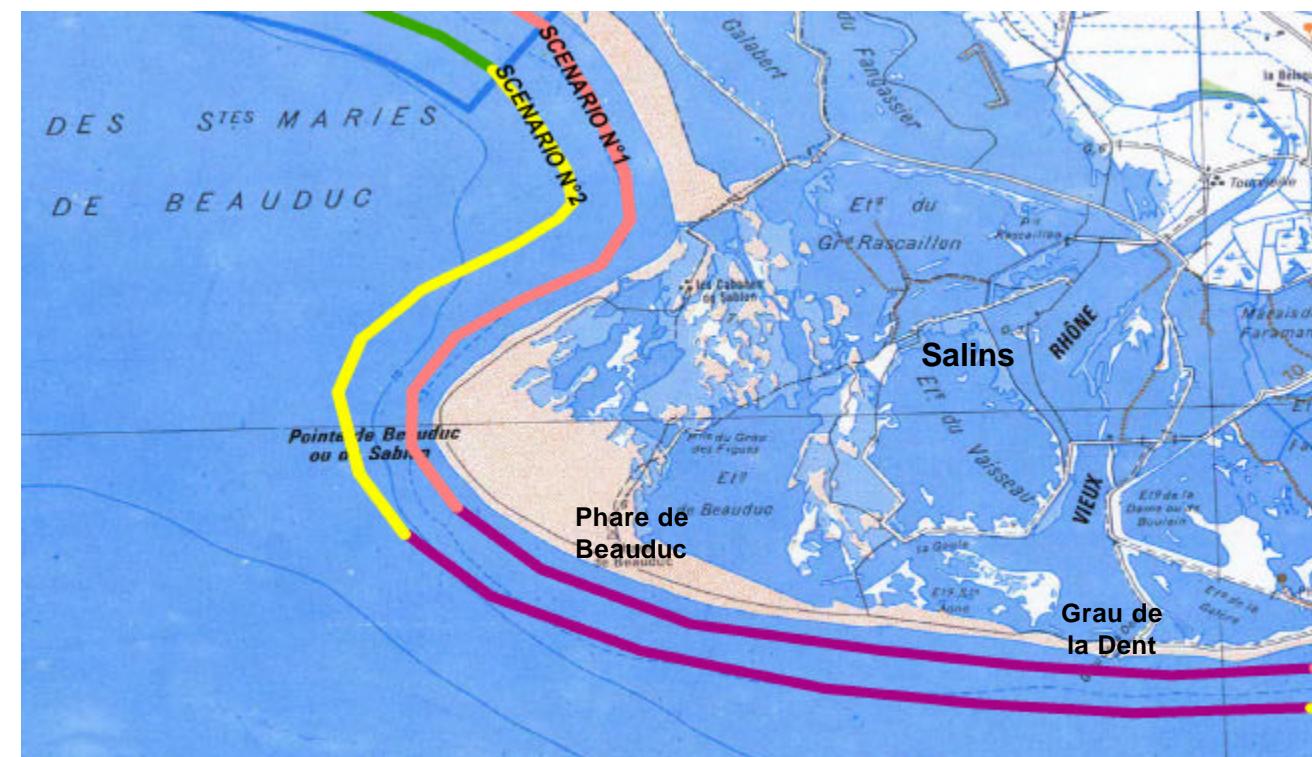
Les codes couleurs du tableau correspondent à ceux de la carte ci-dessous et de la carte globale carte p. 22

Secteurs	Synthèse des aléas (la force de la houle est l'agent érosif le plus important)	Synthèse des enjeux	Modes de gestion préconisés	
			Scénario 1	Scénario 2
De la Fourcade au littoral de la Réserve linéaire côtière ~ 1 km 	Erosion très forte. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé de 5 à 9 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 10 à 15 m/an. Dans ce secteur on note donc une forte accélération du phénomène.	Enjeux économiques liés au camping et à la fréquentation des plages (valeur de 3).	Restauration du fonctionnement naturel par rechargement de sable par exemple Coût estimé : l'étude faisabilité du rechargement de la plage Est menée par le bureau d'études ERAMM pour le compte du SYMADREM chiffrait à environ 2000 000 € HT le projet recommandé (par voie maritime). Il comprend l'extraction et le recharge (100 000 m ³) mais aussi l'installation de butées en enrochements (450 m) et géotextile (450 m), des gradins en rondins (1000 ml) de bois et des ganivelles (600 ml).	Modification du transit sédimentaire par l'entretien voire le rehaussement des digues frontales (dont la digue à la mer au niveau du pertuis) ainsi que l'installation d'un brise lame qui pourrait être relié à l'épi du pertuis de la Fourcade. Coût estimé : 2500 €/an seulement pour l'entretien de la digue à la mer (coûts fournis par le SYMADREM). L'installation d'un brise-lame de 100 m coûte 400 000 € HT (source BCEOM). Le recharge en galets de la plage Est devrait coûter 45 € HT /ml (source DDE13) à lui seul, il est prévu de procéder à une expérimentation de 300ml. Nous ne disposons pas du détail du coût total.
Le littoral de la Réserve linéaire côtière ~ 10 km 	Erosion modérée à nulle. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé d'environ 5 m/an dans la partie Ouest pour ensuite se stabiliser vers l'Est ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 la dynamique est semblable.	Enjeux environnementaux forts (valeur de 3 à 4) et enjeux socio-économiques plutôt faibles (valeur de 1 à 2).	Gestion non active : ne pas intervenir dans ce secteur paraît être la solution la plus raisonnable en raison de l'absence d'enjeux socio-économiques. Les habitats naturels particulièrement riches de ce secteur (sansouires par exemple) nécessitent une intervention minimale sur le milieu. C'est vers cette situation plus naturelle que la Réserve veut s'orienter.	Repli stratégique : il peut être appliquée par le biais de la gestion choisie actuellement par la Réserve, à savoir l'accompagnement du recul du trait de côte et plus particulièrement des dunes par la pose de ganivelles. Des échanges techniques concernant cette gestion pourront avoir lieu entre le PNRC, la Réserve et d'autres experts afin de l'optimiser.



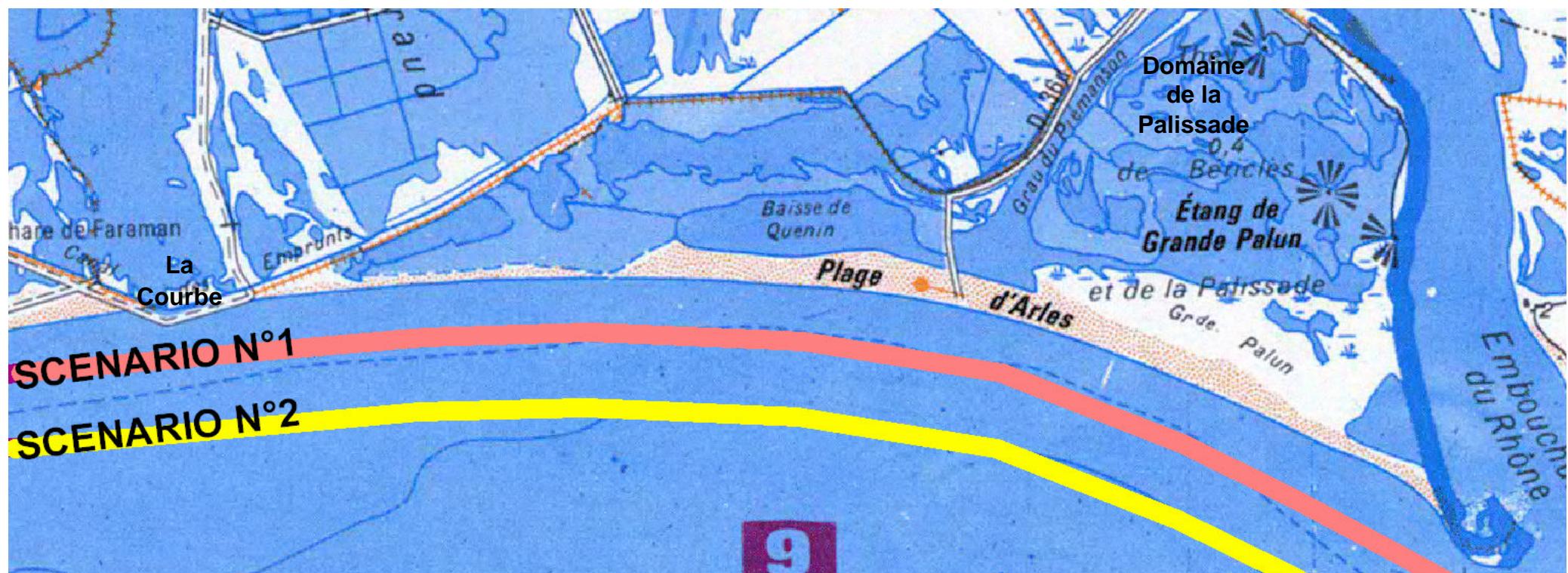
Les codes couleurs du tableau correspondent à ceux de la carte ci-dessous et de la carte globale carte p. 22

Secteurs	Synthèse des aléas (la force de la houle est l'agent érosif le plus important)	Synthèse des enjeux	Modes de gestion préconisés	
			Scénario 1	Scénario 2
Le Golfe de Beauduc linéaire côtier ~ 8,5 km 	Accrétion. De 1977 à 2004 le trait de côte a avancé jusqu'à 15 m/an ; pour la période comprise entre 2000 et 2004 le littoral s'est engrangé de 2 à 20 m/an.	Enjeux environnementaux et économiques liés à la présence des salins (valeur de 2 à 3).	Gestion non active : cette portion de littoral s'engraisse et ne pose pas de problèmes particulier hormis la fréquentation anarchique. Les enjeux socio-économiques restent faibles sur le littoral et ne nécessitent pas de dépenses importantes.	Restauration du fonctionnement naturel par une réhabilitation dunaire dans les espaces les plus dégradés par la fréquentation <u>Coût estimé</u> : il faut établir un diagnostic technique du site par une cartographie morphologique à une échelle fine permettant de déterminer les siffles-vent, les caoudeyres,...
De la pointe de Beauduc au phare de Faraman linéaire côtier ~ 11 km 	Erosion modérée à très forte. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé de 3 à 9 m/an. Pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 7,5 à 15 m/an. Le secteur de la digue de Véran qui protège les Salins est l'un des secteurs les plus sensibles en raison d'une forte érosion et d'intrusions marines fréquentes lors des tempêtes.	Enjeux liés à la présence des Salins (valeur de 2 à 3)	Mode de gestion à déterminer en fonction du devenir économique du site : - Hypothèse 1: maintien de l'activité salinière ? modification du transit comme pour le site d'Aigues-Mortes ou repli stratégique vers une protection plus en arrière du trait de côte (la digue à la mer pourrait servir de limite puisque historiquement c'est à l'arrière de cette digue que les salins s'étaient installés). - Hypothèse 2: abandon de l'activité salinière et reconversion économique ? mode de gestion et techniques à adapter en fonction des besoins. <u>Rappel</u> : la reconversion économique devra être adaptée aux aléas car il ne faut pas créer d'enjeux nouveaux sur ce littoral vulnérable (cf. principe phase A « Réduire la vulnérabilité des zones littorales pour continuer à privilégier la sécurité des biens et des personnes ») - Hypothèse 3: abandon de l'activité salinière sans reconversion économique ? non gestion.	



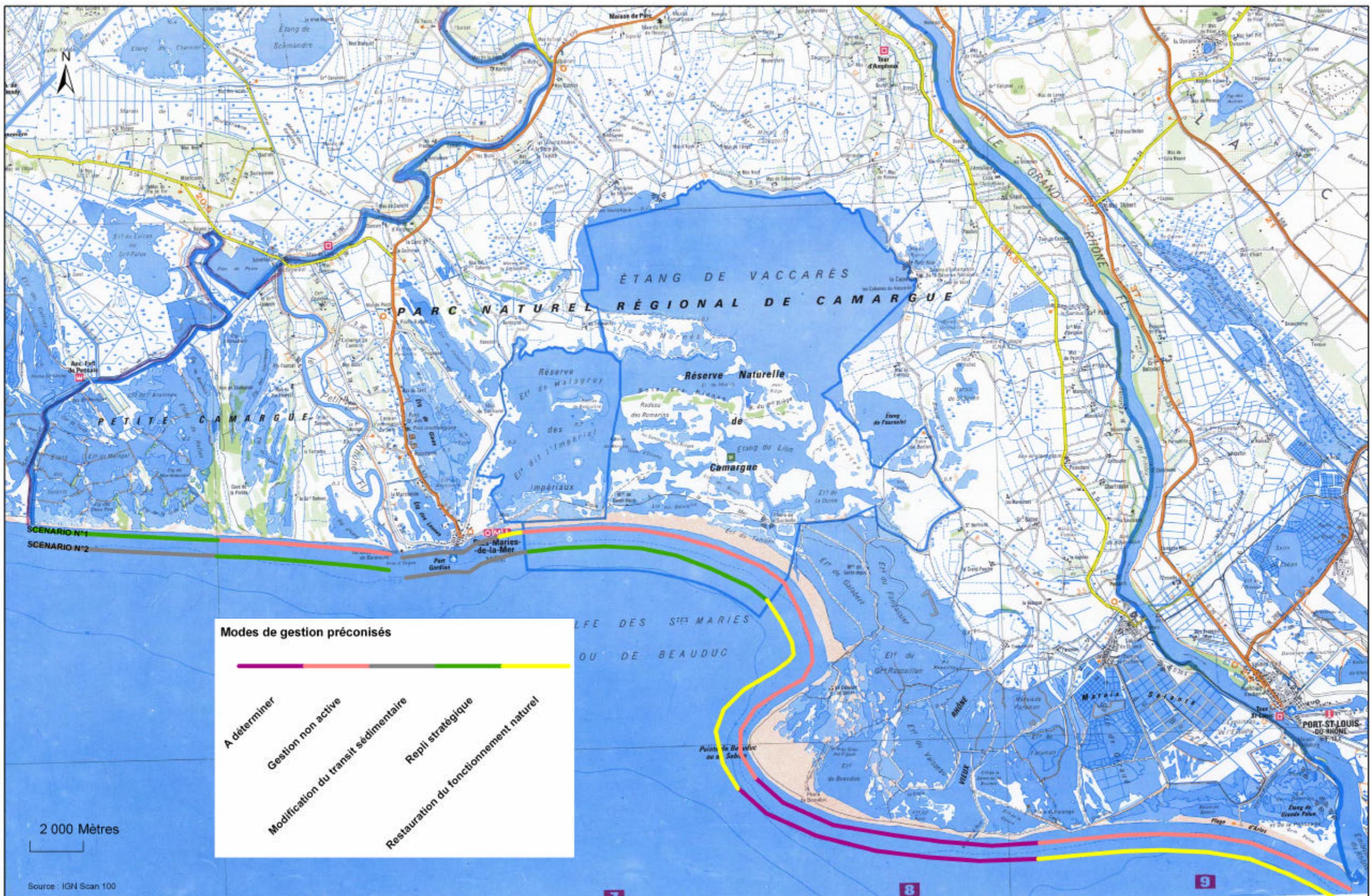
Les codes couleurs du tableau correspondent à ceux de la carte ci-dessous et de la carte globale carte p. 22

Secteurs	Synthèse des aléas (la force de la houle est l'agent érosif le plus important)	Synthèse des enjeux	Modes de gestion préconisés
<p>Du phare de Faraman au Grand Rhône linéaire côtier ~ 12,5 km</p> 	<p>Erosion nulle à modérée. De 1977 à 2004 le trait de côte a reculé d'environ 3 m/an. Pour la période comprise entre 2000 et 2004 il a reculé de 3 à 7,5 m/an. Au droit du domaine de la Palissade, le littoral est relativement stable sur quelques mètres.</p>	<p>Enjeux environnementaux assez forts (valeur de 3 à 4) et enjeux socio-économiques liés à la fréquentation de la plage (valeur de 2).</p>	<p>Les modes de gestion sont déterminés ici dans l'optique de la fermeture progressive de la plage aux pratiques illégales (circulation motorisée et camping) ainsi que de l'aménagement d'une aire naturelle de stationnement (réorganisation globale des flux automobiles et des usages du site).</p> <p>Gestion non active : comme pour Beauduc, les enjeux ne justifient pas la mise en place de protections lourdes. De plus l'érosion n'est pas très prononcée dans ce secteur.</p> <p>Restauration du fonctionnement naturel par une réhabilitation dunaire dans les espaces les plus dégradés par la fréquentation</p> <p>Coût estimé : environ 9000 € TTC pour un linéaire d'environ 500 mètres de ganivelles à remplacer si l'on se base sur l'entretien effectué par le PNRC en 2005.</p>



Ces scénarios sont à discuter, ils peuvent être intervertis en fonction des secteurs. On ne choisit pas forcément un scénario dans son ensemble.

Les modes de gestion envisageables sur le littoral du PNR Camargue



CONCLUSION

Durant ces 6 mois d'étude, la concertation dans le sens du partage de la décision a constitué notre fil rouge. Cette démarche de concertation est d'autant plus importante qu'elle « représente une économie de temps d'argent et d'énergie dans la mesure où elle permet de réduire les risques ultérieurs de contentieux »⁵.

Notre démarche vise à aborder le littoral dans sa globalité en essayant de rapprocher des acteurs qui ont tous plus ou moins une vision sectorielle et patrimoniale du territoire camarguais afin d'avoir une approche pluridisciplinaire (environnementale, économique, sociale, paysagère,...).

A l'issue de cette dernière phase, les questions à soulever sont celles des moyens et des partenaires dans la durée. En effet, une des leçons à tirer est de ne plus financer de solutions de protection coûteuses, non réversibles et mal intégrées au paysage, avant d'avoir une vision globale des enjeux.

Ce qui fait la richesse de la Camargue c'est un territoire, un patrimoine et des paysages préservés. La demande actuelle est orientée vers une quête de naturalité et d'authenticité et c'est vers cela que les orientations présentées ici veulent se diriger.

⁵ Conseil économique et social régional de Bretagne, 2004, *Pour une gestion concertée du littoral de Bretagne*

SOURCES UTILISEES

Etudes et rapports :

Journées d'Etudes ANEL du 27 au 28 avril 2006 à Torreilles *De la défense contre la mer à la gestion durable du système côtière.*

SOGREAH – *Etude générale pour la protection du littoral entre l'Orb et l'Hérault* – 2005.

Commission Européenne - Conclusions de l'étude EuroSION- *Vivre avec l'érosion côtière en Europe, espaces et sédiments pour un développement durable* – 2004.

BCEOM – *Etude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La-Peyrade et de Villeneuve-lès-Maguelone* – 2004.

ERAMM *Etude de faisabilité du rechargement en sable de la plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer* Juin 2004.

PASKOFF R. et PRAT M-C *Erosion et réensablement des plages, gestion des dunes* Atelier des 31 mars et 1^{er} avril 2004, Chatelaillon-Plage et île d'Oléron – EUCC-France

Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral Languedoc-Roussillon - *Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon* – Juin 2003.

SABATIER F. *Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône* – Thèse de Doctorat en Géosciences de l'environnement, option Géographie – 2001.

Articles :

Olivier SAMAT, Adrien LAMBERT (CEREGE) et François SABATIER (CEREGE et Delft University of Technology) - *Erosion des fonds sableux (site de Véran, Golfe du Lion, Méditerranée).*

Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres - *Revue Garde n°47*, Septembre 2002

Cartes :

Evolution du trait de côte pour la période 2000-2004, BD PNRC d'après O. SAMAT (GEREGE)

Site Internet :

<http://www.u-picardie.fr/~beaucham/littoral/GRENOBLE -4.html>

<http://www.baiedesomme.org/>

Sources photographiques et auteurs du rapport :

Hugues HEURTEFEUX (hheurtefeux@eid-med.org), Philippe RICHARD (prichard@eid-med.org) et Provence LANZELLOTTI (provlanzellotti@aol.com), EID Méditerranée.

ANNEXE 1 : Détail des données exploitées pour l'estimation des coûts

Tableau issu de l'étude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La-Peyrade et de Villeneuve-Lès-Maquelone par BCEOM (2004) pour le compte du Conseil Général de l'Hérault :

Solution	Coût en €HT
Remodelage de l'estran et des plages	5€/m ²
Rechargement seul ⁶	10€/m ³
Ganivelles seules	24€/ml
Ouvrage « para-sable »	320€/ml
Végétalisation	17€/m ²
Création d'un cordon dunaire	570€/ml
Ouvrage longitudinal	1000€/ml
Brise-lames classiques	4000€/ml
Brise-lames faiblement émergents	6200€/ml
Epis neufs	1500€/ml
Allongement d'épi existant (30m)	1500€/ml
Remise en état des épis	850€/ml
Butée de pied :	
? En enrochement	4000€/ml
? En géotextile	2000€/ml
Drains de plage (ECOPLAGE)	1300€/ml
Boudins en géotextile	7200€/ml
Le profil par an	2000€
Panneaux signalétiques	80€ l'unité
Piste petit train	55€/ml
Aménagement parking	35€/m ²
Construction d'un pont mobile	15 à 20 K€/ml
Panneaux pédagogiques	800€ l'unité

⁶ Coût du sable prélevé sur la flèche sous-marine de l'Espiguette et apporté par une DAM estimé à partir de l'étude de Sogreah sur le Golfe d'Aigues-Mortes de mars 2003. Prix estimé à 20€/m³ s'il est prélevé sur la plage de l'Espiguette et transporté par camions.

Coût des travaux de réhabilitation dunaire effectué par le PNRC pour le site de Piémanson :

- En 2003, installation de 1334 mètres linéaires : 12514.94 € TTC. Le coût de l'information (panneaux) a été de 2439,84 euros TTC (hors conception et hors pose, réalisées en interne).
- En 2004, fourniture et mise en place de 794 ml : 14719 € TTC
- En 2005, réparation de 444 ml : 8921.20 € TTC

Coût des travaux de réhabilitation dunaire selon l'EID Méditerranée (hors taxe pour un mètre linéaire):

1. Reprofilage de la plage et mise en forme d'un cordon sableux (hors équipements de protection : uniquement les mouvements de sable) : 70 €
2. Ganivelles seules :
 - 2a maillage de lignes de ganivelles + mise en défens + couverture morte + accès piétonnier = 280 €
 - 2b maillage de lignes de ganivelles + mise en défens + couverture morte = 200 €
3. Ouvrage « para-sable » 4 lignes de ganivelles : 75 €
4. Végétalisation 75 €
5. Couverture morte (phragmites ou géotextile biodégradable) 50 €
6. Création de cordon dunaire = 1 + 2a + 5 = 400 € ou 1 + 2b + 5 = 320 €

Coûts d'installation des ouvrages en enrochements fournis par la DDE 13 :

- Brise lames de 60 m (- 3,00) CM : 6700 € HT/ m H
- Brise lames de 100 m (- 4,00) CM : 7100 HT € HT
- Epi Droit : 2500 € HT / m
- Digue Frontale : 1800 € Ht /m
- Rechargement en matériaux grenus : 45 € HT /m
- Ganivelles 5 rangs : 125 € HT / m
- Butée de pieds : 4000 € Ht /m
- Brises lames immergé en géosynthétique : 7200 € Ht /m

Coûts d'entretien des ouvrages en enrochements fournis par le SYMADREM :

Le Symadrem consacre environ 75 000€ par an sur le marché de travaux d'entretien, pour une trentaine de kilomètres de digue à la mer.

En ce qui concerne les ouvrages de protection, on peut estimer qu'il faudrait consacrer chaque année pour l'entretien de tels ouvrages 5% du coût de leur réalisation initiale, ce qui représenterait, pour

l'ensemble des ouvrages de protection du littoral au droit des Saintes-Maries-de-la-Mer, un montant minimum annuel de 500 000€

Depuis sa création, le SYMADREM a entrepris les travaux suivants :

- 1999, travaux d'urgence sur différents ouvrages : 3 435 483,97 FrsTTC
- 2001, travaux de remise en état de la digue ouest de Port Gardian : 115 214.70 € TTC
- 2003, mesures conservatoires de la digue de Port Gardian : 96 492.13 € TTC
- 2005, travaux de réparation des ouvrages suite à tempêtes : 493 138.10 € TTC

ANNEXE 2 : Travaux du CEREGE sur l'impact des digues

EROSION DES FONDS SABLEUX AU DROIT D'UNE DIGUE (SITE DE VERAN, GOLFE DU LION, MEDITERRANEE)

Olivier SAMAT¹, Adrien LAMBERT¹ & François SABATIER^{1,2}

¹CEREGE – Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement
Europôle de L'Arbois – BP 80 – 13545 Aix-en-Provence cedex 04, France
samat@cerege.fr ; lambert@cerege.fr ; sabatier@cerege.fr

²Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Hydraulic Engineering Section,
Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands

INTRODUCTION

L'impact des digues sur l'évolution bathymétrique, lorsqu'elles sont implantées au niveau de la position du rivage ou dans la zone de déferlement demeure encore mal connu.

Ce travail présente les premiers résultats d'un programme de surveillance bathymétrique au droit d'une digue frontale (2,7 km) sur une côte sableuse à barres (Figure 1), en recul, en domaine microtidal (littoral du Delta du Rhône).

METHODES

Pour déterminer l'impact de la digue sur l'évolution des profils bathymétriques, nous relevons 6 lignes de profils depuis septembre 2000, à raison de quatre relevés saisonniers par an (Figure 1), quatre lignes (GI15, GI15', GI16, GI18) sont situées devant l'ouvrage et deux lignes de part et d'autre de celui-ci (GI14 à l'Est et GI17 à l'Ouest). Les profils sont réalisés du pied de la digue (pour les secteurs concernés) jusqu'à -12 m de profondeur, au moyen d'un sondeur (erreur en Z +/- 0.3 m) et d'un GPS différentiel embarqué sur un bateau pneumatique. Tous les profils sont recalés sur le NGF à partir des données marégraphiques du jour.

RESULTATS & DISCUSSION

Nos résultats, s'appuyant sur l'étude de la mobilité des unités morphologiques et des bilans sédimentaires de chaque ligne de profil, montrent l'effet amplificateur de la digue sur les processus d'érosion : une augmentation des pertes sédimentaires (Figure 2), un affouillement important au pied de l'ouvrage pendant les tempêtes (Tait & Griggs 1990, Figure 3), et une mobilité accentuée des unités morphologiques sur les profils au droit de l'ouvrage (Morton 1988), s'opposant à une variabilité plus faible des profils affranchis de l'influence de la digue (Figure 3 et 4).

Ils démontrent également une accentuation de l'érosion en aval dérive (Dean, 1986 ; Morton 1988), et l'existence d'une organisation longitudinale Est-ouest des dynamiques avec une accentuation des phénomènes érosifs dans le sens de la dérive dominante.

CONCLUSION

Après trois années de suivi, les variations bathymétriques montrent :

- Une organisation transversale des phénomènes sans doute en relation avec des dynamiques réflectives (Krauss, 1988), (augmentation de la profondeur de fermeture, mobilité transversale du profil, et présence d'un affouillement)
- Une organisation longitudinale, (Miles et al., 2001), (augmentation des pertes, augmentation de la mobilité générale, éloignement de l'affouillement dans le sens de la dérive littorale).

Nos observations de terrain confirment les résultats de nombreux auteurs à propos de l'impact négatif des digues sur la bathymétrie environnante remettant en question à terme la stabilité de l'ouvrage (exemple de la tempête de décembre 2003).

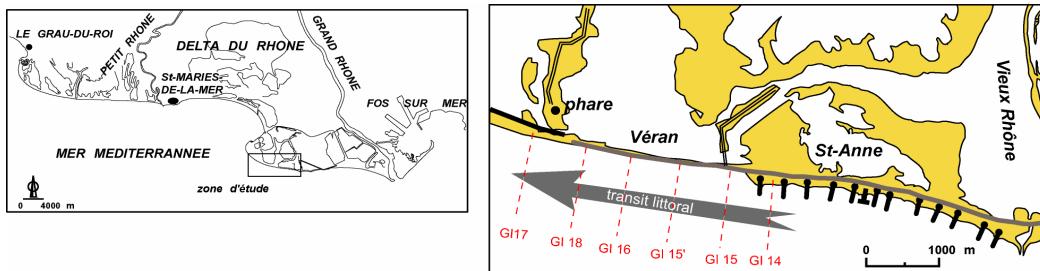


Figure 1 : Localisation du site et des lignes de profil

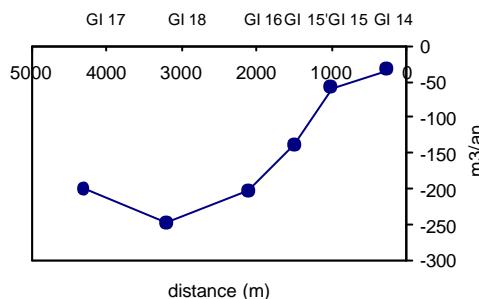


Figure 2. Bilan sédimentaire par profil

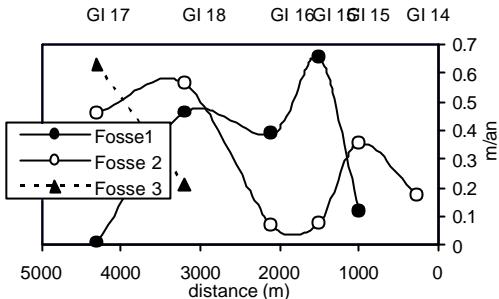
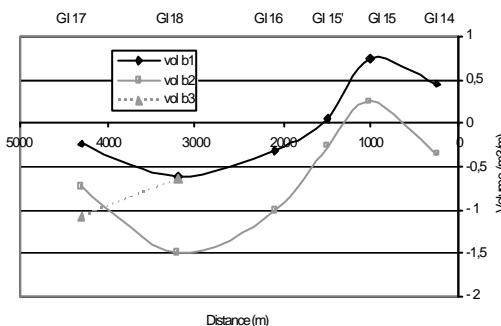


Figure 3. Approfondissement des fosses



a: Bilan sédimentaire

b : Déplacement des barres

Figure 4. Evolution des barres d'avant côte

BIBLIOGRAPHIE.

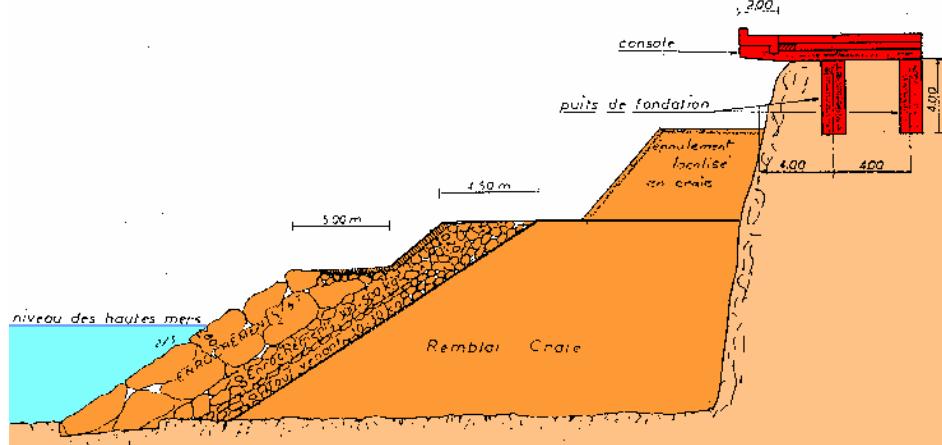
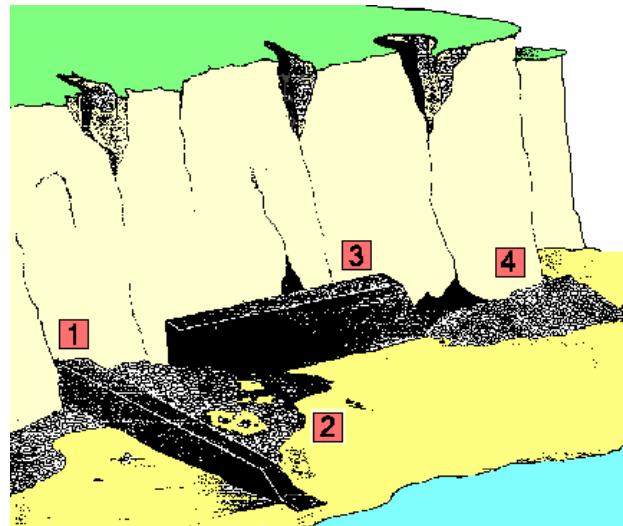
- Dean R.G. 1986. Coastal Armoring: effect, principles and mitigation, in 20th International Conference Coastal engineering, Vol 2: 1843-1857.
- Krauss N.C. 1988. The effects of seawalls on the beach: an extended literature review, *Journal of coastal Research* SI 4: 1-28.
- Miles J.R., Russel P.E. & Huntley D.A. 2001. Field measurement of sediment dynamics in front of a seawall, institute of Marine Studies University of Plymouth. *Journal of Coastal Research* 17 (1): 195-206
- Morton R.A. 1988, Interactions of storms, Seawalls, and Beaches of the Texas Coast, *Journal of Coastal Research* SI 4: 113-134.
- Tait J.F. & Griggs G.B. 1990. beach response to the presence of a seawall. *Shore and beach* 58 (2): 11-28.

ANNEXE 3 : Aménagement et repli stratégique sur le site de la falaise d'Ault

Sources : <http://www.u-picardie.fr> et SMACOPI

Travaux de protection d'une falaise (d'après document D.D.E.) :

- (1): épi
- (2): stock de galets retenus par l'épi
- (3): perré
- (4): galets mobiles déplacés par la dérive littorale



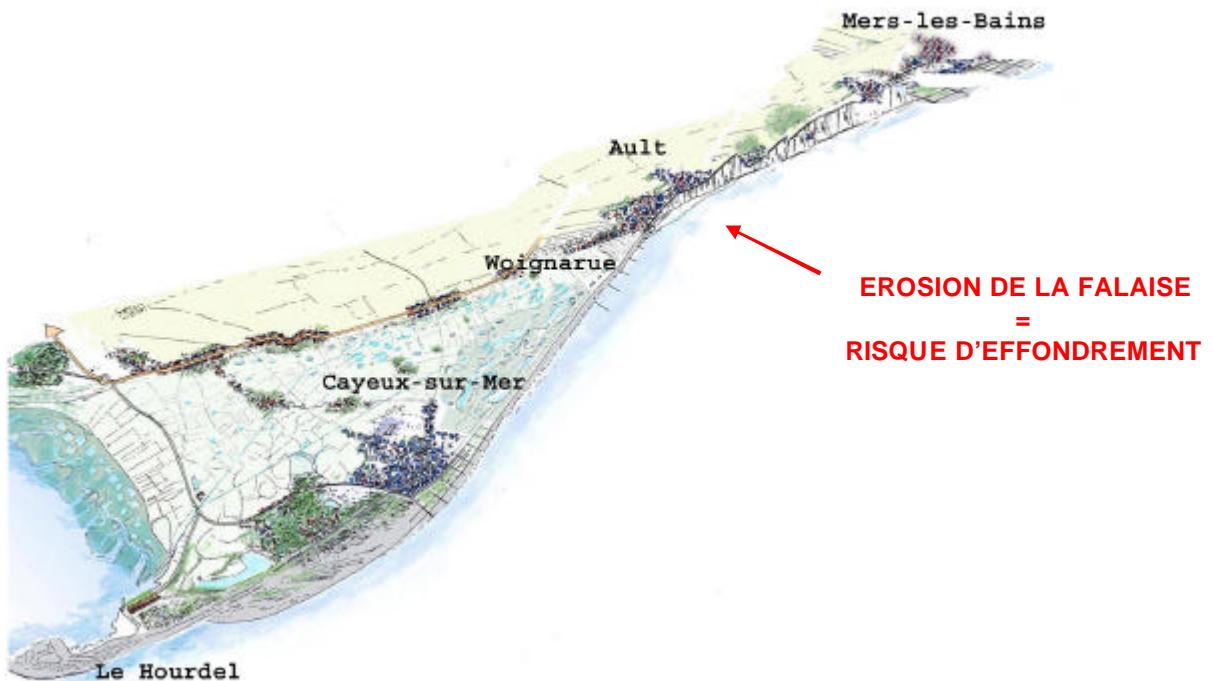
Travaux de protection de la falaise d'Ault (Somme), d'après document D.D.E.



Epi métallique en pied de falaise



Travaux de protection d'Ault-Onival : épi sur le platier, enrochements et remblai en pied de falaise, console bétonnée ("casquette") au-dessus



Plan de recul maîtrisé de l'urbanisation et valorisation du site du Moulinet en favorisant la mixité des fonctions urbaines et sans affecter les espaces naturels.

