

Rapport

CETE
Méditerranée

Février 2009



EVALUATION DES COUTS DE LA PROTECTION DES TERRITOIRES LITTORAUX EN LANGUEDOC-ROUSSILLON



Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Méditerranée



DRE Languedoc-Roussillon
Service de l'aménagement des Transport et de la Prospective

Évaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon

date : Juillet 2010

auteur : CETE méditerranée

responsable de l'étude : Chloé Auffret, DREC/SVGC-SIG

participants : Séverine Lopez, DREC/SVGC-SIG, Frédéric Pons, DREC/SH

résumé de l'étude :

Pour apporter des éléments de réponse à la DRE LR sur la rentabilité de la protection du littoral : Quel territoire protéger ? A quel coût ? Suivant quels critères ?, une étude comprenant 2 volets a été engagée par le CETE Méditerranée :

- **volet 1** : évaluation du coût de la protection du littoral
- **volet 2** : approche économique des territoires protégées (définition de la méthodologie)

Le volet 1 est l'objet du présent rapport.

Dans un premier temps, le CETE a déterminé les coûts unitaires (installation + entretien) des différents aménagements de protection du littoral en se basant sur l'exploitation des projets en cours sur le littoral LR. Ces coûts unitaires ont ainsi permis de chiffrer le coût prévisionnel sur 30 ans des protections projetées par les orientations stratégiques de 2003 sur les différents secteurs du littoral (investissement, entretien).

zone géographique : Languedoc-Roussillon

nombre de pages : 53

n° d'affaire : 08R000034

maître d'ouvrage : DRE LR (N. Chauvetière)

référence : devis n°R0 2008 D 28 du 25/03/08

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	6
Contexte et objet de l'étude.....	6
Objectif et méthodologie.....	7
1 DÉTERMINATION DES COÛTS UNITAIRES DES DIFFÉRENTS TYPES D'AMÉNAGEMENT DE PROTECTION DU LITTORAL.....	9
1.1 Rappel des différents types d'aménagement de protection du littoral.....	9
1.2 Le coût d'installation (investissement) des différentes techniques de protection	10
1.2.1 Les données issues de la bibliographie.....	10
1.2.2 Méthodologie.....	13
1.2.3 Description des opérations étudiées pour l'évaluation des coûts.....	14
1.2.3.1 Aigues-Mortes secteur 1.....	14
1.2.3.2 Aigues-Mortes secteur 2.....	15
1.2.3.3 Villeneuve les Maguelone secteur 1 et 2.....	17
1.2.3.4 Lido de Sète à Marseillan.....	18
1.2.3.5 Valras Vendres.....	19
1.2.3.6 St Cyprien.....	21
1.2.4 Le coût des opérations.....	22
1.2.4.1 Les différentes étapes d'une opération et de définition de son coût.....	22
1.2.4.2 État d'avancement des opérations étudiées à mars 2009.....	23
1.2.4.3 Validité des différentes estimations du coût des travaux.....	24
1.2.5 Calcul du coût unitaire de chaque type d'aménagement de protection du littoral	27
1.2.5.1 Estimation de la part des prestations intellectuelles dans le coût de travaux d'un aménagement de protection.....	27
1.2.5.2 Calcul du coût unitaire des travaux pour chaque type d'aménagement de protection.....	27
1.2.5.3 Synthèse.....	38
1.3 Le coût d'entretien des différentes techniques de protection.....	40
1.3.1 Coûts d'entretien issus de la bibliographie.....	40
1.3.2 Coût d'entretien des cordons dunaires.....	40
1.3.3 Synthèse.....	41
2 ÉVALUATION DU COÛT PRÉVISIONNEL SUR 30 ANS DES PROTECTIONS ENVISAGÉES PAR LES ORIENTATIONS STRATÉGIQUES DE 2003	43
2.1 Méthodologie et hypothèses retenues.....	43
2.1.1 hypothèses relatives aux investissements.....	44
2.1.1.1 Secteurs où les orientations stratégiques préconisent la modification du transit.....	44
2.1.1.2 Secteurs où les orientations stratégiques préconisent la restauration de l'équilibre naturel.....	45
2.1.2 hypothèses relatives à l'entretien des investissements.....	45
2.1.3 hypothèses relatives à l'entretien de l'existant.....	45
2.2 Coûts par secteur.....	45
2.3 Analyse et synthèse	48
2.3.1 Coût total.....	48
2.3.2 Coûts par mode de gestion.....	48
2.3.3 Coûts par cellule sédimentaire.....	49
ANNEXES.....	52
BIBLIOGRAPHIE.....	53

INDEX DES FIGURES

Figure 1: Les étapes d'une opération d'aménagement.....	22
---	----

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1: Carte des modes de gestion de l'érosion définis par la MIALLR.....	7
Illustration 2: exemple d'épis.....	9
Illustration 3: ouvrages longitudinaux de hauts de plage.....	9
Illustration 4: exemple de brises-lames.....	9
Illustration 5: schéma d'une butée de pied (source interne: hmf.enseiht.fr).....	9
Illustration 6: cordon dunaire.....	9
Illustration 7: Dispositif Ecoplage®.....	10
Illustration 8: Localisation des 7 opérations d'aménagement du littoral étudiées.....	14
Illustration 9: Localisation de l'opération Aigues-Mortes secteur 1.....	15
Illustration 10: Cordon dunaire créé sur le secteur du Petit Travers.....	15
Illustration 11: Plage du Petit Travers rechargée.....	15
Illustration 12: Localisation de l'opération Aigues-Mortes secteur 2.....	16
Illustration 13: Aigues-Mortes secteur 2: visualisation du futur cordon dunaire et de la zone à recharger (source : BRL).....	16
Illustration 14: Épi contourné (source BRL).....	16
Illustration 15: Localisation de l'opération de Villeneuve-les-Maguelone.....	17
Illustration 16: Plage et cordon dunaire avant travaux sur le secteur 1 de Villeneuve-les-Maguelone.....	17
Illustration 17: Localisation de l'opération sur le Lido de Sète.....	18
Illustration 18: Lido de Sète avant travaux.....	18
Illustration 19: Photo montage section Listel Villeroy après travaux (source BRL).....	19
Illustration 20: Cordon dunaire créé sur le Lido de Sète.....	19
Illustration 21: Localisation de l'opération Valras-Vendres.....	20
Illustration 22: Photo des travaux sur Valras-Vendres (source DRE LR/ SEL).....	20
Illustration 23: Cordon dunaire créé à Valras (lignes de ganivelles).....	20
Illustration 24: Localisation de l'opération de St Cyprien.....	21

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1: Coûts unitaires des différentes techniques de protection du littoral issus de la bibliographie.....	11
Tableau 2: Coûts unitaires actualisés des différentes techniques de protection du littoral issus de la bibliographie.....	12
Tableau 3: État d'avancement des opérations étudiées vu sous l'angle des données disponibles en matière de coût des travaux.....	24
Tableau 4: Comparaison des prix Marché avec le DGD pour l'opération Aigues-Mortes secteur 1.....	25
Tableau 5: Comparaison des prix projet et des prix Marché pour l'opération Aigues-Mortes secteur 1.....	26
Tableau 6: Coûts et caractéristiques des épis mise en oeuvre par les opérations étudiées.....	28
Tableau 7: Coûts fournis par la bibliographie pour les épis en enrochement.....	28
Tableau 8: Coûts et caractéristiques des brises-lames mis en oeuvre par les opérations étudiées.....	29
Tableau 9: Coûts fournis par la bibliographie pour les brises lames.....	29
Tableau 10: Coûts et caractéristiques des butées de pied en enrochement mis en oeuvre par les opérations étudiées.....	30
Tableau 11: Coûts et caractéristiques des butées de pied en geotextile mis en oeuvre par les opérations étudiées.....	30
Tableau 12: Coûts fournis par la bibliographie pour les butées de pied.....	31
Tableau 13: Coûts et caractéristiques des ouvrages atténuateurs de houle prévus par les opérations étudiées.....	31

Tableau 14: Coûts et caractéristiques des drains de plage prévus par les opérations étudiées (avec coût de la conception).....	32
Tableau 15: Coûts et caractéristiques des drains de plage prévus par les opérations étudiées (sans coût de la conception).....	32
Tableau 16: Coûts fournis par la bibliographie pour les drains de plage.....	32
Tableau 17: Coûts et caractéristiques des rechargements mis en oeuvre par les opérations étudiées.....	33
Tableau 18: Coûts issus de la bibliographie pour le rechargement de plage.....	33
Tableau 19: Coûts et caractéristiques des cordons dunaires créés par les opérations étudiées.....	35
Tableau 20: Coûts issus de la bibliographie pour la création de cordons dunaires.....	36
Tableau 21: Coûts et caractéristiques des cordons dunaires réhabilités dans les opérations étudiées.....	37
Tableau 22: Coûts issus de la bibliographie pour la réhabilitation de cordons dunaires.....	38
Tableau 23: Coût (€ mars 2009) des travaux des différentes techniques de protection du littoral.....	39
Tableau 24: Coût des travaux et coût d'entretien (€mars 2009) des différentes techniques de protection du littoral.....	42
Tableau 25: Coûts de la protection du littoral par secteur pour les 30 prochaines années.....	47
Tableau 26 : Coûts de la protection du littoral pour les 30 prochaines années (scénario minimum et maximum).....	48
Tableau 27 : Coûts de la protection du littoral pour les 30 prochaines années par mode de gestion (scénario minimum).....	48

EVALUATION DES COUTS DE LA PROTECTION DES TERRITOIRES LITTORAUX EN LANGUEDOC-ROUSSILLON

Introduction

Contexte et objet de l'étude

Les espaces littoraux de la région Languedoc-Roussillon très fréquentés et soumis à une forte urbanisation sont fortement exposés aux risques d'érosion et de submersion marine. Pour protéger ces espaces, une politique d'aménagements lourds (épis, brise-lames, ouvrages longitudinaux de haut de plage...) a longtemps été menée avant d'être remplacée dernièrement et dans la mesure du possible par une gestion plus douce (création ou réhabilitation de cordons dunaires, rechargement de plages, recul des enjeux...). Ces protections relativement coûteuses, aujourd'hui à l'initiative des communes ou groupements de communes, sont financées pour une partie par la Région et l'Etat (jusqu'à 65%), par l'intermédiaire du contrat de projet État-Région. Le contrat de projet Etat-Région actuel (2007-2013), basé sur les conclusions (zones à protéger en priorité) des « Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon » de juin 2003 de la Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral du Languedoc-Roussillon (MIALLR), prévoit la protection de 5 sites:

- Grand site de la petite Camargue
- Lido du Petit et du Grand Travers
- Lido de Villeneuve les Maguelone à Frontignan
- Lido de Sète à Marseillan
- Côte ouest de Vias

Dans l'optique de programmer l'après CPER (2007-2013), et avec la perspective du changement climatique (remontée du niveau moyen de la mer, possible augmentation des tempêtes...) et le contexte de rationalisation des budgets, le service de l'Aménagement, des Transports et de la Prospective (SATP) de la DRE LR s'interroge sur la rentabilité économique de la protection du littoral : quel territoire protéger ?, à quel coût ? suivant quel(s) critère(s) ?

Devant les interrogations de la DRE LR, le CETE Méditerranée a dans un premier temps réalisé en 2007 un bilan des questions posées par la DRE sur cette problématique et un « audit » sur la connaissance des phénomènes (submersion marine et érosion), le coût des protections, et les approches de gestion déjà menées.

Dans la continuité de ce travail et pour répondre aux interrogations initiales, une étude globale comprenant plusieurs volets a été engagée :

- **Volet 1** : Évaluation des coûts de la protection des territoires littoraux
- **Volet 2** : Approche économique des territoires protégés (définition de la méthodologie)

Le volet 1 est traité dans la présente étude. Le deuxième volet dont l'objectif est de déterminer la valeur des territoires soumis aux aléas submersion marine et érosion, ainsi que la valeur des dommages occasionnés par ces aléas, sera traité par le CETE dans un prochain rapport.

Objectif et méthodologie

Le plan de gestion, défini par la Mission Littoral en juin 2003, intitulée « Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon », fait actuellement référence en matière de gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon.

Dans le cadre d'une démarche participative, après réalisation d'un diagnostic partagé de l'aléa et des enjeux et sur la base des principes stratégiques de gestion de l'érosion définis initialement, la Mission Littoral a abouti au découpage du littoral de la région Languedoc-Roussillon en secteurs, chacun faisant l'objet d'un mode de gestion particulier (cf carte Illustration 1 : carte des modes de gestion).

3 modes de gestion de l'érosion, mettant en œuvre différents types de protection du littoral, ont été définis. Ils se répartissent en 2 catégories :

Deux d'entre eux ont pour objectif de s'opposer au phénomène naturel en stabilisant le trait de côte pour protéger les enjeux en place :

- x la restauration d'un équilibre naturel: pallier le manque de sédiment en restaurant un fonctionnement naturel (restauration des cordons dunaires,...) ou en apportant des sédiments au système littoral (rechargement de plage,...)
- x la modification du transit sédimentaire: interrompre le transit par la mise place de techniques pouvant être « lourdes » (épis, brise-lames...) mais aussi plus « légères » (pieux en bois) dans le but de stocker localement le sable transitant.

Le troisième s'adapte au phénomène naturel par déplacement ou abandon des enjeux :

- x le recul stratégique: laisser au système littoral un espace de liberté pour poursuivre son évolution naturelle et retrouver un équilibre, le cas échéant en déplaçant les enjeux menacés

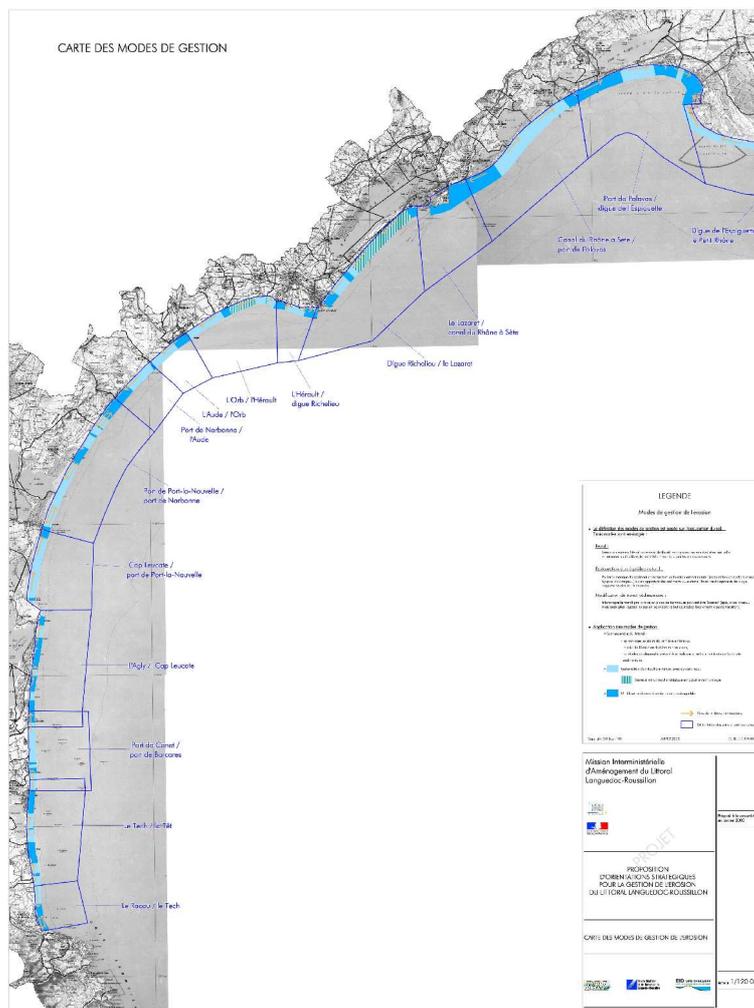


Illustration 1: Carte des modes de gestion de l'érosion définis par la MIALLR

La hiérarchisation des secteurs en fonction de la gravité de l'aléa et de l'importance des enjeux a permis de dégager des zones d'intervention prioritaire qui ont été intégrées à la programmation du CPER 2007-2013. Ces zones correspondent aux 5 sites cités précédemment.

L'objectif de la présente étude (volet 1) est d'évaluer le coût prévisionnel sur 30 ans (de 2009 à 2029) des protections envisagées sur les différents secteurs du littoral par les orientations stratégiques de 2003 (investissement, entretien).

Pour ce faire, il est nécessaire de disposer du coût unitaire (investissement, entretien) des différents types d'aménagement de protection du littoral. Il a donc s'agit dans un premier temps de déterminer les coûts unitaires en terme d'investissement et d'entretien, des différents types de protection du littoral en se basant sur l'exploitation des projets en cours sur le littoral LR, à savoir les opérations du contrat de projet Etat-Région 2007-2013.

1 Détermination des coûts unitaires des différents types d'aménagement de protection du littoral

1.1 Rappel des différents types d'aménagement de protection du littoral

Ils sont généralement répartis en 3 catégories:

- **les méthodes lourdes** basées sur la construction d'ouvrages en enrochement en mer ou sur le rivage. Ces ouvrages ont pour objectif de bloquer localement le transit sédimentaire afin de stocker le sable et de stabiliser localement les plages.
- **Les méthodes douces** dont les techniques sont adaptées au caractère naturel du site, visent à restaurer un fonctionnement naturel du site.
- **Les nouveaux procédés** qui mettent en œuvre des techniques ou matériaux nouveaux.

On compte parmi les méthodes lourdes:

- **les épis** : ouvrages perpendiculaires au rivage dont l'objectif est de bloquer une partie du sable liée à la dérive littorale.
- **les brise-lames** : ouvrages parallèles au rivage implantés à moins de 100 m de la plage dont l'objectif est de favoriser l'engraissement de la plage en cassant l'énergie des vagues et en bloquant les transits de sable vers le large. Ils peuvent être émergents ou immergés.
- **Les butées de pied** : ouvrages parallèles au rivage, immergés, à moins de 100 m de la plage dont l'objectif est de réduire la pente de la plage et d'éviter ainsi le départ de sable au large.
- **Les ouvrages longitudinaux de hauts de plage** dressés entre la plage et les premiers aménagements (maisons, routes...): digues, murs, perrés



Illustration 4: exemple de brises-lames

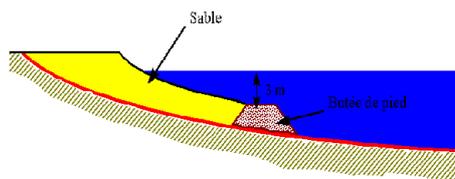


Illustration 5: schéma d'une butée de pied (source interne: hmf.enseiht.fr)



Illustration 2: exemple d'épis



Illustration 3: ouvrages longitudinaux de hauts de plage

Les méthodes dites douces regroupent les aménagements suivants:

- **la réhabilitation du cordon dunaire** : Il s'agit de combler les brèches par apport de sable et de protéger la dune existante
 - x de l'érosion éolienne par installation de ganivelles et plantations (ou couvertures mortes)
 - x du piétinement par mise en place de clôtures en ganivelles et d'accès piétons
- **la création de cordon dunaire** par apport de sable puis mise en place de protections équivalentes à la réhabilitation (ganivelles, accès, plantations)



Illustration 6: cordon dunaire

- **la mise en défend du cordon dunaire** qui consiste exclusivement à protéger la dune du piétinement
- **le rechargement de la plage** par apport massif de sable et rétablissement du profil régulier

Plusieurs techniques ou matériaux nouveaux sont apparus ces dernières années pour lutter contre l'érosion:

- **les procédés de drainage de plage** consistent à poser des drains sous la plage, parallèles au trait de côte et reliés à une station de pompage. Ces procédés ont pour objectif de freiner l'érosion et de favoriser ainsi le dépôt de sédiments sur la plage.
- **Les ouvrages atténuateurs de houle** : tubes en géotextile remplis de sable, parallèles au rivage, implantés sur des profondeurs importantes et suffisamment loin du rivage (après les barres d'avant côte) dont l'objectif est de réduire l'intensité des plus fortes houles responsables de la déstabilisation des barres d'avant côte.



Illustration 7: Dispositif Ecoplage®

1.2 Le coût d'installation (investissement) des différentes techniques de protection

1.2.1 Les données issues de la bibliographie

Peu d'études évaluent le coût des différents aménagements de protection du littoral ou présentent une synthèse de ces coûts.

Seulement quatre ont été recensées :

- 2002 – CETMEF Igigabel – Étude du coût des ouvrages de défense contre la mer
- Avril 2004 – BCEOM – Étude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La Peyrade et de Villeneuve les Maguelone
- Décembre 2006 – EID – Étude de définition des enjeux de protection du littoral sableux, Phase C: Définition des modes de gestion sur le littoral Camarguais
- Février 2007 – BCEOM – Étude de l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes

D'autres études affichent des coûts mais ces derniers sont issus des études citées ci-dessus (2008, BRGM, RNACC ; 2005, A.Fournier).

Les coûts proposés par ces 4 études sont rassemblés dans le tableau suivant :

Solutions	Coût en € HT				
	Source BCEOM 2004*	Étude EID 2006*	Source BCEOM 2007*	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne)	CETMEF 2002* (France entière)
Méthodes « lourdes »					
Ouvrage longitudinal de haut de plage	1000 €/ml	1800 €/ml	2000 €/ml		90 à 2350 €/ml
Brise-lames classique	4000 €/ml	4000 €/ml (BCEOM)	4000 à 5000 €/ml	3600 à 430 €/ml	
Brise-lames faiblement émergent	6200 €/ml	6200 €/ml (BCEOM)	5000 à 7000 €/ml		
Brise-lames immergés			5000 à 7000 €/ml		
Épi classique en enrochement	1500 €/ml	2500 €/ml	1500 à 2000 €/ml	290 à 650 €/ml	290 à 4000 €/ml
Allongement d'épi existant (30 m)	800 €/ml				
Epi en géotextile			1500 à 2500 €/ml		
Épi perméable	4000 €/ml		2000 à 3000 €/ml		
Remise en état d'épis	850 €/ml				
Butée de pied (réduction de la pente de la plage)					
- en enrochement	4000 €/ml	1330 à 4000 €/ml (prix 2004)	3000 à 4000 €/ml		
- en géotextile	2000 €/ml	700 (2004) à 7200 (2006) €/ml	2000 €/ml		
Méthodes « douces »					
Remodelage de l'estran et des plages (rétablir un profil régulier)	5 €/m ²	70 €/ml	5 €/m ²		
Rechargement par apport de matériau et remodelage	10 à 20 €/m ²	7 et 14 €/m ² (sable)		2,5 à 7 €/m ² (sable)	2,5 à 8,5 €/m ² (sable)
Rechargement par draguage (drague aspiratrice et gisement proche du rivage)			10 €/m ² (+ 100 000€ d'aménagé et repli de matériel)		
Rechargement par voie terrestre			100 €/m ²		
Rechargement en matériaux grenus		45 €/m ²			
Rechargement en galets(20-60mm)				40 à 43 €/t	
Création d'un cordon dunaire	570 €/ml	320 à 400 €/ml			
Réhabilitation cordon dunaire avec Ganivelles uniquement	24 €/ml	20 €/ml			
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 8 lignes)	320 €/ml				
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 4 lignes)		75 €/ml			
Végétalisation	17 €/m ²	75 €/ml de cordon			
Mise en place de Ganivelles + plantations					40 €/ml de cordon
Nouveaux procédés					
Drains de plage(Ecoplage)	1300 €/ml		1300 €/ml		1430 €/ml
Boudins en geotextile	7200 €/ml				
le profil topo-bathymétrique par an	2000 €/unité		1500 €/unité		

Tableau 1: Coûts unitaires des différentes techniques de protection du littoral issus de la bibliographie

L'ensemble des études exprime les coûts en € HT, à l'exception de celle du CETMEF. Il a été supposé que les coûts donnés dans l'étude CETMEF étaient tous exprimés en € TTC bien que cela ne soit pas mentionné explicitement. En effet, seuls les coûts des aménagements de la classe IB portent l'indication € TTC.

Pour permettre la comparaison des valeurs entre elles, les coûts de l'étude CETMEF ont donc été exprimés en € HT dans le tableau ci-dessus (TVA : 19,6 %).

D'autre part pour pouvoir comparer ces données, il est nécessaire de les actualiser (ramener toutes les valeurs à une même année de référence) à l'aide des index des travaux publics (ITP) mensuel. Conformément à la pratique, il est utilisé:

- le TP02 pour les ouvrages en enrochement, les cordons dunaires, les ouvrages atténuateurs de houle, les travaux de végétalisation...
- le TP06 pour les rechargements

L'année et le mois de référence retenue dans toute l'étude sont : mars 2009.

L'index des TP étant mensuel, pour actualiser les coûts de chaque étude, il a été retenu comme base le mois de l'étude, à l'exception de l'étude CETMEF dont les coûts sont exprimés en € de juin 2001.

Rappel de la formule d'actualisation :

$$P_f = P_o \times \frac{ITP_f}{ITP_o} \quad \text{avec } f \text{ mois de référence (ici mars 2009), } o \text{ mois de l'étude.}$$

Solutions	Coût en € Actualisé HT					Indice appliqué
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	
Méthodes « lourdes »						
Ouvrage longitudinal de haut de plage	1200 €/ml	1960 €/ml	2160 €/ml		120 à 3200 €/ml	TP02
Brise-lames classique	4800 €/ml	4360 €/ml (BCEOM)	4320 à 5400 €/ml	4900 à 620 €/ml		TP02
Brise-lames faiblement émergent	7440 €/ml	6758 €/ml (BCEOM)	5400 à 7560 €/ml			TP02
Brise-lames immergés			5400 à 7560 €/ml			TP02
Épi classique en enrochement	1800 €/ml	2700 €/ml	1620 à 2160 €/ml	400 à 890 €/ml	400 5440 €/ml	TP02
Allongement d'épi existant (30 m)	960 €/ml					TP02
Epi en géotextile			1620 à 2700 €/ml			TP02
Épi perméable	4800 €/ml		2160 à 3240 €/ml			TP02
Remise en état d'épis	1020 €/ml					TP02
Butée de pied (réduction de la pente de la plage)						
- en enrochement	4800 €/ml	1600 à 4800 €/ml	3240 à 4320 €/ml			
- en géotextile	2400 €/ml	840 à 7850 €/ml	2160 €/ml			TP02
Méthodes « douces »						
Remodelage de l'estran et des plages (rétablir un profil régulier)	6 €/m ²	76 €/ml	5,5 €/m ²			TP02
Rechargement par apport de matériau et remodelage	12 à 24 €/m ²	7,5 et 15 €/m ² (sable)		3,2 à 9 €/m ² (sable)	3 à 11 €/m ² (sable)	TP06
Rechargement par draguage (drague aspiratrice et gisement proche du rivage)			10,5 €/m ² (+ 106 000€ d'aménagé et rempli de matériel)			TP06
Rechargement par voie terrestre			108 €/m ²			TP02
Rechargement en matériaux grenus		49 €/m ²				TP02
Rechargement en galets(20-60mm)				54 à 58 €/t		TP02
Création d'un cordon dunaire	680 €/ml	350 à 436 €/ml				TP02
Réhabilitation cordon dunaire avec Ganivelles uniquement	29 €/ml	22 €/ml				TP02
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 8 lignes)	380 €/ml					TP02
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 4 lignes)		82 €/ml				TP02
Végétalisation	20 €/m ²	82 €/ml de cordon				TP02
Mise en place de Ganivelles + plantations					54 €/ml de cordon	TP02
Nouveaux procédés						
Drains de plage(Ecoplage)	1560 €/ml		1404 €/ml		1950 €/ml	TP02
Boudins en geotextile	8640 €/ml					TP02

Tableau 2: Coûts unitaires actualisés des différentes techniques de protection du littoral issus de la bibliographie

La comparaison de ces données montre que :

- les coûts proposés par le BCEOM en 2007 sont équivalents voire légèrement inférieurs à ceux de 2004 (excepté l'ouvrage longitudinal de haut de plage dont le prix est 2 fois plus important, la butée de pied en enrochement et l'épi perméable dont les prix sont nettement inférieurs à ceux de 2004). Deux raisons peuvent expliquer cette augmentation: une meilleure technicité (productivité) et/ou les disparités géographiques. En effet les prix de 2007 sont issus d'une étude dans les Alpes-Maritimes alors que ceux de 2004 proviennent d'une étude dans l'Hérault. Les prix peuvent être variables d'un département à l'autre en fonction de la disponibilité des matériaux, des types de côtes...
- Lorsque les unités utilisées sont les mêmes, les coûts de l'EID et du BCEOM sont relativement semblables (certaines données de l'EID proviennent d'ailleurs du BCEOM), hormis pour :
 - × les butées de pied pour lesquelles l'EID propose des fourchettes bien plus larges
 - × le rechargement dont la fourchette haute est plus faible que celle du BCEOM
 - × l'ouvrage para-sable et la création de cordons dunaires dont les prix sont nettement moins élevés
- les fourchettes de prix fournies par le CETMEF pour la France entière sont très larges, excepté le rechargement dont la fourchette est très basse et le dispositif Ecoplage dont le prix est supérieur à celui du BCEOM. Ceci s'explique parce qu'elles prennent en compte des ouvrages dont les caractéristiques sont très différentes, caractéristiques adaptées aux différents types de côtes et conditions de marée des régions françaises.
- Les quelques fourchettes proposées par le CETMEF pour la côte Méditerranéenne sont un peu supérieures que celles de l'EID et du BCEOM pour le brise-lames et très différents pour l'épi. En effet le coût d'un épi est 2 à 4 fois moins élevé d'après le CETMEF. Le coût du rechargement est également bien inférieur à celui du BCEOM et de l'EID

Il est difficile d'expliquer les écarts entre les différentes études puisque la plupart des études ne fournissent pas suffisamment de détails sur les chiffres indiqués. C'est le cas des études BCEOM. L'étude de l'EID cite pour sa part ses sources sans donner plus de précision: les fournisseurs de l'information sont connus mais on ne sait pas

comment leurs chiffres ont été construits.

La seule étude qui donne à voir sa méthode est l'étude du CETMEF.

Il est à noter que deux autres sources de données sur le coût des protections n'ont pas pu être prises en compte:

- 2006 - ACT Ouest / SCE - Les plages du Languedoc-Roussillon, un capital à préserver, à quels coûts ? - MIALLR
 - la base de données SMNLR des opérations réalisées depuis 30 ans et leur coût
- L'étude MIALLR ne propose pas de coûts unitaires. Lors de cette étude, de nombreux coûts d'opération de protection ont été collectés auprès des communes mais on ne connaît pas la qualité de ces données: les caractéristiques des opérations ne sont pas détaillées. Seule la nature de l'opération apparaît (ganivelles, travaux de protection du littoral...). Il n'est pas précisé:
- si les coûts fournis par les communes sont la part financée par les communes ou le coût global de l'opération,
 - si ces coûts comprennent les prestations intellectuelles,
 - s'ils sont HT ou TTC.

Par ailleurs une partie des coûts recensés sont issus de la base de données du SMNLR qui manque également de précision et d'information indispensable à son exploitation.

Le manque d'étude sur le sujet et d'informations sur les chiffres indiqués ne permettent pas d'utiliser ces données en l'état dans la présente étude. Il est donc choisi de produire ces coûts unitaires (investissement) à partir d'opérations en cours pour lesquelles l'ensemble des informations nécessaires sont disponibles.

1.2.2 Méthodologie

L'évaluation du coût unitaire des différentes techniques de protection du littoral s'est basée sur l'exploitation des opérations en cours en Languedoc-Roussillon : opérations sur les 5 sites emblématiques inscrits au contrat de plan Etat-Région 2007-2013, à savoir :

- Grand site de la petite Camargue
- Lido du Petit et du Grand Travers
- Lido de Villeneuve les Maguelone à Frontignan
- Lido de Sète à Marseillan
- Côte ouest de Vias

Les opérations menées sur ces sites emblématiques sont au nombre de 7:

- **Aigues-Mortes secteur 2** (Grand site de la petite Camargue)
- **Aigues-Mortes secteur 1** (Lido du Petit et du Grand Travers)
- **Villeneuve les Maguelone secteur 1** (Lido de Villeneuve les Maguelone à Frontignan)
- **Villeneuve les Maguelone secteur 2** (Lido de Villeneuve les Maguelone à Frontignan)
- **Lido de Sète à Marseillan**
- **Valras Vendres** (Côte ouest de Vias)
- **Vias** (Côte ouest de Vias)

Pour augmenter le nombre d'exemples, l'opération en cours sur St Cyprien a également été étudiée.

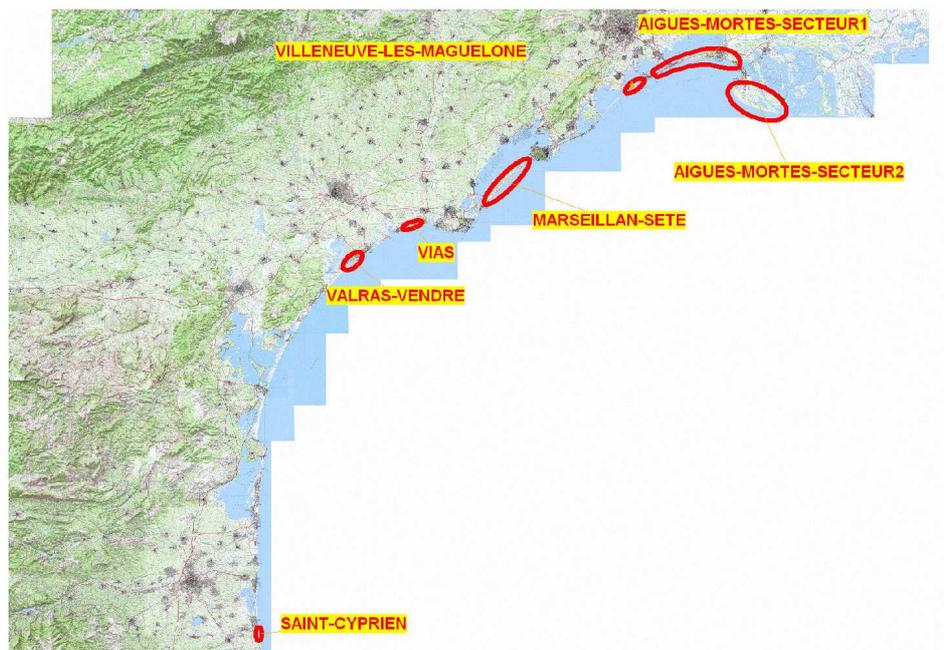


Illustration 8: Localisation des 7 opérations d'aménagement du littoral étudiées

Cette évaluation des coûts unitaires est structurée en 4 temps:

- vérification de la pertinence des chiffrages disponibles pour chacune des opérations
- exploitation de ces chiffrages pour calculer le coût unitaire de chaque type d'aménagement de protection mis en œuvre
- comparaison des coûts unitaires obtenus avec les données bibliographiques
- détermination du coût unitaire à retenir pour évaluer le coût de la protection du littoral par secteur sur les 30 prochaines années selon les orientations stratégiques de 2003.

L'ensemble des données relatives aux opérations étudiées (description des opérations, historique, chiffrages...) a été recueilli auprès des chargés d'opération du service Aménagements et Risques littoraux de la DRE LR, chargés de l'assistance à maîtrise d'ouvrage de ces aménagements.

1.2.3 Description des opérations étudiées pour l'évaluation des coûts

(Avancement des opérations à mars 2009)

1.2.3.1 Aigues-Mortes secteur 1

Cette opération de protection concerne le littoral compris entre le Grau du Prévost et la digue de l'Espiguette. Cette zone couvre les communes de Palavas-Les-Flots, Mauguio Carnon, La Grande Motte (département de l'Hérault) et Le Grau du Roi (département du Gard). Le Maître d'ouvrage de ce projet est le SIVOM des communes littorales de la Baie d'Aigues-Mortes composé des 4 communes citées précédemment.

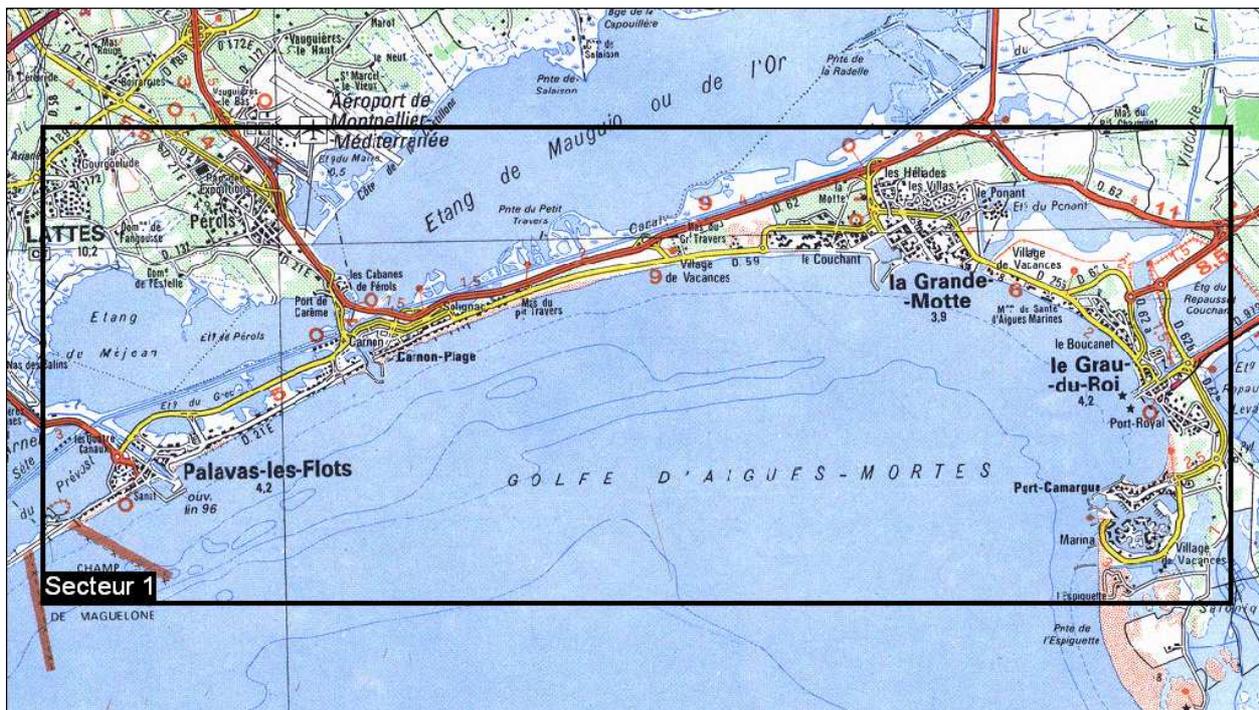


Illustration 9: Localisation de l'opération Aigues-Mortes secteur 1

Les travaux ont eu lieu en 2007 et 2008. L'opération est désormais terminée.

Cette opération comprenait 4 types d'aménagement:

- **la création d'ouvrages:** réalisation de 3 épis au Boucanet
- **le confortement d'ouvrages de protection existants:** allongement d'un brise-lame à Carnon (+30m/+20m de chaque côté)
- **le rechargement des plages en sable:** 4 sites ont été rechargés massivement: les plages de Palavas, Carnon, Petit Travers et Boucanet/Grau du Roi
- **la restauration des cordons dunaires:** création de 600m de cordon dunaire au Petit Travers

Le sable nécessaire au rechargement a été dragué au niveau de la flèche sous-marine de l'Espiguette, principal site en accrétion du Golfe d'Aigues-Mortes.



Illustration 10: Cordon dunaire créé sur le secteur du Petit Travers



Illustration 11: Plage du Petit Travers rechargée

1.2.3.2 Aigues-Mortes secteur 2

Le secteur compris entre la digue de l'Espiguette et le Petit Rhône peut être décomposé en 3 sous zones fonction de la dynamique sédimentaire (cf étude avant projet BRL d'octobre 2007) :

- une zone à l'Est de 5,6 km protégée par une batterie de 46 épis: le secteur des Barronets. L'érosion sur ce secteur a été freinée par les ouvrages

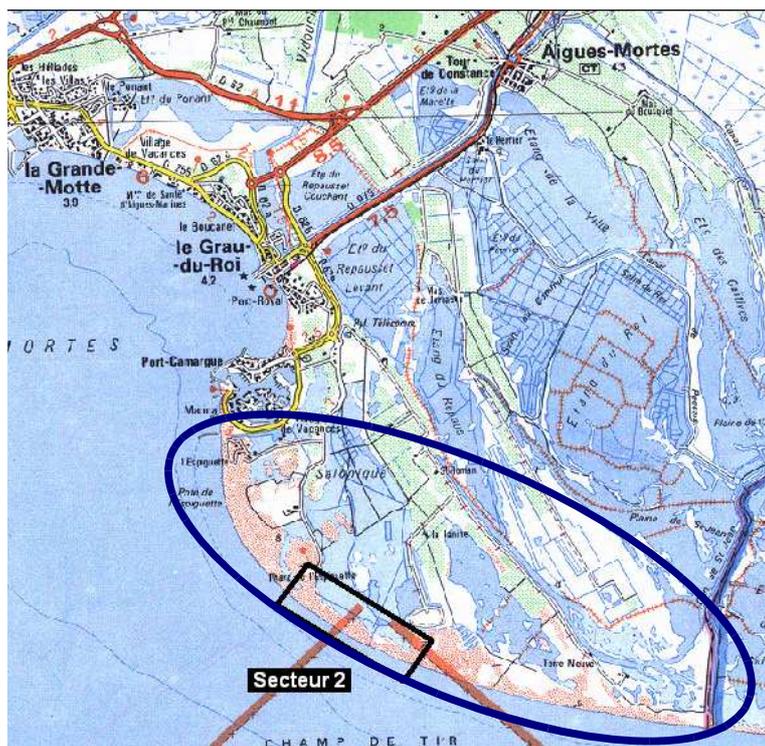


Illustration 12: Localisation de l'opération Aigues-Mortes secteur 2

- une partie centrale qui s'étend sur un linéaire de 3km à l'ouest du dernier épi. Ce secteur subit une érosion intense. Les attaques par la mer du cordon dunaire y sont fréquentes avec des brèches et des risques de submersion des zones arrières
- la zone Ouest qui s'étend depuis le point neutre (point de stabilité du trait de côte correspondant à la limite du secteur précédent) jusqu'à la digue d'arrêt des sables (la digue de l'Espiguette). Cette zone présente un engraissement spectaculaire avec une plage très large et la formation de dunes.

L'opération Aigues-Mortes secteur 2, dont l'avant-projet a été validé en 2008, porte sur la partie centrale, soumise à une forte érosion (recul de 15m/an). Le projet envisagé a pour objectif d'accompagner le recul du trait de côte plutôt que de s'y opposer. Sa durée de vie est estimée à 8 ans. Une solution globale devra ensuite être trouvée.

Ce projet prévoit:

- la création d'un cordon dunaire de 1000m de long,
- la réhabilitation de la dune existante sur 300m,
- un rechargement massif en sable de la plage sur 1500m avec un apport de sable estimé à 320 000m³,
- le ré-enracinement du dernier épi qui se trouve contourné par l'érosion.

Le sable nécessaire au rechargement sera prélevé sur la plage de l'Espiguette en accrétion et transporté par voie terrestre.



Illustration 13: Aigues-Mortes secteur 2: visualisation du futur cordon dunaire et de la zone à recharger (source : BRL)



Illustration 14: Épi contourné (source BRL)

1.2.3.3 Villeneuve les Maguelone secteur 1 et 2

L'opération de protection et de préservation du littoral de la commune de Villeneuve les Maguelone concerne 2 secteurs:

- le secteur 1: du Grau du Prévost à la Cathédrale de Maguelone
- le secteur 2: au droit de la Cathédrale de Maguelone

Le programme des travaux de cette opération qui doit se dérouler en 2 phases a été arrêté à partir des conclusions et propositions de l'étude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan et de Villeneuve les Maguelone menée par le BCEOM en 2004/2005.

A l'heure actuelle la production de l'avant projet est en cours pour la phase 1 uniquement, puisque aucun maître d'ouvrage ne s'est encore positionné afin de porter la phase 2 des travaux.

Sur le secteur 1, il est envisagé:

- la réhabilitation du cordon dunaire et le comblement des brèches sur 1600m
- le rechargement massif de la plage par un apport de 315 000m³ de sable dont le site d'emprunt n'est pas encore déterminé

Sur le secteur 2, il est prévu:

- la remise en état du site du CAT (Centre d'Aide par le Travail) qui a décidé d'arrêter son activité
- la suppression de l'épi, de la station de pompage et de l'ouvrage longitudinal de haut de plage en enrochement
- la création d'un cordon dunaire de haut de plage en sable de 750 m de long
- la création d'une piste carrossable en arrière de ce cordon

Sur ce secteur la question du centre aéré, de l'habitation et du poste de secours situés sur l'axe du nouveau cordon dunaire reste encore à régler (phase 2).

La phase 1 comprend l'ensemble des travaux cités ci-dessus à l'exception du rechargement massif et de la destruction des bâtiments du secteur 2 (centre aéré, habitation et poste de secours) programmés en phase 2.

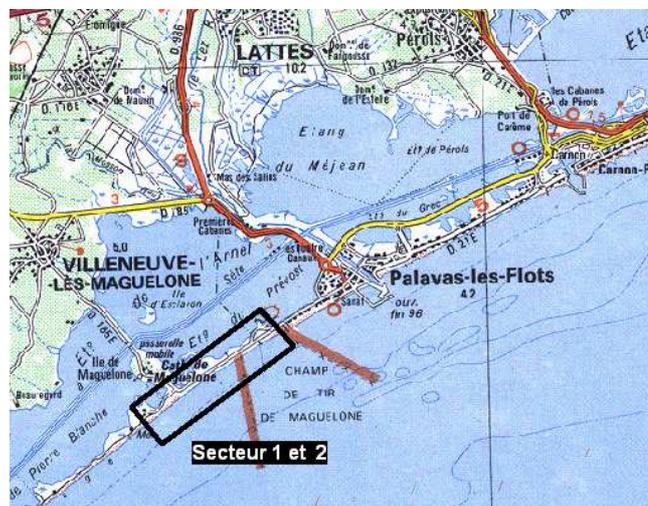


Illustration 15: Localisation de l'opération de Villeneuve-les-Maguelone



Illustration 16: Plage et codon dunaire avant travaux sur le secteur 1 de Villeneuve-les-Maguelone

1.2.3.4 Lido de Sète à Marseillan

Entre Sète à l'Est et Marseillan à l'Ouest, le lido est une bande sableuse de 11 km de long et de 1 à 2 km de large qui sépare l'étang de Thau de la Mer Méditerranéenne.

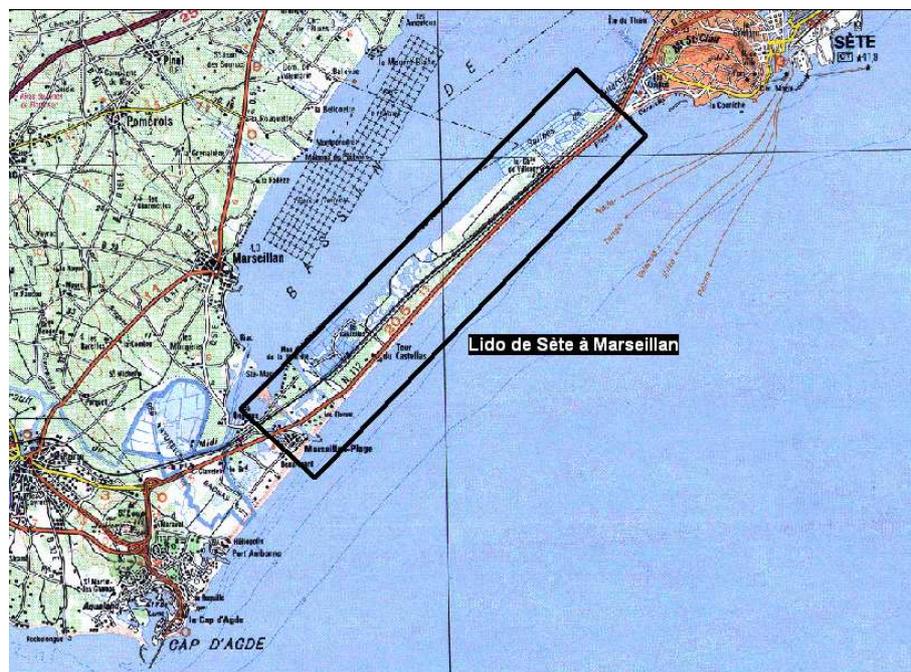


Illustration 17: Localisation de l'opération sur le Lido de Sète

Cette bande sableuse, siège de diverses activités (tourisme balnéaire, viticulture, vinification, camping) et axe de trafic majeur (voie ferrée et route littorale), est un site menacé par une érosion forte quasi généralisée et par une fréquentation intense et insuffisamment maîtrisée. L'érosion est notamment aggravée par la présence de la route en haut de plage. Les deux sites où l'érosion est la plus intense sont la plage de Villeroy et le secteur central du Lido.

La recherche d'une solution de protection et d'aménagement durable du Lido a mené les collectivités à retenir en 2004 la solution du recul stratégique des enjeux et de restauration de l'équilibre naturel du milieu. Cette solution consiste à déplacer la voie littorale actuelle (ex RN112) contre la voie ferrée et à reconstruire une plage « active » en réhabilitant les cordons dunaires.

Ce parti d'aménagement s'est traduit par la mise en place d'une opération (maîtrise d'ouvrage assurée par la Communauté d'Agglomération du Bassin de Thau (CABT)) organisée en 2 programmes :

- un programme terrestre et littoral consistant :
 - x à déplacer la route littorale contre la voie ferrée
 - x à restaurer la plage et à reconstituer le cordon dunaire en utilisant le sable situé sous la route déplacée
 - x à créer une piste cyclable en arrière du cordon dunaire
 - x à réaliser 4 aires de stationnement identifiées et des équipements d'accueil
- un programme maritime sur la partie Nord du Lido (entre la ZAC et le château de Villeroy) comprenant :
 - x l'expérimentation du procédé Ecoplage
 - x l'expérimentation de l'ouvrage atténuateur de houle associé à un rechargement de la plage



Illustration 18: Lido de Sète avant travaux

- immergée pour un volume représentant au moins 10 ans d'érosion
- x le rechargement de la plage émergée pour atteindre une plage d'une largeur de 70m sur tout le linéaire



Illustration 19: Photo montage section Listel Villeroy après travaux (source BRL)

Le programme maritime a été prévu pour protéger la partie Nord du Lido où l'érosion est la plus forte et où le recul de la route n'est pas suffisant pour disposer d'une plage suffisamment large.

Les 2 programmes n'en sont pas au même état d'avancement.

Les travaux ont été allotés en 6 marchés distincts:

- programme terrestre et littoral
 - x Marché 1 « déplacement de la voie littorale et aménagement du cordon dunaire »
 - x Marché 2 « Bâtiments »
 - x Marché 3 « Plantations »
- programme maritime
 - x Marché 4 « ouvrages atténuateurs de houle »
 - x Marché 5 « rechargement de sable »
 - x Marché 6 « Ecoplage »



Illustration 20: Cordon dunaire créé sur le Lido de Sète

Les travaux relatifs au marché 1 sont en cours depuis 2007. Les travaux du marché 2 devraient commencer prochainement. Le marché 6 a également été lancé en revanche le reste du programme maritime est encore en phase de conception:

- constitution du PROJET terminé pour le marché 4
- stade de l'étude de faisabilité pour le marché 5.

Il est à noter que la mise en œuvre du programme terrestre a nécessité des acquisitions foncières préalables.

1.2.3.5 Valras Vendres

Le littoral, entre les embouchures de l'Orb et de l'Aude s'étend sur 6 km environ sur les communes de Valras-Plage et de Vendres. Sur ce secteur le littoral est soumis à une dérive sédimentaire Est-Ouest à l'origine d'une érosion importante des plages de Valras et d'une accumulation de sable sur les plages de Vendres.

Depuis 1985, plusieurs ouvrages de protection de type brise-lames ont été réalisés de l'Est vers l'Ouest sur la commune de Valras. Toutefois, l'érosion continue à l'extrémité Ouest de la zone protégée.

Les communes de Valras-Plage et Vendres ont donc décidé de protéger la zone urbanisée à l'Ouest de la zone déjà équipée en tentant d'éviter de repousser l'érosion sur le littoral naturel de Vendres. Entre temps le cordon dunaire de cette zone urbanisée non protégée a été détruit lors des tempêtes de novembre et décembre 2003 et protégé de manière temporaire par un ouvrage longitudinal de haut de plage en enrochement.

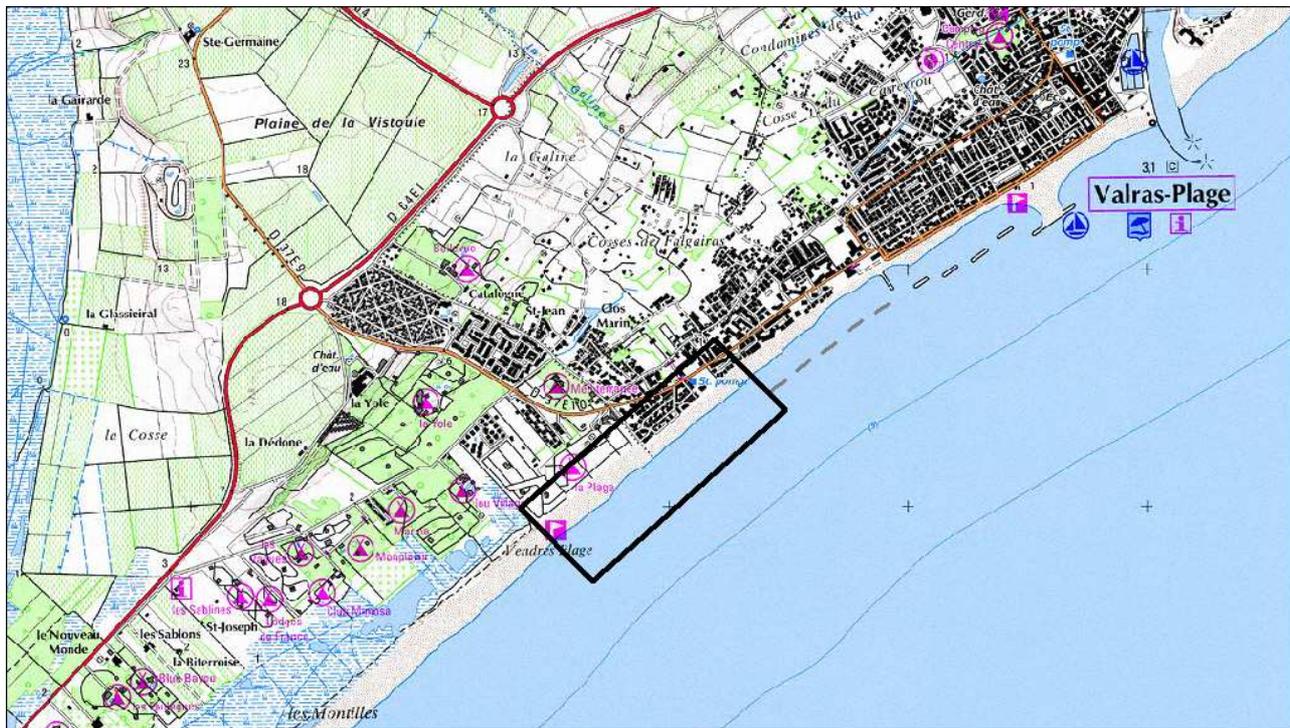


Illustration 21: Localisation de l'opération Valras-Vendres

L'opération a donc consisté :

- sur Valras-Plage:
 - x à réaliser 3 brise-lames classiques de 65ml en continuité des ouvrages existants pour protéger la zone urbanisée
 - x à démanteler la digue de haut de plage installée lors des travaux d'urgence avec utilisation des matériaux pour la mise en œuvre des brise-lames
 - x à reconstruire un cordon dunaire sableux de 450ml en lieu et place de la digue en enrochement (8000 m³ de sable)
 - x à recharger la plage en sable (45 000 m³)
- sur Vendres:
 - x à réaliser 2 butées de pied de 300ml, l'une en enrochement l'autre en géotextile
 - x à recharger la plage en sable (35 000 m³)

L'ensemble de ces travaux ont été effectués en 2007 et 2008 à l'exception de la butée de pied en géotextile qui n'a pas encore été mise en place pour des raisons météorologiques.

Le sable nécessaire au rechargement a été dragué sur la zone d'accumulation à l'Est de la digue de l'Orb par une dragueuse suceuse à godet et envoyé jusqu'au site grâce à 3,5km de canalisation.



Illustration 22: Photo des travaux sur Valras-Vendres (source DRE LR/ SEL)



Illustration 23: Cordon dunaire créé à Valras (lignes de ganivelles)

1.2.3.6 St Cyprien

A l'occasion du développement du port de plaisance dans le bassin des Capellans, la commune de St Cyprien prévoit de mettre en œuvre une opération de protection et d'aménagement de l'espace naturel compris entre le bassin et la plage.

Cet espace naturel, d'environ 23 ha situé entre le bassin des Capellans et la mer, est une plage qui accueille un grand nombre de touristes pendant la saison. Elle se compose de deux secteurs dont le premier au Nord, depuis le débouché du port en mer, fait environ 730 m de long et dispose d'un cordon dunaire naturellement végétalisé. Le secteur Sud de 250 m de long environ, dépourvu de cordon dunaire, est victime d'intrusions de la mer lors des grands phénomènes météorologiques occasionnant une forte houle. Ces intrusions sont d'autant plus pénalisantes que l'arrière de ce secteur est construit.

L'aménagement envisagé par la commune a donc pour but de protéger les constructions contre les intrusions de la mer par la création d'un cordon dunaire de haut de plage sur le secteur Sud. Pour le secteur Nord, l'aménagement doit préserver le cordon dunaire existant contre le piétinement des touristes et des véhicules qui dispersent le sable et détruisent la végétation utile à la fixation des dunes.

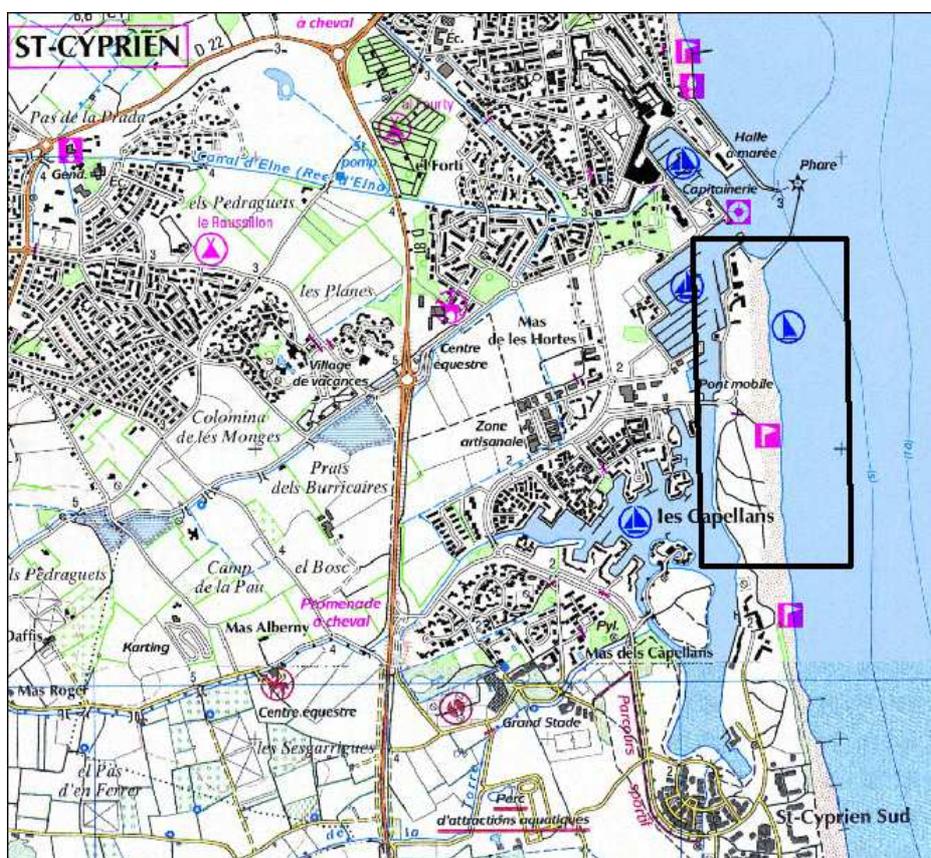


Illustration 24: Localisation de l'opération de St Cyprien

Cette opération actuellement en phase projet prévoit donc :

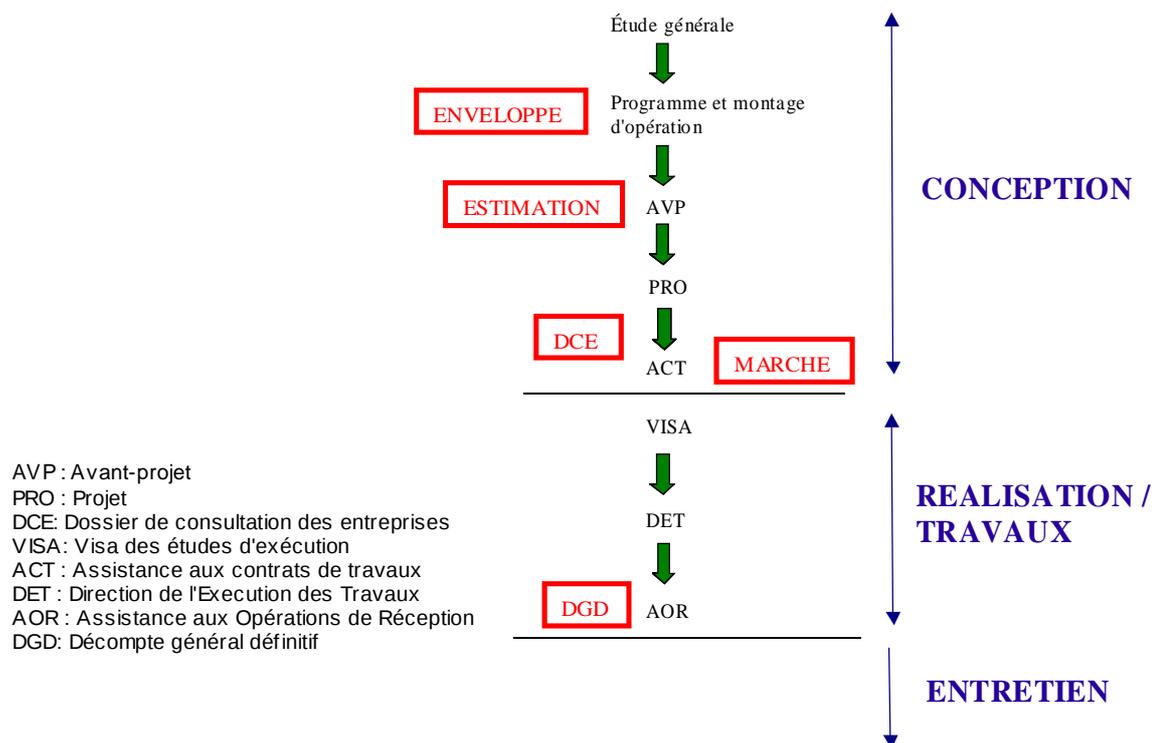
- sur le secteur Sud:
 - x la destruction du chemin arrière actuel sur 180 ml
 - x la création d'un cordon dunaire sur 250ml stabilisé par des ganivelles
 - x la construction d'accès piétons, handicapés et véhicules
- sur le secteur Nord:
 - x la mise en place d'une clôture de ganivelles autour du cordon existant (730ml)
 - x la réalisation d'un fossé entre la clôture en ganivelles et le chemin arrière pour protéger le cordon dunaire des véhicules
 - x la remise en état des anciens accès

1.2.4 Le coût des opérations

1.2.4.1 Les différentes étapes d'une opération et de définition de son coût

La vie d'une opération se décompose en 3 phases principales:

- la phase de conception du projet,
- la phase de réalisation: les travaux,
- la phase de vie du projet au cours de laquelle des opérations d'entretien pourront être nécessaires,



AVP : Avant-projet
 PRO : Projet
 DCE : Dossier de consultation des entreprises
 VISA : Visa des études d'exécution
 ACT : Assistance aux contrats de travaux
 DET : Direction de l'Exécution des Travaux
 AOR : Assistance aux Opérations de Réception
 DGD : Décompte général définitif

Figure 1: Les étapes d'une opération d'aménagement

Dans le cas des aménagements de protection du littoral, la phase de conception débute par une étude générale, réalisée à l'échelle de la cellule sédimentaire. Cette étude aboutit à la définition d'un scénario de gestion basé sur le diagnostic effectué (fonctionnement hydro-sédimentaire, évaluation des enjeux, des risques...) et les principes de gestion intégrée des zones côtières.

Une fois le scénario de gestion choisi, un maître d'ouvrage se positionne pour porter la mise en œuvre de ce scénario sur une partie voire l'ensemble de la cellule sédimentaire. Ce scénario constitue le programme de l'opération. Lors de cette étape le maître d'ouvrage établit **l'enveloppe financière prévisionnelle de l'opération. Cette enveloppe est une estimation du coût des travaux et du coût des prestations intellectuelles.**

Le maître d'ouvrage choisit ensuite un maître d'œuvre. Le maître d'œuvre est responsable de la réalisation de l'avant projet (AVP). Il s'agit d'une analyse technique du projet qui permet de proposer différentes variantes techniques, les méthodes associées, le planning de l'opération et le phasage éventuel... **Au cours de cette phase le maître d'œuvre s'engage sur un coût estimatif des travaux auprès du maître d'ouvrage.**

Une fois la variante technique choisie par le Maître d'ouvrage, le maître d'œuvre réalise ce qu'on appelle le projet (PRO). Cette étape consiste à définir de manière détaillée et définitive la solution technique retenue. Les

caractéristiques, les dimensions, l'implantation des différents ouvrages sont fixées. **Un nouveau coût prévisionnel des travaux est établi. Les offres des entreprises seront comparées à cette estimation.**

A partir de cette définition technique détaillée du projet, le maître d'ouvrage peut passer à la phase de consultation des entreprises. Pour cette phase il est assisté par le maître d'œuvre: c'est l'assistance au maître d'ouvrage pour la passation des contrats de travaux (ACT). Le maître d'œuvre constitue le dossier de consultation des entreprises (DCE), examine les offres des candidats et participe à la sélection.

Lorsque l'offre est choisie par le maître d'ouvrage, **le montant des travaux de l'opération correspond désormais au prix fixé dans l'offre appelée désormais marché.**

Débutent ensuite la phase travaux. L'entreprise qui a été retenue par le maître d'ouvrage réalise les études d'exécution. Le maître d'œuvre contrôle la conformité de ces études avec le projet et délivre alors le VISA. C'est à ce moment que commencent véritablement les travaux. Pendant les travaux le maître d'œuvre assure la direction de leur exécution. Une fois les travaux terminés le maître d'œuvre assiste le maître d'ouvrage pour la réception du projet: c'est l'AOR (assistance aux opérations de réception). Il est alors établi **le décompte général définitif (DGD) des travaux, qui correspond au coût définitif total des travaux assumé par le maître d'ouvrage.** Ce décompte peut se révéler différent du prix marché si des imprévus sont venus perturber le déroulement des travaux.

Le coût définitif d'une opération est donc égal au **coût définitif des travaux, donné par le DGD** auquel il faut ajouter **les marchés de prestations intellectuelles.** Les prestations intellectuelles comprennent les missions :

- du maître d'œuvre (phase étude et travaux)
- de l'assistant à maîtrise d'ouvrage,
- du Coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (phase travaux)
- du bureau d'études chargé de la réalisation des dossiers réglementaires,
- du bureau d'études chargé du suivi environnemental.

L'étude générale étant très en amont de l'opération, le coût correspondant à sa réalisation n'est pas inclus dans le coût des prestations intellectuelles.

1.2.4.2 État d'avancement des opérations étudiées à mars 2009

Pour évaluer les coûts unitaires de construction des différents types d'aménagement réalisés dans ces opérations, l'idéal serait de disposer du DGD et du montant définitif des prestations intellectuelles pour chacune des opérations étudiées. Malheureusement ces opérations ne sont pas toutes terminées.

L'état d'avancement des opérations à mars 2009 vu sous l'angle des données disponibles en matière de coût des travaux est récapitulé dans le tableau n°3.

	Programme	AVP	PRO	MARCHE	DGD
Aigues-Mortes secteur 1					X
Aigues-Mortes secteur 2		X			
Valras Vendres				X	
St Cyprien			X		
Villeneuve-les-Maguelone Phase 1		X			
Villeneuve-les-Maguelone Phase 2	X				
Lido travaux terrestres				X	
Lido travaux maritimes Ecoplage				X	
Lido travaux maritimes Ouvrage Atténuateur de Houles			X		
Lido travaux maritimes Rechargement	X				

Tableau 3: État d'avancement des opérations étudiées vu sous l'angle des données disponibles en matière de coût des travaux

L'opération sur le secteur 1 d'Aigues-Mortes est la seule opération pour laquelle le DGD est disponible. Sur Valras Vendres où les travaux sont presque terminés (hormis la butée de pied en geotextile), le DGD n'a pas encore été réalisé. Par conséquent, les coûts les plus précis qui existent sont les prix marché. Les prix marché sont également disponibles pour les travaux terrestres du Lido et le dispositif Ecoplage dont les travaux sont en cours.

Pour l'opération de St Cyprien et l'ouvrage atténuateur de houles du Lido, la phase projet ayant été réalisés, l'estimation détaillée utile à la consultation des entreprises a été établie.

Pour les autres opérations (Aigues-mortes secteur 2, Villeneuve-les-Maguelone Phase 1 et 2 et le rechargement du Lido), seules les estimations AVP ou programme existent.

La part des prestations intellectuelles dans le coût d'une opération sera estimée en exploitant les données de l'opération Aigues-Mortes secteur 1, pour laquelle le montant définitif des prestations intellectuelles est disponible.

1.2.4.3 Validité des différentes estimations du coût des travaux

Parmi les opérations étudiées, le décompte général définitif n'existe que pour l'opération Aigues-Mortes secteur 1. Pour exploiter les autres opérations afin de déterminer les coûts unitaires des différents types d'aménagement, il faudrait pouvoir utiliser les coûts donnés à d'autres phases de l'opération (prix Marché, prix PRO, prix AVP.). La question qui se pose est la suivante: est ce que les coûts définis dans les phases précédentes de l'opération sont proches du prix final ? Ces coûts peuvent ils être assimilés au prix du projet ?

Afin de répondre à cette question, il est nécessaire, pour une opération dont on dispose du DGD (Aigues-Mortes secteur 1), de comparer ce dernier avec les coûts des phases précédentes (Marché, PRO, AVP).

1.2.4.3.1 Comparaison des prix marché avec les prix du DGD

	prix Marché actualisé en € oct 2008 (HT)	prix DGD en € oct 2008 (HT)	Différence en %
Allongement du brise-lames	196 836	288 123	46,38
Réalisation de 3 épis classiques	156 956	211 369	34,67
Rechargement	7 175 900	7 355 317	2,50

Tableau 4: Comparaison des prix Marché avec le DGD pour l'opération Aigues-Mortes secteur 1

Les Marchés ont été passés en 2006 et le DGD a été établi en octobre 2008. Les prix marché actualisés en € oct 2008 et les prix DGD en € oct 2008 sont fournis par le DGD (voir annexe).

On constate que suivant le type d'aménagement les différences entre prix marché et prix DGD peuvent varier de 2,5% à 46,38%. Si cette différence est très faible pour le rechargement, elle est notable pour les autres aménagements et en particulier pour l'allongement du brise-lames et la réalisation des épis.

L'analyse du DGD pour ces 2 aménagements montre que des avenants ont été passés. D'après l'assistant au maître d'ouvrage cet ajustement du marché initial pendant la phase travaux est dû à une modification du projet initial du maître d'œuvre. Avant de commencer les travaux, l'entreprise a effectué des levés topo-bathymétriques qui ont fait état:

- d'un approfondissement des fonds d'implantation des épis, de l'ordre de 30 à 50 cm en moyenne, par rapport au levé de juillet 2005 utilisé pour l'établissement du projet
- d'un affaissement et d'une détérioration du brise-lames existant

Cette constatation a eu pour conséquence:

- d'augmenter le volume d'enrochements nécessaire à la réalisation des ouvrages
- de réduire le volume d'enrochements pouvant être récupéré et réutilisé pour l'allongement du nouveau brise-lames.

Le prix du DGD correspond donc à un projet différent de celui établi par le maître d'œuvre sur la base duquel les offres marchés ont été faites. Les prix DGD et marché ne peuvent donc être identiques. Les ratios (coût/volume d'enrochements) calculés pour les projets finaux et pour les projets initiaux sont très proches. En effet, les coûts unitaires d'enrochement utilisés pour les avenants sont pratiquement identiques à ceux du marché initial.

En conséquence les prix marchés correspondaient au projet proposé par le maître d'œuvre et les prix DGD à un nouveau projet. La variation du prix constatée n'est donc pas due à une augmentation des prix unitaires.

Concernant le cordon dunaire, l'augmentation constatée dans le DGD est plus raisonnable (14%). Un avenant au marché a été passé pour prendre en compte l'augmentation des prix unitaires de ganivelles. Le maître d'ouvrage a accepté de payer cette augmentation puisqu'il s'est écoulé un délai important entre le moment où l'entreprise a répondu et le moment où le marché a été notifié. Entre temps le prix des ganivelles avait augmenté de 3€. Une autre raison explique cette augmentation constatée dans le DGD. Au moment où la consultation des entreprises a eu lieu, le projet de cordon dunaire n'était pas entièrement arrêté. Il était prévu de combler 3 brèches, finalement seule une brèche de taille équivalente a été comblée. Ce changement a donc occasionné des ajustements (ajout de géotextile et diminution du nombre de ganivelles).

Dans ce cas la variation du prix du DGD est surtout due à une modification des prix unitaires. Cette modification a été prise en compte par le maître d'ouvrage parce qu'elle restait raisonnable (14%).

En conclusion, les variations importantes constatées entre les prix DGD et les prix Marché sont dues à des modifications conséquentes du projet initial. Les prix Marché correspondent au prix du projet demandé par le maître d'œuvre. **Si aucune modification du projet n'a lieu pendant les travaux, les prix Marché et DGD doivent être à peu près équivalents.**

Il est donc possible d'utiliser les opérations pour lesquelles on dispose uniquement des prix marché pour estimer le coût unitaire des travaux des différents types d'aménagements.

1.2.4.3.2 Comparaison des prix PRO avec les prix Marché

	prix PRO € 2006 (HT)	prix Marché 2006 (HT)	Différence en %
Allongement du brise-lames			
Réalisation de 3 épis classiques	685 650	340 742	-50,30
Rechargement	7 416 800	6 961 900	-6,13
Création de cordon dunaire	211 637	179 940	-14,98

Tableau 5: Comparaison des prix projet et des prix Marché pour l'opération Aigues-Mortes secteur 1

Les chiffres de ce tableau sont issus du rapport d'analyse des offres. Les prix PRO correspondent à l'estimation confidentielle du projet par le maître d'oeuvre et les prix Marché aux offres des entreprises qui ont été retenues.

Cette comparaison montre des différences importantes entre les prix projets et les prix Marché. Cette fois, ces variations ne sont pas dues à une modification du projet puisque l'estimation du maître d'oeuvre et l'offre de l'entreprise sont basées toutes les deux sur les caractéristiques du projet du maître d'oeuvre.

Pour comprendre ces différences il faut se rappeler à quoi correspondent les prix PRO et les prix Marché. Le prix PRO est une estimation réalisée par le maître d'oeuvre sur la base des prix pratiqués dans la région pour des aménagements similaires. Les prix Marché sont le reflet de la concurrence et des conditions économiques du moment où l'appel d'offre est lancé.

L'objectif du maître d'oeuvre est d'estimer le projet le plus justement possible. Ensuite ce sont la concurrence et les conditions économiques du moment qui décident du prix Marché. Pour ces raisons, les prix Marché peuvent être parfois assez différents des prix PRO, comme c'est le cas pour les épis et le brise lame de l'opération d'Aigues-Mortes secteur 1.

En conclusion les prix PRO, bien que parfois très éloignés du prix Marché, sont tout de même une indication du prix de l'ouvrage. Ils donnent un prix moyen.

Pour déterminer le coût unitaire des différents types d'aménagement de protection, il est possible de les exploiter si on ne dispose pas de mieux, cependant les résultats devront être considérés avec précaution en l'état: **il devra être gardé à l'esprit qu'il s'agit de prix moyens.**

1.2.4.3.3 Les prix AVP

Le prix proposé par le maître d'oeuvre lors de la phase avant projet est une estimation de l'aménagement encore amont par rapport à l'estimation projet. Cette estimation est basée sur un projet d'aménagement dont les caractéristiques techniques ne sont pas toutes arrêtées. Il s'agit donc d'une estimation relativement approximative du prix de l'aménagement.

Le prix AVP donne donc une indication du prix de l'ouvrage mais ce prix est plus approximatif que le prix PROJET.

Pour déterminer le coût unitaire des différents types d'aménagement de protection, il est possible d'exploiter les prix AVP si on ne dispose pas de mieux, cependant il faudra garder à l'esprit qu'il s'agit de prix approximatifs.

1.2.5 Calcul du coût unitaire de chaque type d'aménagement de protection du littoral

Il convient tout d'abord de rappeler que le coût global correspondant à la réalisation d'un ouvrage de protection comprend le coût des travaux et le coût des prestations intellectuelles.

1.2.5.1 Estimation de la part des prestations intellectuelles dans le coût de travaux d'un aménagement de protection

La part des prestations intellectuelles peut être estimée en exploitant les données de l'opération Aigues-Mortes secteur 1 pour laquelle le montant définitif des prestations intellectuelles et le décompte général définitif des travaux sont disponibles.

Les montants des marchés de prestations intellectuelles ont été actualisés à l'aide de l'indice Ingénierie selon la formule suivante $P_f = P_o(0,15 + 0,85(\frac{I_f}{I_o}))$ avec f mois de référence (ici octobre 2008 (date du DGD)) et o mois du marché.

La décomposition des prestations intellectuelles actualisées (euros HT octobre 2008) est la suivante :

- mission du maître d'œuvre (phase étude et travaux), marché de mai 2005: 253 653 € (Étude) + 174 200 € (Travaux)
- mission de l'assistant à maîtrise d'ouvrage (phase étude et travaux): 22 000 €
- mission du Coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (phase travaux): 5 500 €
- mission du bureau d'études chargé de la réalisation des dossiers réglementaires, marché notifié en juin 2004: 83 819 €
- mission du bureau d'études chargé du suivi environnemental: 69 250 €

Le montant total des prestations intellectuelles est donc de: 608 422 €

Le coût correspondant à la réalisation de l'étude générale (cf. figure 1) n'est pas inclus dans le coût des prestations intellectuelles: l'étude générale étant très en amont de l'opération.

Sachant que le montant global des travaux HT est de 8 068 978 € (octobre 2008), les **prestations intellectuelles représentent 7,5 % du montant global des travaux.**

Ce chiffre est proche des 8 à 10 % communément admis.

Pour la suite de l'étude (partie 2) on considérera que les prestations intellectuelles sont égales à 10% du montant des travaux.

1.2.5.2 Calcul du coût unitaire des travaux pour chaque type d'aménagement de protection

Pour évaluer le coût unitaire des travaux des différents types d'aménagement recensés dans les opérations étudiées, il a été rassemblé dans un tableau pour chaque type d'aménagement les caractéristiques de ces derniers, l'opération à laquelle il se rapporte et le coût correspondant.

L'ensemble des coûts sont exprimés en € HT valeur de référence mars 2009 à l'aide des indices TP correspondant. Conformément à la pratique, il est utilisé:

- le TP02 pour les ouvrages en enrochement, les cordons dunaires, les ouvrages atténuateurs de houle, les travaux de végétalisation...
- le TP06 pour les rechargements

Rappel de la formule d'actualisation :

$P_f = P_o \times \frac{ITP_f}{ITP_o}$ avec f le mois et l'année de référence (ici mars 2009), o le mois et l'année de l'estimation chiffrée dont on dispose.

Les coûts unitaires calculés dans chaque tableau sont notés CA/mlo et CA/m³, soit respectivement coût actualisé par mètre linéaire d'ouvrage (CA/mlo) et coût actualisé par m³ de matériaux (CA/m³).

1.2.5.2.1 Les épis

Parmi les opérations étudiées, seule l'opération Aigues-Mortes secteur 1 met en œuvre des épis en enrochement. Pour les épis, les caractéristiques techniques à prendre en compte sont:

- la longueur,
- la cote d'arase,
- la largeur en tête,
- la cote du fond.

Ces caractéristiques permettent de définir le volume d'enrochements nécessaire.

Le DGD étant disponible pour cette opération, ce sont les caractéristiques des ouvrages construits et le prix de ces derniers qui ont été recensés dans le tableau.

Pour augmenter le nombre d'exemples, le prix et les caractéristiques des épis prévus en phase marché ont également été renseignés puisqu'il s'agit d'un projet différent (voir explication § 1.2.4.3).

Opération	Localisation	Etape	technique	volume d'enrochements (m ³)	longueur (m)	cote d'arase (m NGF)	largeur en tête (m)	date de réalisation	Coût € Oct 2008 HT	Coût actualisé € Mars 2009 HT	CA/mlo	CA/m3	observations	
Aigues-Mortes secteur 1	Boucanet / Grau du roi	DGD	3 épis en enrochement 0,5-2T	4270	90+95+130		1	2	2007	211369	209034	664	49	
Aigues-Mortes secteur 1	Boucanet / Grau du roi	Marché	3 épis en enrochement 0,5-2T	3030	100+110+145		1	2	2007	156956	155222	493	51	

Tableau 6: Coûts et caractéristiques des épis mise en oeuvre par les opérations étudiées

La comparaison du projet en phase Marché avec le projet final montre que les épis construits, raccourcis par rapport au projet en phase Marché ont vu leur coût/ml augmenté (de 493 €/ml à 664 €/ml). Cela met en évidence que la longueur n'est pas le seul paramètre qui influe sur le prix des épis, le volume d'enrochements également. Il n'est donc pas complètement satisfaisant de retenir uniquement un coût par mètre linéaire pour les épis, cependant le coût/m³ n'est pas utilisable pour estimer globalement le coût de scénarios d'aménagement par secteur puisque jusqu'à maintenant le profil des fonds sous-marins n'est pas disponible.

Il est à noter que dans la littérature le coût unitaire des épis est exprimé en €/ml.

Comparaison des coûts calculés avec ceux issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT					
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Méthodes « lourdes »						
Épi classique en enrochement	1800 €/ml	2700 €/ml	1620 à 2160 €/ml	400 à 890 €/ml	4005440 €/ml	664 / 493 €/ml

Tableau 7: Coûts fournis par la bibliographie pour les épis en enrochement

On constate que ce coût est relativement proche de la fourchette calculée par le CETMEF pour la côte

Méditerranéenne. En revanche il est 3 fois voire 5 fois inférieur aux coûts proposés respectivement par le BCEOM et l'EID. Peut-être est ce dû au fait qu'ils sont implantés dans un secteur où la houle est faible ? Le dimensionnement des blocs étant dépendant de la hauteur de la houle (formule d'Hudson), les enrochements mis en oeuvre ont peut-être une taille plus faible que ceux des épis classiques. Pour confirmer ou infirmer les valeurs obtenues et cette hypothèse, il serait nécessaire de disposer de plus d'exemples.

En l'absence de données supplémentaires, on retiendra pour la suite de l'étude (partie 2) un coût unitaire des épis égal à 1000 €/ml.

1.2.5.2.2 Les Brise-lames

Deux opérations mettent en oeuvre des brise-lames:

- Aigues-Mortes secteur 1 où un BL existant est rétabli à la cote d'arase +2m et allongé de 30 m à l'Ouest et 20m à l'Est
- Valras-Vendres où 3 brise-lames neufs de 75 m de long sont créés

Les caractéristiques techniques des brise-lames sont:

- la longueur
- la cote d'arase
- la cote de fond
- la largeur en tête
- la distance au rivage
- le volume d'enrochements

Pour les 3 brise-lames de Valras-Vendres (de 75 m de long chacun), les caractéristiques et le coût recensés ci-dessous sont ceux du marché passé en octobre 2006.

localisation	étape	technique	volume d'enrochements (m3)	longueur (m)	fond (m NGF)	cote d'arase (m NGF)	hauteur (m)	largeur en tête (m)	date de réalisation	Coût € HT	Coût actualisé € HT mars 2009	CA/mlo	CA/m3	observations
Carnon	DGD	allongement enrochements 2-4T; 1-3T	6158	30+20 (longueurs ajoutées)	-2	2	4	9	2008	(Oct 2008) 288123	284941	5699	46	réutilisation de 1015 m3 d'enrochements du BL existant
Valras	Marché	3 brise lames enrochements 5-7T; 3-5T	31700	225	-3,5	2	5,5	11,77	2007-2008	(Oct 2006) 1440600	1573833	6995	50	réutilisation de 7900 m3 d'enrochements existants sur site

Tableau 8: Coûts et caractéristiques des brises-lames mis en oeuvre par les opérations étudiées

Comme pour les épis, le coût unitaire des brise-lames est exprimé dans la bibliographie en €/ml alors que leur coût est fortement dépendant du volume d'enrochements défini par la cote du fond du secteur d'implantation.

Comparaison du coût calculé avec ceux issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT					
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Méthodes « lourdes »						
Brise-lames classique	4800 €/ml	4360 €/ml (BCEOM)	4320 à 5400 €/ml	4900 à 620 €/ml		6995 €/ml

Tableau 9: Coûts fournis par la bibliographie pour les brises lames

Aucun exemple d'allongement de brise-lames existants n'est fourni dans la littérature.

Concernant la réalisation de brise-lames classiques, le coût unitaire calculé est nettement supérieur à ceux proposés par les autres sources de données. Cela peut être dû :

- à la profondeur d'implantation (-3,5m) qui nécessite une quantité importante d'enrochements
- au type d'enrochement composant l'ouvrage: carapace constituée d'enrochements de 5-7t et 3-5t

Dans l'étude de l'EID, l'annexe 1 présente des coûts d'installation de brise-lames fournis par la DDE 13:

- brise-lames de 60m à -3m : 6700 € HT /ml
- brise-lames de 100 m à -4m : 7100 € HT /ml

Ces coûts non actualisés dont on ne connaît pas la date exacte (2005 ou 2006) sont plus proches de celui calculé.

On peut émettre l'hypothèse que le coût calculé est représentatif des brise-lames classiques installés à une profondeur importante (entre -3 et -4m). Pour confirmer ou infirmer cette hypothèse, il serait nécessaire de disposer d'autres exemples ou de plus d'informations sur les coûts proposés par la littérature.

A défaut, on retiendra pour la suite de l'étude (partie 2) un coût moyen entre coût calculé et coût de la bibliographie, égal à 5000 €/ml pour un brise-lames

1.2.5.2.3 Les butées de pied en enrochement / en géotextile

Seule l'opération réalisée sur Valras-Vendres en 2007/2008 a mis en place une butée de pied en enrochement et une butée de pied en géotextile. Les caractéristiques techniques d'une butée de pied en enrochement ou en géotextile sont les suivantes:

- la longueur
- la cote du fond
- la cote d'arase
- la largeur en tête
- le volume d'enrochements ou de sable

Les caractéristiques ainsi que le coût de ces 2 projets ont été recueillis dans le DCE (dossier de consultation des entreprises) et le marché datant de 2006.

localisation	Etape	Technique	longueur (m)	volume d'enrochements (m ³)	fond (m NGF)	cote d'arase (m NGF)	hauteur (m)	largeur en tête (m)	date de réalisation	coût € (HT) oct 2006	coût actualisé mars 2009€ (HT)	CA/mlo	CA/m3	observations
Valras/Vendres	Marché	enrochement 2-4T	300	8350	-4,5	-1,7	2,8	3,6	2008	698621	763233	2544	91	prix marché, il devrait être rajouté dans le DGD enrochements supplémentaires (400 m3) et draguage

Tableau 10: Coûts et caractéristiques des butées de pied en enrochement mis en oeuvre par les opérations étudiées

localisation	Etape	Technique	longueur (m)	volume de sable (m ³)	fond (m NGF)	cote d'arase (m NGF)	hauteur (m)	largeur max (m)	date de réalisation	Coût € HT (oct 2006)	Coût € HT actualisé (mars 2009)	CA/mlo	observations
Valras/Vendres	Marché	boudins de sable	300	dragué sur le lieu d'implantation	-4,1	-1,7	2,4	5,1	débutée l'hiver 2008 mais pas terminée	397493	434255	1448	prix marché > prix fixé dans le DCE

Tableau 11: Coûts et caractéristiques des butées de pied en géotextile mis en oeuvre par les opérations étudiées

Comme pour les épis et les brise-lames, le coût unitaire des butées de pied en enrochement est exprimé dans la bibliographie en €/ml alors que leur coût est fortement dépendant du volume d'enrochements défini par la côte de fond du secteur d'implantation.

Comparaison des coûts calculés avec ceux issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT					
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Méthodes « lourdes »						
Butée de pied (réduction de la pente de la plage)						
- en enrochement	4800 €/ml	1600 à 4800 €/ml	3240 à 4320 €/ml			2544 €/ml
- en géotextile	2400 €/ml	840 à 7850 €/ml	2160 €/ml			1448 €/ml

Tableau 12: Coûts fournis par la bibliographie pour les butées de pied

Le coût unitaire obtenu pour la butée de pied en enrochement 2544 €/ml est inférieur à la fourchette avancée par le BCEOM (entre 3200 et 4300 €/ml, voire 4800 €/ml). Ce coût entre en revanche dans celle proposée par l'EID (entre 1600 et 4800 €/ml). L'idéal serait de disposer d'autres exemples pour affiner la fourchette de prix à considérer par la suite.

Le coût calculé pour la butée de pied en géotextile est nettement inférieur au coût BCEOM. Cependant il entre dans la fourchette extrêmement large fournie par l'EID. Cette fourchette de l'EID tend à montrer que les prix de ce type d'aménagement sont très variables. Là encore d'autres exemples seraient utiles pour définir un coût unitaire moyen.

A défaut de données supplémentaires, on retiendra pour la présente étude les coûts suivants : 3000 €/ml pour une butée de pied en enrochement et 1500 €/ml pour une butée de pied en géotextile.

1.2.5.2.4 les ouvrages atténuateur de houle

Le projet en cours sur le lido de Sète à Marseillan prévoit la création d'un ouvrage atténuateur de houle sur le secteur de Villeroy. Les caractéristiques techniques d'un ouvrage atténuateur de houle sont:

- la longueur
- la distance au rivage
- la côte du fond

Le PROJET de cet aménagement a été rendu par le maître d'oeuvre fin 2008. Les caractéristiques de l'ouvrage et son coût ont été rassemblés dans le tableau.

Localisation	Etape	Nature des travaux	longueur (m)	date de réalisation	côte du fond	hauteur(m)	distance au rivage (m)	largeur max (m)	Coût € HT (oct 2008)	Coût € HT actualisé (mars 2009)	CA/mlo € HT (mars 2009)	observations
Lido de Sète / Villeroy	PRO	constitué de 2 boudins géotextile	1000	En projet	6	3	350	12	1914000	1892859	1893	durée de vie 40 ans

Tableau 13: Coûts et caractéristiques des ouvrages atténuateurs de houle prévus par les opérations étudiées

Le coût unitaire calculé sur la base de l'estimation PROJET est de 1893 €/ml. Ce coût étant un coût PROJET, il est à prendre avec précaution. En effet, il s'agit d'un prix moyen de ce type d'ouvrage. Concernant ce type d'ouvrage novateur, il existe très peu de données dans la littérature. Le BCEOM chiffre les

boudins en géotextile à 7200 €/ml. S'il s'agit du même type d'ouvrage, la différence avec le coût de celui prévu sur le Lido de Sète est considérable.

Pour ce type d'ouvrage, on ne peut conclure sur un prix unitaire à considérer. D'autres exemples sont nécessaires.

1.2.5.2.5 Les drains de plage

Le dispositif Ecoplage est en cours de réalisation sur le lido de Sète à Marseillan au droit de l'usine Listel. La longueur est la caractéristique principale de ce type d'ouvrage.

Le marché passé en 2008 donne le coût du dispositif. Contrairement aux autres types d'aménagement, le coût total du marché comprend les prestations intellectuelles puisqu'il s'agit d'un dispositif breveté.

Localisation	Etape	Nature des travaux	longueur (m)	date de réalisation	coût conception € HT (mars 2008)	coût réalisation € HT (mars 2008)	coût total € HT (mars 2008)	Coût total € HT actualisé (mars 2009)	CA/mlo € (HT)	observations
Lido de Sete / Listel	(mars 2008) Marché 2008	drains installés sous la plage	700	En cours	92000	1098000	1190000	1213172	1733	prix au ml intégrant la conception

Tableau 14: Coûts et caractéristiques des drains de plage prévus par les opérations étudiées (avec coût de la conception)

Localisation	Etape	Nature des travaux	longueur (m)	date de réalisation	coût réalisation € HT (mars 2008)	Coût total € HT actualisé (mars 2009)	CA/mlo € (HT)	observations
Lido de Sete /Listel	(mars 2008) Marché 2008	drains installés sous la plage	700	En cours	1098000	1119380	1599	prix au ml intégrant la conception

Tableau 15: Coûts et caractéristiques des drains de plage prévus par les opérations étudiées (sans coût de la conception)

Le coût unitaire des travaux est de 1599 €/ml. En comptant les prestations intellectuelles, le coût unitaire est de 1733 €/ml.

Comparaison des coûts calculés avec ceux issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT					
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Nouveaux procédés						
Drains de plage(Ecoplage)	1560 €/ml		1404 €/ml		1950 €/ml	1599 €/ml

Tableau 16: Coûts fournis par la bibliographie pour les drains de plage

Selon le BCEOM, le coût de mise en œuvre de ce procédé est de l'ordre de 1400 – 1500 €/ml. Si ce coût n'intègre pas la conception de l'ouvrage (information dont on ne dispose pas), il est cohérent avec le coût unitaire du dispositif prévu sur le Lido : 1599 €/ml.

Pour la suite de l'étude, on retiendra un coût unitaire de ce procédé égal à 1700 €/ml (conception induite).

1.2.5.2.6 Le rechargement

La plupart des opérations étudiées ont mis en œuvre ou prévoient un rechargement en sable.

Le rechargement se caractérise non seulement par le volume de sable mobilisé mais également par la nature et

la position du gisement, qui détermine le type d'engins nécessaire.

Le sable peut être d'origine terrestre (carrières) ou littorale (sable sous-marin ou présent sur la plage). En fonction de son origine, il est acheminé du gisement au site à recharger par camions ou au moyen d'une drague et de conduites. Deux types de dragues sont utilisées:

- la dragueuse aspiratrice en marche (DAM) qui une fois remplie de sable, se déplace jusqu'au site à recharger pour l'évacuer par conduites
- la dragueuse stationnaire qui extrait et refoule le sable directement jusqu'au site à recharger au moyen de conduites

Pour les opérations Aigues-Mortes secteur 1 et Valras/Vendres, les caractéristiques et le coût sont issus respectivement du DGD et du marché. Pour ces 2 opérations le coût correspondant au volume de sable nécessaire au cordon dunaire a été soustrait du coût total.

Dans le tableau récapitulatif ci-dessous, il est également noté les caractéristiques et le coût des rechargements projetés pour les opérations Aigues-Mortes secteur 2, Lido de Sète et Vias qui en sont respectivement à la phase AVP et Etude préliminaire.

localisation	étape	nature des travaux	longueur (m)	volume (m3)	origine du sable	transport	distance entre gisement et site à recharger (km)	date de réalisation	coût € HT	coût actualisé € HT (mars 2009)	CA/mio € HT	CA/m3 € HT	observations
Valras/Vendres	Marché (oct 2006)	rechargement en sable derrière les 3 BL et la butée de pied en enrochement	780	80000	accumulation sous-marine à l'Est de la digue de l'Orb	drague stationnaire + 3,5km de conduite	3,5	2008	1093636	1166559	1496	14,6	le coût correspond au coût total - coût 8000 m3 cordon. Le volume est uniquement celui du rechargement
Aigues-Mortes secteur 1: Petit travers Carnon Est Palavas (+ roquilles) Boucanet/ Grau du roi	DGD (oct 2008)	sable	3300	382138	flèche sous-marine de l'Espiguette	DAM de taille moyenne	11	2008	2533399	2431615	737	6,4	le volume ne prend pas en compte les 13000m3 nécessaire au cordon
			1800	187903			11		1245712	1195663	664	6,4	
			3050	355279			14		2355339	2260709	741	6,4	
Aigues-Morte secteur 2	AVP (oct 2007)	sable	1500	320 000	plage sèche de l'Espiguette	dumpers	?	en projet	2200000	2159026	1439	6,7	le coût comprend 10% pour l'installation de chantier et 15% pour le poste divers et non métrés
Lido de Sète à Marsellian (Listel)	Etude préliminaire	sable	1700	600 000	flèche sous-marine de l'Espiguette OU site Beachmed	non défini	?	en projet	9000000	9000000	5294	15,0	
Vias	Etude préliminaire (oct 2005)	sable	200000	675000	plage sèche de Valras-plage et sérignan	dumpers	10 km max	en projet	1600000	1737793		8,7	
					flèche sous-marine de l'Espiguette OU site Beachmed	DAM de taille moyenne OU DAM Jumbo	70 km dans les 2 cas		8000000	8688965		12,9	

Tableau 17: Coûts et caractéristiques des rechargements mis en oeuvre par les opérations étudiées

Pour toutes ces opérations l'origine du sable est littorale. Dans le cas d'Aigues-Mortes secteur 2 et de la phase 1 de Vias, le transport est prévu par voie terrestre et non par drague.

Que le sable soit transporté par drague ou par camions, le coût unitaire de ces 6 rechargements est compris entre 6 et 15 €/m³.

Cette fourchette de coût est relativement semblable à celles proposées par la littérature. Seul le prix du rechargement par voie terrestre proposé par le BCEOM (108€/m³) s'avère très différent.

	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Méthodes « douces »						
Rechargement par apport de matériau et remodelage	12 à 24 €/m ³	7,5 et 15 €/m ³ (sable)		3,2 à 9 €/m ³ (sable)	3 à 11 €/m ³ (sable)	6,4 à 15 €/m ³ (sable)
Rechargement par draguage (drague aspiratrice et gisement proche du rivage)			10,5 €/m ³ (+ 106 000€ d'aménagé et repli de matériel)			
Rechargement par voie terrestre			108 €/m ³			

Tableau 18: Coûts issus de la bibliographie pour le rechargement de plage

Si on s'intéresse plus particulièrement aux 2 rechargements terminés (dont les coûts sont les plus fiables), pour lesquels le transport a été effectué par drague, on constate que le coût unitaire est d'environ 14€/m³ pour Valras-Vendres et de 6-7 €/m³ pour Aigues-Mortes secteur 1. Cette différence s'explique par le volume de sable mobilisé dans les 2 cas: 80 000 m³ à Valras-Vendres et 1 million de m³ à Aigues-Mortes secteur 1.

Cela montre que le coût d'un rechargement par drague dépend du volume mis en oeuvre. Il semble être environ égal à 10 €/m³. Si le volume rechargé est conséquent (plusieurs centaines de milliers de m³) le coût unitaire peut atteindre 6€/m³. En revanche, s'il est faible (inférieur à 100 000m³), le coût sera plutôt de 15 – 20€/m³.

Pour information, le prix d'un rechargement par dragage se décompose en une part fixe et une part variable. La part fixe comprend l'aménagement/repli de la drague, le montage/démontage de la conduite, les levés topobathymétriques. Cette part fixe varie en fonction du type et de la localisation de la drague (distance par rapport au chantier précédent). La part variable correspond au prix du m³ de sable qui est dépendant du rendement journalier de la drague, fonction lui-même de la vitesse, de la capacité de la drague et de la distance entre le gisement et le site à recharger.

Pour une DAM de taille moyenne, telle que celle utilisée sur le secteur 1 d'Aigues-Mortes:

la part fixe comprend:

l'aménagement/repli de la drague ~ 400 000 €

le montage/démontage de la conduite immergée ~ 500 000€

le déplacement de la conduite ~110 000€

les levés topobathymétriques dont le montant correspond à 3% du prix du rechargement

le prix du m³ de sable est d'environ 4€ pour une distance entre les sites comprise entre 3,5 et 15km et de 14€ pour une distance de 70 km (d'après le rapport phase 3 de l'étude générale pour la protection du littoral entre l'Orb et l'Hérault d'octobre 2005 réalisé par Sogreah)

Pour une dragueuse suceuse, telle que celle utilisée sur Valras-Vendres:

la part fixe correspond à l'aménagement/repli de la drague ~ 200 000 €

la part variable au prix du m³ de sable ~ 11€.

Pour cette opération le marché n'indique pas si c'est le coût du m³ ou le coût aménagement/repli du matériel qui intègre la mise en place de la conduite de 3,5km

Pour une DAM de grande capacité (Jumbo drague), telle que celle envisagée pour le rechargement massif du littoral de Vias Ouest:

l'aménagement/repli de la drague ~ 1 500 000 €

le montage/démontage de la conduite immergée ~ 2 000 000 €

le m³ dragué ~ 7 € (distance par rapport au site BEACHMED: 70km)

1.2.5.2.7 La création de cordons dunaires

Parmi les opérations étudiées, 5 mettent en oeuvre ou prévoient la création d'un cordon dunaire. Les paramètres caractéristiques d'un cordon dunaire sont:

- sa longueur,
- le volume de sable mobilisé, qui dépend de la géométrie du cordon (côte d'arase, hauteur, largeur en tête, pentes),
- les équipements de protection (ganivelles, végétation, phragmites) et d'accès mis en place (accès piétons, handicapés, véhicules).

Les caractéristiques et le coût de ces 5 cordons dunaires, rassemblés dans le tableau qui suit, sont issus des documents suivants:

- Valras-Vendres: marché passé en octobre 2006
- Aigues-Mortes secteur 1: DGD datant d'octobre 2008
- Lido de Sète: marché passé en septembre 2006
- St-Cyprien: estimation projet de décembre 2008
- Aigues-Mortes secteur 2: estimation AVP d'octobre 2007

Pour Valras et Aigues-Mortes secteur 1, le sable nécessaire à la création du cordon dunaire n'apparaît pas dans le marché relatif au cordon mais dans celui du rechargement. Afin de prendre en compte l'ensemble des coûts relatifs à la création de ce type d'aménagement, la part correspondant au cordon dans les marchés de rechargement a été intégrée dans le prix du cordon.

Pour St Cyprien, il est à noter que le DCE ne dissocie pas la création du cordon prévue sur le secteur Sud (250 m) et la réhabilitation prévue sur le secteur Nord (730m). Les frais fixes d'installation du chantier sont donc communs aux deux types d'aménagement. Il a été choisi, ici, d'intégrer l'ensemble des frais d'installation du chantier dans le coût du cordon. Ce qui est peut-être une hypothèse majorante.

Concernant le Lido de Sète, l'ensemble du linéaire a été découpé en 4 secteurs homogènes du point de vue de la présence ou non d'un cordon dunaire naturel:

- 2 sont concernés par la création d'un cordon dunaire (secteur 1: de la pointe du triangle de Villeroy aux « trois digues » ; secteur 3: du camping du Castellas aux dunes de Marseillan)
- les 2 autres sont concernés par une réhabilitation du cordon existant (secteur 2: des « trois digues » au camping de Castellas ; secteur 4: cordon dunaire à l'est de Marseillan)

Dans le marché des travaux terrestres du Lido qui comprend le déplacement de la route et l'aménagement du cordon, seul le coût de création du cordon dunaire sur le secteur 1 peut être identifié (puisque'il est le seul à être réalisé pendant la phase 1 du projet). Pour indication, le coût total de la réhabilitation et de la création du cordon dunaire sur l'ensemble du linéaire est donné dans le tableau ci-dessous. A noter que pour le Lido, les coûts indiqués ne prennent pas en compte les travaux d'installation du chantier, difficile à isoler. Les coûts unitaires calculés pour le lido devraient donc être plus faibles que les autres.

localisation	Etape	Technique	longueur (m)	côte d'arase (m NGF)	hauteur (m)	largeur en tête (m)	Volume de sable (m³)	géométrie du cordon (m/m)	date de réalisation	coût € (HT)	coût actualisé € (HT) (mars 2009)	CA/mi	CA/m3	observations
Valras	Marché oct 2006	sable, chemin piéton à l'arrière du cordon, ganivelles, pas de végétalisation	450	3	1		8000	18	2008	263776	288171	640	36	le coût prend en compte les 8000 m3 de sable issus du rechargement, coût des 8000 m3 = (1203000/8000)*8000
Petit travers	DGD oct 2008	sable, ganivelles, pas de végétalisation	600				17455	29	2008	306684	303297	505	17	le coût intègre les 13955 m3 issus du rechargement
St Cyprien	DCE dec 2008	sable, accès handicapé, déplacement du chemin arrière, ganivelles	250	3	0,8	3	1000	4	DCE 2008	132800	132393	530	132	réhabilitation et création dans le même marché. typ: le coût prend en compte seulement la création + installation du chantier
Aigues-Morte secteur 2	AVP oct 2007	apport de sable, ganivelle, végétalisation, accès piéton	1000	4	3,5	2	35000	35	en projet	531000	560198	560	16	le coût intègre les 10% relatif à l'installation du chantier et 15% de divers et non métrés
		511760								539900	540	15		
Lido de Sète (ensemble du linéaire)	Marché sept 2006	terrassement de sable, ganivelle, phragmites, végétalisation, accès piétons, véhicules	9850	3		1	369600	38	2007-2009	2617925	2868158	291	8	Sur ce linéaire, 1/3 de réhabilitation et 2/3 de création de cordon Destruction de la route nationale (source de sable) non comptée
Lido de Sète (secteur 1)	Marché sept 2006	terrassement de sable, ganivelle, phragmites, végétalisation, accès piétons, véhicules	3850	3	1,5	1	215800	56	2008	1387520	1520145	395	7	Destruction de la route nationale (source de sable) non comptée

Tableau 19: Coûts et caractéristiques des cordons dunaires créés par les opérations étudiées

Dans l'ensemble, la composition des cordons réalisés dans ces 5 opérations sont semblables: il sont constitués de sable, de ganivelles et d'accès (piétons, handicapés, véhicules). En revanche ils ne sont pas tous végétalisés. Cependant, il faut savoir que la végétalisation ne représente pas une part significative du prix d'un cordon dunaire. En effet, le coût/ml du cordon envisagé sur le secteur 2 d'Aigues-Mortes est de 560€ avec végétalisation et de 540 € sans végétalisation.

Si tous ces cordons sont relativement semblables en terme de composition (sable, accès, ganivelles, végétalisation), ils n'ont pas la même géométrie (nombre de m³/ml). Le nombre de m³/ml est de 4 pour St Cyprien et de 56 pour le secteur 1 du Lido. Il s'agit là des deux extrêmes puisque le nombre de m³/ml des autres cordons est situé entre 18 et 35. Ces différences sont importantes à préciser puisque les deux principaux postes constitutifs du prix d'un cordon sont le volume de sable et les ganivelles.

Les coûts unitaires (€/ml) calculés pour ces 5 cordons montre une certaine homogénéité. Ils varient entre 395 et 640 €/ml. Le coût unitaire de l'ensemble du linéaire du lido de Sète n'est pas pris en compte puisqu'1/3 est concerné par de la réhabilitation. Trois de ces opérations affichent un coût unitaire situé entre 500 et 560 €/ml. Plusieurs facteurs peuvent expliquer le faible coût du cordon du secteur 1 du lido de Sète:

- le coût d'installation du chantier n'a pas été pris en compte,
- le coût du m³ de sable apporté est très faible par rapport à celui des autres cordons puisque le sable provient de la destruction de la route (1,5 €/m³ contre 7€/m³ à Aigues-Mortes secteur 1 et secteur 2 et 14 €/m³ à Valras)
- l'effet d'échelle dû à la longueur du cordon traité

Si le coût unitaire du cordon du Lido (secteur 1) est plus faible que les autres, celui de Valras est quant à lui un peu supérieur (640 €/ml). L'analyse dans le détail du marché du cordon de Valras fait apparaître que près de la moitié du coût du cordon est consacrée à la mise en place de traverses en bois traité, utilisées pour réaliser le chemin piéton à l'arrière du cordon. Le cordon de Valras est le seul à comprendre la réalisation d'un tel chemin.

A noter que le coût unitaire du cordon de St Cyprien est élevé par rapport à son faible volume de sable (4m³/ml). Plusieurs facteurs l'expliquent :

- il comprend le déplacement du chemin stabilisé présent sur l'emplacement du cordon
- le coût d'installation et de repli du chantier est compté intégralement (voir ci-dessus)
- il s'agit d'un coût moyen donc un peu sur-estimé : estimation PROJET du maître d'oeuvre
- le prix élevé des ganivelles (22€ décembre 2008): prix équivalent à celui de l'opération Aigues-Mortes secteur 1 (20€ octobre 2008) mais bien supérieur à celui des opérations de Valras (13€ octobre 2006) et Aigues-Mortes secteur 2 (13€ octobre 2007).

Comparaison avec les coûts unitaires issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT				
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé
Méthodes « douces »					
Création d'un cordon dunaire	680 €/ml	350 à 436 €/ml			Mars 2009* DRE LR 505 à 560 €/ml

Tableau 20: Coûts issus de la bibliographie pour la création de cordons dunaires

Les coûts unitaires proposés par le BCEOM et l'EID sont relativement proches de ceux calculés.

On retiendra pour la suite de l'étude (partie 2) un coût unitaire des travaux égal à 500 €/ml pour la création d'un cordon dunaire de volume moyen (entre 20 et 40 m³/ml).

1.2.5.2.8 La réhabilitation et la mise en défend de cordons dunaires

Si la réhabilitation d'un cordon dunaire consiste en règle général à combler des brèches (apport de sable) et à installer des équipements de protection contre l'érosion éolienne (ganivelles, plantations) et contre le piétinement (clôtures, accès piétons, handicapés, voitures), la mise en défend se restreint à le protéger du piétinement. Les caractéristiques de ces aménagements sont donc :

- la longueur de la dune protégée
- les équipements mis en place

Parmi les opérations étudiées, il existe peu d'exemples de réhabilitation et de mis en défend de dunes et ceux dont on dispose sont peu avancés: stade projet ou avant-projet:

- St Cyprien : DCE de décembre 2008 (estimation projet)
- Aigues-Mortes secteur 2 : AVP d'octobre 2007
- Villeneuve-les-Maguelone secteur 1 : AVP de décembre 2008 en cours de révision

Pour augmenter le nombre d'exemples, les caractéristiques et le coût de la mise en défend du secteur des Mourets à Leucate, réalisé en juin 2008, ont été collectés.

localisation	Etape	Technique	longueur (m)	Volume de sable (m ³)	date de réalisation	coût € (HT)	coût actualisé € (HT) (mars 2009)	CA/ml	CA/m ³	observations
St Cyprien	DCE dec 2008	sable, accès piétons, ganivelles, chemin pour personne à mobilité réduite	730	700	DCE 2008	331200	330185	452	472	réhabilitation et création dans le même marché. <u>hyp</u> : le coût prend compte la réhabilitation et l'intégralité de l'installation/repli de chantier
Aigues-Mortes secteur 2	AVP oct 2007	pose de ganivelles exclusivement	300		en projet	12675	13372	45		le coût intègre 10% relatif à l'installation du chantier+15% de divers et non métrés
Leucate secteur des Mourets	DGD juin 2008	pose de ganivelles et clôture	1300		7	53000	52015	40		
Villeneuve secteur 1	AVP dec 2008	comblement brèche sur 50m, végétalisation sur 500m, réparation du cordon sur 100m, pieux sur 1600m	1600		en projet	629000	627071	392		(ajout des 10% relatif aux divers et non métrés)

Tableau 21: Coûts et caractéristiques des cordons dunaires réhabilités dans les opérations étudiées

Pour l'opération de St Cyprien, de la même manière que pour la création du cordon dunaire, le coût de la réhabilitation, présent dans le tableau ci-dessous, prend en compte la totalité du coût d'installation et de repli du chantier.

A St Cyprien comme à Villeneuve secteur 1, il s'agit de réhabilitation de cordons dunaires. A St Cyprien, la réhabilitation prévoit l'apport de sable pour combler une brèche, la mise en place de ganivelles, la réalisation d'accès piéton et voiture. Sur Villeneuve secteur 1, la réhabilitation est moins classique. Elle prévoit le comblement d'une brèche sur 50 m, la réparation du cordon sur 100m, la végétalisation du cordon sur 500m et la mis en place de pieux sur l'ensemble du linéaire (1600m) pour éviter le piétinement. Le coût unitaire de ces 2 réhabilitations est relativement homogène: entre 400 et 450 €/ml. Ces coûts paraissent un peu élevé en comparaison du coût de création d'un cordon (voisin de 500€/ml). Deux raisons à cela :

- St Cyprien : prise en compte de la totalité du coût d'installation et de repli du chantier
- estimation projet ou avant-projet approximative et majorante

Sur le secteur 2 d'Aigues-Mortes, l'aménagement de la dune consiste exclusivement à poser des ganivelles pour la conforter. D'après l'AVP, le coût unitaire de ce confortement est de 45 €/ml.

Concernant la mise en défend proprement dite, le seul exemple dont nous disposons est celui du secteur des Mourets à Leucate. Le coût unitaire de cet aménagement est de 40€/ml.

Comparaison avec les coûts unitaires issus de la bibliographie:

Solutions	Coût en € Actualisé (mars 2009) HT					
	Source BCEOM 2004* Actualisé	Étude EID 2006* Actualisé	Source BCEOM 2007* Actualisé	CETMEF 2002* (Côte méditerranéenne) Actualisé	CETMEF 2002* (France entière) Actualisé	Mars 2009* DRE LR
Méthodes « douces »						
Réhabilitation cordon dunaire avec Ganivelles uniquement	29 €/ml	22 €/ml				
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 8 lignes)	380 €/ml					
Ouvrage « para-sable » (maillage de ganivelles: 4 lignes)		82 €/ml				
Végétalisation	20 €/m	82 €/ml de cordon				
Mise en place de Ganivelles + plantations					54 €/ml de cordon	

Tableau 22: Coûts issus de la bibliographie pour la réhabilitation de cordons dunaires

Il n'existe pas de données dans la bibliographie concernant la mise en défend.

On retiendra donc pour la suite de l'étude (partie 2) le coût unitaire des travaux de mise en défend du secteur des Mourets à leucate, soit 40 €/ml.

Les données sur la mise en place de ganivelles sont relativement différentes.

Les coûts unitaires proposés par le BCEOM et l'EID pour la réhabilitation de cordon dunaire avec ganivelles uniquement (29 et 22€/ml) sont inférieurs à celui calculé (45 €/ml). Ils sont presque équivalents au prix des ganivelles seules (entre 13 et 20€/ml). D'après l'HD et le CETMEF, le coût de réalisation d'un ouvrage para-sable 4 lignes est de 82€/ml et la mise en place de ganivelles et plantations est de 54€/ml.

Au vu de ces données, on retiendra pour la suite de l'étude (partie 2), un coût unitaire pour la pose de ganivelles égal à 40€/ml.

Pour la réhabilitation de codon dunaire à proprement parlé, il existe peu de données dans la bibliographie. C'est l'ouvrage para-sable 8 lignes du BCEOM à 380€/ml qui s'en rapproche le plus.

A défaut de données supplémentaires, on retiendra pour la suite de l'étude (partie 2) un coût unitaire pour la réhabilitation dunaire plus faible que celui calculé : 350€/ml.

1.2.5.3 Synthèse

Les coûts unitaires des travaux pour chaque type d'aménagement de protection du littoral, déterminé ci-dessus par exploitation des opérations du CPER en cours et comparaison avec la bibliographie, sont rassemblés dans le tableau qui suit:

Aménagements de protection	Coût des travaux en € mars 2009 HT
Épi en enrochement	1000 €/ml
Brise-lames classique en enrochement	5000 €/ml
Butée de pied en enrochement	3000€/ml
Butée de pied en géotextile	1500 €/ml
Ouvrage atténuateur de houle	

Les drains de plage (Ecoplage)	1600 €/ml
Rechargement en sable et remodelage (quel que soit la nature, la position du gisement et le mode d'extraction et de transport utilisé)	6 à 15 €/m ³
Rechargement par drague et remodelage	10 €/m ³ +/-50% en fonction du volume mis en oeuvre 6 €/m ³ si volume sable proche ou > 1 millions m ³ 15-20 €/m ³ si volume sable < 100 000 m ³
Création de cordon dunaire (sable, ganivelles, accès, végétalisation)	500 €/ml pour un cordon dont le nombre de m ³ /ml est compris entre 20 et 40
Réhabilitation de cordon dunaire	350 €/ml
Mise en défend de cordon dunaire/Pose de ganivelles	40 €/ml

Tableau 23: Coût (€ mars 2009) des travaux des différentes techniques de protection du littoral

Aucun coût unitaire n'est affiché dans le tableau ci-dessus pour l'ouvrage atténuateur de houle puisque les données disponibles sont insuffisantes (voir §1.6.2.4).

A ces coûts, il convient de rajouter le coût des prestations intellectuelles qui représente entre 8 et 10 % du coût des travaux.

Le coût de certains aménagements de protection présents dans la bibliographie, ouvrages longitudinaux de haut de plage (perré, digue, mur) par exemple, n'a pas pu être déterminé dans la présente étude faute d'exemple parmi les opérations étudiées.

Il est important de noter que ces coûts sont basés sur un nombre restreint d'exemples dont le détail estimatif n'est pas toujours définitif. Il pourra être intéressant de réactualiser ce travail une fois l'ensemble des opérations terminées et/ou en exploitant les données d'autres opérations.

1.3 Le coût d'entretien des différentes techniques de protection

Les ouvrages de protection du littoral ne coûtent pas seulement au moment de leur réalisation mais également au cours de leur vie pour leur entretien.

Peu de données existent pour estimer le coût d'entretien des différentes techniques de protection. On ne dispose pas de bases de données de suivi des ouvrages dans le temps qui permettraient de calculer le coût et la fréquence de l'entretien pour chacun des types d'ouvrage.

Pour l'ensemble des ouvrages à l'exception des cordons dunaires, le coût et la fréquence d'entretien sont donc repris de la bibliographie.

Aucun coût d'entretien ne sera associé au rechargement puisque celui-ci dépend du volume de sable apporté et de l'érosion du secteur. Lorsqu'un rechargement est effectué, sa durée de vie est généralement donnée.

1.3.1 Coûts d'entretien issus de la bibliographie

D'après l'EID¹, le coût d'entretien des ouvrages lourds en enrochement (brise-lames, épis, butée de pied) est équivalent au prix d'installation au bout de 20-30 ans. Même si ces ouvrages ne sont pas entretenus chaque année, on peut considérer que le coût d'entretien représente chaque année 3 à 5 % du prix d'installation.

D'après l'étude de PROJET du Lido de Sète à Marseillan relatif à l'ouvrage atténuateur de houle, « la durée de vie d'un tube textile réalisé et mis en œuvre selon les règles de l'art est de l'ordre de 40 ans ». Le coût d'entretien des ouvrages en géotextile (butées de pied et ouvrage atténuateur de houle) correspond donc chaque année à 2,5% du coût d'investissement.

D'après le BCEOM², pour un dispositif Ecoplage de 300 ml, le coût d'exploitation annuel (principalement électricité) est de l'ordre de 14500 € février 2007HT et le coût d'entretien annuel de 350 € février 2007 HT.

1.3.2 Coût d'entretien des cordons dunaires

L'entretien d'un cordon dunaire correspond au remplacement régulier des ganivelles abîmées et à la réhabilitation ponctuelle de certains secteurs. Le coût de remplacement des ganivelles, donné dans la littérature, est de :

- EID: 22 € (mars 2009) HT/ml de ganivelles remplacées
- BCEOM : 29 € (mars 2009) HT/ml de ganivelles remplacées

Pour la suite de l'étude (partie 2), il serait préférable de disposer du coût de remplacement des ganivelles par ml de côte concerné par de l'entretien dunaire.

Il est nécessaire également de disposer d'informations sur la fréquence de remplacement des ganivelles. D'après une étude du Parc National de Port-Cros³, la durée de vie des ganivelles varie entre 5 et 10 ans.

Les données de la bibliographie ne permettant pas d'obtenir le coût d'entretien par ml de côte et par an, ce dernier a été estimé, en se basant sur le scénario d'entretien le plus probable :

Sur 1000m de côte constitué d'un cordon dunaire à entretenir (avec en proportion variable une partie naturelle abîmée et une partie déjà artificialisée), on considère que chaque année :

¹ 2006 – EID – Étude de définition des enjeux de protection du littoral sableux, Phase C: Définition des modes de gestion sur le littoral Camarguais

² 2004 – BCEOM – Étude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La Peyrade et de Villeneuve les Maguelone

³ 2000 – Parc National de Port-Cros – Catalogue des équipements

- 10% du linéaire fait l'objet d'un remplacement de l'ensemble des ganivelles : 100 m
- 1% du linéaire fait l'objet d'une réhabilitation : 10 m

Cela signifie que dans 10 ans, l'ensemble des ganivelles des 1000 m de côte auront été changées et 100m du linéaire considéré aura fait l'objet d'une réhabilitation. Si une partie du linéaire est naturelle (pas encore de ganivelles), cela correspond à un changement des ganivelles plus fréquent que tous les 10 ans.

En considérant le coût des travaux de réhabilitation égal à 350€/ml et le coût des travaux de pose de ganivelles égal à 40€/ml (§ 1.2.5.3), l'entretien de 1000m de côte s'élève à 7500€ par an.

On retiendra donc pour la suite de l'étude (partie 2), un coût unitaire de l'entretien dunaire arrondi à 8€/ml/an.

1.3.3 Synthèse

Les coûts d'entretien/maintenance des différentes techniques de protection du littoral sont récapitulés ci-dessous.

Aménagements de protection	Coût des travaux en € mars 2009 HT	Coût d'entretien en € mars 2009 HT
Épi en enrochement	1000 €/ml	Durée de vie de 20-30 ans soit 3 à 5 % du coût de l'investissement par an
Brise-lames classique en enrochement	5000 €/ml	
Butée de pied en enrochement	3000€/ml	
Butée de pied en géotextile	1500 €/ml	Durée de vie de 40 ans soit 2,5% du coût de l'investissement par an
Ouvrage atténuateur de houle		
Les drains de plage (Ecoplage)	1600 €/ml	Pour un dispositif de 300ml (coût février 2007) - coût d'exploitation de 14500 €/an - coût d'entretien de 350 €/an
Rechargement en sable et remodelage (quel que soit la nature, la position du gisement et le mode d'extraction et de transport utilisé)	6 à 15 €/m ³	Durée de vie variable, fonction du volume de sable apporté et de l'érosion du secteur
Rechargement par drague et remodelage	10 €/m ³ +/-50% en fonction du volume mis en oeuvre 6 €/m ³ si volume de plusieurs centaines de milliers de m ³ 15-20 €/m ³ si volume sable < 100 000 m ³	
Création de cordon dunaire (sable, ganivelles, accès, végétalisation)	500 €/ml pour un cordon dont le nombre de m ³ /ml est compris entre 20 et 40	8 €/ml/an
Réhabilitation de cordon dunaire	350 €/ml	
Mise en défend de cordon dunaire/Pose de ganivelles	40 €/ml	

Tableau 24: Coût des travaux et coût d'entretien (€mars 2009) des différentes techniques de protection du littoral

2 Évaluation du coût prévisionnel sur 30 ans des protections envisagées par les orientations stratégiques de 2003

A partir des coûts unitaires d'investissement et d'entretien/maintenance établis précédemment pour les différentes techniques de protection du littoral, l'objectif est d'évaluer le coût prévisionnel de la mise en oeuvre des protections envisagées sur les différents secteurs du littoral par les orientations stratégiques de 2003 (investissement, entretien). En accord avec le maître d'ouvrage, il a été décidé d'évaluer le coût de la protection du littoral sur 30 ans.

Il était initialement prévu dans le cahier des charges de l'étude d'évaluer le coût de l'investissement et de l'entretien/maintenance des 3 modes de gestion de l'érosion à partir des coûts unitaires établis précédemment, puis d'extrapoler les coûts de chaque mode de gestion à l'ensemble du littoral en se basant sur le découpage du littoral en secteurs homogènes (même mode de gestion de l'érosion).

En accord avec le maître d'ouvrage, il a finalement été décidé de définir par secteur le scénario d'investissement et d'entretien/maintenance prévisible sur 30 ans, en s'appuyant sur:

- le mode de gestion préconisé par les orientations stratégiques pour chaque secteur
- les études générales réalisées à l'échelle de la cellule sédimentaire
- la connaissance et l'expertise à mars 2009 du service Espace Littoraux de la DRE LR et du CETE Méditerranée en matière de fonctionnement et de protection du littoral

Chaque scénario a ensuite été chiffré sur la base des coûts unitaires d'investissement et d'entretien/maintenance établis précédemment pour chaque type d'aménagement de protection.

Il est à noter que les scénarios d'aménagement retenus pour chaque secteur ne sont en aucun cas des projets de la DRE LR.

2.1 Méthodologie et hypothèses retenues

L'évaluation du coût des aménagements (investissement en 2009 + entretien sur 30 ans) sur chaque secteur a nécessité de faire des hypothèses qu'il est important de préciser ci-après.

Pour chaque secteur du littoral, il a été arrêté en commun avec le SEL:

- les aménagements envisageables (investissements) basés sur les études générales et le mode de gestion défini par les orientations stratégiques. Les investissements préconisés par les orientations stratégiques ont été considérés réalisés en 2009. Pour les secteurs concernés, les projets du CPER 2007-2013 (en cours ou réalisés) sont comptés parmi les investissements.
- l'entretien/maintenance de ces aménagements sur 30 ans
- l'entretien/maintenance de l'existant sur 30 ans

Ces choix se sont basés sur les hypothèses suivantes :

- une réserve suffisante en sable (ce qui n'est à priori pas le cas)
- un climat constant sur 30 ans, correspondant au climat 2009
- la non prise en compte du changement climatique

Les choix d'aménagements et d'entretien, les coûts unitaires utilisés (issus de la partie 1 de l'étude) et les coûts calculés par secteur sont rassemblés dans le tableau ci-dessous (tableau 25). Dans ce tableau les coûts sont HT et exprimés en euros mars 2009.

Les coûts d'entretien (réalisés à des dates ultérieures) sont exprimés en € mars 2009 par actualisation. Le taux d'actualisation utilisé est celui préconisé par le Conseil Général du Plan (2005) pour les aménagements publics .

$$r_i = \begin{cases} 4\% & \text{si } i \leq 30 \\ \sqrt[i]{1,04^{30} 1,02^{i-30}} - 1 & \text{si } i > 30 \end{cases}$$

Il est constant et égal à 4% pendant 30 premières années. Il est ensuite décroissant avec le temps pour approximer 2% à très long terme.

La durée d'analyse étant ici égale à 30 ans, il sera utilisé uniquement $r = 4\%$.

Il est à noter également que les coûts calculés (investissement, entretien de l'investissement, entretien de l'existant...) intègrent systématiquement le montant relatif aux prestations intellectuelles : 10% du montant des travaux.

2.1.1 hypothèses relatives aux investissements

A quelques exceptions près, les aménagements retenus respectent le mode de gestion préconisé par les orientations stratégiques.

2.1.1.1 Secteurs où les orientations stratégiques préconisent la modification du transit

Sur les secteurs où les orientations stratégiques préconisent la modification du transit, deux possibilités d'aménagements ont été généralement proposées:

- scénario T1: mise en place d'épis de 100 m de long tous les 100m associé à un rechargement de 50m³/ml
- scénario T2: alignement de brise-lames, avec un espacement semblable à ceux installés à Valras, associé à un rechargement de 50 m³/ml

Pour pouvoir calculer facilement le coût de la mise en place de brise-lames sur une portion de littoral, le coût unitaire pris en compte a été exprimé en euros par mètre linéaire de côte protégé en se basant sur les caractéristiques de l'opération de Valras.

Ce coût est de $(5000 \cdot 225) / 450 = 2500$ €/mlc (mlc = mètre linéaire de côte)

Avec 5000 €/ml: coût unitaire d'un brise-lames par mètre linéaire d'ouvrage

225 m : longueur cumulée des brise-lames à Valras

450 m : longueur de la côte protégée par les brise-lames à Valras.

A ces deux types d'aménagements lourds, est associé un rechargement moyen de 50m³/ml pour reconstituer la plage. Il ne s'agit pas d'un rechargement massif type Aigue-Mortes secteur 1 ou Valras (~ 100m³/ml).

L'échelle utilisée pour évaluer le prix du rechargement qu'il soit programmé en investissement ou en entretien, est la suivante:

- si volume < 50 000 m³, coût unitaire des travaux de rechargement = 20 €/m³
- si 50 000 m³ < volume < 200 000 m³, coût unitaire des travaux de rechargement = 15 €/m³
- si 200 000 m³ < volume < 600 000 m³, coût unitaire des travaux de rechargement = 10 €/m³
- si volume > 600 000 m³, coût unitaire des travaux de rechargement = 6 €/m³

Le coût par secteur dépend de la longueur de ce dernier et du ratio m³/ml.

Pour quelques secteurs, seule une des deux possibilités d'aménagements (T1 ou T2) est considérée. C'est le cas lorsque les secteurs qui les jouxtent sont déjà aménagés avec des brise-lames ou des épis ou quand la mise en place d'épis n'est pas envisageable pour des raisons d'effet domino (accentuation de l'érosion aux extrémités du secteur qui nécessiterait par la suite l'installation de nouveaux épis).

Sur quelques secteurs pour lesquels les orientations stratégiques préconisent la modification du transit, il n'a

pas été proposé d'ouvrages lourds (épis, brise-lames) mais du rechargement ou de l'entretien dunaire au vu des nouvelles connaissances disponibles depuis 2003 sur ces secteurs.

2.1.1.2 Secteurs où les orientations stratégiques préconisent la restauration de l'équilibre naturel

Sur les secteurs où les orientations stratégiques préconisent la restauration de l'équilibre naturel, il est en règle général retenu d'entretenir le cordon dunaire et dans certains cas de ne rien faire, si le secteur est en équilibre. L'entretien du cordon dunaire est considéré effectué tous les ans pendant 30 ans. Le coût de l'entretien dunaire d'un secteur sur 30 ans (€ mars 2009) est calculé de la manière suivante, avec r = taux d'actualisation = 4 %

$$Coût_{\text{entretien dunaire sur 30 ans}} = \sum_{t=1}^{t=30} \frac{lg_{\text{secteur}} \times coût_{\text{unitaire entretien}}}{(1+r)^t}$$

2.1.2 hypothèses relatives à l'entretien des investissements

Il a été retenu de recharger deux fois en 30 ans les zones équipées d'ouvrages « lourds » : 50 m³/ml en 2019 et en 2029.

Le coût du rechargement effectué en 2019, exprimé en € mars 2009 est calculé de la manière suivante :

$$Coût_{\text{rechargement effectué en 2019}} = \frac{50 \times lg_{\text{secteur}} \times Coût_{\text{unitaire du rechargement}}}{(1+r)^{10}}$$

Pour l'entretien des ouvrages en enrochement dont la durée de vie est de 30 ans, on part sur une hypothèse d'entretien tous les 2 ans équivalent à 1/15^{ème} du montant de l'investissement (mars 2009). Le calcul du coût d'entretien (en € mars 2009) de ces ouvrages sur 30ans suit la formule suivante :

$$Coût_{\text{entretien ouvrage sur 30 ans}} = \sum_{t=1}^{t=30} \frac{\frac{1}{15} coût_{\text{investissement ouvrage mars 2009}}}{(1+r)^{2t}}$$

2.1.3 hypothèses relatives à l'entretien de l'existant

L'entretien des ouvrages portuaires n'est pas pris en compte dans l'entretien des aménagements existants puisque ces ouvrages n'entrent pas dans la problématique de protection de la côte vis-à-vis de l'érosion et de la submersion marine.

Concernant les ouvrages de protection lourds existants, leur date de réalisation n'est pas recherchée. Pour la plupart, on considère que ces aménagements ne seront pas remis en cause et que leur entretien sera poursuivi. Leur entretien suit la même règle que l'entretien des investissements : 1/15^{ème} du montant de l'investissement (mars 2009) tous les 2 ans. De même le rechargement sur ces zones équipés d'ouvrages lourds existants est identique à l'entretien des investissements : 2 apports de sable (un apport de 50 m³/ml en 2019 et un en 2029). Cela signifie que l'on ne tient pas compte du budget de sable au droit de l'ouvrage existant.

Pour les ouvrages qui ont une durée de vie supérieure à 30 ans, tels que les ouvrages en géotextile dont la durée de vie est de 40 ans, on fait l'hypothèse d'un entretien tous les 2 ans équivalent à 1/20^{ème} du montant de l'investissement (mars 2009). Le coût sur 30 ans (€mars 2009) se calcule de la manière suivante :

$$Coût_{\text{entretien ouvrage géotextile sur 30 ans}} = \sum_{t=1}^{t=30} \frac{\frac{1}{20} coût_{\text{investissement ouvrage mars 2009}}}{(1+r)^{2t}}$$

2.2 Coûts par secteur

IDC	Cellule sédimentaire	nom de la cellule	n° du secteur	nom du secteur	Commune	longueur du secteur (m)	projet en cours ou réalisé	mode de gestion "orientations stratégiques"	Investissement Nature de l'aménagement	Volume du rechargement (m3)	coût unitaire/type de protection	investissement ouvrages en dur (travaux + prestations intellectuelles)	coût investissement total (travaux + prestations intellectuelles) (€ 2009)	Entretien/maintenance investissement Nature de l'entretien	coût unitaire de l'entretien	coût entretien investissement sur 30 ans (€ 2009) (inclus les prestations intellectuelles)	Entretien/maintenance existant nature de l'entretien	coût unitaire du scénario	coût entretien existant sur 30 ans (€ 2009) (inclus les prestations intellectuelles)	Coût total sur 30 ans en € 2009 (2009 - 2039) (inclus les prestations intellectuelles)
C1-1	C1	Le Racou/Le Tech	1	plage du Racou	Argelès sur Mer	650		MT	épi (50m)+butée de pied (200m)+rechargement (30 000m³)	30 000	épi=1000€/mlo butée de pied = 2500€/mlo rechargement = 20€/m³	715 000	1 375 000	entretien ouvrages en enrochement (1/15 du coût de l'investissement tous les 2 ans) + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 213 391				2 588 391
C1-1	C1	Le Racou/Le Tech	1	plage du Racou	Argelès sur Mer	650		MT	BL (600m) +rechargement (30 000m³)	30 000	rechargement = 20€/m³ BL = 2500€/mlo	1 650 000	2 310 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 741 759				4 051 759
C1-2	C1	Le Racou/Le Tech	2	zone urbanisée d'Argelès	Argelès sur Mer	2 600		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	130 000	Rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	2 860 000	5 005 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		4 044 219				9 049 219
C1-2	C1	Le Racou/Le Tech	2	zone urbanisée d'Argelès	Argelès sur Mer	2 600		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	130 000	Rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	7 150 000	9 295 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		6 468 494				15 763 494
C1-3	C1	Le Racou/Le Tech	3	zone naturelle et de campings jusqu'au Tech	Argelès sur Mer	2 400		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	365 208	365 208
C2-1	C2	Le Tech/La Tet	1	zone naturelle	Argelès sur Mer / Ene / St Cyprien	1 900		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	289 123	289 123
C2-2	C2	Le Tech/La Tet	2	projet St Cyprien	Saint Cyprien	980	en cours	REN	création de cordon dunaire sur 250m et réhabilitation du cordon existant sur 730m			497 090		Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	149 126				646 216
C2-3	C2	Le Tech/La Tet	3	St Cyprien Plage linéaire avec épis existants	Saint Cyprien	800	ouvrages existants (6 épis)	MT									entretien des 6 épis existants + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 369 082	1 369 082
C2-4	C2	Le Tech/La Tet	4	St Cyprien Plage linéaire sans épis	Saint Cyprien	900		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	45 000	rechargement = 20€/m³ épi=1000€/mlo	990 000	1 980 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 680 080				3 660 080
C2-5	C2	Le Tech/La Tet	5	zone naturelle devant Etang Canet/St Nazaire	Canet en Roussillon	3 700		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	563 029	563 029
C2-6	C2	Le Tech/La Tet	6	Canet Plage	Canet en Roussillon	3 500		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	175 000	rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	3 850 000	6 737 500	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		5 444 140				12 181 640
C2-6	C2	Le Tech/La Tet	6	Canet Plage	Canet en Roussillon	3 500		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	175 000		9 625 000	12 512 500	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		8 707 588				21 220 088
C3-1	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	1	zone naturelle entre Canet-Plage et Ste Marie-Plage	Canet en Roussillon	2 000		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	304 340	304 340
C3-2	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	2	Ste-Marie, linéaire avec épis et BL existants	Sainte Marie de la Mer	800	ouvrages existants (4épis, 2 BL (60m))	MT									entretien ouvrages existants (4épis, 2 BL (60m)) + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)	BL = 5000€/mlo	1 617 726	1 617 726
C3-3	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	3	Ste-Marie, linéaire non protégé	Sainte Marie de la Mer	1 400		MT	rechargement massif de 100m³/mlc d'une durée de vie de 10 ans	140 000	rechargement = 15€/m³		2 310 000	2 rechargement massif de 100m³/mlc d'une durée de vie de 10 ans (un en 2019 et un en 2029)		2 614 807				4 924 807
C3-4	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	4	Zone naturelle jusqu'à Barcarès	Toreilles / Barcarès	4 500		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	684 765	684 765
C3-5	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	5	Barcarès	Le Barcarès	1 400		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	70 000	rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	1 540 000	2 695 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		2 177 656				4 872 656
C3-5	C3	Port de Canet/Port de Barcarès	5	Barcarès	Le Barcarès	1 400		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	70 000		3 850 000	5 005 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		3 483 035				8 488 035
C4-1	C4	L'Agly/Cap Leucate	1	Port-Barcarès, linéaire avec épis et BL existants	Le Barcarès	850	ouvrages existants (2 épis, 3 BL (60m))	MT									entretien ouvrages existants (2 épis, 3 BL (60m)) + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 742 144	1 742 144
C4-2	C4	L'Agly/Cap Leucate	2	Port-Barcarès, entre la zone protégée par des épis et BL et la zone naturelle	Le Barcarès	400		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	20 000	rechargement = 20€/m³ BL = 2500€/mlo	1 100 000	1 540 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 119 668				2 659 668
C4-3	C4	L'Agly/Cap Leucate	3	zone naturelle du conservatoire	Le Barcarès	1 200		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	182 604	182 604
C4-4	C4	L'Agly/Cap Leucate	4	zone urbanisée entre Port-barcarès et Port-Leucate	Le Barcarès	2 000		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	100 000	rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	2 200 000	3 850 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		3 110 937				6 960 937
C4-4	C4	L'Agly/Cap Leucate	4	zone urbanisée entre Port-barcarès et Port-Leucate	Le Barcarès	2 000		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	100 000	rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	5 500 000	7 150 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		4 975 765				12 125 765
C4-5	C4	L'Agly/Cap Leucate	5	zone naturelle	Leucate	800		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	121 736	121 736
C4-6	C4	L'Agly/Cap Leucate	6	Zone urbanisée de Port leucate + secteur naturaliste	Leucate	3 800		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	190 000	rechargement = 15€/m³ épi=1000€/mlo BL = 2500€/mlo	4 180 000	7 315 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		5 910 781				13 225 781
C4-6	C4	L'Agly/Cap Leucate	6	Zone urbanisée de Port leucate + secteur naturaliste	Leucate	3 800		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	190 000		10 450 000	13 585 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		9 453 953				23 038 953
C4-7	C4	L'Agly/Cap Leucate	7	secteur des Mourats	Leucate	1 700		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	258 689	258 689
C4-8	C4	L'Agly/Cap Leucate	8	Leucate Plage	Leucate	1 000		MT	épi (50m)+butée de pied en enrochement (250m)	50 000	épi=1000€/mlo butée de pied = 3000€/mlo	880 000	1 980 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 742 433				3 722 433
C5-1	C5	Cap Leucate/Port de Port-la-Nouvelle	1	zone naturelle/ Etang Delapalme	Leucate / Port La Nouvelle	8 600		REN												
C5-2	C5	Cap Leucate/Port de Port-la-Nouvelle	2	Port-la-Nouvelle	Port La Nouvelle	1 000		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	50 000	rechargement = 20€/m³ BL = 2500€/mlo	2 750 000	3 850 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		2 799 169				6 649 169
C6-1	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	1	Port-la-Nouvelle	Port La Nouvelle	700		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	35 000	rechargement = 20€/m³ BL = 2500€/mlo	1 925 000	2 695 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 959 418				4 654 418
C6-2	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	2	zone naturelle entre Port-la-Nouvelle et Gruissan Plage	Port la Nouvelle / Gruissan	8 500		REN												
C6-3	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	3	Gruissan Plage	Gruissan	1 800		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	90 000	rechargement = 15€/m³ BL = 2500€/mlo	4 950 000	6 435 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		4 478 188				10 913 188
C6-4	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	4	zone naturelle / Etang de Miteille	Gruissan	1 800		REN												
C6-5	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	5	zone urbanisée	Gruissan	200		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	10 000	rechargement = 20€/m³ BL = 2500€/mlo	550 000	770 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		559 834				1 329 834
C6-6	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	5	Campings jusqu'à Combe Labit	Gruissan	1 200		REN									rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		1 120 632	1 120 632
C6-7	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	6	zone naturelle avant Narbonne Plage	Narbonne	1 700		REN												
C6-8	C6	Port de Port-la-Nouvelle/Port de Narbonne	7	zone urbanisée de Narbonne Plage	Narbonne	2 400		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	120 000	rechargement = 15€/m³ BL = 2500€/mlo	6 600 000	8 580 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		5 970 917				14 550 917
C7-1	C7	Port de Narbonne / L'Aude	1	Zone urbanisée de St Pierre la Mer	Fleury	2 400		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	120 000	rechargement = 15€/m³ BL = 2500€/mlo	6 600 000	8 580 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		5 970 917				14 550 917
C7-2	C7	Port de Narbonne / L'Aude	2	Zone naturelle entre St Pierre la Mer et Les Cabanes de Fleury	Fleury	3 300		REN												
C7-3	C7	Port de Narbonne / L'Aude	3	Les Cabanes de Fleury	Fleury	450	en cours	REN	rechargement de 25 000 m³ + création de cordon dunaire sur 100m	25 000			550 000	rechargement de 20 000 m³ par an		7 608 495				8 158 495
C8-1	C8	L'Aude/L'Orb	1	zone naturelle Vendres	Vendres	2 600		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/mlo/an	395 642	395 642
C8-2	C8	L'Aude/L'Orb	1-2	projet Valas Vendres 2008	Vendres / Valras	1 000	en cours (CPR 2007-2013)	MT	3 BL, 2 butée de pied, rechargement et création de CD				4 648 656	entretien ouvrages (3 BL + 1 butée en enrocht +1 butée géotex) + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)		2 900 340				7 548 996
C8-3	C8	L'Aude/L'Orb	3	Valras (BL existants sur toute linéaire)	Valras-Plage	2 000	ouvrages existants (9 BL de 60 m + 1 BL de 200m +1 épi)	MT									entretien ouvrages existants (9 BL de 60 m + 1 BL de 200m +1 épi) + rechargement (50m³/ml en 2019 et 2029)	BL = 5000€/mlo	4 229 834	4 229 834

IDC	Cellule (secteur)	nom de la cellule	n° du secteur	nom du secteur	Commune	longueur du secteur (m)	projet en cours ou réalisé	mode de gestion "orientations stratégiques"	Investissement Nature de l'aménagement	Volume du rechargement (m3)	coût unitaire/type de protection	coût investissement ouvrages en dur (travaux + prestations intellectuelles)	coût investissement total (travaux + prestations intellectuelles) (€ 2009)	Entretien/maintenance investissement Nature de l'entretien	coût unitaire de l'entretien	coût entretien investissement sur 30 ans (€ 2009) (inclus les prestations intellectuelles)	Entretien/maintenance existant nature de l'entretien	coût unitaire du scénario	coût entretien existant sur 30 ans (€ 2009) (inclus les prestations intellectuelles)	Coût total sur 30 ans en € 2009 (2009 - 2039) (inclus les prestations intellectuelles)	
C8-3	C8	L'Aude/L'Orb	3	Valras (BL existants sur toute la linéaire)	Valras-Plage	2 000	ouvrages existants (9 BL de 60 m+ 1 BL de 200m +1 épi)	MT									entretien ouvrages existants (9 BL de 60 m+ 1 BL de 200m +1 épi) + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)	BL = 5000€/m3	4 229 834	4 229 834	
C9-1	C9	L'Orb/L'Hérault	1	Zone naturelle Les Orpellières avant Sérignan Plage	Valras Plage / Sérignan	2 500		REN													
C9-2	C9	L'Orb/L'Hérault	2	Sérignan Plage	Sérignan	1 800		REN									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/m3/an	273 906	273 906	
C9-3	C9	L'Orb/L'Hérault	3	Zone naturelle entre Sérignan Plage et Portiragnes Plage	Sérignan / Portiragnes	1 000		REN													
C9-4	C9	L'Orb/L'Hérault	4	Zone urbanisée de Portiragnes	Portiragnes	1 000		MT	T1: alignement d'épis (1 épi de 100m de long tous les 100m) +rechargement de 50m³/mlc	50 000	rechargement = 20€/m3 épi=1000€/m3 BL = 2500€/mlc	1 100 000	2 200 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 866 755				4 066 755	
C9-4	C9	L'Orb/L'Hérault	4	Zone urbanisée de Portiragnes	Portiragnes	1 000		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	50 000	rechargement = 20€/m3 épi=1000€/m3 BL = 2500€/mlc	2 750 000	3 850 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		2 799 169				6 649 169	
C9-4	C9	L'Orb/L'Hérault	4	Zone urbanisée de Portiragnes	Portiragnes	1 000		MT	solution d'attente: création CD sur 200m rechargement 30 000 m3 et ED (pose de ganivelles) sur 800m	30 000	Création CD = 500€/m3 rechargement = 20€/m3 pose de ganivelles = 40€/m3		805 200	Entretien cordon dunaire	ED = 8€/m3/an	152 170				957 370	
C9-5	C9	L'Orb/L'Hérault	5	projet de recul de Vias	Vias	3 700	en cours (CPER 2007-2013)	Recul	projet actuellement envisagé: 5M€ en 2013 + 9,1 M€ en 2015 + 5,6 M€ en 2020 + 8 M€ en 2025				21 312 282							21 312 282	
C9-6	C9	L'Orb/L'Hérault	6	Farinette Plage	Vias	1 700	ouvrages existants (3 BL de 70m+ 9 épis)	REN		85 000							rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)	rechargement = 15€/m3	1 587 561	1 587 561	
C9-7	C9	L'Orb/L'Hérault	7	Zone naturelle entre Farinette Plage et Tamarissière	Agde	1 400	ouvrages existants (6 épis)	REN													
C10-1	C10	L'Hérault/Digue Richelieu	1	Le Grau d'Agde non encore artificialisé	Agde	740	ouvrages existants (en date de 2006, pas visible sur l'orthophoto)	MT		37 000							rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)	rechargement = 20€/m3	921 408	921 408	
C10-2	C10	L'Hérault/Digue Richelieu	2	Le Grau d'Agde zone de campings	Agde	1 200	ouvrages existants : 5 BL	REN		60 000							rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 120 632	1 120 632	
C10-3	C10	L'Hérault/Digue Richelieu	3	Le Grau d'Agde (zone de campings + Roche Longue)	Agde	2 100	ouvrages existants (7 BL de 110m)	REN		105 000							rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 961 105	1 961 105	
C10-4	C10	L'Hérault/Digue Richelieu	4	Cap d'Agde	Agde	1 200		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	60 000	rechargement = 15€/m3 BL = 2500€/mlc	3 300 000	4 290 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		2 985 459				7 275 459	
C11-1	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	1	Côte rocheuse	Agde																
C11-2	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	2	Cap d'Agde (du rocher d'Agde à Héliopolis)	Agde	1 800		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	90 000	rechargement = 15€/m3 BL = 2500€/mlc	4 950 000	6 435 000	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		4 478 188				10 913 188	
C11-3	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	3	Zone de campings entre Héliopolis et Marseillan Plage	Agde / Marseillan	2 700		REN									Entretien des 1830m de CD	ED = 8€/m3/an	278 471	278 471	
C11-4	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	4	Marseillan Plage	Marseillan	500		MT	T2: alignement de BL+rechargement de 50m³/mlc	25 000	rechargement = 20€/m3 BL = 2500€/mlc	1 375 000	1 787 500	entretien ouvrages en enrochement + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 399 584				3 187 084	
C11-5	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	5	Lido de Sète	Marseillan / Sète	11 000	en cours (CPER 2007-2013)	Recul	projet global				53 200 000	entretien OAH, Ecoplage et cordon dunaire	Entretien Ecoplage = 15000€/an ED = 8€/m3/an	2 841 651				56 041 651	
C11-6	C11	Digue Richelieu / Le Lazaret	6	Triangle de Villeroy (Mas Caron)	Sète	1 200	ouvrages existants en enrochement (3 BL de 80m, 1 BL de 150m, 1 épi de 120m + 1 BL de 540 m)	MT									Entretien CD + entretien ouvrages existants	ED = 8€/m3/an BL = 5000€/m3	3 147 679	3 147 679	
C12-1	C12	Le Lazaret/ Canal du Rhône à Sète	1		Sète / Frontignan		déjà artificialisé	MT													
C13-1	C13	Canal du Rhône à Sète / Port de Palavas	1	Lido de Frontignan	Frontignan	5 300	en cours (CPER 2007-2013)	MT	en cours (CPER 2007-2013): Ouest du Port de plaisance sur 1450 m : suppression d'épis et remplacement par des BL et rechargement en sable en projet (pas programmé au CPER): Secteur urbanisé à l'Est du port de plaisance et extrémité Ouest: rehaussement et allongement des épis et rechargement en sable Dent creuse: rechargement massif en sable 104 000 m³				7 588 273	entretien OAH, Ecoplage et cordon dunaire				entretien ouvrages existants (4 BL de 120 m+ 5 épis de 150m + 42 épis de 90 m) + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		7 607 388	15 195 661
C13-2	C13	Canal du Rhône à Sète / Port de Palavas	2	Lido de Frontignan (dent creuse + plage des Aresquiens)	Frontignan	1 500	en cours (CPER 2007-2013)	REN	Plage des Aresquiens: création de CD sur 1000m + rechargement massif sur 1500m + réhabilitation CD sur 300m + réenracinement d'un épi				3 595 790				entretien ouvrages (6 épis de 100 m) + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 773 755	5 369 545	
C13-3	C13	Canal du Rhône à Sète / Port de Palavas	3	Lido de Pierre Blanche	Frontignan / Villeneuve les Maguelone	6 900		REN													
C13-4	C13	Canal du Rhône à Sète / Port de Palavas	4	Du Grau du Prievost à la Cathédrale de Villeneuve les Maguelone	Villeneuve les Maguelone / Palavas	2 900	en cours (CPER 2007-2013)	REN	réhabilitation du cordon dunaire, reprofilage de la plage (avec rechargement)				2 000 000				Entretien CD	ED = 8€/m3/an	441 293	2 441 293	
C13-5	C13	Canal du Rhône à Sète / Port de Palavas	5	Entre Grau du Prievost et port de plaisance de Palavas	Palavas	1 400	ouvrages existants (3 BL de 120m + 2 BL de 60m + 1BL de 140m + 1 épi de 90m)	MT	rechargement 20 000 m³		rechargement = 20€/m3		440 000				entretien ouvrages existants + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		3 290 336	3 730 336	
C14-1	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	1	Entre Palavas et Camon	Palavas	3 100	ouvrages existants (26 épis de 70m, 1 épi de 120m et 1 BL de 60m) + en cours (CPER 2007-2013)	MT	rechargement massif en sable 355 279 m3	355 279			2 486 780	rechargement identique à celui réalisé en 2008 (en 2019 et 2029)		2 814 913				5 301 693	
C14-2	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	2	Camon	Mauguio	1 800	ouvrages existants (12 épis de 100m, 2 épis de 120m, 2 BL de 150m, 1 BL de 120m, 1BL de 100m, 1 BL de 80m, 1 épiBL de 120 et 60m) + en cours (CPER 2007-2013)	MT	rechargement massif en sable 187 903 m3 + allongement d'1 BL	187 903			1 628 664	rechargement identique à celui réalisé en 2008 (en 2019 et 2029)		1 488 775				3 117 440	
C14-3	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	3	Petit Travers	Mauguio / La Grande Motte	3 700	en cours (CPER 2007-2013)	REN	Rechargement sur 3300m de 396093 m3 + création cordon dunaire de 600 m	396 093			3 008 403	rechargement identique à celui réalisé en 2008 (en 2019 et 2029) + entretien CD sur tout le linéaire	ED = 8€/m3/an	3 590 745				6 599 148	
C14-4	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	4	Grand Travers	La Grande Motte	2 000		MT									Entretien cordon dunaire	ED = 8€/m3/an	304 340	304 340	
C14-5	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	5	La Grande Motte	La Grande Motte	1 000	ouvrages existants (3 BL de 150m + 1 BL de 80m)	MT									entretien ouvrages existants + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		3 057 137	3 057 137	
C14-6	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	6	Grâu du Roi/ Boucanet	Le Grâu du Roi	2 000	ouvrages existants (4 épis de 110m + 1 épi de 170m+ 1 épi de 230m) + en cours (CPER 2007-2013)	REN	rechargement massif en sable 170 200 m3 + 2 épis de 90m et 1 épi de 130m	170 200			1 421 254	rechargement identique à celui réalisé en 2008 (en 2019 et 2029)		1 348 512				2 769 766	
C14-7	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	7	zone urbanisée entre Boucanet et canal	Le Grâu du Roi	1 000		MT									Entretien Dunaire	ED = 8€/m3/an	152 170	152 170	
C14-8	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	8	zone urbanisée entre canal et Port Camargue	Le Grâu du Roi	2 100	ouvrages existants (1BL de 100m, de 200m, de 150m+ 1 épi de 100m, de 200m, de 125m)	MT									ED sur 1800m	ED = 8€/m3/an	273 906	273 906	
C14-9	C14	Port de Palavas / Digue de l'Espiguette	9	De Port Camargue à la digue de l'Espiguette	Le Grâu du Roi	800	ouvrages existants (épi de 90m, de 200m et de 280m)	MT									Entretien Dunaire	ED = 8€/m3/an	121 736	121 736	
C15-1	C15	Digue de l'Espiguette / Le Petit Rhône	1	zone naturelle entre digue de l'Espiguette et Bois des Baronnets	Le Grâu du Roi	4 600		REN													
C15-2	C15	Digue de l'Espiguette / Le Petit Rhône	2	Zone naturelle du Bois des Baronnets	Le Grâu du Roi	1 500	en cours (CPER 2007-2013)	REN	création de CD sur 1000m + rechargement massif sur 1500m + réhabilitation CD sur 300m + réenracinement d'un épi				3 400 000	Entretien Dunaire + rechargement (50m3/ml en 2019 et 2029)		1 629 044				5 029 044	
C15-3	C15	Digue de l'Espiguette / Le Petit Rhône	3	Zone artificialisée jusqu'au Petit Rhône	Le Grâu du Roi	6 500	ouvrages existants (48 Epis de 110m)	REN									Entretien Dunaire	ED = 8€/m3/an	989 104	989 104	

Tableau 25: Coûts de la protection du littoral par secteur pour les 30 prochaines années

2.3 Analyse et synthèse

Il est à noter que les rechargements sont considérés réalisés indépendamment les uns des autres pour calculer leur coût. Dans la réalité, les rechargements de plusieurs secteurs peuvent être groupés au sein d'une même opération de rechargement (communale ou intercommunale) pour réduire les coûts (exemple de l'opération Aigues secteur 1). Il n'est pas possible d'intégrer ce mode de fonctionnement dans notre évaluation. Les coûts de rechargement proposés sont donc sur-estimés par rapport aux coûts qui seraient véritablement engagés.

Sachant que deux possibilités d'aménagement ont été retenus sur certains secteurs où les orientations stratégiques préconisent la modification du transit (mise en place d'épis ou de brise-lames), il est nécessaire pour interpréter globalement les résultats de distinguer 2 scénarios :

- le scénario minimum : ensemble des secteurs, en retenant, pour les quelques secteurs où 2 scénarios existent, le scénario dont le coût est le plus faible
- le scénario maximum : ensemble des secteurs en retenant, pour les quelques secteurs où 2 scénarios existent, le scénario dont le coût est le plus élevé

2.3.1 Coût total

scénario	coût investissement total (M€ mars 2009)	coût entretien investissement total sur 30 ans (M€ mars 2009)	coût entretien existant total sur 30 ans (M€ mars 2009)	Coût total sur 30 ans en M€ mars 2009 (2009 - 2039)
scénario minimum	184,8	84,2	40,5	309,5
scénario maximum	210,7	99,8	40,5	351,0

Tableau 26 : Coûts de la protection du littoral pour les 30 prochaines années (scénario minimum et maximum)

La protection du littoral pour les 30 prochaines années est estimée selon le scénario minimum à 309,5 M€ et à 351 M€ selon le scénario maximum.

Les investissements représentent près de 60% du coût total, l'entretien des investissements sur 30 ans 27% et l'entretien de l'existant sur 30 ans 13 %. A noter que l'entretien des investissements représente environ 45% du coût de l'investissement.

Ces coûts comprennent l'ensemble des projets inscrits au CPER 2007-2013 dont le coût total s'élève à 104,2 M€ (dont 53,2 M€ pour l'opération du Lido de Sète). Deux CPER du même montant sur le volet littoral seraient donc nécessaires pour protéger le littoral jusqu'en 2039.

Sachant que la côte sableuse du Languedoc-Roussillon s'étend sur 164 km, le coût pour protéger 100m de côte pendant 30 ans est de 188 k€ selon le scénario minimum et de 214 k€ selon le scénario maximum.

2.3.2 Coûts par mode de gestion

L'expression des coûts en fonction du mode de gestion donne les résultats suivants (scénario minimum):

scénario minimum					
mode de gestion	longueur de côte concernée (km)	coût investissement total (M€ mars 2009)	coût entretien investissement total sur 30 ans (M€ mars 2009)	coût entretien existant total sur 30 ans (M€ mars 2009)	Coût total sur 30 ans en M€ mars 2009 (2009 - 2039)
Modification du transit	56,5	95,8	67,0	27,8	190,7
restauration de l'équilibre naturel	91,3	14,5	14,3	12,7	41,5
Recul stratégique	14,7	74,5	2,8	0	77,4

Tableau 27 : Coûts de la protection du littoral pour les 30 prochaines années par mode de gestion (scénario minimum)

La modification du transit concerne 40% de la côte sableuse du Languedoc-Roussillon et représente 61% du coût total. La restauration de l'équilibre naturel concerne 55% de la côte et représente 13% du coût total. Enfin le recul stratégique concerne 9% de la côte et représente 25% du coût total.

Si la modification du transit coûte bien plus cher que la restauration de l'équilibre naturel (3,3 M€/km contre 450 k€/km), le recul stratégique coûte encore plus cher (5,26 M€/km). Cependant, il est important de noter que sur les 91,3 km de côte concernés par la restauration d'un équilibre naturel, il est prévu d'intervenir seulement sur 51 km. Donc le coût total sur 30 ans de la restauration de l'équilibre naturel est plutôt égal à 813 k€/km.

scénario maximum					
mode de gestion	longueur de côte concernée (km)	coût investissement total (M€ mars 2009)	coût entretien investissement total sur 30 ans (M€ mars 2009)	coût entretien existant total sur 30 ans (M€ mars 2009)	Coût total sur 30 ans en M€ mars 2009 (2009 - 2039)
Modification du transit	56,5	121,7	82,6	27,8	232,2
restauration de l'équilibre naturel	91,3	14,5	14,3	12,7	41,5
Recul stratégique	14,7	74,5	2,8	0	77,4

La différence entre le scénario maximum et le scénario minimum réside dans le coût des investissements et le coût d'entretien de ces investissements. La réalisation de brise-lames sur certains secteurs à la place d'épis est plus onéreux. Dans le cas du scénario maximum, le coût total relatif à la modification du transit par km est de 4,14 M€/km (contre 3,3 M€/km pour le scénario minimum).

2.3.3 Coûts par cellule sédimentaire

Les coûts par cellule sédimentaire sont présentés sur les deux cartes suivantes (scénario minimum et scénario maximum).

Evaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon

(scénario minimum) Coûts de la protection du littoral jusqu'en 2039 par cellule sédimentaire

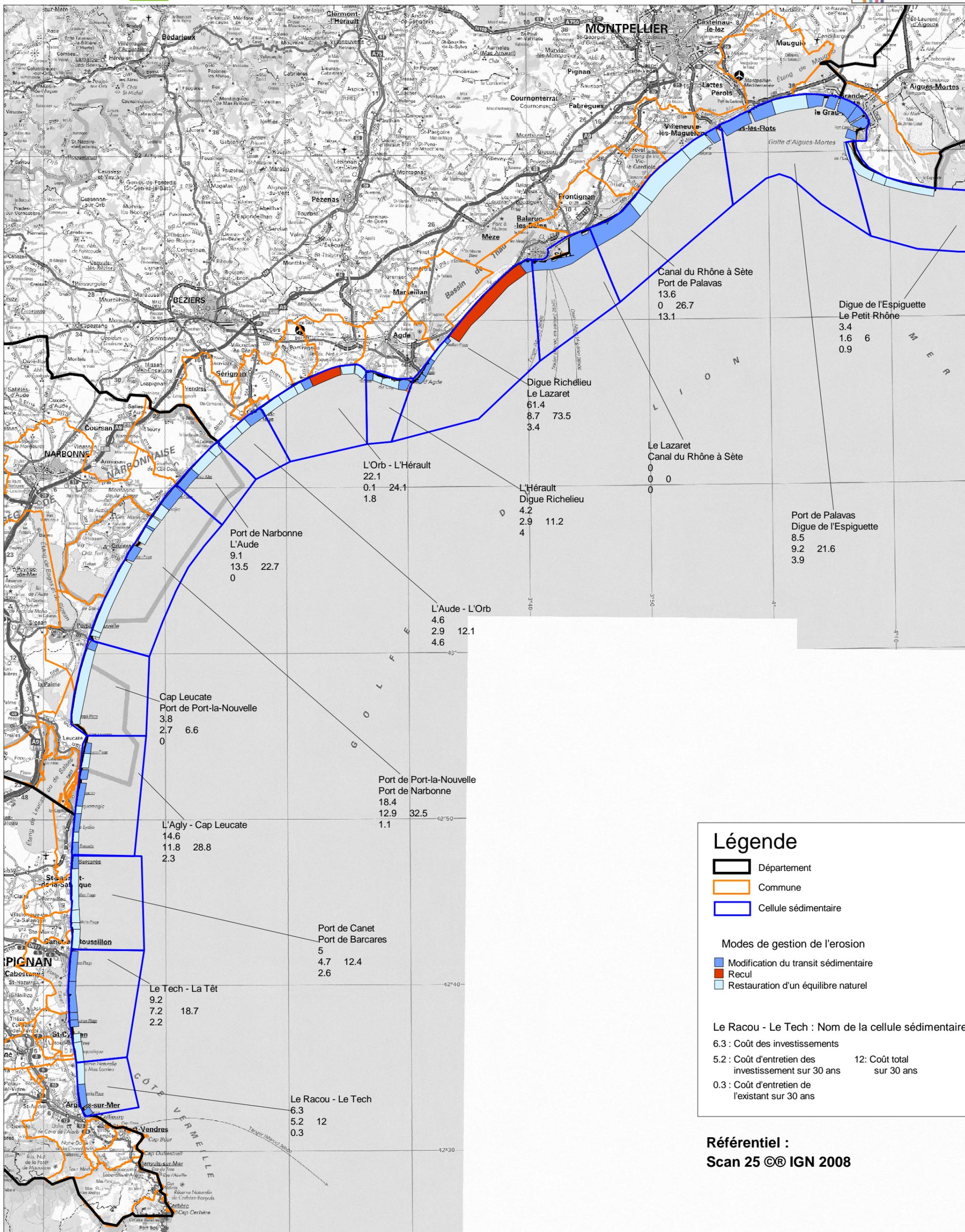
Etabli par :
CETE Méditerranée
DREC/Service SVGC

Le 21/07/2010

Echelle : 1/380 000



Présent pour l'avenir



Légende

- Département
- Commune
- Cellule sédimentaire

Modes de gestion de l'érosion

- Modification du transit sédimentaire
- Recul
- Restauration d'un équilibre naturel

Le Racou - Le Tech : Nom de la cellule sédimentaire

6.3 : Coût des investissements
5.2 : Coût d'entretien des investissements sur 30 ans
0.3 : Coût d'entretien de l'existant sur 30 ans
12 : Coût total sur 30 ans

Référentiel :
Scan 25 © IGN 2008

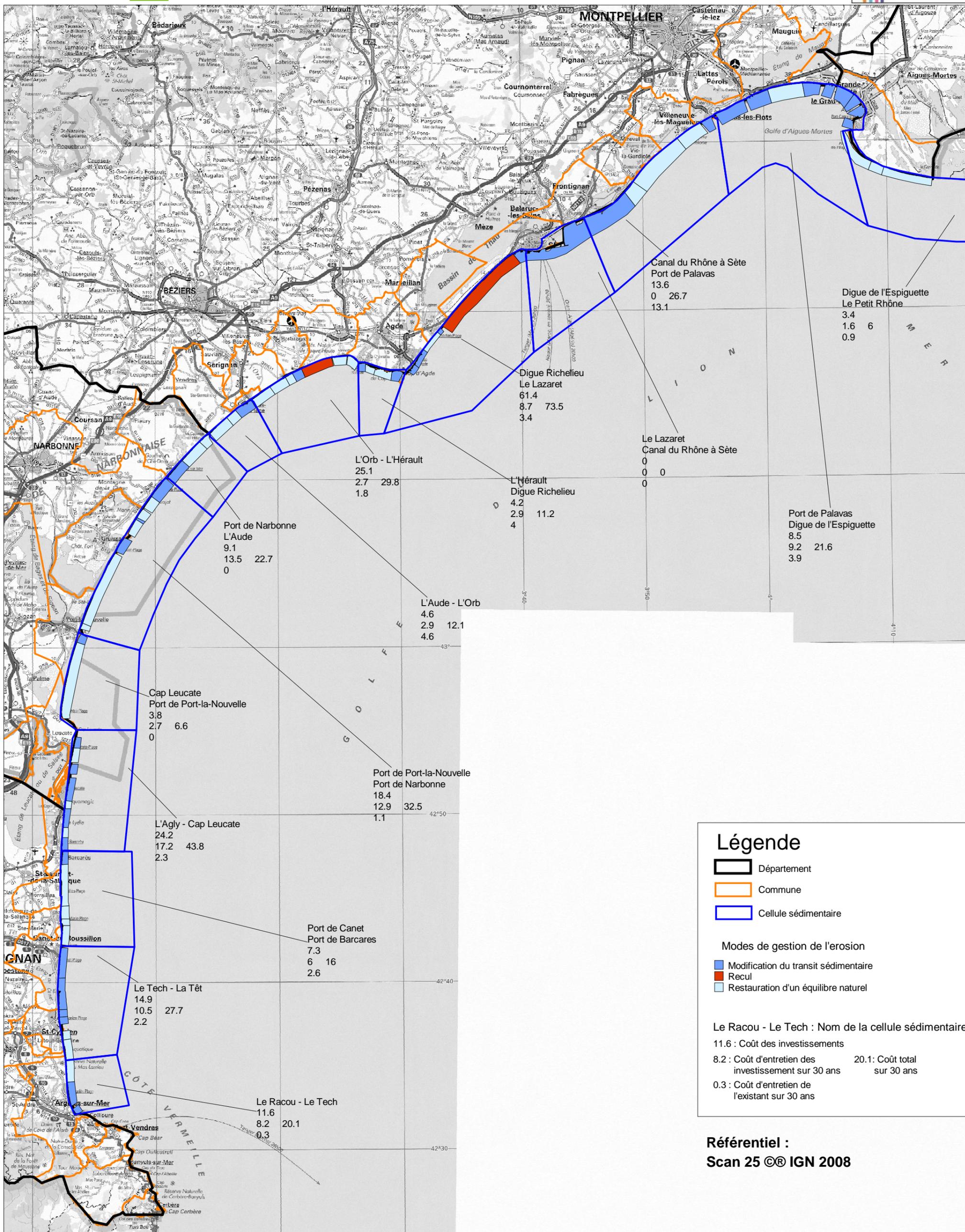
Evaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon

(scénario maximum) Coûts de la protection du littoral jusqu'en 2039 par cellule sédimentaire

Etabli par :
CETE Méditerranée
DREC/Service SVGC

Le 21/07/2010

Echelle : 1/375 000



Légende

- Département
- Commune
- Cellule sédimentaire

Modes de gestion de l'érosion

- Modification du transit sédimentaire
- Recul
- Restauration d'un équilibre naturel

Le Racou - Le Tech : Nom de la cellule sédimentaire

11.6 : Coût des investissements

8.2 : Coût d'entretien des investissements sur 30 ans

20.1 : Coût total sur 30 ans

0.3 : Coût d'entretien de l'existant sur 30 ans

Référentiel :
Scan 25 © IGN 2008

Annexes

Index Travaux Public 02

année	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
1990	353,2	355,5	356,5	357,9	358,4	359,0	358,6	359,7	360,1	361,8	360,4	354,2
1991	359,9	359,8	358,9	359,3	360,0	361,2	361,1	362,0	361,5	362,1	363,3	363,0
1992	364,0	363,1	364,0	365,0	365,9	366,9	368,3	368,3	367,8	368,3	367,3	367,9
1993	372,7	376,0	378,6	381,8	382,6	382,3	383,1	382,6	382,2	382,0	384,1	384,9
1994	386,2	387,8	389,5	391,4	392,5	392,1	391,5	393,2	394,5	398,0	398,1	399,0
1995	402,6	406,0	406,8	407,8	407,5	406,5	405,4	404,1	403,8	404,1	403,4	403,7
1996	402,6	404,3	405,0	406,3	407,1	407,9	408,2	409,1	411,1	412,4	412,6	412,6
1997	412,5	410,7	411,7	413,4	415,3	417,1	418,9	419,8	420,7	422,7	423,7	424,2
1998	423,9	424,9	425,9	426,9	427,9	428,9	429,9	430,9	431,9	432,9	433,9	434,9
1999	420,8	421,8	422,8	423,8	424,8	425,8	426,8	427,8	428,8	429,8	430,8	431,8
2000	435,4	438,4	441,0	442,3	443,3	443,6	443,5	444,2	446,3	445,9	446,1	446,1
2001	446,5	446,8	448,5	451,3	452,5	453,8	455,0	454,8	456,0	455,4	455,8	455,7
2002	457,7	459,7	462,6	464,9	465,4	465,8	469,5	472,4	473,0	473,0	472,2	474,0
2003	478,3	481,4	484,6	484,9	484,8	484,3	484,9	486,0	488,2	490,8	490,8	490,5
2004	494,3	499,7	509,9	516,1	519,6	520,1	518,9	521,3	522,6	524,7	523,5	521,2
2005	523,6	520,1	520,1	519,3	518,8	520,3	519,5	521,9	528,0	532,3	533,5	534,2
2006	541,2	543,3	546,8	549,3	553,6	554,8	558,5	561,7	563,9	565,5	565,6	564,7
2007	570,4	573,6	576,0	580,3	582,9	584,7	585,5	585,5	585,3	585,6	587,2	588,4
2008	595,4	599,9	606,0	612,6	621,2	629,5	636,4	637,9	635,5	624,7	621,0	619,7
2009	623,4	622,1	617,8	618,3	623,1	625,6	625,3	626,6	630,6	633,0	630,3	
2010												

Index Travaux Public 06

année	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
1998	380,0	379,0	377,0	376,0	374,0	369,0	367,0	365,0	364,0	364,0	363,0	361,0
1999	361,0	361,0	364,0	372,0	372,0	378,0	382,0	386,0	391,0	391,0	394,0	403,0
2000	408,0	413,0	417,0	412,0	416,0	418,0	422,0	427,0	444,0	437,0	436,0	431,0
2001	416,0	417,0	415,0	417,8	421,7	424,6	424,5	421,1	424,2	419,3	415,5	408,7
2002	409,9	410,8	414,4	420,1	420,1	416,8	419,8	427,4	434,2	436,9	432,5	436,4
2003	445,3	453,4	458,3	443,2	434,2	434,5	436,9	439,6	439,8	444,4	447,3	446,5
2004	449,9	450,0	453,4	455,9	460,3	459,9	461,4	466,7	468,1	474,3	476,2	476,7
2005	473,9	473,3	479,4	482,9	481,6	485,3	490,0	492,0	496,7	499,3	496,0	494,5
2006	499,1	501,2	503,2	505,8	509,1	508,7	512,6	513,9	512,5	508,4	509,2	510,7
2007	511,6	512,8	515,6	519,2	520,7	523,0	525,4	526,8	529,2	532,2	540,7	544,1
2008	544,9	544,9	552,3	556,5	564,6	574,3	575,6	569,8	568,5	565,0	557,4	548,7
2009	544,1	545,3	542,3	546,4	546,6	553,1	552,7	556,9	556,5	557,4	561,9	
2010												

Bibliographie

2000 – Parc National de Port-Cros – Catalogue des équipements

2002 – CETMEF Igigabel – Étude du coût des ouvrages de défense contre la mer

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

2004 – BCEOM – CG 34 / SMNLR - Étude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La Peyrade et de Villeneuve les Maguelone

2005 – A.Fourrier – Évaluation des méthodologies et des conditions d'une gouvernance efficace en matière de récupération de la bande côtière

2006 - ACT Ouest / SCE – MIALLR - Les plages du Languedoc-Roussillon, un capital à préserver, à quels coûts ?

2006 – EID – Étude de définition des enjeux de protection du littoral sableux, Phase C: Définition des modes de gestion sur le littoral Camarguais

2007 – BCEOM – CG 06 - Étude de l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes

2008 – BRGM - GT RNACC – Estimation des coûts du changement climatique liés aux risques côtiers

2008 – CETE Méditerranée – DRE LR/SATP – Protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon, Quel territoire protéger, à quel coût, suivent quel(s) critère(s) ?, Phase 1: Audit des connaissances

2007 – BRL - SIVOM des Communes littorales de la baie d'Aigues Mortes – Maîtrise d'oeuvre pour la protection de la plage de l'Espiguette: Avant Projet

2006 – SOGREAH / EPM - SIVOM des Communes littorales de la baie d'Aigues Mortes – Protection du littoral du golfe d'Aigues-Mortes secteur 1: Rapport d'Analyse des offres

2007 – BCEOM - SIVOM des Communes littorales de la baie d'Aigues Mortes - Protection du littoral du golfe d'Aigues-Mortes secteur 1: étude d'impact valant documents d'incidences

2008 – SMNLR – Commune de St Cyprien – Aménagement de la plage des Capellans: Dossier de consultation des entreprises

2006 – BRL / INGEROP / DUFOIX Architecte / Alfred Peter Paysagiste – Communauté d'agglomération du bassin de Thau – Protection et aménagement durable du Lido de Sète à Marseillan: Projet