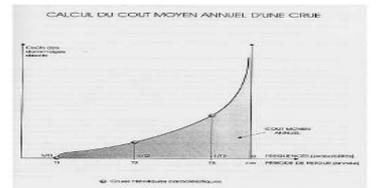
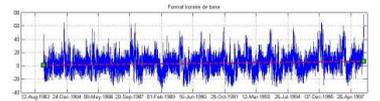
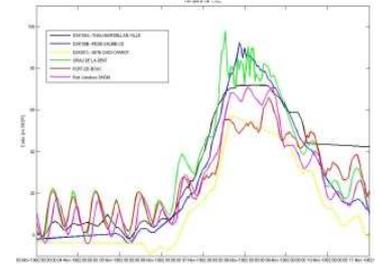


Protection des territoires littoraux en Languedoc- Roussillon

.....

Quel territoire protéger, à
quel coût, suivant quel(s)
critère(s) ?



Février 2008

Direction Régionale de L'Équipement
Service de l'Aménagement des Transport et de la Prospective

Protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon

Quel territoire protéger, à quel coût, suivant quel(s) critère(s) ?

date : février 2008

auteur : CETE méditerranée

responsable de l'étude : Frédéric Pons, DREC/SH

participants : Séverine Lopez, Chloé Auffret, DREC/SVGCSIG,

Résumé de l'étude :

Les territoires littoraux du Languedoc-Roussillon sont menacés par tout ce qui touche à la thématique du réchauffement climatique et des remontées des océans mais aussi et peut-être surtout par des aménagements divers et une urbanisation qui a modifiée l'équilibre naturel fragile de ce territoire et fait place à une politique d'aménagements lourds puis de gestion plus douce aujourd'hui. Devant les interrogations sur les possibilités de gestion et de protection de cette frange littorale, le CETE Méditerranée a dans un premier temps réalisé pour le compte de la DRE LR un bilan des questions posées et un «audit» sur la connaissance des phénomènes et l'approche économique à mener, l'évaluation des coûts des protection, et la «valeur» des territoires à protéger. C'est l'objet du présent rapport. Ce premier travail doit déboucher sur la définition d'un cahier des charges plus précis permettant de répondre aux questions initialement posées, à savoir : Protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon : quel territoire protéger, à quel coût, suivant quel(s) critère(s) ?

zone géographique : Languedoc-Roussillon

nombre de pages : 39

n° d'affaire : 25124

maître d'ouvrage : DRE LR/SATP (M. Chauvetiere)

Table des matières

INTRODUCTION.....	5
1 CONNAISSANCE DES ALÉAS.....	5
1.1 Les données morphologiques.....	6
1.1.1 Les données bathymétriques et topographiques.....	6
1.1.2 Les données géologiques.....	9
1.1.3 Les données sédimentologiques	9
1.2 Les forçages météo-marins.....	11
1.2.1 La houle.....	11
1.2.2 Les niveaux marins.....	12
1.2.3 Les courants.....	17
1.3 Les atlas de zones inondables.....	17
2 CONNAISSANCE DES ÉVÈNEMENTS HISTORIQUES DU LITTORAL.....	19
2.1 Historique des tempêtes et de leur coût.....	19
2.2 Historique et coût des aménagements.....	20
2.3 Historique de l'urbanisation et de l'occupation de la frange littorale.....	21
3 APPROCHE ÉCONOMIQUE ET GESTION DU TERRITOIRE.....	22
3.1 Le coût des ouvrages de protection.....	22
3.2 La valeur économique des territoires.....	23
3.3 L'étude de référence actuelle sur la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon.....	24
4 SYNTHÈSE ET PLAN D' ACTIONS.....	27
5 BIBLIOGRAPHIE.....	29
6 ANNEXES.....	31

Index des illustrations

Illustration 1: Exemple de représentation de trait de cote - Zone d'accumulation de l'Espiguette - Trait de côte datant de 1942 (vert fluorescent) à aujourd'hui (vers le large) – données SMNLR.....	7
Illustration 2: Exemple de profil bathymétrique.....	8
Illustration 3: Exemple de spatialisation de données bathymétriques.....	9
Illustration 4: Exemple d'évolution du prisme littoral (Certain 2002).....	9
Illustration 5: Exemple de variation du grain médian du Cap d'Agde à Sète (Durand 1999 et Certain 2002)	10
Illustration 6: Illustration du comportement et des valeurs similaires atteintes en période de tempête dans les ports et les étangs.....	14
Illustration 7: Tendances du niveau marin en Méditerranée en mm/an (issue des données altimétriques des satellites Topex-Poseidon et Jason-1)- Période 1992 à 2006	15
Illustration 8: Carte d'exposition aux tsunamis du littoral des régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur (source BRGM).....	16
Illustration 9: Réponse du marégraphe de Sète au séisme de Zemmouri le 21 Mai 2003.....	17

Illustration 10: Exemple de la représentation de l'atlas de zones inondables par submersions marines (étude en cours au CETE Méditerranée).....	18
Illustration 11: Exemple de recensement de dégâts dus aux submersions marines (secteur Petit-Rhône Aigues-Mortes). Les flèches représentent des passages d'eau et les autres signets la présence de dégâts. Les couleurs sont fonction des années (recensement depuis 1970)	20
Illustration 12: Exemple d'utilisation de la base de données ouvrages de la DRE LR (les dates correspondent à la date de création des épis).....	21

Index des tables

Tableau 1: Données de houle en LR provenant du rapport cité fait par le SMNLR.....	12
Tableau 2: Données de niveaux marins en LR provenant du rapport sur l'analyse de la tempête de 2003 (SMNLR).....	13
Tableau 3: Coûts des différents aménagements de protection du littoral (fournis dans le projet BEACHMED).....	23
Tableau 4: Ordres de grandeur des valeurs économiques des descripteurs socio-économiques.....	26

INTRODUCTION

« Certains territoires sont menacés, notamment lors des tempêtes d'automne où le vent marin crée des pluies torrentielles, donc des crues et, cela en concomitance une élévation du niveau de la mer. C'est déjà une réalité. Demain, parce que le niveau de la mer augmente, ces territoires seront plus nombreux et moins faciles à défendre.

Demain, les pouvoirs publics vont devoir faire des choix. La question est : que faut-il défendre et à quel prix ? ».

Face à ces constats et ces questionnements, la DRE Languedoc-Roussillon a souhaité engager une réflexion, pour tenter de répondre notamment aux questions suivantes :

- de quoi dispose-t-on pour engager en Languedoc-Roussillon ce type de réflexion ?
- comment évaluer la « valeur » d'un territoire ?
- que connaît-on de l'évolution du niveau de la mer , de l'occurrence et de force des tempêtes en Languedoc-Roussillon?
- comment calculer la valeur de la protection à mettre en oeuvre ?

Ainsi, pour engager les réflexions sur ce sujet, la DRE Languedoc-Roussillon et le CETE Méditerranée se sont réunis le 15 janvier 2007 pour définir un programme d'actions.

Le compte-rendu de cette réunion est joint en annexe 1 et 2.

Devant la complexité du sujet à traiter et les nombreuses interrogations, il a été décidé, que dans un premier temps le CETE Méditerranée, ferait un bilan des questions posées (cf. annexe 2) et réaliserait un « audit »^[1] sur : la connaissance des phénomènes et l'approche économique à mener : l'évaluation des coûts des protection, et la « valeur » des territoires à protéger. C'est l'objet du présent rapport.

1 Connaissance des aléas

Le guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPR) » édité à la Documentation Française par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement en Novembre 1997 fait état de trois phénomènes et risques littoraux :

- **les submersions marines**¹ : sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères provoquant des ondes de tempête. Elles envahissent en général des terrains situés en dessous du niveau des plus hautes mers, mais aussi parfois au-dessus si des projections d'eaux marines franchissent des ouvrages de protection,
- **le recul du trait de cote** sur les cotes basses meubles et sur les cotes à falaise,
- **les avancées dunaires.**

¹définition du guide

Le littoral du Languedoc-Roussillon est principalement formé de cotes basses meubles avec la présence de nombreux étangs en arrière des plages. Les deux premiers phénomènes sont présents sur les cotes du Languedoc-Roussillon. Le deuxième est aussi lié à la thématique du changement climatique et plus particulièrement son impact sur l'élévation du niveau moyen de la mer.

Ce chapitre a pour objet de faire un état le plus exhaustif possible et concis des différentes connaissances acquises sur les phénomènes physiques présents sur le littoral du Languedoc-Roussillon et exploitables à cette échelle.

Les différents types de mesures effectuées sur le littoral seront inventoriées, avec l'objectif de dire ce qui a été mesuré, les conclusions et travaux réalisés sur ces mesures. Un programme d'action sera ensuite proposé pour indiquer les travaux à réaliser sur les données anciennes ou celles qu'il faut acquérir.

1.1 Les données morphologiques

L'utilisation des données morphologiques permet de connaître les caractéristiques et l'évolution de la frange littorale. Il s'agit :

- des données bathymétriques et topographiques,
- des données géologiques,
- des données sédimentologiques.

1.1.1 Les données bathymétriques et topographiques

Concernant **les données bathymétriques et topographiques**, elles sont éparées et diverses. Elles proviennent en mer principalement de relevés déjà ancien du SHOM² et levés à des dates différentes pour les cartes marines. A terre, il n'y a pas de données topographiques continues avec une précision permettant de suivre l'évolution de la frange littorale. Les conclusions de l'exploitation de ce type de données ne sont donc que locales.

Au niveau national, une base de données communes SHOM-IGN nommée **Litto3D**³ va être lancée pour permettre d'avoir des données topo-bathymétriques continues sur la frange littorale et avec le même référentiel, ne posant ainsi pas de problème de recollement.

La DRE LR/SLE va mettre en place avec des partenariats locaux des campagnes d'acquisition de données topo-bathymétriques LIDAR (contact DRE : C. Tissot ou C. Garcia). Ces campagnes s'inscrivent dans le cadre de projet européen INTERREG.

Une autre manière de suivre le mouvement du littoral est de regarder l'évolution du **trait de côte**⁴. Des données relatives au traits de côte sont disponibles à la fois à la DRE (provenant des anciens services du SMNLR) et auprès de quelques organismes comme l'Université de Perpignan, l'EID⁵ ou le CEREGE⁶). Ces données proviennent de traitement de photographies aériennes ou de cartes anciennes (début 19^e siècle) et de relevés au GPS. Elles permettent actuellement de mettre en avant les évolutions significatives du littoral en Languedoc-Roussillon. Le point faible est que l'évolution n'est qu'en plan et ne met pas en évidence les volumes mis en jeu.

²Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (<http://www.shom.fr/>)

³http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_Litto3D/index_litto3D_f.htm

⁴Aucune définition stricte n'existe pour ce terme. Dans le cadre de cette étude, il définit la limite entre la terre et la mer, limite qui évolue rapidement, rien qu'avec la marée en Méditerranée.

⁵Entente InterDépartement pour la Démoustification du littoral méditerranéen (<http://www.eid-med.org/>)

⁶Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (<http://www.cerege.fr/>)

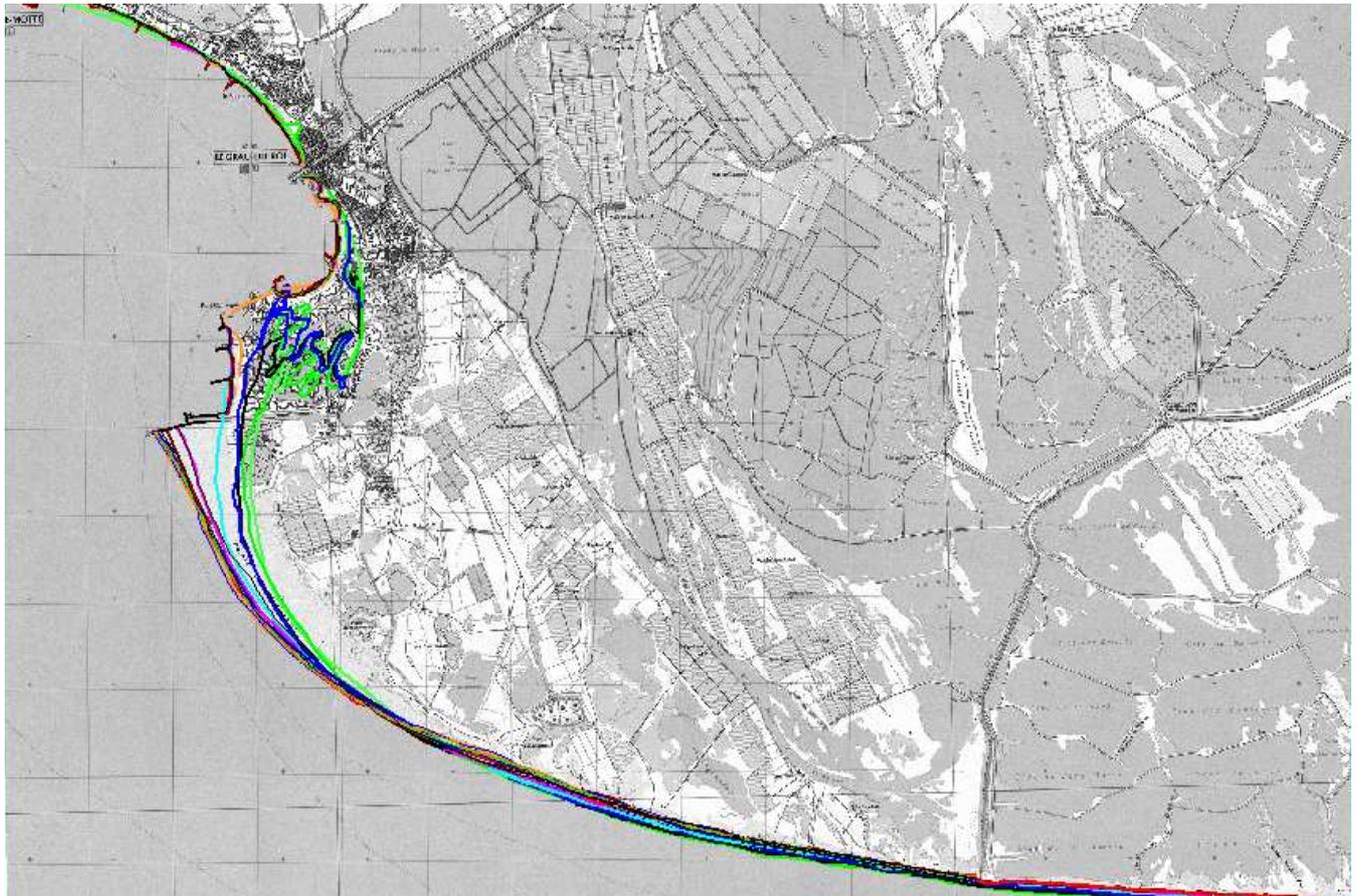


Illustration 1: Exemple de représentation de trait de cote - Zone d'accumulation de l'Espiguette - Trait de côte datant de 1942 (vert fluorescent) à aujourd'hui (vers le large) – données SMNLR

Sur ce thème du trait de côte, le programme Européen EuroSION a permis de classer les linéaires côtiers en accrétion, stabilité ou érosion. Ces données montrent que le littoral du Languedoc-Roussillon est dans la tranche la plus défavorable de l'exposition au risque côtier.

Par ailleurs, le SMNLR avait pour habitude de réaliser des **profils de plage** allant de la plage émergée à la plage immergée. Ces profils permettent de voir le recul ou l'avancée de caractéristiques comme les dunes, la plage émergée, le trait de côte ou la plage immergée avec les barres d'avant-côte. Les mouvements sédimentaires se faisant dans les deux directions du large à la côte ou parallèlement à la côte, ce type de levé pose des problèmes d'interprétation, d'utilisation et donc de tendances si celles-ci ne sont pas très marquées.

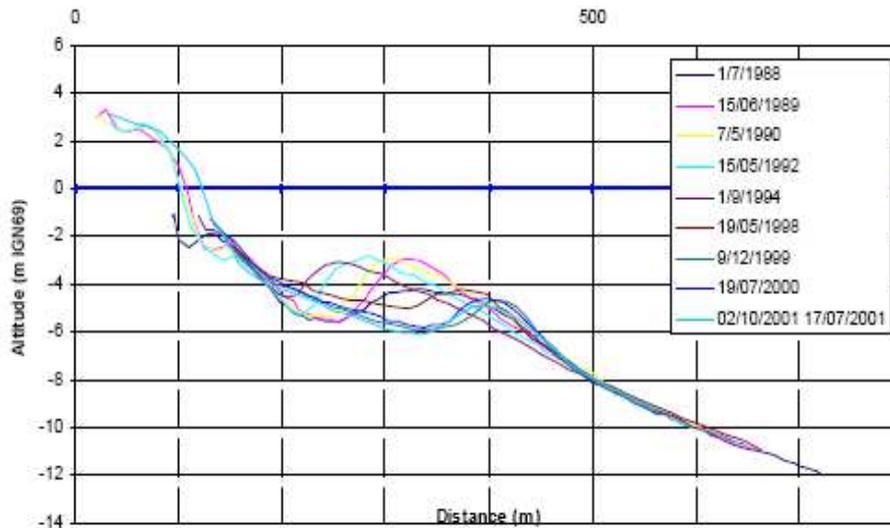


Figure 23: Profils bathymétriques BT048950

Illustration 2: Exemple de profil bathymétrique

Par contre, ils permettent de se rendre compte que la mobilité visible en surface est bien moindre que celles des fonds. Des généralisations et des spatialisations des profils ont été testés sur le Languedoc-Roussillon pour connaître l'évolution du bilan sédimentaire ou la connaissance de la profondeur de fermeture (limite visible de mobilité des fonds).

Des résultats sont disponibles sur les graphiques suivants tiré du rapport CETE Méditerranée CEREGE (2006).

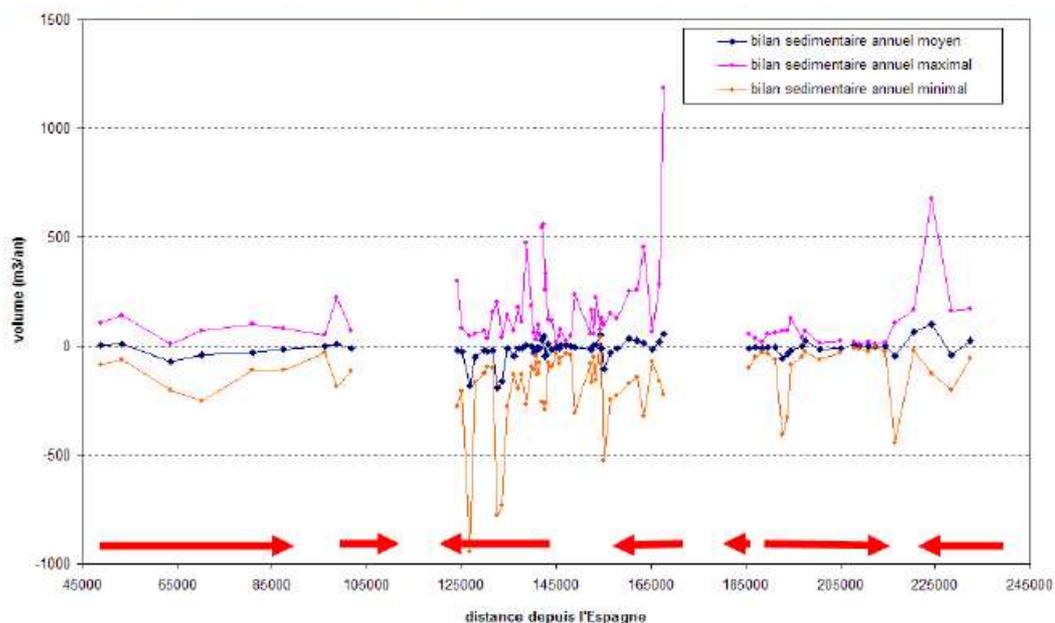


Figure 21: Evolution longitudinale des bilans sédimentaire (m3) des profils. Les flèches rouges indiquent la direction dominante du transit sédimentaire

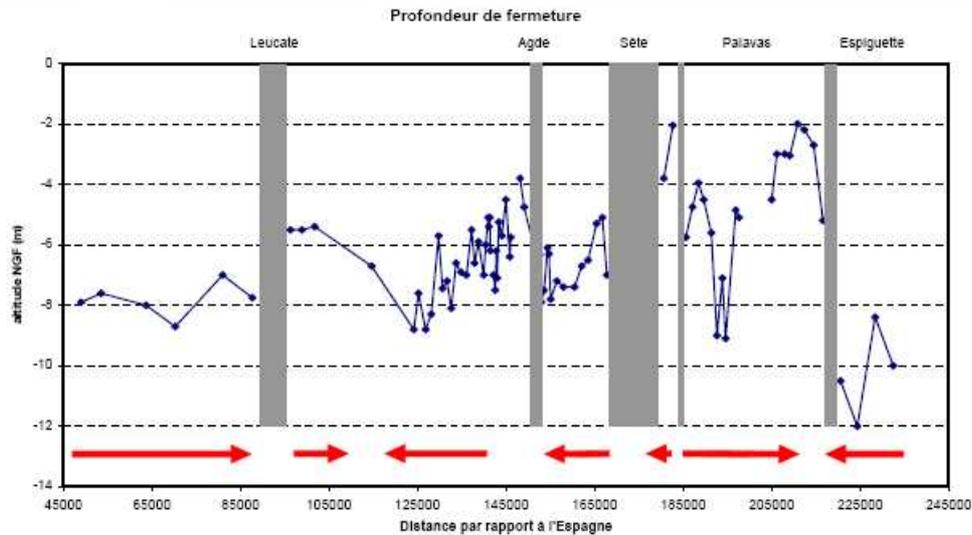


Figure 22: Evolution longitudinale de la profondeur de fermeture. Les flèches rouges indiquent la direction dominante du transit sédimentaire

Illustration 3: Exemple de spatialisation de données bathymétriques

1.1.2 Les données géologiques

En terme de **géologie**, l'ensemble des cartes géologiques sur la côte existent (cartes BRGM) permettant de connaître les divers types de formations. Des évolutions récentes (en terme géologique) sont aussi présentées dans certains rapports.

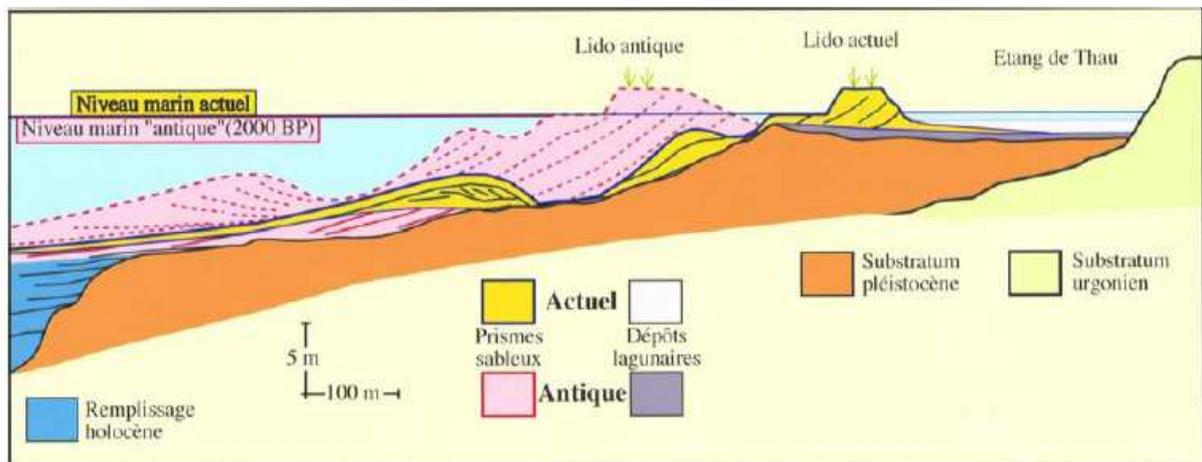


Fig. IV- 6 : Construction du prisme littoral de Sète depuis l'antiquité (voir texte pour explication).

Illustration 4: Exemple d'évolution du prisme littoral (Certain 2002)

1.1.3 Les données sédimentologiques

L'étude des données **sédimentologiques** connaît aujourd'hui moins d'engouement. Les plages sableuses sont composées principalement de sédiments provenant des bassins versants. Actuellement, ces apports de sédiments sont moins présents pour des raisons connues de construction de barrage sur les cours d'eau, de l'imitation de l'érosion sur les terrains en montagne, et d'exploitation de carrières (pratique qui tend néanmoins à se réduire).

La plus grande exploitation des données sédimentologiques disponibles figure dans le catalogue sédimentologique des côtes françaises datant de 1984 et montrant des variations non négligeables du type de sédiments et donc de plage. Une exploitation des données est aussi présente dans la thèse de Durand (1999) et actualisé par Certain (2002)

Pour illustration, le graphe suivant montre l'évolution de grain médian du Cap d'Agde à Sète.

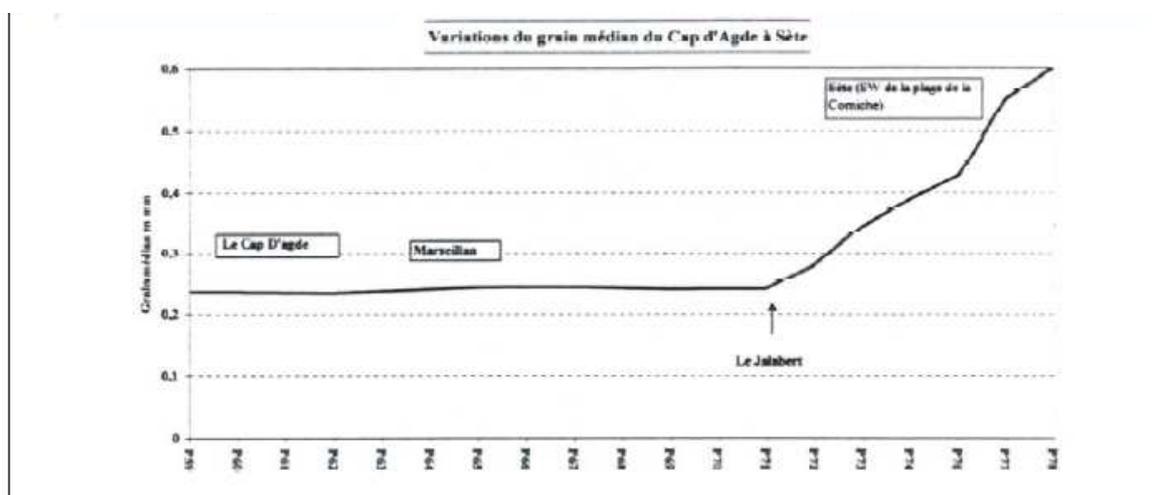


Fig. II- 9 : Diamètre moyen des grains sur les plages émergées de l'ouest du golfe du Lion
Illustration 5: Exemple de variation du grain médian du Cap d'Agde à Sète (Durand 1999 et Certain 2002)

Une donnée non présente sur l'ensemble du Languedoc-Roussillon est la connaissance de l'épaisseur de l'**Unité Sableuse Supérieure (USU)** comme définie dans Certain (2002) qui représente le stock de « sable utile » au dessus d'une couche de matériau différente. Certains montrent que l'évolution (avancée ou recul) de la plage est fort dépendante de cette USU. Ces relevés ne sont réalisés que sur des profils bathymétriques et posent ainsi les mêmes problématiques de généralisation. En se référant à l'exemple d'évolution du prisme de Sète, il est intéressant de voir que les stock sableux en jaune deviennent de plus en plus limités et que les cordons dunaires en haut de plage constituent des réserves non négligeables par rapport à l'ensemble du stock de sédiments de la plage immergée.

1.2 Les forçages météo-marins

Pour une meilleure compréhension du phénomène des tempêtes et des données listées par la suite, il convient de décrire dans le contexte géographique du Languedoc-Roussillon les phénomènes météo-marins en jeu en mer et à terre lors d'une tempête entraînant des submersions marines :

- En mer :
 - la marée astronomique (effet des astres) qui a une amplitude maximale de l'ordre de 30 à 40 cm ;
 - la pression barométrique (basses-pressions en tempête) associée au vent entraîne une surélévation du niveau de la mer ;
 - la houle du large avec le vent local créé en mer des vagues avec de fortes amplitudes et des périodes relativement faibles créant un état de la mer qualifié de « mer de vent » ;
 - le déferlement des vagues à la cote qui crée un courant de dérive important fonction de l'angle d'incidence de la houle et aussi un « setup » c'est à dire une surcote (élévation du plan d'eau) localisée liée à la houle ;
 - les phénomènes de Run-Up en face des digues frontales qui correspond au passage de lames d'eau à chaque vague au dessus de ces mêmes digues.
 - Les oscillations comprises entre la houle et la marée, pouvant provenir de seiches portuaires ou cotières
- A terre ou dans les étangs :
 - L'eau de mer suit les axes d'écoulement principaux à terre (pente de la topographie)
 - Le vent local fort (comme nous l'avons indiqué précédemment) crée de nouveau des basculements de plan d'eau (niveau d'eau plus fort au Nord qu'au Sud par temps de tempête de Sud ou Sud-Sud-Est)
 - Le vent local fort crée à nouveau de vagues dans les terres pouvant atteindre l'ordre du mètre.
 - La pluie est souvent présente et forte pendant ces événements et les écoulements de ces pluies locales sont bloqués par le niveau de la mer.
 - Les cours d'eau sont en crue (nous n'abordons pas des crues exceptionnelles) et leur capacité d'écoulement vers la mer sont contraintes par le niveau moyen de la mer à l'aval.

Concernant les **vents** forts, le Languedoc-Roussillon est principalement soumis aux vents de terres (Tramontane – Mistral) et aux vents de Sud-Est (tempêtes). Concernant ces derniers, aucune analyse sur des données continues ne semblent avoir été effectuée dans le cadre des submersions marines. **Il existe des valeurs relevés lors des retours de tempêtes avec des vents de l'ordre de 180km/h lors de la tempête de 1982 par exemple.**

1.2.1 La houle

Concernant la **houle**, il existe deux types de données:

- celles indiquées dans le catalogue sédimentologique (méta-données et statistiques) des cotes françaises datant des années 1960 à 1976. Ces données sont citées dans des rapports SOGREAH, LCHF⁷ et LNH⁸. Elles ont principalement servi à dimensionner les constructions des nouveaux ports et sont pour la plupart de très courtes périodes (1 à 2 ans d'enregistrement sauf à Sète).
- Celles formant la base de données la plus complète qui proviennent du houlographe non directionnel de Marseillan depuis janvier 1989. Le laboratoire Arago à Banyuls dispose d'une bouée depuis quelques années présentant souvent des problèmes techniques. Un réseau de

⁷Laboratoire Central d'Hydraulique de France

⁸Laboratoire National d'Hydraulique

houlographe va être mis en place par le CETMEF⁹ dans le réseau CANDHIS¹⁰. Il comprend le remplacement des bouées de Sète (effectué) et Banyuls avec des bouée directionnelle et la mise en place d'une bouée au large de Leucate (effectué) et une au large de l'Espiguette. Le tableau ci-dessous donne un exemple des données de houle :

		4 décembre 2003	12-13 novembre 1999	16-18 décembre 1997
Banyuls	Houle significative	8.33 m	>6.76 m (une mesure à 9.41 m qui semble critiquable)	
	Période significative (au maximum d'amplitude)	11.7 s	9.68 s	
	Houle maximum	13.78 m		
Sète	Houle significative	5.72 m	5.26 m	6.98 m
	Période significative (au maximum d'amplitude)	10.2 s	8.85 s	10.37 s
	Houle maximum	8.67 m	9.94 m	10.81 m (une mesure à 16 m qui semble critiquable)

Tableau 1: Données de houle en LR provenant du rapport cité fait par le SMNLR

Les enseignements sont que des houles de plus de 10 mètres apparaissent sur le littoral du Languedoc-Roussillon. Par contre, le suivi d'une seule bouée sur Sète depuis 1988 ne permet pas de tracer des tendances à l'évolution de ce paramètre.

Il est utile d'indiquer ici que dans les travaux entrepris dans le cadre de Discobole¹¹, sur des données de houle d'Atlantique, aucun signe de tendance n'a été détecté sur les vingt dernières années. Ces travaux consistaient à modéliser à partir des champs de vent sur tous l'Atlantique, la houle sur les côtes françaises (avec des calages sur des mesures ponctuelles) sur une période de 23 années.

1.2.2 Les niveaux marins

Concernant les **niveaux marins**, il existe :

- des données recensées dans le catalogue sédimentologique des cotes françaises sur Sète et Port La Nouvelle dans les années 1960-1970. Ces données ne sont pas présentes au sein des service de la DRE.
- des données au format papier qui ont été traitées au CETE Méditerranée avec un rendu en Avril 2007. Elles concernent environ 20 stations pour 88 années d'enregistrements. Seules les stations de Sète et Port-Vendres ont des durées d'enregistrement supérieures à 10 ans.

⁹Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales (<http://www.cetmef.equipement.gouv.fr/>)

¹⁰ Centre d'Archivage National de Données de Houle In Situ (<http://www.cetmef.equipement.gouv.fr/>)

¹¹Projet de recherche DISCOBOLE (Données pour le dimensionnement des Structures Côtières et des Ouvrages de BOrd de mer à Longue Échéance) laboratoires, suivi technique et budgétaire, reporting).

- des données issues d'enregistreur numériques sur le port de Sète depuis 1997 et sur le Port de Port-Vendres. Comme pour la houle, la mise en place d'un réseau de mesure de marégraphe est en cours d'élaboration avec le SHOM, gestionnaire national des données marégraphiques. Il comprend le remplacement effectif des marégraphes de Sète et Port-Vendres et la mise en place de 6 autres appareils en mer devant répondre aux préoccupations du SHOM et des SPC¹². Un travail pour la qualification des données anciennes en vue de leur exploitation statistique (tendance, analyse fréquentielle) débute en partenariat avec Météo France¹³.

Pendant les périodes de tempêtes, il est constaté des fortes différences entre les valeurs enregistrées par les appareils de mesures et les témoignages visuels. Les témoignages visuels indiquent toujours des valeurs plus importantes (problème de moyenne d'enregistrement – effet de sites?). Le tableau ci-dessous en montre des exemples.

	4/12/2003	12-13/11/1999	16-18/12/1997
Sète (marégraphe)	0.85 m IGN69	0.75 m IGN69	1.06 m IGN69
Port Barcarès (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.20 m ^a		1.2 m
Port de Canet (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.25 m ^b		1.2 à 1.3 m
Port de Saint-Cyprien (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m ^c		1.45 m
Port d'Argelès (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m ^d		1.5 m
Port-Vendres (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.50 m ^e	1.30 m	1.7 m
Port-Vendres (marégraphe)	0.87 m IGN69		

^a constaté par M Rault directeur du Port au niveau de l'échelle placée sous le pont mobile

^b constaté par M Bonafos directeur du Port : environ 25 cm par rapport aux quais (quai de la capitainerie) eux-mêmes situés à +1m

^c constaté par M Isodoro, Maître de port : environ 30 cm par rapport aux quais (quai de l'UDSIST) eux-mêmes situés à +1m

^d constaté par M Bigou directeur du Port : environ 30 cm par rapport aux quais (quai de la capitainerie) eux-mêmes situés à +1m

^e quais intérieurs (situés à +1,50m) noyés constaté par M Guillet Commandant du port

Analyse de la tempête marine du 4 décembre 2003 : - décembre 2003

Page 10 sur 20

Tableau 2: Données de niveaux marins en LR provenant du rapport sur l'analyse de la tempête de 2003 (SMNLR)

Pendant les périodes de tempêtes, les niveaux moyens extrêmes atteints dans les ports et dans les étangs sont du même ordre de grandeur comme le montrent les figures de la tempête de 1982 sur l'étang de Thau et de 1997 sur les étangs palavasiens et de Thau. Les vents forts lors de ces tempêtes contribuent fortement aux basculements de certains plans d'eau en arrière des cordons dunaires¹⁴.

¹²Service de Prévision des Crues

¹³http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/biblio/pigb12/05_rechauffement.htm

¹⁴Ces éléments ont pu largement être vérifiés par des mesures dans les étangs camargais et les retours d'expérience de la Compagnie des salins du Midi sur les étangs de son site d'exploitation d'Aigues-Mortes

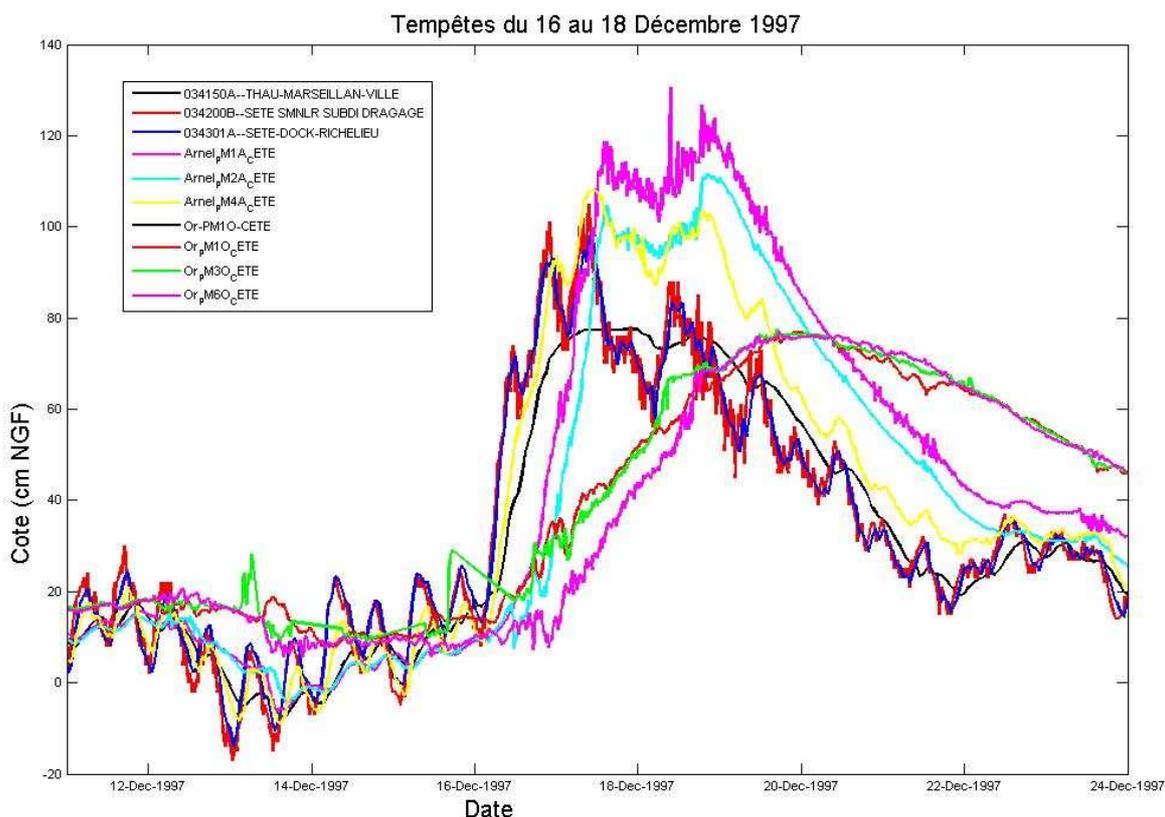
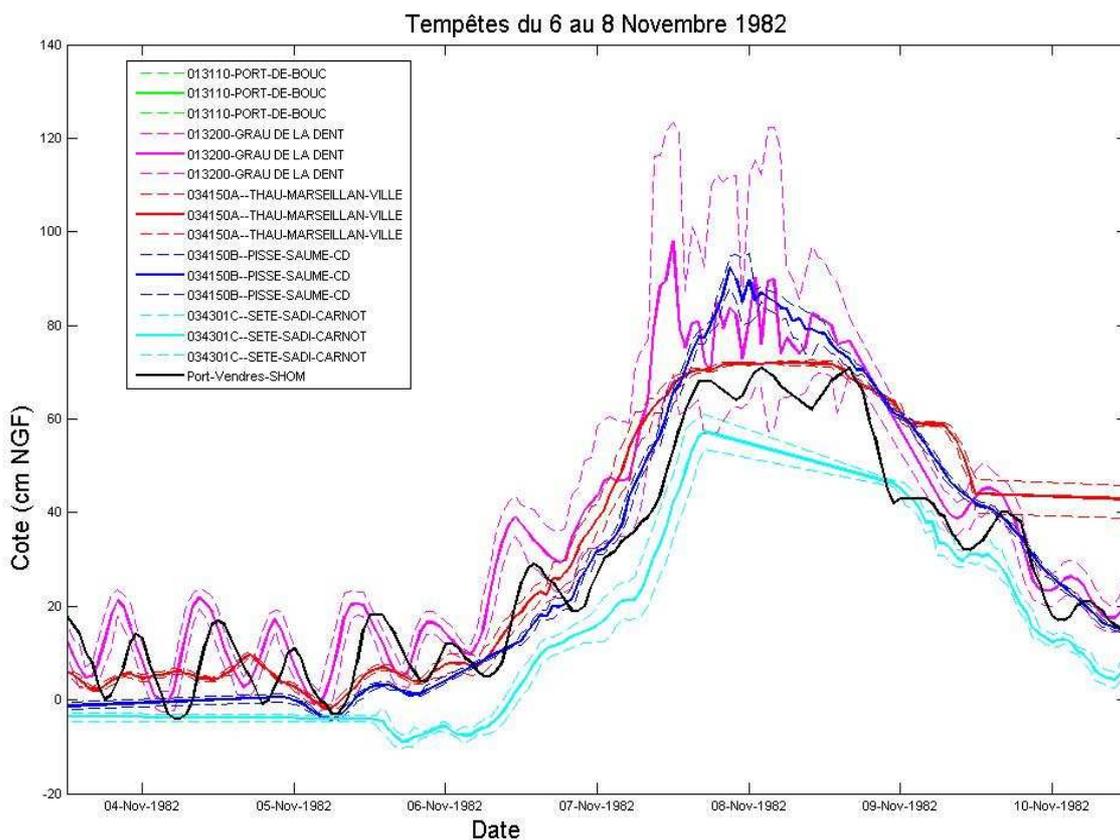


Illustration 6: Illustration du comportement et des valeurs similaires atteintes en période de tempête dans les ports et les étangs

Concernant l'**élévation moyenne du niveau de la mer**, il est délicat de donner des tendances à partir de données brutes¹⁵. De plus, il est important de constater que le niveau marin mesuré sur un appareil l'est par une référence qui peut être mobile (tassement des sédiments dans les ports, phénomènes de l'écorce terrestre...). Les travaux récents du GIEC (2007) montre une élévation à l'échelle mondiale de l'ordre de 1,8mm/an de 1963 à 2003 et de 3,3mm/an de 1993 à 2003. Les données actuelles sont des données brutes. En essayant de donner la tendance sur le port de Sète ou Port-Vendres, sur 13,5 années consécutives, le calcul de la tendance en enlevant 2 ans au début de la série ou à la fin conduit à la division par deux ou la multiplication par deux de celle-ci. **Il est donc aujourd'hui impossible de donner une tendance de la remontée du niveau marin en Languedoc-Roussillon à la côte avec ces données.** C'est pour cela que des travaux avec les experts de Météo-France ont été lancés.

Il existe, en parallèle et complément, des données ponctuelles, issues des études du niveau marin basées sur l'altimétrie spatiale. Celle-ci permet d'avoir des éléments de remontée du niveau moyen de le mer depuis 1992 sur la cote du Languedoc-Roussillon. Ces données sont qualifiées de précises jusqu'à une distance de l'ordre de 50 km des côtes. La carte suivante, fournie par Le LEGOS¹⁶ montre l'élévation locale du niveau marin.

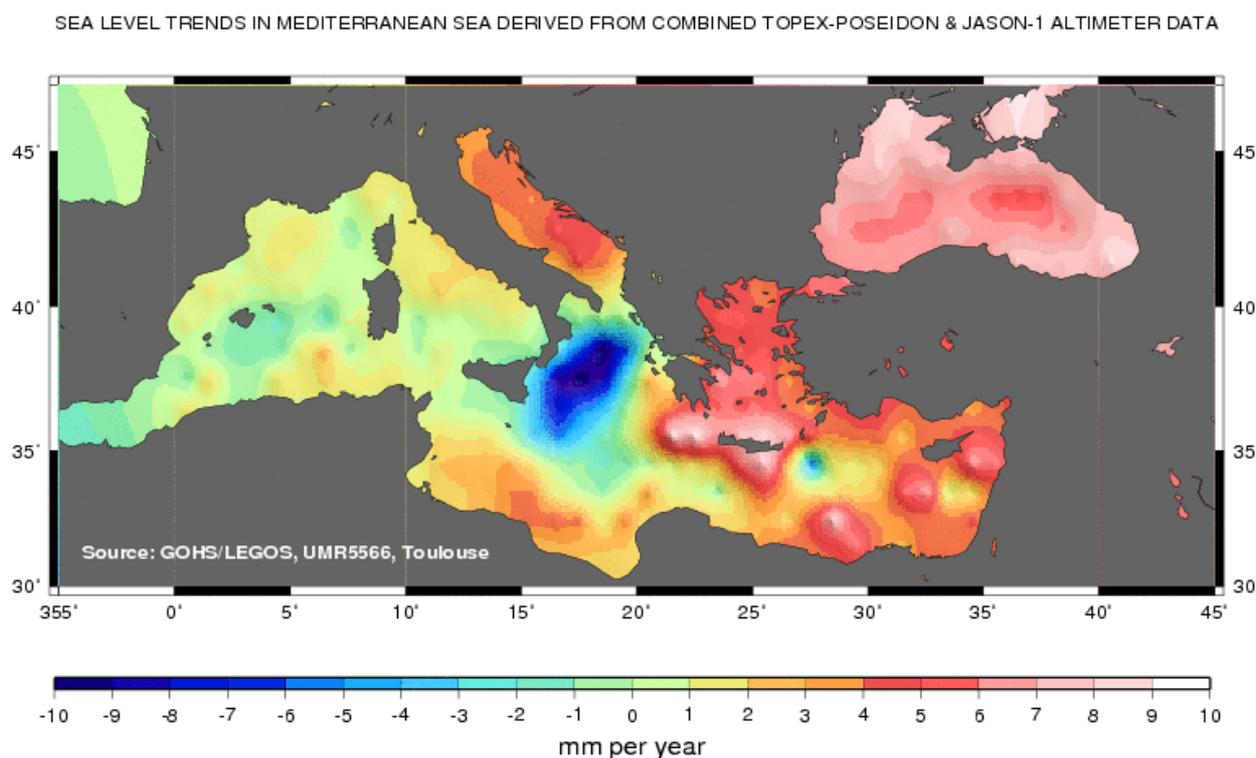


Illustration 7: Tendence du niveau marin en Méditerranée en mm/an (issue des données altimétriques des satellites Topeix-Poseidon et Jason-1)- Période 1992 à 2006

Un partenariat entre la DRE accompagné du CETE méditerranée et la laboratoire LEGOS est à lancer pour l'étude de la remontée du niveau marin spécifique au Golfe du Lion avec un échange réciproque d'information. La DRE LR doit par exemple fournir les données brutes mesurées sur ces marégraphes ponctuels pour permettre au LEGOS à la fois de valider les données satellitaires et remonter sur des données antérieures au lancement de ces satellites (années 1990).

¹⁵http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/biblio/pigb12/05_rechauffement.htm

¹⁶Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (<http://www.legos.obs-mip.fr/>)

Il est à noter que des cas de **tsunamis** ou **raz de marée** ont déjà eu lieu sur le Golfe du Lion. Une modélisation récente a été menée par le BRGM sur les cotes méditerranéenne françaises¹⁷. La carte ci-dessous illustre le propos.

Carte d'exposition aux tsunamis du littoral des régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur

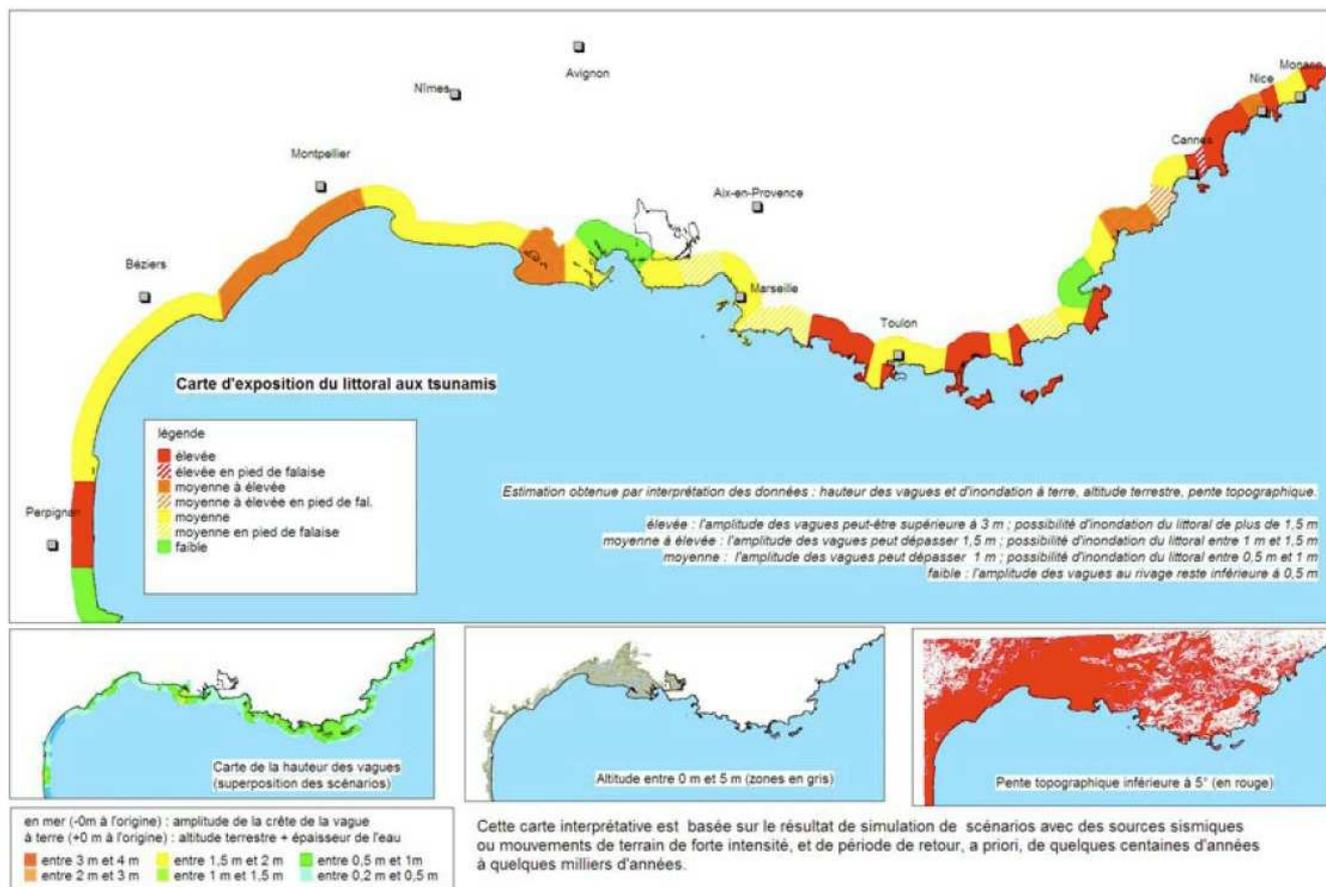


Illustration 8: Carte d'exposition aux tsunamis du littoral des régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur (source BRGM)

Cette carte est cependant à prendre avec précaution car les enregistrements du Port Autonome de Marseille montrent une vague lors d'un raz de marée (qualification CATNAT) en 1985 de plus de 80 cm alors que la modélisation annonce des valeurs inférieures à 50cm.

Les enregistrements à Sète du SMNLR conservés à la DRE LR montrent par contre les oscillations résultantes du séisme de Zemmourri du 21 Mai 2003 (18h44 GMT).

¹⁷<http://www.senat.fr/noticerap/2007/r07-117-notice.html>

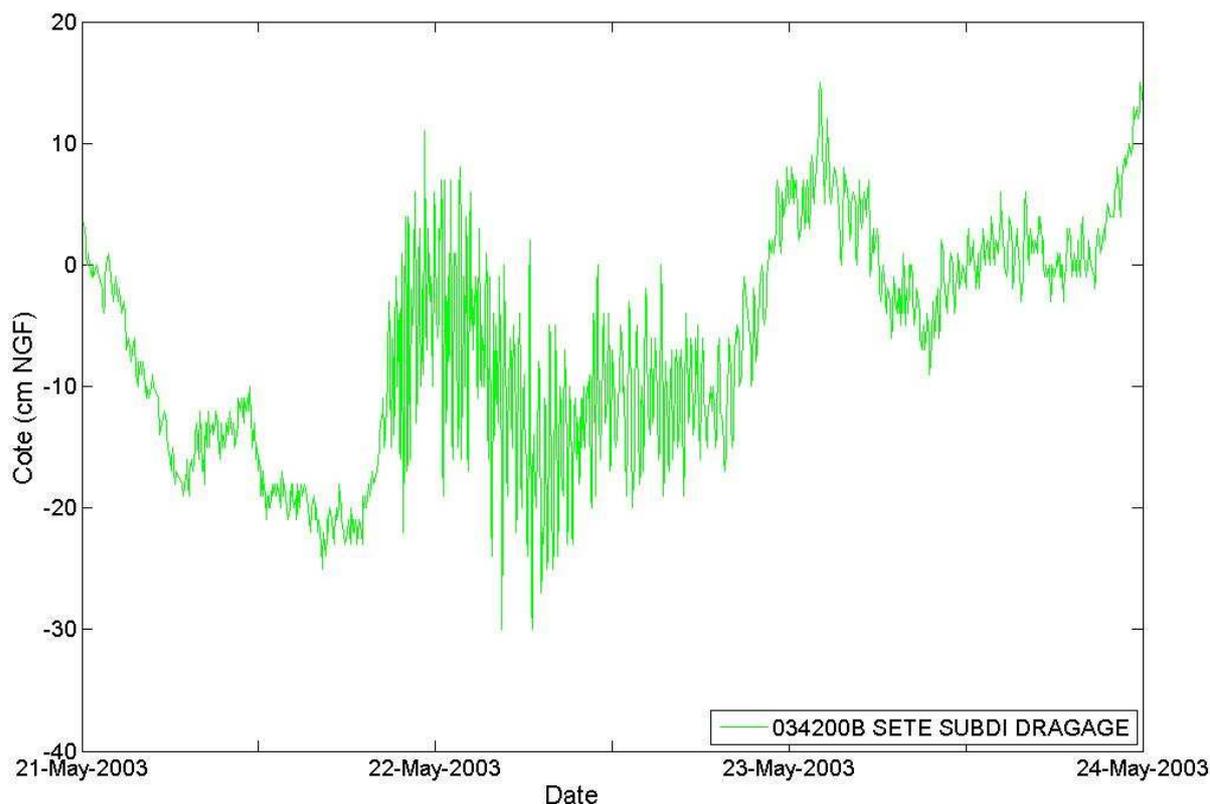


Illustration 9: Réponse du marégraphe de Sète au séisme de Zemmouri le 21 Mai 2003

1.2.3 Les courants

Concernant les **courants**, les mesures anciennes sont quasi-inexistantes à l'échelle régionale. La mise en place récente de modèle de courant océanique a permis de progresser dans la connaissance des divers courants présents, courants généraux, de marée, dûs aux vents et à la houle. Les organismes les plus avancés sur le sujet sont le Laboratoire de Dynamique de la Lithosphère dépendant (Université de Montpellier II) et le Centre d'Océanologie de Marseille (Université d'Aix - Marseille II).

Concernant les impacts et la tendance de la dérive littorale associée aux courants, elle est mieux connue car visible. Elle crée des accumulations en certains endroits et des érosions à d'autres qui permettent de connaître sa direction dominante. La mise en place d'épis en mer suit particulièrement la dérive comme c'est le cas sur l'illustration 12: Exemple d'utilisation de la base de données ouvrages de la DRE LR (les dates correspondent à la date de création des épis) où la mise en place d'ouvrage du port de frontignan vers l'Ouest montre une dérive littorale d'Ouest vers l'Est.

1.3 Les atlas de zones inondables

Le lancement d'un **atlas de zones inondables par submersions marines en Languedoc-Roussillon** va permettre de qualifier les zones sensibles au risque de submersions marines en fonction du climat passé. **Cette étude permettra de définir les territoires en premier concerné par les risques de submersions marines qui ne touchent pas uniquement les communes littorales.**

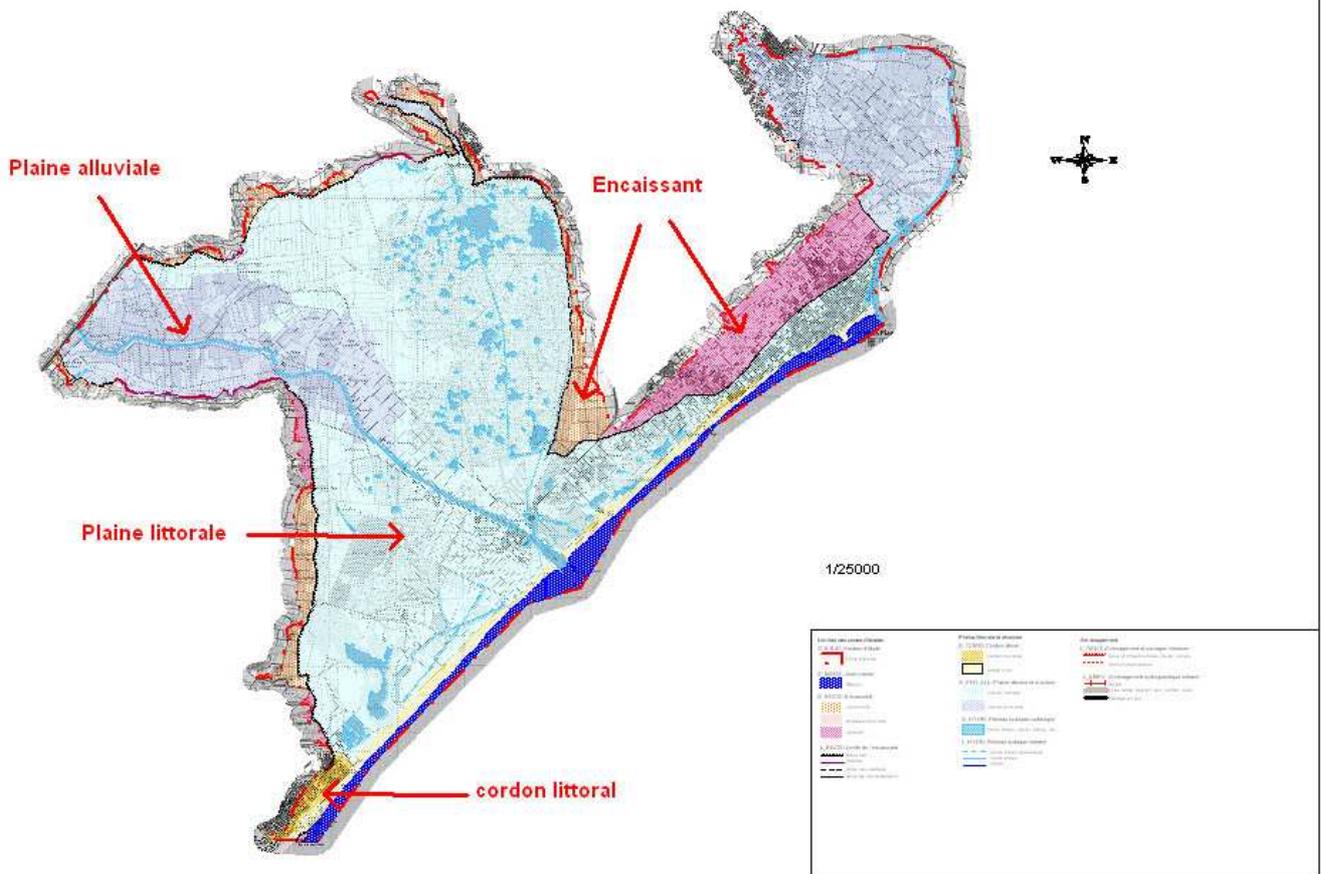


Illustration 10: Exemple de la représentation de l'atlas de zones inondables par submersions marines (étude en cours au CETE Méditerranée)

2 Connaissance des évènements historiques du littoral

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'histoire du littoral, c'est à dire l'histoire des tempêtes, les aménagements de défense et l'évolution de l'urbanisation de la frange littorale. Ces trois éléments sont étroitement liés.

Le littoral du Languedoc-Roussillon a été aménagé principalement après la mission Racine dans les années 1960. Il y a peu de connaissance actuellement sur les évènements extrêmes anciens dû au manque d'enjeux à cette période.

Comme l'indique Renard et al (2006) concernant les problématiques des cours d'eau : « Parallèlement au contexte de changement global, la vulnérabilité face aux évènements hydrologiques extrêmes est en constante augmentation notamment en France. ». Une remarque similaire est indiquée dans la note de réflexion (11 Avril 2007) du groupe inondations l'AFPCN¹⁸ sur la Directive Européenne relative à l'évaluation et à la gestion des inondations indiquant que : « **Les inondations ont fait davantage de dégâts ces dernières années essentiellement par augmentation de la vulnérabilité et des enjeux en zones inondables.** »

2.1 Historique des tempêtes et de leur coût

Comme indiquée précédemment, la connaissance des inondations par submersions marines anciennes (avant la mission Racine) en Languedoc-Roussillon est peu importante car le milieu littoral était avant la mission Racine et la création de l'EID un milieu assez inhospitalier. Quelques zones anciennes étaient urbanisées comme Sète, Agde, Port La Nouvelle... mais les zones les plus vulnérables situées sur les cordons littoraux l'étaient bien moins.

Dans le cadre d'une étude sur l'état des données existantes sur les submersions marines en Camargue (zone touchée en même temps que les zones de Languedoc-Roussillon), il a été possible de mettre à jour les quelques tempêtes ayant réellement marquées le littoral sur ces cinquante dernières années à savoir :

- le 29 **Mars 1952**,
- le 10 et 11 **janvier 1970**,
- du 16 au 18 **janvier 1978**,
- les 6 au 8 **Novembre 1982**,
- les 16 au 18 **décembre 1997**
- et les 3 et 4 **décembre 2003**.

Les tempêtes de 1982 et 1997 ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles pour toutes les communes littorales.

L'exploitation de données historiques en Camargue a également permis de réaliser une cartographie de recensement de dégâts (cf. carte ci-dessous). La cartographie s'est fortement appuyée sur des acteurs concernés, avec de forts enjeux, comme par exemple la compagnie des salins du midi. Celle-ci dispose de données anciennes sur l'ensemble des salins qu'elle gérait dans la région et de données sur les pertes économiques dans ses archives. Nous avons pu trouver des renseignements sur une tempête le 26 Décembre 1870 qui a entraînée une brèche dans la digue à la mer.

Certains recensements numériques, issus de base de données non référencées du BRGM font état de submersions marines s'étendant 5 km au nord d'Aigues-Mortes le 17 Décembre 1798.

Les recensement des dégâts en Languedoc-Roussillon sont actuellement disponibles sous forme de photographies et de demandes de subventions pour la réparation d'ouvrages au sein de la DRE.

¹⁸Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles

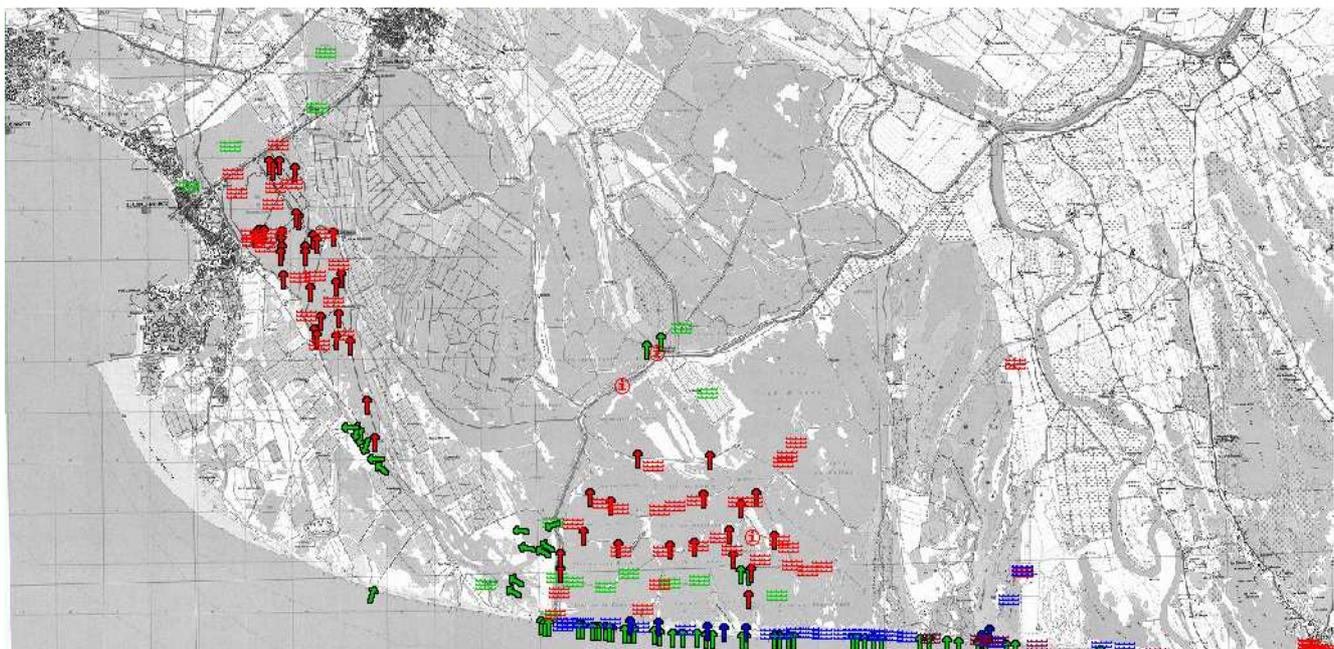


Illustration 11: Exemple de recensement de dégâts dus aux submersions marines (secteur Petit-Rhône Aigues-Mortes). Les flèches représentent des passages d'eau et les autres signets la présence de dégâts. Les couleurs sont fonction des années (recensement depuis 1970)

2.2 Historique et coût des aménagements

Le littoral a été aménagé en premier lieu avec des ouvrages de protection lourds pour fixer certaines parties du littoral et en particulier les infrastructures portuaires et les débouchés en mer des fleuves côtiers.

A partir des années 1960-1970, l'objectif visé par la construction d'ouvrages évolue vers une protection des plages contre l'érosion. Un grand recensement des ouvrages réalisés avant 1984 est présent dans le catalogue sédimentologique. La DRE LR dispose en outre d'une **base de données sous forme de SIG de tous les ouvrages présents** sur la cote. Une étude commandée par la mission littoral en 2006 a permis aussi d'améliorer la connaissance sur les coûts de l'entretien des plages mais les différences entre la base de données de la DRE et cette étude sont notables.

Il est à noter que les ouvrages de protection mis en place n'ont pas pour vocation première la protection contre le risque de submersion marine (même s'ils y participent un peu) mais la lutte contre l'érosion. Il existe de ce fait une différence par rapport à la Hollande où la protection du littoral est assurée par un certain niveau de digues ou de dunes frontales qui luttent à la fois contre les deux phénomènes.

3 Approche économique et gestion du territoire

De manière à pouvoir disposer de l'ensemble des éléments nécessaires pour répondre au sujet traité « Quel territoire protéger, à quel coût, suivant quel(s) critère(s)? », les deux volets suivants sont examinés :

- le coût des ouvrages de protection,
- la « valeur » économique des territoires.

3.1 Le coût des ouvrages de protection

Le coût des différents types d'ouvrage de protection rencontrés sur le littoral LR pourrait être réalisé à partir notamment de la base de données « ouvrages » du SMNLR, de l'étude de la mission littoral de 2006 (cf. paragraphe 2.2 précédent) et de retours d'expérience nationaux.

L'éventuelle exploitation de la base de données du SMNLR sera précisée lors de prochaines réflexions avec la DRE.

D'ores et déjà, un retour d'expérience sur d'autres territoires (Parc de Camargue, projet BeachMed), permet de donner quelques ordres de grandeur.

La valeur des divers aménagements de protection du littoral est fournie en annexe 3 du présent rapport à partir des données EID pour une étude du PARC de CAMARGUE. Ces valeurs sont globalement communes avec celles du projet BEACHMED d'Hélène Rey Valette exposées ci-dessous..

Type	Objet	Action	Coûts en euros HT
Remodelage	Plages	Rétablir un profil régulier	5 €/m ²
Remodelage	Plages	Réduction de la pente de la plage pour limiter les pertes de sable (souvent associé au rechargement)	Enrochement : 4000 €/ml et géotextile : 2000 €/ml
Rechargement	Plages	Augmentation artificielle du volume de sédiments pour élargir la plage	Entre 10 et 20 €/m ²
Réhabilitation	Cordon dunaire	Reconstitution des stocks de sable et réduction des pertes de sédiments en fixant la mobilité des dunes	Ganivelle : 24 €/ml ; Végétation : 1,7 € pièce Para sable : 320 €/ml
Remodelage	Cordon dunaire	Création d'un cordon dunaire	570 €/ml
Remodelage	Cordon dunaire	Création d'ouvrages longitudinaux de haut de plage (murs, digues, perrés)	1000 €/ml
Remodelage	Avant plage immergée	Création d'ouvrage longitudinaux pour stopper le déplacement du sable vers le large (brise-lames plus ou moins haut)	4000 €/ml
Remodelage	Avant plage immergée	Création d'ouvrages transversaux pour stopper le déplacement du sable lié à la dérive littorale (épis)	1500 €/ml ou 4000 €/ml pour des épis perméables
Nouveaux procédés			
Réhabilitation	Plages	Drains de plage : absorption d'une partie du déferlement des vagues	1300 €/ml
Remodelage	Avant plage immergée	Brise-lames immergés constitués de boudins de sable	7200 €/ml

Source : *Fourrier (2005)* ; Légende : ml = mètre linéaire.

Tableau 3: Coûts des différents aménagements de protection du littoral (fournis dans le projet BEACHMED)

Il est important de remarquer que dans le travail de stage d'IGIGABEL (2002), les montants des travaux ont fortement évolué lorsque les enrochements sont passés au niveau français de résidus de carrière à produit très valorisé dans les carrières vers 1988.

Un autre contact avec P. Lebreton (CETMEF) a indiqué que le montant d'un ouvrage pouvait a priori être connu dans une fourchette de 1 à 2.

3.2 La valeur économique des territoires

Ce volet sera traité dans un prochain rapport. Sont exposées ci-après les premières pistes de réflexions menées, dans l'attente d'un travail plus approfondi qui sera réalisé par Chloé Auffret, récemment arrivé au CETE Méditerranée, spécialisée dans les approches économiques du risque, et dont le contenu sera défini en accord avec la DRE.

Une recherche et synthèse bibliographique sera réalisée dans un premier temps sur ce thème, avec notamment l'exemple des Pays-Bas.

La « valeur » du territoire sera analysée d'un point de vue économique, mais pas uniquement (environnemental, patrimonial...).

Des contacts ont d'ores et déjà été pris avec **Mme Hélène Rey Valette**, économiste à l'université de Montpellier I, qui travaille notamment sur la valeur économique des plages, dans le cadre d'un projet INTERREG Beach Med. Elle se dit prête à collaborer avec la DRE et le CETE sur cette thématique (par exemple, lors d'une réunion d'information sur ses travaux en cours). Les conclusions du projet Beach Med devraient être finalisées pour fin 2007.

A noter que son équipe travaille également sur l'aspect évaluation environnementale, à partir de bases de données en cours de construction.

Elle a en outre indiqué une action à venir :

- un projet ANR¹⁹ sur « économie et risque submersion », piloté par le BRGM, dans lequel elle est impliquée, avec l'ensemble des sites d'études situés en Languedoc-Roussillon. Ce projet doit débuter en novembre 2008. Il concernera de manière plus générale la frange littorale Languedoc-Roussillon (plages et arrière-plages).

Les personnes suivantes du CETMEF ont également été contactées, pour faire un état de lieux des connaissances : Luce Goudedranche, responsable de la Gestion Intégrée des Zones Côtières.

3.3 L'étude de référence actuelle sur la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon

Il est à noter que des réflexions ont déjà été menées en 2001 à l'échelle de la région, dans le cadre du Contrat de Plan, sur les espaces prioritaires à protéger, avec la définition d'orientations stratégiques, sur la base d'une synthèse de l'aléa érosion et des enjeux existants (socio-économiques et patrimoniaux). Lors de cette réflexion, l'aléa submersion marine n'a pas été pris en compte.

Cette étude menée par la Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral Languedoc-Roussillon et les services maritimes et de navigation du Languedoc-Roussillon a consisté à :

- Définir des principes stratégiques partagés par tous
- Proposer un diagnostic partagé de l'aléa et des enjeux
- Définir les secteurs d'intervention prioritaires en fonction des aléas et des enjeux

Chacune des étapes de cette étude a été validée par le Groupe Thématique Erosion composé de :

- La mission littoral
- Le SMNLR
- L'EID Méditerranée
- BRL
- La DRE
- La DIREN
- Le conseil régional
- Les conseils généraux
- L'association des communes maritimes
- Le conservatoire de l'espace Littoral
- L'agence de l'Eau Rhône Méditerranée-Corse

¹⁹ Agence Nationale pour la Recherche

Les orientations stratégiques de gestion de l'érosion ont également été approuvées par les collectivités locales au terme de l'étude.

4 modes de gestion ont été définis:

- **la modification du transit sédimentaire:** interrompre le transit par la mise en 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 renforcement ou la restauration du fonctionnement 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, ...);
- **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;
- **l'absence de gestion**

Les principes stratégiques retenus dans cette étude et partagés par tous sont les suivants :

- **principe 1:** Il est naturel que le littoral bouge et il est illusoire d'espérer le fixer partout
- **principe 2:** Le littoral est un système global et les réponses à l'érosion ne peuvent être apportées durablement qu'à l'échelle minimale de la cellule sédimentaire (définie par le SDAGE RMC)
- **principe 3:** Il est indispensable de respecter et de restaurer un espace de liberté pour le littoral
- **principe 4:** Le recul stratégique doit être favorisé car il est la réponse la plus durable à l'érosion
- **principe 5:** le recul stratégique et la restauration du fonctionnement naturel sont les seuls modes de gestions envisageables pour les secteurs à dominante naturelle
- **principe 6:** la modification du transit doit être réservée aux secteurs à enjeux forts et indéplaçables
- **principe 7 :** la protection des cordons dunaires existants (notamment contre la sur-fréquentation) est essentielle car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du système littoral
- **principe 8:** les plages et les ouvrages de protections nécessitent un entretien et un suivi qui doivent être pris en compte dès la mise en place du mode de gestion
- **principe 9:** la surveillance et le suivi du littoral doivent être renforcés et généralisés pour mieux déterminer cet espace de liberté et être capable de prévoir les évolutions futures du littoral
- **principe 10:** des études visant à comprendre et modéliser le fonctionnement global du littoral doivent être lancées

Cette étude fait actuellement référence sur la région Languedoc-Roussillon puisqu'il s'agit de la dernière étude de gestion du littoral menée à l'échelle régionale pour définir des zones d'intervention prioritaires. De plus, elle a été élaborée et validée par tous les acteurs du littoral.

En matière de valorisation économique des enjeux soumis à l'aléa érosion, cette étude fait également référence puisqu'elle a tenté d'attribuer une valeur monétaire aux enjeux socio-économiques. Cette valeur correspond au coût de renouvellement de ces enjeux.

Descripteurs		Valeurs économiques Ordre de grandeur
Zones d'habitats	Denses	Plus de 3 à 5 millions €/ha
	Moyennement denses	Plus de 1 million €/ha
Equipements sportifs et de loisirs (incluant les campings)		Plus de 100 000 €/ha
Plages	Classe 1 : fréquentation forte (source CEPREL) + plages urbaines	--
	Classe 2 : fréquentation moyenne	
	Classe 3 : fréquentation faible	
Equipements sensibles (incluant les équipements sociaux, hôpitaux ...)		Plus de 3 millions €/ha
Zones industrielles et commerciales	Classe 1 : plus de 500 eq.emploi	Très variable selon le types d'installations Plus de 500 000 €/ha
	Classe 2 : moins de 500	
Salins	Classe 1 : exploité	Plus de 10 000 €/ha (à vérifier)
	Classe 2 : non exploité	--
Valeur du foncier agricole	Classe 1 : cultures pérennes (vignes, arboriculture)	Plus de 10 000 €/ha
	Classe 2 : terres et prés libres	Environ 5 000 €/a
Principales infrastructures		
• Aéroports		Plusieurs millions €/ha
• Ports	Classe 1 : ports d'intérêt national / départemental	Plusieurs millions €/ha
	Classe 2 : Autre ports	
• Autoroutes		Plus de 5 millions €/km
• Routes nationales		Plus de 2 millions €/km
• Routes départementales		Plus de 1 millions €/km
• Voies de chemin de fer		Plus de 10 millions €/km (ligne nouvelle non TGV)
• Canaux		Très variable - Plus de 500 000 €/km pour 1 m ³ /s
• Stations de traitement		Très variable – Pour 10 000 eq.hab – Plus de 500 000 à 1 million €
• Points de captage		Très variable – Exemple pour une commune de 3 500 hab. – 150 000 €
• Lignes électriques		50 000 à 200 000 €/km
• Postes sources		Plus de 300 000 €

Tableau 4: Ordres de grandeur des valeurs économiques des descripteurs socio-économiques

Cependant il faut préciser qu'aucune valorisation économique des enjeux patrimoniaux n'a été effectuée. De plus ces valeurs monétaires, qui sont des ordres de grandeurs, n'ont pas servi à donner une valeur aux territoires, elles ont seulement permis d'établir une hiérarchisation des enjeux socio-économiques par classe de vulnérabilité.

De manière plus général, on peut différencier trois types de zones dont l'approche sera différente pour tenter « d'évaluer » la rentabilité de la protection du littoral :

- les zones soumises à l'aléa érosion qui peuvent être définies par les secteurs de plage,
- les zones soumises à l'aléa submersions marines qui peuvent être définies à partir de l'Atlas de Zones Inondables par Submersion Marine
- la zone d'attraction économique liée à la présence du littoral (tourisme...).

4 Synthèse et plan d'actions

Le tableau suivant a pour objectif de synthétiser les différentes thématiques développées dans ce rapport et de permettre une aide à la décision pour le prochain cahier des charges à définir.

Typologie Générale	Sous-Typologie	Présence de données	Ce que l'on peut dire	Ce que l'on ne peut pas dire	Ce qui est en cours	Ce qui peut être fait	Ce qu'il faut faire (à remplir avec le Moa)	Contacts envisagés
Données morphologiques	Données topo-bathymétriques	Peu de données à l'échelle LR	Pas d'enseignements généraux	On ne peut pas donner quantitativement les volumes perdus ou gagnés	Des campagnes de suivi de l'évolution de la frange littorale (topo-bathymétrie) vont être réalisées en partenariat avec d'autres acteurs locaux. Au niveau national, la base de données Lito3D va répondre à la demande de continuité des données terre-mer			Voir projet LIDAR
	Trait de côte	Données existantes avec incertitudes, pas de base de données complètes, données dispersées dans plusieurs organismes	Les zones en recul sont connues			Une base de données des traits de côte peut être réalisée. Le bilan des surfaces gagnées ou perdues échelonnées dans le temps peut être réalisé sous la forme d'un SIG.		Université de Perpignan (R. Certain) Eid (H. Heurtefeux) CEREGE(F. Sabatier)
	Profil de Plage	Base de données existantes à la DRE, pouvant être complétée avec celles d'autres organismes	Mouvements sous-marins bien plus importants que ceux visibles en surface. Quelques enseignements ou évolutions visibles intéressantes mais problème de généralisation des informations ponctuelles et de tendance			Le travail réalisé sur une quarantaine de profils peut être réalisé sur les 200 profils suivis en LR.		Université de Perpignan (R. Certain) CEREGE(F. Sabatier)
	Géologie-Géomorphologie				L'atlas de zones inondables par submersions marines va permettre de représenter spatialement les espaces soumis au risque	Acquérir les données permettant de connaître le stock utile de sable (données universitaires) ou à mesurer.		Université de Perpignan (R. Certain)
	Sédimentologie	Quelques données éparpillées dans des documents universitaires, pas de base de données	Peu de connaissance sur l'évolution des sédiments sur le Languedoc-Roussillon.			Une base de données peut être réalisée mais nécessitera beaucoup de temps		?
	Sismique				Des données sont présentées dans le cadre du projet Beachmed			
Forçages Météo-marins	Vents	Données disponibles à Météo France	Vents pouvant atteindre les 180 km/h en tempêtes			La tendance des vents extrêmes (principalement de tempêtes) peut être demandée à Météo France, ce qui pourrait permettre de voir s'il y a augmentation en force ou fréquence de certains vents et particulièrement de ceux de tempêtes. Des modèles se basant sur les pressions et vents mesurés par satellite permettent de retrouver les houles sur les 15 dernières années		Météo France (?)
	Houle	1 seule bouée monodirectionnelle à Sète depuis 20 ans	Pic de Houle supérieur à 10 mètres en tempêtes	Il nous semble difficile de tirer une tendance d'évolution des houles extrêmes à partir uniquement de la donnée de Sète	Mise en place d'un réseau de mesure de 4 houlographes directionnels	Une analyse statistique des houles à Sète peut être réalisée. Elle l'a déjà été après la tempête de 2003 par le CETMEF et peut être actualisée.		CETMEF (G. Goasguen)
	Niveaux marins (tempêtes, élévation, tsunamis)	Présence de nombreuses stations de mesures dont les enregistrements sont limités dans le temps (15 années maximums). Ces enregistrements sont par contre « collables » sur un même port comme pour les données de température afin de réaliser des séries plus longues (20 ans sur Sète, 20 ans sur Port-Vendres, 35 ans en Camargue).	Les niveaux atteints en mer et dans les étangs sont similaires. En tempête, il existe de fortes différences de niveaux atteints par les eaux entre les mesures des marégraphes (maximum vers 1,5m NGF) et les témoignages humains et photographiques (vers 2m NGF voir plus). Les mesures permettent de voir les oscillations liées à la présence de tsunamis. Une carte d'exposition aux tsunamis établie par le BRGM est disponible sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française.	On ne peut pas donner de tendances à partir de ces données brutes sur l'élévation du niveau de la mer. Il semble encore plus délicat de donner des tendances sur les niveaux marins extrêmes même après l'étude citée dans ce qui est en cours.	Le CETE Méditerranée mandaté par la DRE LR va se lancer dans une démarche d'homogénéisation des données et d'analyse fréquentielle. L'objectif est de recaler pour chaque station et chaque période les signaux en hauteur et en temps afin de réaliser des tendances locales sur les niveaux marins et une analyse statistique sur les événements extrêmes. Ce travail a obligation de s'appuyer sur des référents à savoir Météo France et le LEGOS. Il ne semble pas aujourd'hui techniquement possible de regarder une tendance sur les événements extrêmes (plus forts, plus fréquents...). Seule une analyse sur les périodes de retour sera réalisée. Mise en place d'un réseau de mesure de 10 marégraphes	Les PHE submersions marines n'existent pas actuellement. Le travail simple de localisation des stations et de référencement de celles-ci permettraient déjà de réaliser les PHE des appareils de mesure. Les autres PHE relevées pourraient aussi s'inscrire dans cette base de données.		Météo France (O. Mestre) LEGOS (équipe de Anny Cazenave))
	Courants et dérive littorale	Peu de données mesurées. Facilité de voir les impacts de la dérive littorale moyenne	Connaissance des mouvements moyens des sables	Difficulté à quantifier les volumes déplacés de manière fiable				
	Atlas hydrodynamique du Languedoc-Roussillon				En cours dans le cadre du projet BeachMed, il devrait permettre d'avoir dans des conditions académiques la houle et les courants sur tout le littoral LR			
Historique	Tempêtes	Photographies recensées, rapports de dégâts sur des ouvrages recensés depuis 1980	Une base de données photographiques permet de voir les dégâts occasionnés par les tempêtes			Des recherches dans les archives et la Compagnie des salins du Midi peuvent être engagées pour connaître les dégâts, leur ampleur et leur coût pour diverses tempêtes. Ce travail est réalisable au CETE med ou peut être sous-traité à des universitaires (GESTER à Montpellier) ou BE		Laboratoire GESTER CSME (archives)
	Aménagements de protection	Base de données en cours de réalisation à la DRE LR, renseignements dans ouvrages et études récentes. Ce recensement ne prend pas en compte les aménagements de protection qualifiés de « doux » comme le rechargement de plage (...) et qui constitue peut-être aujourd'hui les investissements les plus importants. Le coût du foncion des aménagements n'est pas inclus ou difficile à évaluer	Cette base montre clairement l'impact des aménagements sur le milieu et l'effet domino des aménagements sur les plages. Les estimations de coûts de ces aménagements ne coïncident pas entre cette base et d'autres études. Cependant, il paraît difficile d'atteindre des valeurs exactes pour le coût des ouvrages et une fourchette de 1 à 2 peut être acceptable.		51 Meuros vont être engagés en 2008 pour l'aménagement et la protection du littoral sableux en LR	L'objectif étant de faire un bilan coûts-avantages de protection du littoral, il est primordial d'intégrer dans cette base de données les protections ou actions nouvelles pour lutter contre les risques littoraux (ganivelles...). Pour cela, il est nécessaire de réaliser une base de données aménagements de protection plus globale que celle concernant uniquement les ouvrages en dur. Ce travail est un travail de longue haleine pour revenir dans le passé. Dans un premier temps, il est nécessaire de recenser les prix pour les aménagements actuels. Ce recensement peut se faire par l'intermédiaire des dossiers de subventions.		Collectivités territoriales
	Historique de l'urbanisation	Base de données Corinne LandCover existante. Photographies aériennes à diverses époques sur le littoral. Données INSEE, occupation du territoire...				Le traitement de base de données ou de photographies aériennes peut permettre de connaître l'évolution de la surface urbanisée en LR.		
Valeur économique des territoires	Espaces naturels	Base de données espaces remarquables ZNIEFF, Réserve, Réseau Natura 2000, sites RAMSAR, Parcs...	Des méthodes d'analyse d'enjeux connues et déjà mises en oeuvre.	Difficulté d'appliquer les méthodes d'évaluation économique utilisées en matière d'inondation à la submersion marine (pas de qualification suffisante de l'aléa, pas de période de retour)	Guide en cours au niveau national sur les méthodes d'analyse coût-bénéfice (ACB) appliquées aux inondations. Projet Interreg BeachMed (travail d'Hélène Rey Valette) sur la valeur économique des plages notamment. <u>Contacts possibles</u> : BRGM (projet ANR), CETMEF	Analyse géosystémique possible du territoire: approche globale (connaissance des caractéristiques et du fonctionnement du milieu naturel à partir des entités géomorphologiques qui constituent le territoire. Mise en évidence de ses ressources, de ses contraintes et de ses enjeux environnementaux au regard de l'occupation actuelle du sol et des évolutions constatées et futures. Ces éléments fondamentaux contribuent à l'aide à la décision pour la planification et l'aménagement durable) Analyse des enjeux détaillée (zonage et cartographie): méthodologie et niveau de détail à définir. Recherche bibliographique sur les méthodes d'évaluation économique des territoires pour mettre au point une méthodologie adaptée (REX Hollande...)		CETMEF (L. Goudedranche) UMI (H. Rey Valette), DIREN LR, DRE...
	Valeur patrimoniale	Architectes des Bâtiments de France, service régional archéologique de la DRAC...	Peu d'expériences existantes en matière d'application de méthodes d'évaluation économique des territoires.					
	Activités Humaines (population, tourisme, agriculture, pêche, habitat, entreprise...)	Géokit ; données INSEE (recensement 1999), BD topo IGN, BD SPOT thème, Perval (BD Notaire), Filocom (BD Impôts), BD SAFER LR, BD SIRENE INSEE...						

5 Bibliographie

- 1984- Editions Eyrolles – Catalogue Sédimentologique des cotes françaises – Cotes de la Méditerranée de la frontière espagnole à la frontière italienne -Collection de la direction des études et recherches d'Électricité de France
- 1993 – CETE Méditerranée – Application spatiale de la loi littorale et Propositions d'aménagement dans le département de l'Hérault
- 1995 – CEPREL – Schéma d'Orientation pour la protection, la restauration et la gestion des plages du languedoc-Roussillon
- 1997 - Documentation Française - Plans de Prévention des Risques Littoraux - MATE-METL - Guide Méthodologique
- 1999 – Durand P. - L'évolution des plages de l'Ouest du Golfe du Lion au XXème siècle – Thèse de doctorat en géographie physique, Université de Lyon II, 461p
- 2000 - CETE Méditerranée - Hydrosystème palavasien - Exploitation des mesures collectées sur les étangs, le canal et la mer. 160 p. -
- 2002 - Évolution du littoral sableux du Golfe du Lion - Deuxième phase d'étude - Constat et perspectives en vue de l'élaboration d'une stratégie de gestion. - CETE Méditerranée et IPSEAU -
- 2002 – CETE Méditerranée – IPSEAU – Évolution du littoral sableux du Golfe du Lion – Deuxième phase d'étude – Constat et perspectives en vue de l'élaboration d'une stratégie de gestion.
- 2002- CETMEF-IGIGABEL – Étude de coût des ouvrages de défense contre la mer - Rapport de stage de 2ème année de l'ENTPE sur le coût des ouvrages
- 2002 - 11 - CETE Méditerranée - Présentation de méthodes pour la réalisation de Plan de Prévention de Risques Littoraux - SMNLR -
- 2002-12 – Certain R.- Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le golfe du lion (Languedoc-Roussillon), Université de Perpignan, Océanologie-Géologie
- 2003-05 – BRL – Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral – Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon
- 2003-12 – SMNLR - Analyse de la tempête marine du 4 Décembre 2003-
- 2004 Lenôtre N., Thierry P., Batkowski D. and Vermeersch F. –EUROSION project TheCoastal Erosion Layer WP 2.6 BRGM/PC-52864-FR, 45 p., 8 fig., 3 app.
- 2006-02- CETE Méditerranée CEREGE (Sabatier)– Méthode d'analyse et d'interprétation des profils bathymétriques du SMNLR
- 2006-06- Évolution des extrêmes hydrométriques en France à partir des données observées, La Houille Blanche
- 2006-06 – ACT Ouest - Préfecture de la région Languedoc-Roussillon, Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral - Les plages du Languedoc-Roussillon, un capital à préserver, à quels coûts ?
- 2006-12- EID-PNRC- Étude de définition des enjeux de protection du littoral sableux

- 2007-01- BEACHMEDe – INTERREGIIIc - La gestion stratégique de la défense des littoraux pour un développement durable des zones cotières de la Méditerranée – 1er Cahier Technique Phase A
- 2007-02 – GIEC – Résumé à l'attention des décideurs (Traduction non-officielle n'engageant pas le GIEC)– Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat - Bilan 2007 des changements climatiques - les bases scientifiques physiques - (texte officiel du rapport : www.ipcc.ch - Résumé français téléchargeable : <http://onerc.gouv.fr>)
- 2007-03- SAMAT O.– Efficacité et Impact des ouvrages en enrochements sur les plages microtidales, le cas du Languedoc-Roussillon – Thèse de l'Université Aix-Marseille I – Option Géographie Physique et Humaine, Aménagement, Urbanisme
- 2007 -04 - CETE Méditerranée - Digitalisation de signaux de marée du Languedoc-Roussillon - SMNLR
- 2007-04- CETE Méditerranée – Élaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions marines en Camargue – État des lieux des données existantes
- 2007-07- CETE Méditerranée - Contribution au bilan de la loi Littoral - Les évolutions structurelles des territoires littoraux -
- 2007-11- BEACHMEDe – INTERREGIIIc - La gestion stratégique de la défense des littoraux pour un développement durable des zones cotières de la Méditerranée – 2ème Cahier Technique Phase B
- 2007-12-07- Roland Courteau, Sénateur, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques – Rapport sur l'évaluation et la prévention du risque du tsunami sur les cotes françaises en métropole et outre-mer
- 2007- en cours - CETE Méditerranée – Élaboration d'un atlas de Zones Inondables par submersions marines

6 Annexes

Sont joints en annexe :

Annexe 1 : le compte-rendu de la réunion du 15 janvier 2007 , rédigée par la DRE LR

Annexe 2 : le compte-rendu de la réunion du 15 janvier 2007 , rédigée par le CETE Méditerranée

Annexe 3 : Un Extrait de l'étude EID « Etude de définition des enjeux de protection du littoral » pour le PARC de CAMARGUE sur le coût des aménagements de protection du littoral

ANNEXE 1

Rentabilité de la protection du littoral

Est-ce que ça vaut le coup de protéger tout le littoral de la même manière?

Compte-rendu de la réunion du 15/01/07

Présents :

- Pierre Yves Valentin SEL
- Catherine Tissot SEL suivi études (arrivée de Catherine Garcia réseau de mesures)
- Séverine Lopez CETE M vulnérabilité et gestion risques
- Frédéric Pons CETE M service hydraulique
- Nello Chauvetière SATP
- Chantal Marc SATP

Question difficile car il faut cerner :

1 - les aléas à combattre car leurs impacts sont différents et pas connus avec précision.

- Érosion du trait de côte et submersion marine sont liés mais néanmoins différents.
- Quelle profondeur étudier, quelles fréquences, quelle périodes ?
- Où et quels dégâts (être capable de dire comment et où ça va rompre on en est incapable)? : la réponse varie selon l'aléas. Jusqu'à quelle date peut-on remonter de façon fiable? Il apparaît que reconstituer des séries statistiques, par aléas, serait long, coûteux et réclame l'intervention de spécialistes. Pourtant cette approche est nécessaire, il faudra voir si c'est « possible » sur 30, 50, 100, 150 ans .
- De plus, les premières études sur l'impact du réchauffement climatique ne concerneront pas la Méditerranée.
- Enfin, il y a eu des choix dans les modes de protection qui ont obligé à intervenir sur des secteurs pas forcément à enjeux prioritaires parce qu'ils ont créés des dégâts ailleurs.

2 - les coûts de la protection:

- Investissement/entretien/fonctionnement : il s'avère que des ouvrages seront à refaire tous les 30 ans ou sont régulièrement et lourdement réparés.
- voir de près ce que les collectivités intègrent dans les coûts de digues, de plages (retenir le prix du marché qui a fait l'objet d'une subvention). Remonter jusqu'en 1970? Un premier recensement a été fait par le SMNLR.
- comment ramener à des coûts unitaires? Les surfaces de protection sont en effet différentes selon les types d'ouvrages.
- Ne faut-il pas prendre le problème globalement en intégrant tous les coûts, pas seulement ceux de l'ouvrage de protection.

-

3 - la valeur économique des territoires

Renvoi à la question de à qui ça rapporte? Où seront les pertes?

La vision de l'Etat diffère de celle des collectivités locales.

On peut penser que le tourisme s'adaptera, (peut lui importe que la plage ne soit plus à Carnon mais à Lattes). Pour le tourisme, seuls seront perdus les équipements (ports, autres équipements, et hébergements). On protège les habitants (propriétaires de RP ou RS), les entreprises et les infrastructures. A vérifier...

4 - Le périmètre d'étude

la probabilité d'aléas de plus de 2 mètres de hauteur est très faible, la prise en compte d'1 bande est suffisante pour les phénomènes d'érosion. Les submersions au contraire concernent de plus larges surfaces mais ne font pas des dégâts irréversibles.

Peut-on retenir les zonages des DDAL? Ou imaginer des scénarios ?

Peut-on établir une typologie?:

Les secteurs où il y a enjeux forts et non déplaçables.

Renvoi à une autre question: peut-on reculer les stations?

Or, la pression de la demande de protection concerne plus aujourd'hui les espaces naturels ou semi-naturels. Les secteurs à forts enjeux sont déjà protégés. Cependant, les dépenses d'entretien, sur les secteurs protégés, mises bout à bout sont élevées.

Veut-on une politique en fonction de la valeur régionale ou de la valeur à l'échelle communale? À priori régionale.

Pour la mise en oeuvre du précédent contrat de plan, on a dit ce qu'on ne voulait surtout pas voir. On a fait une étude sur les enjeux socio-économique et patrimoniaux avec des chiffres grossiers et une typologie en 2 groupes seulement : sensible, on protège / pas sensible, on ne protège pas

En première analyse, il paraît difficile d'envisager une simplification acceptable de la réalité pour bâtir des modèles et estimer des résultats. Il pourra être fait un état de la connaissance et une proposition de programme de travail sur les 3 prochaines années:

Conclusion :

On demande au CETE de préciser l'ensemble de la problématique (audit) en indiquant quelles sont les données existantes, les éléments de référence, ce qu'il faudrait entreprendre pour répondre à la question...

Cela pourrait déboucher sur un programme de travail sur trois ans :

- 1 - mettre en place un réseau de mesures: marée-graphe, réseau houles, volume de sable et érosion
- 2 - l'historique des tempêtes pourrait être confié au Gester (Université de Montpellier 3)
- 3 - le coûts des ouvrages
- 4 – la valeur économique des territoires

ANNEXE 2

La protection des territoires littoraux : quel territoire protéger, à quel coût, et suivant quel critère ?

- - -

*Premiers éléments de réflexion en région Languedoc-Roussillon :
les questions posées, les pratiques actuelles, les axes d'approfondissement*

Préambule : cette note est le reflet d'un premier travail de réflexion entre la DRE Languedoc-Roussillon, le SMNLR et le CETE Méditerranée, lors d'une réunion le 15 janvier 2007.

Cette réunion avait pour objectif de définir la problématique posée et les actions à mener pour y répondre.

Etaient présents :

- M. Valantin et Mme Tissot : DRE/SEL (ex. SMNLR)
- M. Chauvetière et Mme Marc : DRE/SATP
- M. Pons et Mme Lopez (CETE Méditerranée)

Devant la complexité du sujet à traiter et les nombreuses interrogations, il a été décidé, que dans un premier temps le CETE Méditerranée, ferait un bilan des questions posées (objet de cette note) et réaliserait un « audit »^[1] sur : la connaissance des phénomènes et l'évaluation des coûts et des effets des équipements des protections.

Tous ces éléments serviront de base pour l'élaboration d'un programme d'actions permettant de répondre à la question posée en titre.

SYNTHÈSE DES REFLEXIONS ENTRE DRE LANGUEDOC-ROUSSILLON, SMNLR ET CETE MÉDITERRANÉE :

Contexte

Les territoires littoraux sont menacés par deux types d'aléa : l'érosion et la submersion marine, chacun ayant des modes de protection différent.

Quelle territoire protéger ? Suivant quel critère, quel aléa considérer et quelle protection ?

En région Languedoc-Roussillon, la plupart des territoires à forts enjeux sont aujourd'hui protégés, excepté peut être dans le département des Pyrénées Orientales.

Néanmoins, il reste encore des territoires à protéger, plus ou moins sensible, semi-naturels ou naturels, vis à vis des conséquences de l'élévation du niveau de la mer.

Les premières questions posées sont les suivantes :

- faut-il tout protéger, de la même manière ? quelle méthode ?
- quel(s) critère(s) de protection :
 - o la valeur des enjeux « protégés » à l'arrière ?
 - o l'aléa considéré ?
 - o le coût de l'aménagement ?

En 2001, des réflexions ont déjà été menées, dans le cadre du Contrat de Plan, sur les espaces prioritaires à protéger, avec la définition d'orientations stratégiques, sur la base d'une synthèse de l'aléa érosion et des enjeux existants (socio-économiques et patrimoniaux).[\[2\]](#)

La règle retenue alors était de ne pas protéger les secteurs où il n'y a pas d'enjeux forts ou déplaçables. On refusait des protections lourdes pour des zones naturelles.

Quelques chiffres :

Sur le secteur du Grau du Roi (de la limite des Bouches ru Rhône vers Espiguette) : 46 ouvrages ont été réalisés, pour un montant d'environ 2M€ d'investissement.

(NB : seuls 36 d'entre eux ont résisté à la tempête de décembre 1997).

On ne dispose d'aucun retour chiffré en terme de coût effectif des protections mises en œuvre et de retour d'expérience (pérennité des ouvrages, entretien...).

Les communes, maîtres d'ouvrage de ces travaux, ne participent financièrement qu'à hauteur de 20% maximum, le reste étant subventionné par l'Etat, la Région et le Département.

Les coûts d'investissement sont toujours sous-estimés dans les études des bureaux d'étude, de part la fréquence d'intervention (la durée de vie d'un ouvrage de protection est souvent sur-estimée).

NB: la Mission Littoral a lancé une réflexion sur le coût des protection, une fois mise en œuvre. Il est nécessaire de récolter des données objectives de la part des communes, avec un travail de critique entre les données récoltées (coût après travaux) et les coûts prévus initialement.

Réflexion sur le mode de protection :

Jusqu'alors, le mode de protection choisi n'était pas défini en fonction de la valeur des enjeux situés à l'arrière, mais de leur nature (ex. centre urbain dense).

La rentabilité des ouvrages est à étudier au regard des investissements, de l'entretien et des gains apportés (à qui ?).

Il convient en outre de comparer le coût des différents dispositifs possibles, par exemple les brise-lames ou les épis, et les rechargements.

Le problème se pose alors sur les chiffres à prendre en compte dans le « coût » des ouvrages : coût des investissements + coût des effets de ces investissements sur d'autres protections ? + ...

Il serait intéressant également de dresser un historique des protections (investissement et fonctionnement) et voir éventuellement quels ouvrages sont les conséquences d'autres.

Réflexion sur les enjeux :

Au regard des deux types d'aléas (érosion du trait de côte et submersion marine), quelle zone regarder ? quelle largeur des zones impactées ?

Il s'agira de regarder les enjeux à l'arrière des protections qui en « bénéficient » : la population, l'occupation des sols, les activités industrielles et commerciales, en particulier les activités de tourisme....

Réflexion sur la connaissance des aléas :

Différentes questions se posent sur :

- la fréquence des tempêtes, leur nombre, leurs conséquences,
- l'élévation du niveau de la mer et son impact en terme de conséquences d'une tempête sur le territoire (dégâts, zone touchée).

A noter, qu'une étude va être lancée par le SMNLR et confiée au CETE Méditerranée, financée par le MEDD, qui consiste en une analyse statistique et fréquentielle des différents événements et de l'élévation du niveau de la mer.

Cette étude permettra notamment de définir les secteurs les plus sensibles, sans pour autant pouvoir définir précisément la manière dont les cordons vont réagir.

Il s'agira d'investir en priorité dans ces secteurs.

Un des enjeux réside en la protection des stations balnéaires actuelles (Palavas...).

A noter enfin, qu'il serait utile pour tous de réaliser un document pédagogique sur l'état de la connaissance en matière d'élévation du niveau de la mer.

Actions déjà engagées par le SMNLR sur la connaissance de l'aléa :

Le programme d'actions défini est le suivant :

- mettre en place un réseau de mesure (marégraphe),
- mettre en place un suivi du phénomène d'érosion,
- réaliser un historique des tempêtes,
- réaliser une analyse du coût des ouvrages, sur la base notamment d'une étude de 1989 sur le bilan des travaux d'érosion. Le SMNLR a constitué une base de données « ouvrages » qu'il reste à compléter et dont les premières données sont à vérifier. A noter la difficulté de définir le coût d'un ouvrage : quelle composante intégrée : investissement, entretien, suivi... quels chiffres considérer dans les marchés ?[\[3\]](#)
- réaliser un retour d'expérience sur différents types de protection : exemple les brise-lames : quelle durée de vie ?

Concernant le coût des protection et la « valeur » du territoire associé, il convient de raisonner globalement. La valeur du territoire côtier à protéger a deux dimensions : une valeur liée au tourisme (plages...) et une valeur urbaine (habitation, activités...).

Le territoire côtier a une valeur économique : la plage « rapporte » : à qui ? et combien ?

CONCLUSION:

Les principales interrogations et constats sont les suivants :

- quel territoire considérer, en terme de zone soumise à un aléa : érosion, submersion marine ?
- difficulté de trouver des informations sur le coût des protections : quels données prendre ?
- nécessité de pondérer les enjeux à l'arrière des protection, mais comment ? par exemple comment « comparer » la densité de l'habitat et la valeur économique des entreprises ?

[\[1\]](#) Ce qui existe, ce qui pourrait être fait.

[\[2\]](#) Etude intitulée : « Evaluation des enjeux et proposition de zones d'intervention prioritaires », menée par le SMNLR et la Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral Languedoc-Roussillon, dans le cadre de la définition d'orientations stratégiques pour la gestion du trait de côte Languedoc-Roussillon

[\[3\]](#) à noter que cette base ne comprend que les protections « lourdes ». Les protection « plus douces » du type ganivelle, rechargement de sable ou remodelage de plage ne sont pas intégrées dans cette base.

ANNEXE 3

Coût des différents aménagements de protection du littoral

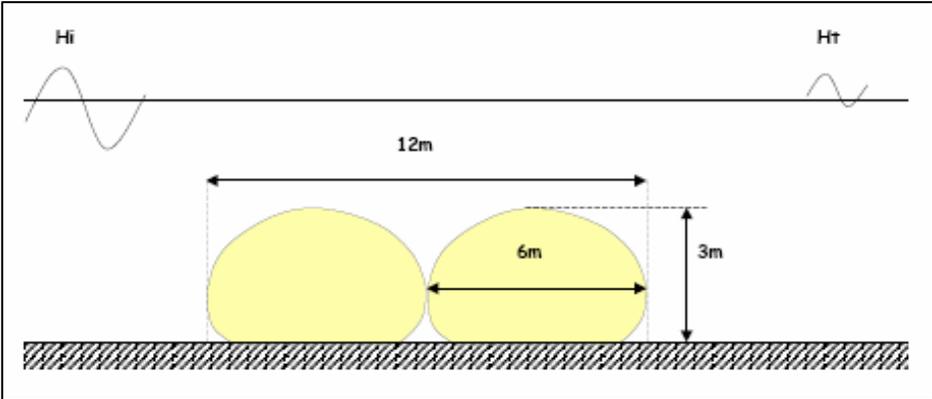
**Extrait de l'étude EID « Etude de définition des enjeux de protection du littoral »
pour le Parc de Camargue**

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

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

Modification du transit sédimentaire :

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

Techniques utilisées	Coût d'installation	Coût d'entretien
<p data-bbox="91 325 443 352">Butée de pied en géotextile</p>   <p data-bbox="255 1123 1151 1214">Cet ouvrage, géotextile rempli de sable, sera immergé au large de Villeroy (Sète) pour atténuer l'énergie de la houle, et sera accompagné d'un rechargement important en sable, à la fois sur la plage et en mer.</p>	<p data-bbox="1319 576 1722 603">Variable en fonction des sources :</p> <p data-bbox="1323 639 1722 754">BCEOM, 2004 : 2000 €HT/ml Il faut multiplier ce coût par 2 pour une butée de pied en enrochements.</p> <p data-bbox="1323 759 1722 847">ERAMM, 2004 : 700 €HT/ml et 1330 €HT/ml pour un ouvrage en enrochement.</p> <p data-bbox="1352 852 1693 906">BRL, 2005 (projet de Sète) : 1100€HT/ml.</p> <p data-bbox="1352 911 1693 938">DDE13, 2006 : 7200€HT/ml.</p>	<p data-bbox="1794 683 2107 831">Pour une butée de pied en enrochement, le coût d'entretien est semblable à celui des autres ouvrages lourds (cf. ci-dessus).</p>

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

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

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

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