



Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



CONSEIL GENERAL
CONSEIL GENERAL
DES BOUCHES DU RHONE

08MEN006
Version définitive
JUILLET
2009



Délégation de Marseille
Immeuble le Noailles - 62, La Canebière
13001 MARSEILLE
Tél. 04 96 11 36 36 - Fax 04 96 11 36 00

Étude de l'évolution Du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine

Phase 1 : Synthèse des connaissances
existantes


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SECOTRAP
INTERNATIONAL

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX
Agence d'Aix en Provence : Aix Métropole bat D - 30 av Malacrida - 13100 AIX EN PROVENCE

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction.....	1
2 Méthodologie	3
3 Définition du périmètre d'étude	4
4 Le milieu physique	8
4.1 Contexte général : le littoral des Bouches-du-Rhône	8
4.1.1 Contexte météorologique.....	8
4.1.2 Conditions hydrodynamiques	13
4.1.2.1 Circulation générale	13
4.1.2.2 Courants de marée	14
4.1.2.3 Courants dus aux vents	15
4.1.2.4 Houles.....	15
4.1.2.5 Niveau marin	26
4.1.3 Géomorphologie et processus sédimentaires.....	31
4.1.3.1 Côtes rocheuses	31
4.1.3.2 Côtes meubles.....	33
4.2 Le delta du Rhône : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône (zone homogène n°15, cellules hydrosédimentaires 15 à 17) et extrémité orientale du delta (zone homogène n°16 - de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne, cellule hydrosédimentaire 18).....	35
4.2.1 Bathymétrie	36
4.2.2 Contexte hydrodynamique.....	39
4.2.3 Sources sédimentaires.....	39
4.2.3.1 Les apports hérités d'un fonctionnement passé.....	39
4.2.3.2 Les apports solides actuels	40
4.2.3.3 Autres apports.....	40
4.2.3.4 Bilan des sources sédimentaires	41
4.2.4 Dynamique sédimentaire	41
4.2.4.1 Particularités du delta du Rhône.....	41
4.2.4.2 Mobilité sédimentaire longitudinale	43
4.2.4.3 Mobilité sédimentaire transversale	44
4.2.4.4 Transits et bilans sédimentaires	44
4.2.4.5 Aperçu général de l'évolution du trait de côte	45

4.2.5	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	46
4.2.5.1	Morphologie des plages.....	46
4.2.5.2	Sédimentologie.....	47
4.3	Le golfe de Fos (zone homogène n°16 - de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne, hors cellule hydrosédimentaire 18)	50
4.3.1	Bathymétrie	50
4.3.2	Contexte hydrodynamique.....	50
4.3.3	Côtes rocheuses	51
4.3.4	Côtes meubles.....	52
4.3.4.1	Sources sédimentaires	52
4.3.4.2	Dynamique sédimentaire.....	52
4.3.4.3	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	53
4.4	L'étang de Berre (zone homogène n°17)	58
4.4.1	Bathymétrie	58
4.4.2	Contexte hydrodynamique.....	58
4.4.3	Côtes rocheuses	60
4.4.4	Côtes meubles.....	61
4.4.4.1	Sources sédimentaires	61
4.4.4.2	Dynamique sédimentaire.....	64
4.4.4.3	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	67
4.5	La Côte Bleue : Du cap Couronne au tunnel du Rove (zone homogène n°18).71	
4.5.1	Bathymétrie	71
4.5.2	Contexte hydrodynamique.....	71
4.5.3	Côtes rocheuses	72
4.5.3.1	Topographie	72
4.5.3.2	Géologie	72
4.5.3.3	Sensibilité à l'érosion	73
4.5.4	Côtes meubles.....	75
4.5.4.1	Sources sédimentaires	75
4.5.4.2	Dynamique sédimentaire.....	75
4.5.4.3	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	76
4.6	La rade de Marseille : du tunnel du Rove au cap Croisette (zone homogène n°19).....	79
4.6.1	Bathymétrie	79
4.6.2	Contexte hydrodynamique.....	80
4.6.3	Côtes rocheuses	80
4.6.4	Côtes meubles.....	81
4.6.4.1	Dynamique sédimentaire.....	81
4.6.4.2	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	82

4.7	Le massif des Calanques - du cap Croisette à la pointe Cacao (zone homogène n°20)	85
4.7.1	Bathymétrie	85
4.7.2	Contexte hydrodynamique.....	86
4.7.3	Côtes rocheuses	86
4.7.3.1	Topographie, géologie.....	86
4.7.3.2	Sensibilité à l'érosion	87
4.7.4	Côtes meubles.....	89
4.7.4.1	Sources sédimentaires	89
4.7.4.2	Dynamique sédimentaire.....	90
4.7.4.3	Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales	90
4.8	Les baies de Cassis et La Ciotat : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon (partie occidentale de la zone homogène n°21).....	93
4.8.1	Bathymétrie	93
4.8.2	Contexte hydrodynamique.....	94
4.8.3	Côtes rocheuses	95
4.8.3.1	Baie de Cassis.....	95
4.8.3.2	Baie de La Ciotat.....	97
4.8.4	Côtes meubles.....	98
4.8.4.1	Baie de Cassis.....	98
4.8.4.2	Baie de La Ciotat.....	99
5	Les aménagements et ouvrages.....	102
6	Les usages et activités	105
6.1	Infrastructures et équipements.....	105
6.2	Les activités de loisirs	107
6.2.1	L'hébergement touristique.....	107
6.2.2	La plaisance	107
6.2.3	Activités nautiques	110
6.2.4	Baignade	111
6.2.5	Plongée	115
6.3	Exploitation de la ressource halieutique.....	115
7	Synthèse des lacunes de connaissance.....	119

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 4-1 :	Rose des vents à la station météorologique de cap Couronne sur la période 1962-1982 (Source : Météo France, <i>in</i> SABATIER et SUANEZ, 2003).....	10
Figure 4-2 :	Rose des vents à la station météorologique de Marignane sur la période 1981-1990 (Source : Météo France, <i>in</i> BCEOM, 2002).....	11
Figure 4-3 :	Rose des vents au sémaphore du bec de l'Aigle sur la période 1984-1996 (Source : Météo France, <i>in</i> ARFI et <i>al.</i> , 2000).....	11
Figure 4-4 :	Circulation générale de surface dans le bassin ouest de la Méditerranée (Source : Aviso/Noaa).....	13
Figure 4-5 :	Trajectoire moyenne du courant Liguro-Provençal (en rouge)	14
Figure 4-6 :	Courants induits par la houle en atteignant le littoral (SOGREAH, 1984)	17
Figure 4-7 :	Régime des houles enregistrées à cap Couronne sur la période 1964-1978 (Source : EDF/LNH/SOGREAH <i>in</i> SAMAT, 2007)	18
Figure 4-8 :	Histogrammes des houles (hauteur et période) observées à la bouée directionnelle au large de la pointe de Beauduc sur la période 1999-2001 (Source : CETMEF)	19
Figure 4-9 :	Histogrammes des houles (hauteur et période) observées à la bouée non-directionnelle au large de Porquerolles sur la période 1999-2001 (Source : CETMEF)	21
Figure 4-10 :	Elévation du niveau marin relatif dans le delta du Rhône de 1905 à 2005 (marégraphe du grau de la Dent) (Source : ULLMANN, 2007)	27
Figure 4-11 :	Courbes Intensité Durée Fréquence des surcotes enregistrées au marégraphe de Marseille (hauteur exprimée en cote marine par rapport au zéro hydrographique) (Source : GAUFRÈS et SABATIER, 2005)	30
Figure 4-12 :	Typologie des instabilités et des érosions dans le contexte des falaises côtières en région PACA (Source : BRGM, 2005).....	32
Figure 4-13 :	Profils topo-bathymétriques sur le littoral du delta du Rhône (Source : CEREGE, SOGREAH <i>in</i> BRGM, 2002)	37

Figure 4-14 : Profils topo-bathymétriques sur le littoral du delta du Rhône en 2004 et 2005 (Source : PNRC)	38
Figure 4-15 : Apports en Matières en Suspension des principaux cours d'eau se jetant dans l'étang de Berre (Source : FIANDINO, 2001 <i>in</i> GIPREB, 2002)	62
Figure 4-16 : Quantité de matière solide déversée chaque année par le canal usinier de la centrale EDF de Salon-St Chamas (Sources : EDF, GIPREB)	63

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 : Caractéristiques des zones étudiées (Source : SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse)	6
Tableau 4-1 : Caractéristiques des principales tempêtes recensées sur le littoral de la Camargue (Source : HANOT, 2005 ; MOUCHENE, 2006)	24
Tableau 4-2 : Niveaux d'eau et périodes de retour associées (sources : JIMÉNEZ et <i>al.</i> , 1997 in HANOT, 2005 ; SOGREAH, 1995 ; SUANEZ, 1997 ; PROVANSAL et SABATIER, 2000 ; BCEOM, 2001 in HANOT, 2005)	29
Tableau 4-3 : Surcotes et périodes de retour associées au marégraphe de Marseille (source : GAUFRES, 2005 ; cote marine par rapport au zéro hydrographique)	29
Tableau 4-4 : ..Évolution moyenne annuelle entre 1895 et 1974/1982 (m ³ /an), d'ouest en est	45
Tableau 4-5 : Caractéristiques des principaux cours se jetant dans l'étang de Berre	62
Tableau 5-1 : Aménagements et ouvrages recensés dans le cadre du programme MEDAM (Source : MEINESZ et <i>al.</i> , 2006)	103
Tableau 6-1 : Les ports de la façade méditerranéenne des Bouches-du-Rhône (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)	109
Tableau 6-2 : Les ports de l'étang de Berre (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)	110
Tableau 6-3 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°15 (Source : DDASS 13)	111
Tableau 6-4 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°16 (Source : DDASS 13)	112
Tableau 6-5 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°17 (Source : DDASS 13)	112
Tableau 6-6 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°18 (Source : DDASS 13)	113
Tableau 6-7 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°19 (Source : DDASS 13)	114

Tableau 6-8 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°20 (Source : DDASS 13)	114
Tableau 6-9 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°21 (Source : DDASS 13)	115
Tableau 6-10 : Caractéristiques des ports de pêche du département des Bouches- du-Rhône (Source : BRL, 2001)	116

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 4-1 : Déplacement de sédiment suite à un franchissement du cordon dunaire sur le lido de Maguelone (Hérault) lors d'une tempête (Source : EID Méditerranée in MORON et SABATIER, 2007)	42
Photographie 4-2 : Rade sud de Marseille (Source : SAFEGE, mars 2008)	79
Photographie 4-3 : Calanque du Mauvais Pas (Source : SAFEGE – mars, 2008) .	81
Photographie 4-4 : Bloc en déséquilibre à l'ouest de la calanque de Marseilleveyre (source : SAFEGE – mars 2008)	88
Photographie 4-5 : Conglomérats présents en bordure littorale - secteur de Marseilleveyre (Source : SAFEGE – mars 2008).....	90
Photographie 4-6 : Calanque de la Mounine (Source : SAFEGE – mars2008).....	91

TABLE DES CARTES

Carte 1 :	Zone d'étude	7
Carte 2 :	Contexte océano-météorologique	12
Carte 3 :	Le delta du Rhône - Zone homogène n°15 : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône et extrémité occidentale de la zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne	49
Carte 4 :	Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne	57
Carte 5 :	L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre	70
Carte 6 :	La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove	78
Carte 7 :	La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette	84
Carte 8 :	Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacaou	92
Carte 9 :	Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacaou à la pointe de l'Eperon	101

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 **Bibliographie**

Annexe 2 **Comptes-rendus des entretiens avec les communes littorales**

Annexe 3 **Compte-rendu des entretiens avec les organismes**

Annexe 4 **Qualité des eaux de baignade**

1

Introduction

Le littoral des Bouches-du-Rhône prend des allures très diverses, abritant à la fois d'importants linéaires de côtes rocheuses (Côte Bleue, massif des Calanques, falaises de Soubeyran et du cap Canaille), de vastes étendues de plages sableuses (Camargue, golfe de Fos) mais aussi, bien qu'occupant un linéaire moins important, des zones humides et des secteurs artificialisés. L'importance de chaque type de côte est variable en fonction des zones littorales méditerranéennes considérées tandis que l'étang de Berre, partie intégrante du littoral du département, concentre tous ces types de côtes.

Le littoral évolue sous l'influence des dynamiques naturelles et de l'action de l'Homme. En fonction du contexte, le littoral peut être stable, en progression ou en recul. C'est ce dernier aspect, la problématique d'érosion (sur les côtes meubles aussi bien que rocheuses), ainsi que les phénomènes de submersion marine qui ont motivé cette étude.

En effet, la connaissance, la compréhension et l'anticipation des phénomènes d'érosion et de submersion marine constituent un enjeu majeur pour les acteurs publics, aussi bien du point de vue environnemental que sur le plan des enjeux humains, économiques et sociaux.

A travers cette étude, le Conseil Général des Bouches-du-Rhône souhaite se doter d'un outil global et évolutif permettant d'établir un état des lieux et de réaliser le diagnostic de l'existant, ainsi qu'une vision prospective de l'évolution du trait de côte à l'échelle du littoral du département, y compris l'étang de Berre. Une réflexion sur ces thèmes a été engagée. Elle s'est traduite par le lancement d'une étude globale sur les phénomènes d'érosion et de submersion marine.

Le programme d'étude a été mis au point par le Conseil Général des Bouches-du-Rhône en collaboration avec le Conseil Régional PACA, la DIREN et l'Agence de l'Eau bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse. La réalisation de cette étude a d'ailleurs été co-financée par le Conseil Régional PACA et L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, dans le cadre de sa politique de la mer.

Trois grandes phases ponctuent cette étude :

- ✓ **Phase 1 : Synthèse des connaissances existantes** basée sur l'analyse des données bibliographiques et des informations réunies au cours des entretiens avec les différents acteurs du milieu littoral ;
- ✓ **Phase 2 : Etat des lieux**, diagnostic et hiérarchisation des enjeux. Cette phase permettra :
 - ♦ de **caractériser la morphologie du littoral** à partir des données existantes et de celles recueillies au cours des visites de terrain,
 - ♦ d'évaluer l'**évolution du trait de côte** à travers une analyse diachronique effectuée par comparaison des photographies aériennes sur plusieurs années, entre 1920 et 2003,
 - ♦ de **caractériser et comprendre les phénomènes affectant le trait de côte** : érosion des côtes meubles, éboulement sur les côtes rocheuses et submersion marine (surcotes exceptionnelles),
 - ♦ d'**identifier les aléas** liés à ces phénomènes et **définir les enjeux** socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux sur les secteurs littoraux concernés.

L'ensemble de ces éléments permettra de **hiérarchiser les secteurs littoraux** en fonction du niveau de risque par croisement des paramètres physiques caractérisant les aléas érosion et submersion marine avec les données socio-économiques, patrimoniales et environnementales. Parallèlement, un état des réflexions et des actions engagées ces dernières années par les communes afin de limiter localement l'érosion de leur littoral sera fait.

- ✓ **Phase 3 : Préconisations et proposition d'un réseau de suivi.** L'objet de cette partie est de fournir au Conseil Général et à ses partenaires les éléments permettant d'identifier les **mesures de gestion** du littoral les plus appropriées des points de vue environnemental, technique et économique et d'élaborer un **réseau de suivi** et une **méthodologie** permettant de mesurer sur le long terme ces phénomènes (érosion, submersion marine) et leur impact sur l'évolution du trait de côte.

Le présent rapport, correspondant à la Phase 1, a pour objet de :

- ♦ synthétiser l'ensemble des connaissances relatives à la zone d'étude à partir de la bibliographie existante et des entretiens avec les différents acteurs rencontrés. Ces données seront étudiées en détail dans la Phase 2 dans le cadre de l'état des lieux / diagnostic et pourront éventuellement être complétées par les visites de terrain ;
- ♦ mettre en évidence les lacunes de connaissance et les éventuelles incohérences entre les études et les cartographies existantes.

2

Méthodologie

Une synthèse des connaissances existantes a été entreprise à partir des données bibliographiques disponibles (Parc Naturel Régional de Camargue, CEREGE, CETE, BRGM, CRIGE PACA, GIPREB, GIP Calanques, Parc Marin de la Côte Bleue, sites Internet,...). Cette recherche bibliographique s'est basée notamment sur les données issues de plusieurs démarches similaires (synthèses bibliographiques, bases de données, études, rapports, cartographie,...), mais avec des emprises de périmètre d'étude différentes (à l'échelle de la commune, d'une cellule hydrosédimentaire ou de la région).

Des contacts directs, sous la forme de réunions ou d'entretiens téléphoniques, ont été réalisés afin de compléter la synthèse des connaissances. Ces contacts ont eu lieu notamment avec :

- ◆ les représentants des collectivités territoriales et des services de l'Etat (Conseil Général, Conseil Régional, DIREN, Agence de l'Eau bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse, DDE Arrondissement maritime des Bouches-du-Rhône) ;
- ◆ les unités de recherche et établissements publics (CEREGE, CETE) ;
- ◆ les 13 collectivités littorales de la façade maritime du département des Bouches-du-Rhône, avec d'ouest en est, Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles, Port-Saint-Louis-du-Rhône, Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne, Le Rove, Marseille, Cassis et La Ciotat ;
- ◆ les 9 communes bordant l'étang de Berre, non citées au préalable, Châteauneuf-les-Martigues, Marignane, Saint-Mitre-les-Remparts, Istres, Miramas, Saint-Chamas, Berre-l'étang, Rognac et Vitrolles ;
- ◆ les gestionnaires de sites littoraux (Parc Naturel Régional de Camargue, GIPREB, GIP Calanques, Parc Marin de la Côte Bleue ...).

Les comptes-rendus de ces entretiens et contacts avec ces différents acteurs sont présentés en Annexe 2 et Annexe 3.

3

Définition du périmètre d'étude

L'étude porte sur la totalité du littoral du département des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre. Le domaine d'étude s'étend, par conséquent :

- ♦ du phare de l'Espiguette en Camargue gardoise à l'ouest ;
- ♦ à la baie de La Ciotat dans sa globalité à l'est (pointe Fauconnière) ;
- ♦ le pourtour de l'étang de Berre est également intégré.

Le découpage de la zone d'étude se base sur des entités définies dans le cadre du SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse (1996¹) : d'une part, les zones homogènes et d'autre part, les cellules hydrosédimentaires.

Les **zones homogènes** sont « des unités cohérentes de gestion du littoral qui, à l'image des bassins versants des rivières, constituent une échelle géographique de travail optimal pour une approche intégrée de la gestion, de la restauration et de l'exploitation de la frange littorale » (SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse, 1996). Pour le littoral méditerranéen, 50 zones homogènes ont été définies dans le cadre du SDAGE, dont 7 couvrent l'ensemble de l'aire d'étude (Carte 1) :

- ♦ zone homogène n°15 : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône ;
- ♦ zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne ;
- ♦ zone homogène n°17 : l'étang de Berre ;
- ♦ zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove ;
- ♦ zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette ;
- ♦ zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao ;
- ♦ zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon.

¹ Adoption du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse en 1996, après 5 ans de travail et de concertation et révision au titre de la directive cadre sur l'eau prévue en 2009

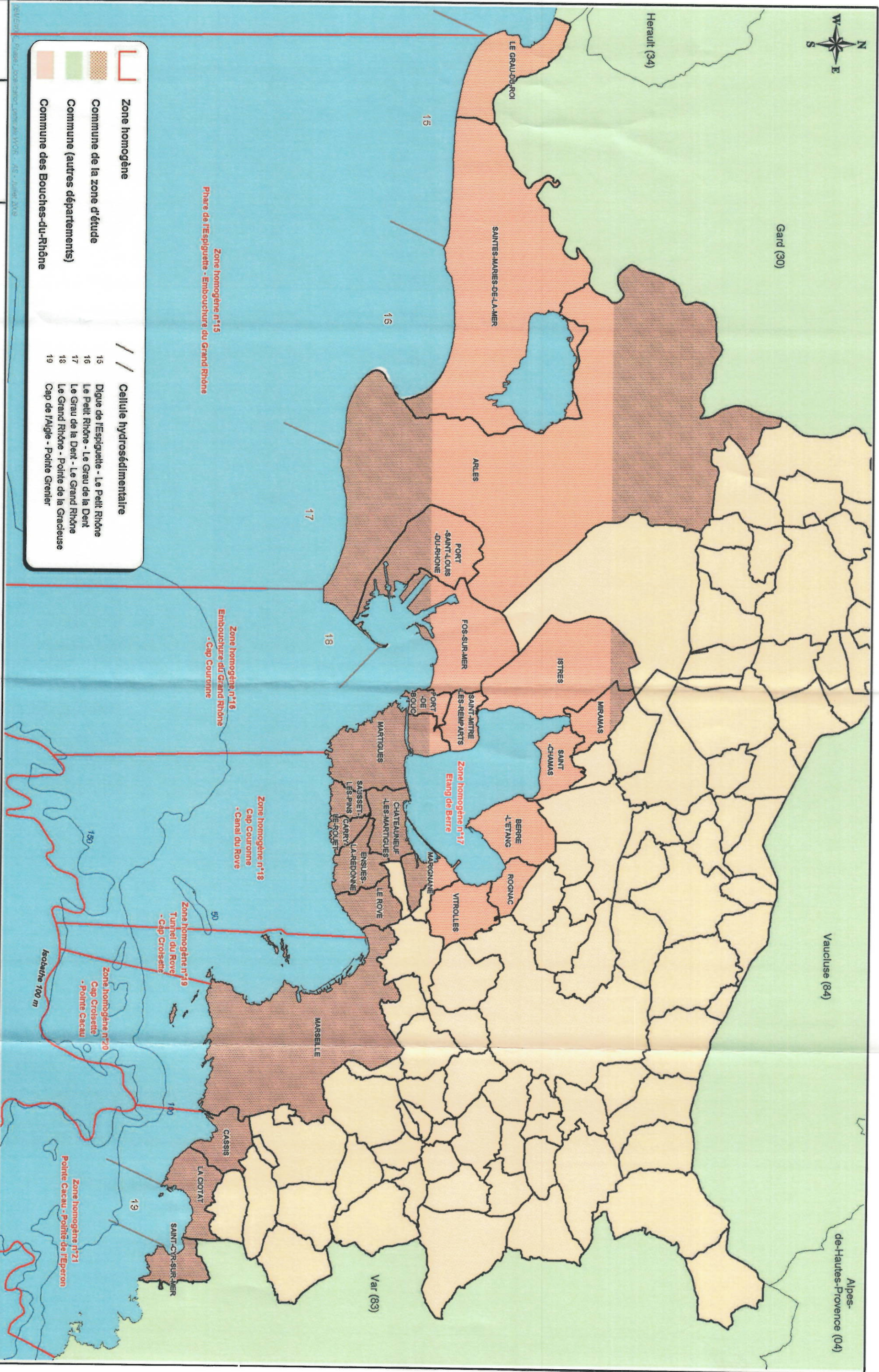
Les **cellules hydrosédimentaires** sont des compartiments « ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux compartiments voisins. Entre deux cellules voisines, les échanges sont faibles voire nuls. Sous l'action des facteurs naturels (houles, vents,...), le sable reste à l'intérieur de la cellule ou sort définitivement du système littoral (perte au large, à terre...) » (SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse). Les cellules hydrosédimentaires concernant, en partie, le littoral de la zone d'étude, sont les suivantes (Carte 1) :

- ♦ cellule n°15 : digue de l'Espiguette – le Petit Rhône ;
- ♦ cellule n°16 : le Petit Rhône - grau de la Dent ;
- ♦ cellule n°17 : grau de la Dent – le Grand Rhône ;
- ♦ cellule n°18 : le Grand Rhône – pointe de la Gracieuse ;
- ♦ cellule n°19 : cap de l'Aigle – pointe Grenier.

Les caractéristiques des zones homogènes et cellules hydrosédimentaires associées sont rappelées dans le Tableau 3-1.

Tableau 3-1 : Caractéristiques des zones étudiées (Source : SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse)

Nom	Zone Homogène	Cellules hydrosédimentaires	Limites de la zone	Communes concernées
Delta du Rhône	15 (du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône)	15 - 16 - 17	Ouest : phare de l'Espiguette Est : embouchure du Grand Rhône	Grau-du-Roi (Gard) Saintes-Maries-de-la-Mer Arles
Golfe de Fos	16 (de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne)	18	Ouest : limite occidentale du golfe de Fos Est : cap Couronne	Port-Saint-Louis-du-Rhône Fos-sur-Mer Port-de-Bouc Martigues
Etang de Berre	17 (étang de Berre)	aucune	Pourtour de l'étang	Martigues Châteauneuf-les-Martigues Marignane Saint-Mitre-les-Remparts Istres Miramas Saint-Chamas Berre-l'Etang Rognac Vitrolles
Côte Bleue	18 (du cap Couronne au tunnel du Rove)	aucune	Ouest : cap Couronne Est : tunnel du Rove	Martigues Sausset-les-Pins Carry-le-Rouet Ensuès-la-Redonne Le Rove Marseille
Rade de Marseille	19 (du tunnel du Rove au cap Croisette)	aucune	Ouest : tunnel du Rove Est : cap Croisette	Marseille
Massif des Calanques	20 (du cap Croisette à la pointe Cacau)	aucune	Ouest : cap Croisette Est : pointe Cacau	Marseille
Baies de Cassis et La Ciotat	21 (de la pointe Cacau à la pointe de l'Eperon) - partiellement	19 (extrémité ouest)	Ouest : pointe Cacau Est : pointe Fauconnière	Cassis La Ciotat Saint-Cyr-sur-Mer (Var)





Conseil Général

Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

**Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône
au regard de l'érosion marine**

- PHASE 1 -

Zone d'étude

Echelle :
1/350 000 ème

0 5 10
Kilomètres

Sources : DIREN,
SDAGE RM,
Agence de l'Eau RMC



SAFEGE
Ingénieurs Conseils



SECOTRAP

Carte
1

08MEN006

4

Le milieu physique

Ce chapitre présente, dans un premier temps, les **principales caractéristiques du littoral des Bouches-du-Rhône**. Cette analyse, effectuée à l'échelle départementale, concerne :

- ◆ les données météorologiques ;
- ◆ les conditions hydrodynamiques ;
- ◆ les surcotes ;
- ◆ les processus affectant les côtes rocheuses et meubles.

Dans un deuxième temps, sont abordées une à une les **7 zones d'étude** définies globalement en fonction du découpage du littoral en zones homogènes. Pour l'étude du contexte physique, la cellule hydrosédimentaire 18 (partie orientale de la zone homogène 16) concernant le they de la Gracieuse, sera rattachée à la zone homogène 15, afin de prendre en compte le fonctionnement du delta du Rhône dans sa globalité.

Au sein de chaque zone sont présentés successivement :

- ◆ la bathymétrie (à partir de la cartographie du SHOM ainsi que des levés ponctuels éventuellement réalisés dans le cadre d'aménagements) et la topographie ;
- ◆ le contexte hydrodynamique (courantologie et agitation locales) ;
- ◆ la géomorphologie et les processus sédimentaires.

4.1 Contexte général : le littoral des Bouches-du-Rhône

4.1.1 Contexte météorologique

Le vent joue un rôle morphogénique soit directement, en remaniant le sable des plages et des dunes (transport éolien), soit indirectement par son action sur la mer (formation de houle au large, de mers du vent et de courants et variation du niveau marin à la côte ; SAMAT, 2007).

Les données de vent prédominant sur le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris l'étang de Berre, proviennent de (Carte 2) :

- ♦ la station météorologique de cap Couronne, caractéristique de la partie occidentale de la zone d'étude, sur la période 1962-1982 (Figure 4-1) ;
- ♦ la station météorologique de Marignane, pour les régimes de vent prédominant sur l'étang de Berre, sur la période 1981-1990 (Figure 4-2) ;
- ♦ la station météorologique du bec de l'Aigle, représentative des conditions de vent à l'est de l'aire d'étude, sur la période 1984-1996 (Figure 4-3).

Le régime météorologique qui règne sur l'ensemble du littoral des Bouches-du-Rhône et sur l'étang de Berre se caractérise par la prédominance, plus ou moins marquée suivant la zone étudiée, des régimes de vent suivants :

- ♦ les vents de terre, de secteur nord-ouest (le Mistral) et nord-nord-ouest (Tramontane) ;
- ♦ les vents de mer, de secteur est et sud-est (le Marin) ;
- ♦ les vents de secteur ouest à sud-ouest ;
- ♦ les brises thermiques.

Le **vent de nord-ouest** est le régime de vent le plus représenté, quelles que soient la station météorologique et la saison considérées. Par exemple, à Marignane, ce régime de vent est caractérisé par des vitesses supérieures à 8 m/s dans 41 % des situations et des vitesses comprises entre 5 et 8 m/s pour 35 % des observations (Figure 4-2). Ces vents peuvent souffler pendant plusieurs jours consécutifs (ARFI *et al.*, 2000 ; GANTEAUME *et al.*, 2004). Les vents de terre ne présentent aucune distribution saisonnière marquée : ils soufflent tout au long de l'année. Leur fréquence est toutefois plus forte en période hivernale (SUANEZ, 1997).

Le **vent de secteur est à sud-est** est davantage observé à l'est de la zone d'étude (de 22 à 27 % des mesures au bec de l'Aigle ; Figure 4-3) qu'à l'ouest (environ 15 % des observations annuelles à Marignane ; Figure 4-2). Ce régime de vent est caractérisé par des vitesses plus faibles que celles du Mistral. Près de 66 % de ces vents sont de vitesses inférieures à 4 m/s et seulement 7 % d'intensités supérieures à 8 m/s à la station de Marignane (Figure 4-2). Ce régime de vent est plus fréquent au printemps et en été. En période estivale, les vents de secteur sud-est représentent les vents les plus intenses à l'ouest de la zone d'étude alors qu'à l'est, les vents les plus forts sont les régimes de nord-ouest. Ces épisodes de vent ont des durées qui dépassent fréquemment 2 jours. Les vents de secteur est à sud-est sont le plus souvent à l'origine des tempêtes.

Les **vents de secteurs ouest à sud-ouest** sont principalement observés à l'ouest de la zone d'étude (Figure 4-1 et Figure 4-2). La fréquence des vents de secteur ouest diminue en suivant la côte vers l'est : la rose des vents du bec de l'Aigle ne met pas en évidence ce secteur de vent (Figure 4-3). A Marignane, ils représentent 15 % des régimes de vent observés et sont généralement caractérisés par des vitesses inférieures à 8 m/s (avec 48 % à des vitesses inférieures à 4 m/s et 39 % de vitesses

comprises entre 4 et 8 m/s). Les vents de secteur ouest à sud-ouest soufflent généralement à la fin du printemps et en période estivale (SUANEZ, 1997).

Les **brises thermiques** sont des régimes de vent se produisant en période estivale, de faible intensité et de direction variable suivant la période de la journée. Elles apparaissent suite à des contrastes thermiques entre la mer et le continent qui s'échauffent inégalement. Au cours de la journée, la terre se réchauffe plus rapidement que la mer. Le réchauffement des couches inférieures de l'atmosphère au-dessus des terres provoque une dépression associée à un vent de mer. Pendant la nuit, au contraire, le continent se refroidit plus vite que la mer, au-dessus de laquelle, se forme par conséquent une dépression : le vent souffle alors des côtes vers le large. Le régime de brise correspond sur l'échelle de Beaufort (1805) aux échelons 1, 2 et 3, soit « très légère brise », « légère brise » et « petite brise », c'est-à-dire des régimes de vent de vitesses inférieures à 5 m/s. Ces épisodes peuvent être de longue durée (SAFEGE CETIIS, 2004).

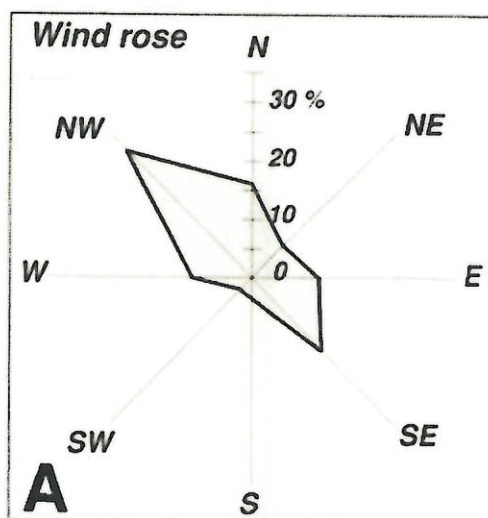


Figure 4-1 : Rose des vents à la station météorologique de cap Couronne sur la période 1962-1982 (Source : Météo France, in SABATIER et SUANEZ, 2003)

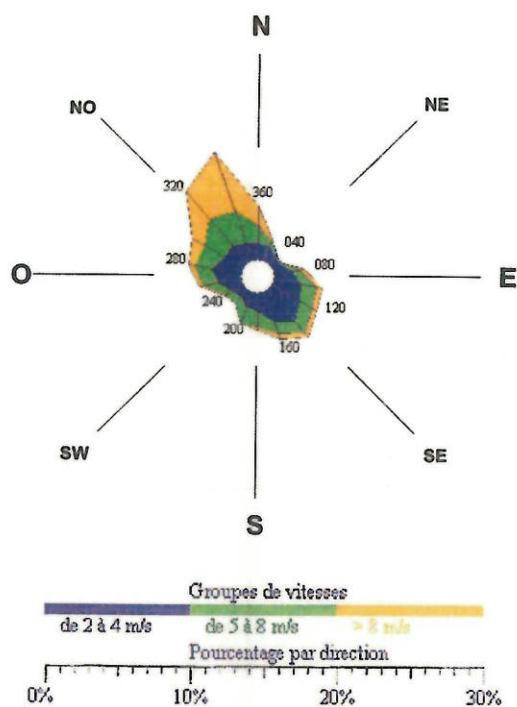


Figure 4-2 : Rose des vents à la station météorologique de Marignane sur la période 1981-1990 (Source : Météo France, in BCEOM, 2002)

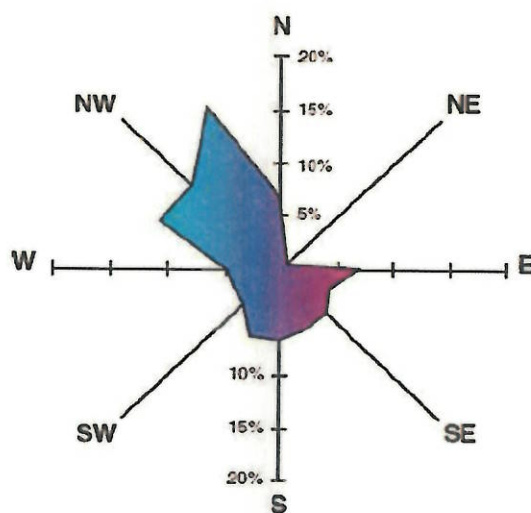
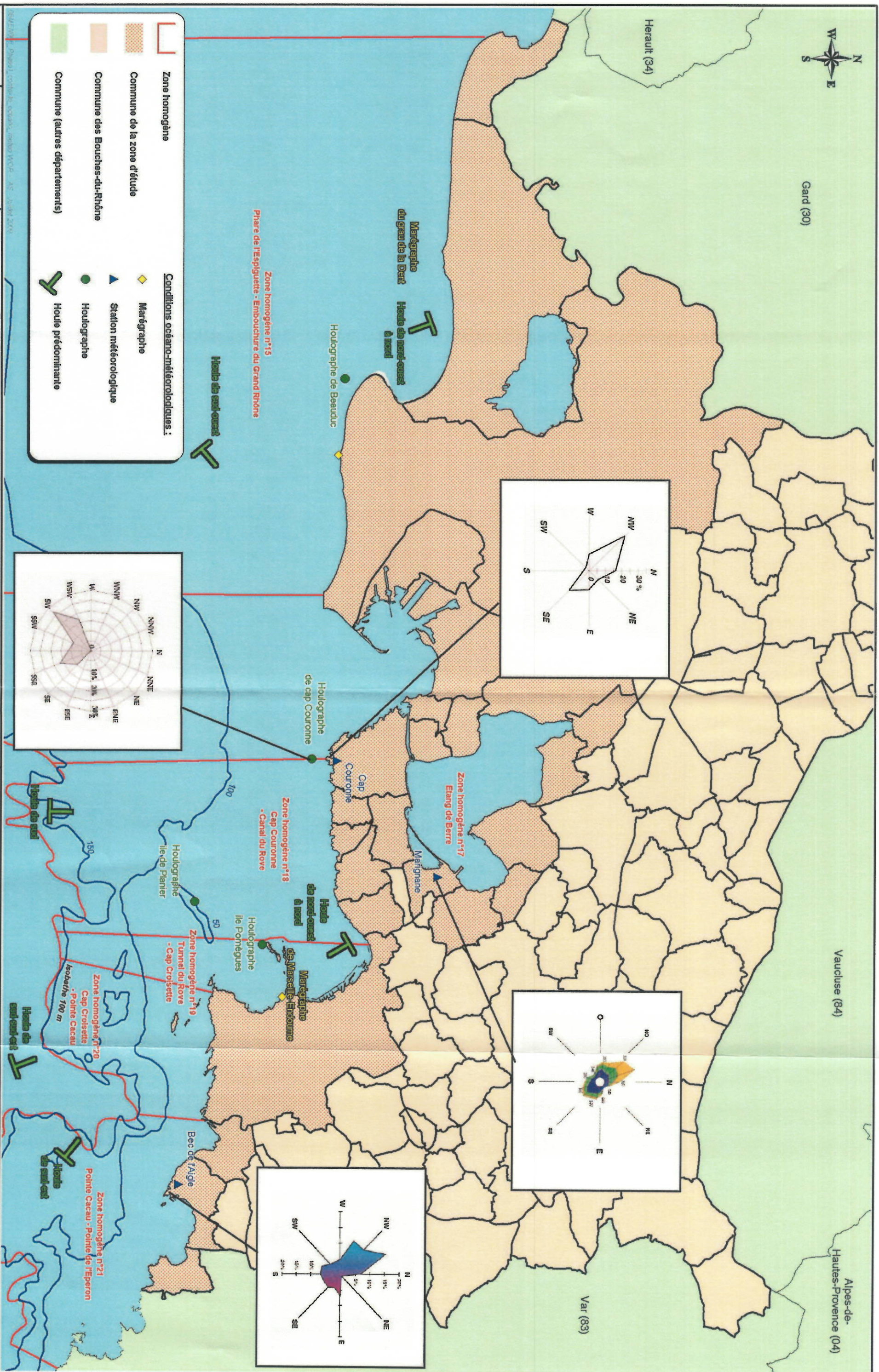


Figure 4-3 : Rose des vents au sémaphore du bec de l'Aigle sur la période 1984-1996 (Source : Météo France, in ARFI et al., 2000)

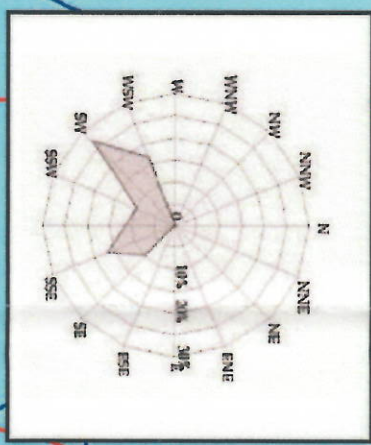
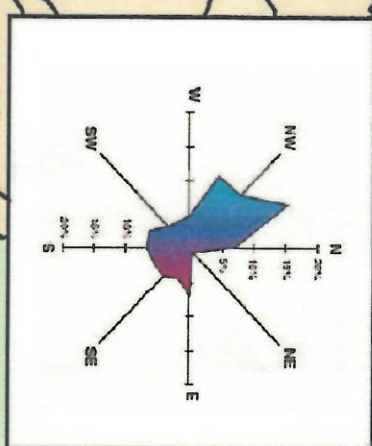
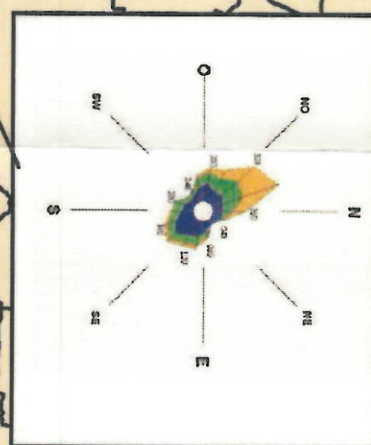
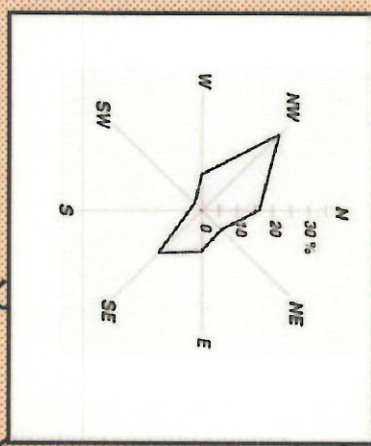


Gard (30)

Vaucluse (84)

Alpes-de-Hautes-Provence (04)

Var (83)



- Zone homogène**
- Zone homogène
 - Commune de la zone d'étude
 - Commune des Bouches-du-Rhône
 - Commune (autres départements)
- Conditions océano-météorologiques :**
- Marégraphe
 - Station météorologique
 - Houlographe
 - Houle prédominante

Source : DREN, SDAGE RM, Agence de l'Eau RMC, SABATIER et SUANEZ, 2003; BCEOM, 2002; ARFI et al., 2000; SAMAT, 2007

Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine - PHASE 1 - Contexte océano-météorologique



Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Echelle :
1/350 000 ème



Sources : DREN;
SDAGE RM; Agence de l'Eau RMC;
SABATIER et SUANEZ, 2003;
BCEOM, 2002; ARFI et al., 2000;
SAMAT, 2007



Carte
2

OSMEN006

4.1.2 Conditions hydrodynamiques

Les conditions hydrodynamiques (circulation générale, marée, courants dus aux vents, houles, mers de vent, variations du niveau marin, ...) sont analysées à l'échelle du département afin de mieux appréhender les schémas de circulation des masses d'eau. Les conditions locales de courant et d'agitation seront étudiées en détail ultérieurement dans ce rapport pour chaque zone définie préalablement.

4.1.2.1 Circulation générale

En Méditerranée occidentale, la circulation générale est caractérisée par la présence d'une large circulation cyclonique occupant le bassin Liguro-Provençal (Figure 4-4).

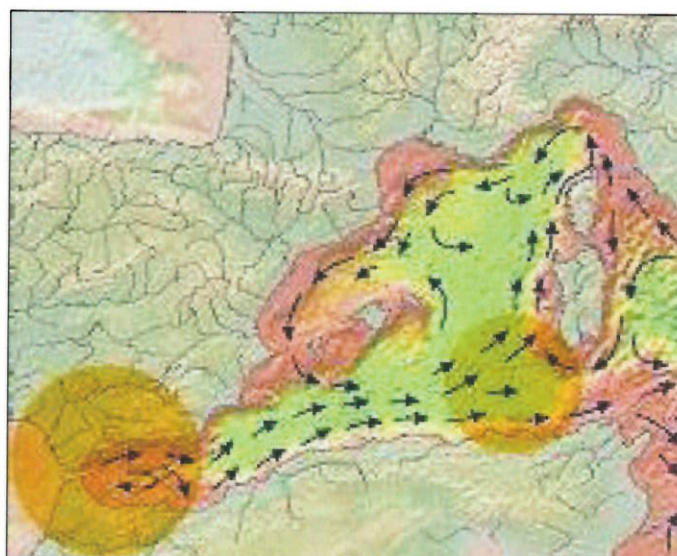


Figure 4-4 : Circulation générale de surface dans le bassin ouest de la Méditerranée
(Source : Aviso/Noaa)

Cette circulation est principalement conditionnée par la formation hivernale d'eau profonde (MADEC et CRÉPON, 1991) et par les régimes de Mistral et de Tramontane. La branche côtière de cette circulation est le courant Liguro-Provençal-Catalan, dénommé « courant Nord » (MILLOT, 1990). Il est issu de la jonction des courants ouest et est Corse (Figure 4-5). Le courant Nord s'écoule vers l'ouest relativement près de la côte entre Nice et Marseille avant de traverser le golfe du Lion en direction du cap Creux (Figure 4-5).



Figure 4-5 : Trajectoire moyenne du courant Liguro-Provençal (en rouge)

Le courant Nord est relativement stable (MILLOT, 1987). Il est plus marqué, dans les 200-300 m superficiels, sous la forme d'une veine large de 20-30 km qui suit la partie supérieure du talus (isobathes 100-300 m). Les caractéristiques générales de cette veine varient sensiblement en fonction de la saison. Le courant Nord connaît ainsi en période hivernale un épisode d'approfondissement, de rétrécissement et de rapprochement des côtes. Le courant varie également en fonction des conditions météorologiques. Le long des côtes de la zone d'étude, il tend à s'éloigner des côtes en cas de Mistral et à s'en rapprocher par vent marin.

Le long de la côte, le courant de circulation générale ne suit pas exactement les indentations du rivage. De manière générale, il circule directement d'un point saillant au point saillant voisin, et chaque fois qu'entre le courant et la côte se trouve une baie, un contre-courant se forme et suit le rivage en sens inverse du courant principal.

Les courants engendrés par la circulation générale sont trop faibles pour influencer les processus sédimentaires.

4.1.2.2 Courants de marée

En Méditerranée, la marée astronomique est de type semi-diurne avec inégalité diurne. Elle est généralement caractérisée par deux pleines mers et deux basses mers par jour, avec des hauteurs en périodes de pleine mer et de basse mer consécutives différentes. La marée est faible et ne dépasse guère 30 cm.

Les courants alternatifs de marée présentent des vitesses trop faibles pour être susceptibles d'engendrer une mobilisation du matériau meuble (SOGREAH, 1984).

4.1.2.3 Courants dus aux vents

Par faibles fonds, les courants dus au forçage du vent ont des vitesses trop faibles pour remettre en suspension les matériaux meubles, notamment en Méditerranée (SOGREAH, 1984). Cependant, une fois mises en suspension par la houle, les particules les plus fines peuvent être entraînées par ces courants et se déposer dans des zones de courants plus faibles.

Les schémas de circulation des masses d'eau liés aux régimes de vent seront étudiés ultérieurement dans ce rapport pour chaque zone définie préalablement.

4.1.2.4 Houles

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer. Elle est définie par son amplitude, sa période, sa longueur d'onde, sa célérité et sa direction de propagation. On distingue la houle, créée au large et affranchie de l'influence du vent, des vagues (mers du vent ou clapots), générées localement par le vent qui règne momentanément dans la zone de propagation des vagues. En raison du fetch (distance sur laquelle souffle le vent), les clapots ont des périodes, et, généralement, des amplitudes, plus faibles que les houles.

La houle et les courants induits par la houle jouent un rôle important dans la morphogénèse côtière (érosion, transport et dépôt de sédiments) par :

- ♦ la remise en suspension des sédiments déposés au fond ;
- ♦ le déplacement des particules parallèlement au rivage lorsque les houles se présentent obliquement.

A- Généralités sur la propagation de la houle à la côte et la dynamique sédimentaire associée

La houle détermine le gradient d'équilibre général de la plage. Sa hauteur définit la profondeur à partir de laquelle le profil de plage subit son influence. De manière générale, l'influence de la houle est sensible jusqu'à une profondeur de l'ordre de trois fois la hauteur de houle (BCEOM, 1997). L'énergie des vagues détermine l'intensité de l'énergie potentielle capable de modifier la morphologie des plages.

La houle n'est accompagnée d'aucun transport de matière. En revanche, à l'approche des côtes, elle peut subir des transformations dues à l'**influence du fond**, qui jouent un rôle important dans la mise en mouvement et le transport des sédiments (SOGREAH, 1984 ; SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse, 2005 ; SAMAT, 2007) :

- ♦ le « shoaling », dont la zone d'influence s'étend d'une profondeur égale à la moitié de la longueur d'onde de la houle jusqu'au point de déferlement. Ce phénomène se traduit par une augmentation de la hauteur de la houle s'accompagnant d'une diminution de la vitesse de propagation et de la

longueur d'onde, la période restant constante. L'étendue de la zone du shoaling dépend de la pente de la plage et de la longueur d'onde des houles ;

- ♦ la réfraction, qui est une adaptation de la ligne de crête des houles à la bathymétrie de la zone. Cette transformation se traduit par une variation de la vitesse de propagation et un changement de direction de la houle et, par conséquent, une réduction de l'énergie transportée ;
- ♦ le déferlement, qui est la conséquence de l'amplification des déformations de la vague en présence du fond, qui génèrent une perte d'équilibre de son profil du fait de l'augmentation de la cambrure (rapport de la hauteur à la longueur d'onde). Le déferlement joue un rôle primordial sur la morphologie du rivage et mobilise d'importants volumes de matériaux. En dehors de la zone de déferlement, la houle ne déplace pas les masses d'eau. Elle ne transporte donc pas les sédiments. Mais, du fait de son oscillation, elle les décolle du fond et les rend par conséquent susceptibles d'être transportés par les courants.

A l'approche de la côte, la houle va également subir des transformations suivant les **obstacles** qu'elle rencontre :

- ♦ la diffraction : c'est le phénomène par lequel une onde, en rencontrant un obstacle, génère à l'aval de celui-ci une onde circulaire de même période mais d'énergie décroissante ;
- ♦ la réflexion : quand la houle rencontre un obstacle, elle est réfléchi dans une direction qui fait avec la perpendiculaire à l'obstacle un angle égal à l'angle d'incidence. La superposition des ondes incidente et réfléchi peut créer des oscillations bien plus grandes que celles de la houle incidente seule.

La houle crée deux types de courant en atteignant le littoral suivant l'angle que font ses crêtes avec la ligne de rivage :

- ♦ lorsqu'elle arrive normalement à la côte, la dissipation de l'énergie de la houle dans le déferlement s'accompagne d'un mouvement des masses d'eau vers le haut de la plage (jet de rive ; Figure 4-6). Ces mouvements transversaux, appelés mouvements dans le profil, engraisent ou appauvrissent les plages en fonction de la houle. De manière générale, les houles de tempête ont tendance à emporter le matériau vers le large tandis que les houles d'amplitudes plus faibles (houles de beau temps) ont tendance, par phénomène de charriage, à remonter les particules du large vers le rivage. Le bilan de ce transport alterné est souvent négatif : les particules les plus fines sont parfois emportées trop au large lors des tempêtes pour être remontées vers le rivage, surtout lorsque le transport vers le large est accentué par l'action des courants liés aux vents ;
- ♦ lorsque la houle atteint le littoral de manière oblique, elle engendre dans son déferlement un courant parallèle au rivage (« longshore current ») qui entraîne les matériaux en suspension dans ce déferlement (Figure 4-6). Ce courant littoral à l'origine de mouvements sédimentaires dans le sens de propagation des houles, nommé « transit ou dérive littoral(e) », joue un rôle

d'autant plus important en Méditerranée, que les courants de marée sont faibles. Il faut noter que, le sens de la dérive littorale est difficile à déterminer au niveau des plages de petite taille situées en fond de calanque ou de crique (sur les côtes rocheuses).

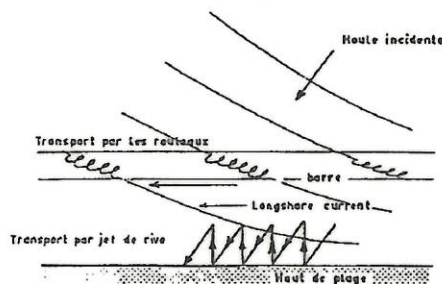


Figure 4-6 : Courants induits par la houle en atteignant le littoral (SOGREAH, 1984)

B- Conditions de houle dans la zone d'étude

A l'ouest de la zone d'étude

Les houles susceptibles d'atteindre le littoral occidental des Bouches-du-Rhône, notamment la **Camargue** et la **Côte Bleue** (zones homogènes 16 et 18), proviennent :

- ♦ du houlographe de cap Couronne, situé à une profondeur de 19 m, sur la période 1964-1978 (TERSUD et *al.*, 1993 ; SOGREAH, 1994 ; SUANEZ, 1997) ;
- ♦ d'observations de navires dans la zone comprise entre 43°N et 44°N de latitude et 4°E et 5°E de longitude, sur la période 1961-1981 (SOGREAH, 1995) ;
- ♦ de la bouée directionnelle du CETMEF au large de la pointe de Beauduc (43°21'N, 04°34'E, profondeur 17 m), sur la période 1999-2004.

Le régime de houles à la station de cap Couronne met en évidence trois directions principales (TERSUD et *al.*, 1993 ; SOGREAH, 1994 ; SUANEZ, 1997 ; SAMAT, 2007 ; Figure 4-7) :

- ♦ les houles de sud-ouest ;
- ♦ les houles de sud-sud-est ;
- ♦ houles de sud-est.

Les **houles de sud-ouest** représentent le régime de houles le plus fréquent (30 % des observations). Elles correspondent à des houles engendrées dans la partie occidentale du golfe du Lion sous l'impulsion des vents de terre de secteurs ouest-nord-ouest à nord-nord-ouest (Mistral et Tramontane). Ces houles, de secteur nord-ouest à l'origine, se retrouvent avec une orientation sud-ouest au droit de cap Couronne par phénomène de réfraction au niveau de la flèche de Beauduc. Les houles enregistrées

à cap Couronne sont caractérisées par les hauteurs significatives les plus faibles, comprises entre 0,5 et 1,5 m dans 66 % des observations et supérieures à 2 m dans moins de 9 % des situations. Ce sont des houles courtes avec une période comprise entre 4 et 6 s dans 80 % des relevés. Les houles de fortes tempêtes, caractérisées par des périodes supérieures à 7 s, représentent 2 % des situations. Les houles de secteur sud-ouest sont particulièrement actives à la fin de l'hiver et en période estivale.

Les **houles de sud-sud-est** sont générées par les vents marins de secteurs est à sud-est et sont observées dans 16 % des situations. Elles correspondent à des houles en provenance du golfe de Gènes. Leur hauteur significative est comprise entre 0,5 m et 1,5 m pour 56 % des observations et dépasse 2 m dans 16 % des situations. La période de ces houles est comprise entre 4 et 6 s pour 75 % des situations et supérieure à 7 s dans 4 % des cas. Ces houles sont particulièrement observées en automne et au printemps. Les événements les plus intenses sont toutefois relevés en automne et en hiver.

Les **houles de sud-est**, également générées par les vents marins de secteurs est à sud-est, représentent les houles les moins fréquentes (10,5 % des observations). Elles sont toutefois caractérisées par les hauteurs significatives les plus importantes avec près de 50 % des enregistrements compris entre 1 et 2 m et 35 % des observations supérieures à 2 m. Comme pour les houles de secteur sud-sud-est, leur période est généralement comprise entre 4 et 6 s (75 % des observations) et de l'ordre de 8 s dans 6 % des situations. Elles sont généralement observées en périodes automnale et printanière. Les événements les plus intenses sont toutefois relevés en automne et en hiver.

Les périodes de **temps calme**, sans houle apparente (agitation inférieure à 25 cm), sont peu fréquentes : elles représentent environ 10 % des situations.

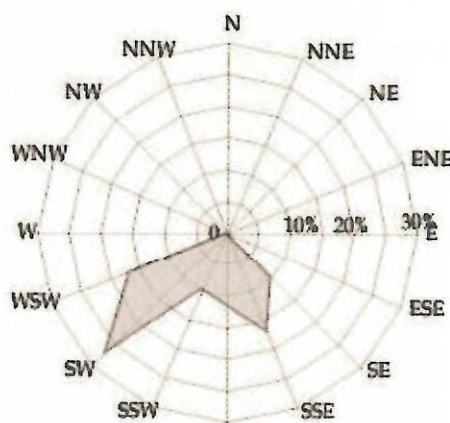


Figure 4-7 : Régime des houles enregistrées à cap Couronne sur la période 1964-1978
(Source : EDF/LNH/SOGREAH in SAMAT, 2007)

L'étude des régimes de houle observés au large du delta du Rhône à partir des navires met en évidence une prédominance des houles de secteurs est-sud-est à sud, contrairement aux enregistrements du houlographe de cap Couronne (SOGREAH, 1995). Le houlographe de cap Couronne se trouve, de par sa situation géographique,

moins exposé à l'agitation provenant des secteurs est à sud-est ; l'agitation de sud-ouest y est par conséquent prédominante (SOGREAH, 1995).

SABATIER (2001) met également en évidence la présence de houles de secteur nord-ouest, liées aux effets du Mistral, sur le littoral du delta du Rhône. L'absence de ce secteur de houles dans les observations du houlographe de cap Couronne est liée à la réfraction de ces houles par la flèche de Beauduc, qui leur confère une orientation sud-ouest. Ces houles sont peu perçues à l'est du delta du Rhône.

Les enregistrements de la bouée directionnelle du CETMEF au large de la pointe de Beauduc donnent les caractéristiques suivantes pour les houles les plus fréquentes (Figure 4-8) :

- ♦ hauteurs moyennes comprises entre 0,2 et 0,6 m, hauteurs maximales de l'ordre de 0,8-1,6 m et hauteurs significatives ($H_{1/3}$ ²) d'environ 0,3-0,9 m ;
- ♦ périodes moyennes comprises entre 3,5 et 4,5 s, périodes correspondant à la hauteur maximale de l'ordre de 8-10 s et périodes significatives ($TH_{1/3}$) d'environ 4-5,5 s.

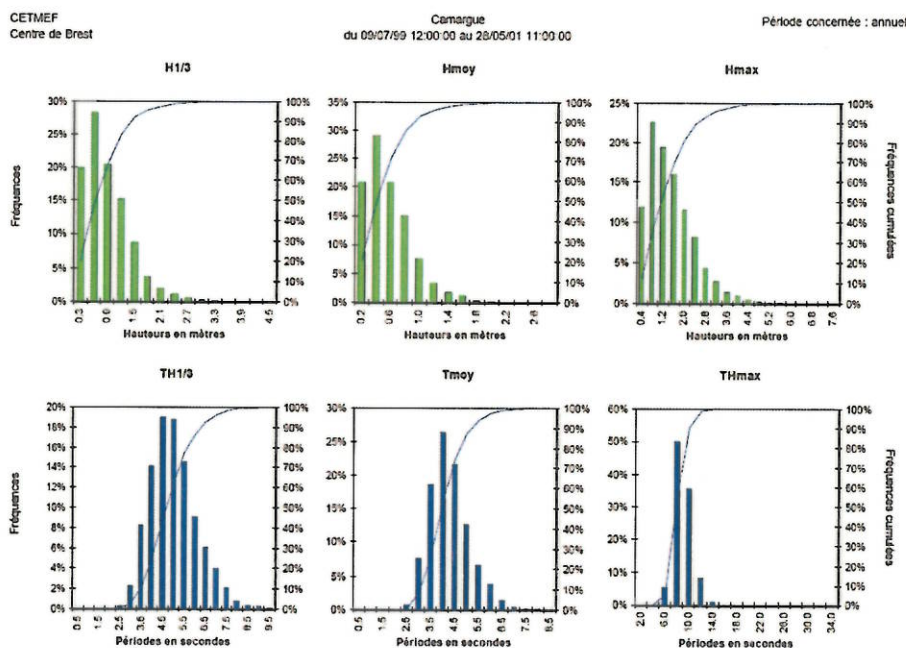


Figure 4-8 : Histogrammes des houles (hauteur et période) observées à la bouée directionnelle au large de la pointe de Beauduc sur la période 1999-2001 (Source : CETMEF)

² La hauteur significative $H_{1/3}$ ou H_s correspond à la hauteur moyenne du tiers supérieur (en hauteur) des vagues (CETMEF)

A l'est de la zone d'étude

Les conditions de houles caractéristiques de la région marseillaise, du massif des Calanques et des baies de Cassis et de La Ciotat (zones homogènes 19, 20 et 21) proviennent :

- ♦ de statistiques réalisées par le BCEOM (2002) sur les données d'observations des houles par les navires entre 1961 et 1980 et de mesures ou observations effectuées à partir de sémaphores (île de Planier, golfe de Fos...);
- ♦ de données de houle observées au sud de l'île de Planier et à l'île Pomègues (GIEULLES, 1993 ; GEOMER, 1994) ;
- ♦ du houlographe non-directionnel situé à Porquerolles à une profondeur de 96 m (CETMEF) sur la période 1992-2001. Ce point de mesures se trouve relativement éloigné de la zone d'étude, cependant en raison de l'absence de données précises sur les hauteurs et périodes des houles au large de la zone d'étude, ces données seront exploitées pour compléter l'analyse des conditions de houle au large. Du fait de l'orientation de la côte sur le littoral oriental de la zone d'étude, ces données sont supposées être représentatives des conditions de houle provenant du large sur la zone d'étude.

Les régimes de houles caractéristiques du littoral oriental des Bouches-du-Rhône sont :

- ♦ le régime de sud-ouest (GIEULLES, 1993 ; GEOMER, 1994) ;
- ♦ le régime de sud-est (GIEULLES, 1993 ; GEOMER, 1994 ; BCEOM, 2002) ;
- ♦ le secteur de houle de nord-ouest à nord (BCEOM, 2002).

Les **houles de secteur sud-ouest** sont prédominantes sur le secteur d'étude. Par exemple, elles représentent 38,8 % des observations de houles enregistrées à l'île de Planier (GIEULLES, 1993). Ces houles sont caractérisées par de fortes longueurs d'onde et amplitudes et sont d'origine lointaine (IARE-IFREMER, 1997). Les houles de secteurs sud-ouest à ouest (230-270°), généralement associées au vent marin, sont caractérisées par des périodes pic comprises entre 8,4 s pour une période de retour annuelle et 12 s pour une période de retour centennale (BCEOM, 2002). Pour une période de retour annuelle, ce secteur de houle est caractérisé par des hauteurs significatives plus faibles (inférieure à 3 m) que celles des houles provenant des secteurs nord-ouest et sud-est (BCEOM, 2002).

Le régime de **houles de secteurs sud à sud-est** représente 28 % des mesures à l'île de Planier (GIEULLES, 1993). Une forte proportion de houles de sud-est est également observée à l'île Pomègues (GEOMER, 1994). Pour une période de retour annuelle, ce secteur est caractérisé par des hauteurs significatives de l'ordre de 3 m (BCEOM, 2002).

Les **houles de secteur nord-ouest à nord** correspondent au régime du Mistral (BCEOM, 2002 ; IARE-IFREMER, 1997). Ces états de mer sont dominants d'après

la synthèse des observations des navires et des mesures effectuées au large de la région marseillaise (BCEOM, 2002). A l'île de Planier, les houles de secteur nord-ouest sont en revanche peu observées (fréquence inférieure à 1 %) mais présentent des hauteurs maximales de l'ordre de 4-5 m pour des périodes de retour annuelles d'après les statistiques du BCEOM (2002).

L'étude des houles observées à Porquerolles (Figure 4-9) met en évidence le caractère faiblement agité des côtes sur cette frange du littoral :

- ◆ 50 % des houles ont des hauteurs significatives inférieures à 1 m ;
- ◆ les hauteurs maximales comprises entre 1,2 et 1,8 m représentent 35 % des observations ;
- ◆ les périodes associées aux hauteurs significatives sont à 80 % comprises entre 4 et 7 s.

Il faut noter que ces données sont probablement plus représentatives des conditions de houles du large que des agitations générées par régime de Mistral.

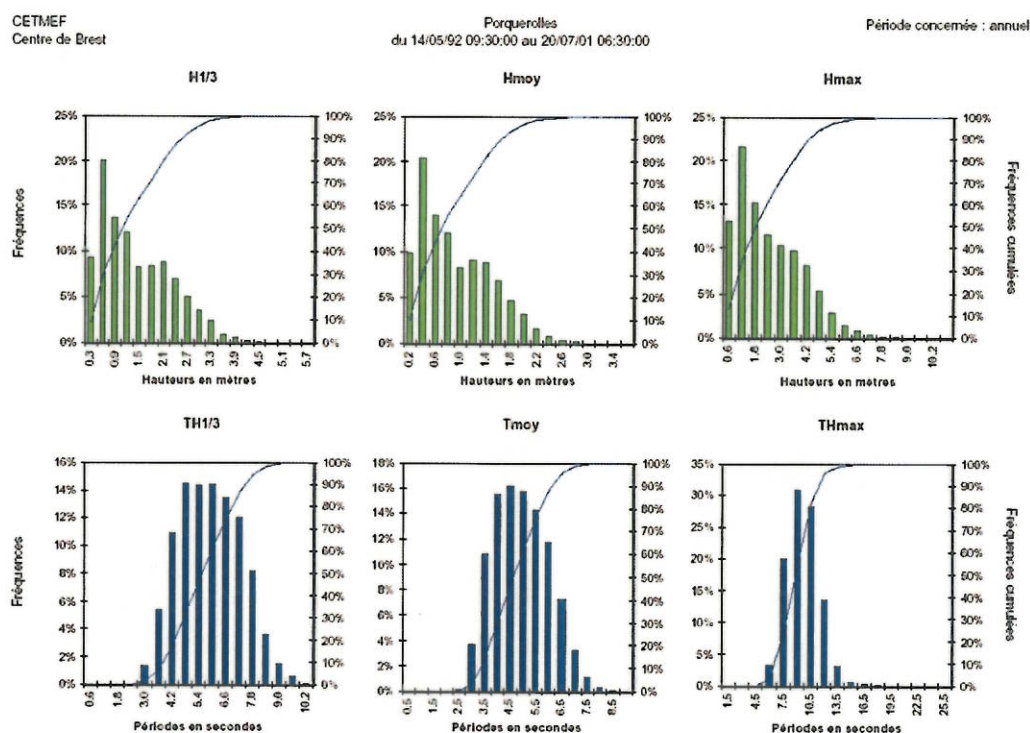


Figure 4-9 : Histogrammes des houles (hauteur et période) observées à la bouée non-directionnelle au large de Porquerolles sur la période 1999-2001 (Source : CETMEF)

C- Houles de tempête

Généralités

Le rôle des tempêtes dans la morphogénèse littorale est complexe et est fortement conditionné par (BRUZZI, 1998 ; CEREGE, 1999) :

- ◆ le contexte sédimentaire (absence ou présence de sources sédimentaires actuelles et/ou fossiles, orientation des transferts sédimentaires globaux) ;
- ◆ le contexte topographique (largeur et pente de la plage, présence ou absence d'un cordon dunaire)
- ◆ la présence d'aménagements sur les plages.

Les impacts des tempêtes sont très différents et se traduisent par un engraissement ou un démaigrissement (BRUZZI, 1998), provisoire ou définitif, suivant l'intensité des phénomènes et les facteurs conditionnant l'effet des tempêtes cités précédemment. Sur la plage émergée, jusqu'à -1,5 m de profondeur, trois types de réponses aux phénomènes de tempête sont relevés (CEREGE, 1999) :

- ◆ un mouvement du profil vers l'amont ;
- ◆ un mouvement du profil vers l'aval associé à une avancée du trait de côte ;
- ◆ une érosion généralisée du profil de plage qui aboutit à une perte sédimentaire vers le large.

Les tempêtes favorisent d'une part l'érosion de la côte sous l'action des fortes houles et d'autre part les phénomènes de submersion, ce qui permet aux houles de tempête de remettre en suspension le matériau de haut de plage (prédominance du transport sédimentaire de type « cross-shore » ; SOGREAH, 1984 ; SUANEZ, 1997).

Une tempête morphogène est définie par l'intensification et la combinaison des trois agents dynamiques principaux orientés vers la côte : la houle, les vents et l'élévation instantanée du niveau marin (CEREGE, 1999). Sur le littoral de la Camargue, deux types de tempêtes sont mis en évidence (BRUZZI, 1998 ; CEREGE, 1999) :

- ◆ les tempêtes longues et composites, alternant des épisodes aigus de vents de mer et des périodes de vent de terre. Les trois agents dynamiques ne se combinent à leur maximum d'intensité que ponctuellement, souvent 2 ou 3 jours discontinus ;
- ◆ les tempêtes courtes en durée totale (quelques jours) : les vents et la houle conservent la même direction ; l'intensité des trois agents culmine durant 1 à 4 jours consécutifs.

Globalement, l'importance de l'impact morphologique est en étroite relation avec la durée pendant laquelle les trois agents dynamiques culminent en même temps à leur valeur maximum d'intensité (exemple de la tempête de 1997 sur le littoral de la Camargue, décrite ultérieurement dans ce chapitre).

Tempêtes sur le littoral du delta du Rhône (zone homogène n°15)

Les phénomènes de tempête ont particulièrement été étudiés sur le littoral de la Camargue en raison des dégâts susceptibles d'être occasionnés sur le cordon dunaire, les aménagements et les habitats.

Les houles de beau temps proviennent du secteur sud-ouest à nord avec une prépondérance du secteur sud-ouest (40 % du temps ; VERNIER, 1972 *in* BOURRILLON, 2004 ; SOGREAH, 1995). Les houles de tempête les plus fortes sont issues du secteur sud-est à sud-sud-est (26 % du temps) et sud à sud-sud-ouest (14,7 % du temps ; VERNIER, 1972 *in* BOURRILLON, 2004 ; SOGREAH, 1995). Les périodes de retour des houles relevées à cap Couronne de 1, 10 et 100 ans sont caractérisées par des hauteurs maximales de 6,2, 8 et 10,6 m respectivement (EDF-LNH-Sogreah, 1984 ; STNMTE, 1993 *in* BOURRILLON, 2004). Les houles de tempête les plus fortes peuvent atteindre des hauteurs maximales de 4 m (SOGREAH, 1994 ; BLANC, 1982). Les houles dont la hauteur maximale est comprise entre 2,5 et 3 m sont de sud-est à sud-sud-est (BLANC, 1982).

Les informations relatives aux principaux événements de types raz-de-marée et tempête du XX^{ème} siècle à nos jours (conditions de vent, houles, niveau d'eau et dégâts visuels constatés) sont recensées dans le Tableau 4-1.

Trois phénomènes ont fait l'objet de déclaration de catastrophes naturelles depuis 1982 (loi n°82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles) :

- ♦ la tempête de 1982 (« phénomène lié à l'atmosphère – tempêtes et grains » - arrêté du 18/11/1982), concernant les communes d'Arles, de Fos-sur-Mer, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et des Saintes-Maries-de-la-Mer. La période de retour de cet événement est qualifiée de cinquantennale ;
- ♦ le raz-de-marée du 5-6 août 1985 (« inondation par submersion marine - raz de marée, tsunami » - arrêté du 24/04/1986), concernant les communes d'Arles, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et des Saintes-Maries-de-la-Mer. Ce raz de marée a été vraisemblablement provoqué par un glissement gravitaire de sédiments d'origine rhodanienne le long de la pente du talus continental (MOUCHENE, 2006) ;
- ♦ la tempête du 16-19 décembre 1997 (« inondation par submersion marine – marée de tempête » - arrêté du 09/04/1998), concernant les communes d'Arles, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et des Saintes-Maries-de-la-Mer. La période de retour est estimée à 10 ans. Les phénomènes de submersion marine et de surcote observés sur le littoral de la Camargue lors de la tempête de 1997 sont plus importants qu'en novembre 1982 (EID, 2006).

D'après l'étude réalisée par le CETE (2007), le niveau maximal observé lors de ces trois événements est compris entre 1,25 et 1,45 m NGF au niveau de la Fourcade Sud (sud de l'étang du Vaccarès).

Tableau 4-1 : Caractéristiques des principales tempêtes recensées sur le littoral de la Camargue (Source : HANOT, 2005 ; MOUCHENE, 2006)

Date	Contexte météo-marin			Constats des dégâts
	Vent	Houle	Niveau d'eau	
28 janvier 1978	Régime d'est	H au large : 3 à 5 m ; H au rivage : 2,5 m ; Période : 9 à 10 s.	Hauteur d'eau : 1,6-1,8 m ;	Inondation des basses plages sur plusieurs centaines de mètres ; Etangs envahis en absence d'ouvrages ; Submersion du they de la Gracieuse ; Inondation à Fos-sur-Mer ; Débordement au niveau des digues à Faraman et Fos-sur-Mer ; Erosion : Piémanson, Paulet, Sainte-Anne et est du grau de la Dent.
Novembre 1982 (*)	Rafales de vents pouvant atteindre 175 km/h	/	Hauteur 1,32 m	Nombreuses brèches sur les digues littorales et intérieures ; Submersion des routes de la plage de Napoléon et de Fos-sur-Mer ; Montée des eaux à Port-Saint-Louis-du-Rhône et aux Saintes-Maries-de-la-Mer ; Destruction d'une grande partie des dunes dans le secteur de la flèche de la Gracieuse.
5-6 août 1985 (*)	Vents modérés de nord-ouest et ouest avec deux rafales de nord-ouest de 90 km/h	Deux vagues d'une hauteur de 2 m à 2,5 m		Inondation de la côte de Port-Saint-Louis-du-Rhône jusqu'aux Saintes-Maries-de-la-Mer ; Zones les plus fortement touchées : plages de Beauduc et frange littorale des salins de Giraud ; Destruction partielle de la « digue aux touristes » à Arles.
16 au 21 janvier 1995	Vents de sud-sud-est à sud-est avec des vitesses entre 13 et 17 m/s	Direction : sud-ouest ; H_{max} : 5,1 m, H_s : 3 m et période : 6-7 s.	Niveau marin maximal : 1,08 m.	Dégâts à l'est de l'embouchure du delta du Grand Rhône : recul du trait de côte, érosion de l'estran et du bourrelet de plage, accumulation sur la plage aérienne, érosion du flanc externe du cordon dunaire.
9 au 15 novembre	Vents de mer (est-sud-est à sud-est), de	Houle supérieure à 3 m (La Balancelle).	Surcote de 30 cm.	Recul du trait de côte de part et d'autre de l'embouchure du Grand Rhône (supérieur à 10 m) et sur la plage de Piémanson (de 12 à 14 m) et pour la

1995	8 à 20 m/s.			flèche de la Gracieuse (de 2 m).
5 au 18 mars 1996	Tempête d'est suivie d'un épisode de Mistral avec des vents pouvant atteindre 20 m/s.		Surcote de 41 cm	Bilan négatif enregistré sur la partie ouest de la plage de Piémanson avec compensation atténuée par le blocage des apports par le Mistral derrière la digue et absence de stock potentiel en amont du cordon dunaire ; Progression du littoral et engraissement de l'estran et de la plage sous-marine pour la plage de Napoléon et la flèche de la Gracieuse.
9 au 16 octobre 1996	Vent de 24 m/s	$H_{\max}$: 3,3 m.	Surcote de 46 cm ; Niveau marin : 109-122 cm.	Recul du trait de côte et érosion du bourrelet de plage pour la plage de Napoléon et la flèche de la Gracieuse. Importante accumulation sableuse de la plage sous-marine et avancée du trait de côte pour l'est de la plage de Piémanson ; Important risque de brèche à très court terme au niveau du secteur de Beauduc.
2 au 19 novembre 1997	Vents de mer peu constants en direction (de 10 à 26 m/s).	$H_{\max}$ supérieure à 2 m ; Périodes : 8-9 s.	Niveau marin supérieur à 100 cm, avec un pic à 158 cm.	Recul du trait de côte sur l'ensemble du secteur dont l'amplitude varie de 6 à 45 m.
16 au 19 décembre 1997 (*)	Vents de mer (est à est-sud-est) de vitesse 10-16 m/s sur 4 jours.	H_s : 6,1 m ; Période : 10 s ; Période de retour proche : 50-100 ans.	Niveau marin : 0,80-1 m, voire 1,2 m NGF sur les côtes. Surcote maximale sur les plages orientales du delta : 61 cm. Période de retour 5-10 ans	Habitats inondés ; Dégradation de l'extrémité orientale du cordon dunaire aménagé de la flèche de la Gracieuse ; Destruction d'une grande partie des défenses frontales et transversales (au niveau du puits de la Fourcade, du grau de Vérau et du poste de secours de la plage de Piémanson) ; Destabilisation des aménagements des Saintes-Maries-de-la-Mer et de ceux situés à l'est de la flèche de Beauduc (au niveau du grau de Vérau)
31 octobre 2003	Vents de secteur sud-sud-ouest de force 8 avec des rafales de force 11.	H_s : 4,5 m ; $H_{\max}$ supérieure à 5,5 m ; Période de retour supérieure à 10 ans.	Niveau maximum de +1,9 m NGF.	Nombreux dégâts sur les ouvrages de protection (et notamment la digue ouest du port des Saintes-Maries-de-la-Mer).

(*) : Phénomène ayant fait l'objet de déclaration de catastrophe naturelle ; H : Hauteur ; $H_{\max}$: Hauteur maximale des houles ; H_s : Hauteur significative des houles

4.1.2.5 Niveau marin

Généralités

La hauteur d'eau, ou niveau marin instantané, correspond à l'élévation à un instant donné de la surface de la mer. Elle est le résultat de la combinaison de trois facteurs :

- ♦ la marée astronomique, liée aux variations périodiques de l'attraction des astres ;
- ♦ les variations de pression atmosphérique ;
- ♦ l'effet des vents persistants.

La différence entre la hauteur d'eau observée et le niveau de marée astronomique est appelée surcote ou décote, suivant qu'elle est positive ou négative. Elle est liée aux effets de la pression atmosphérique et des vents soufflant sur le plan d'eau.

L'amplitude moyenne de la **marée astronomique**, observée au marégraphe de Marseille, est de l'ordre de 0,24 m avec en périodes de mortes-eaux, des amplitudes variant de 0,1 à 0,2 m et en périodes de vives-eaux, des amplitudes comprises entre 0,4 et 0,5 m. L'amplitude de la marée astronomique est par conséquent peu importante dans la zone d'étude. Son effet sur le domaine littoral est donc de ce fait faible.

En Camargue, l'amplitude de la marée atteint 0,4 m en vive-eau (SOGREAH, 1995), les niveaux de marée sont alors compris entre +0,2 et +0,6 m CM (cote marine). Le zéro hydrographique (zéro des cartes marines) est situé 0,343 m sous le zéro NGF.

L'élévation du niveau de la mer liée aux variations de **pression atmosphérique** et à l'effet des **vents persistants** (marée barométrique) est plus marquée que celle engendrée par la marée astronomique. Les basses pressions atmosphériques (ou hautes pressions atmosphériques) génèrent une surcote (ou une décote) marine. De manière générale, le niveau d'eau augmente à la côte par vent de mer (vent de secteur sud-est) et diminue par vent de terre (vent de secteurs nord-ouest à nord-nord-ouest).

Sur la période 1960-1980, les niveaux extrêmes relevés à Marseille sont de -0,42 m NGF pour les plus basses eaux et de +1 m NGF pour les plus hautes eaux (BLANC, 1990). A Marseille, la variation maximale peut atteindre 1,50 m NGF (SOGREAH, 1984).

En Camargue, le niveau marin enregistre des variations importantes, négatives jusqu'à -0,4 à -0,5 m NGF (décotes liées aux vents de nord-ouest à nord-nord-ouest et aux hautes pressions barométriques qui leur sont généralement associées) ou supérieures à +1 m NGF (surcotes liées aux vents de mer, de secteurs est-sud-est à est, en particulier les tempêtes de sud-est qui associent des vents de mer très violents et des basses pressions ; SABATIER, 2001). Sur des secteurs tels que le littoral du delta du Rhône, caractérisé par des pentes moyennes très faibles, ces variations du

niveau de la mer provoquent des oscillations importantes du trait de côte qui connaît alors des différences de parfois plusieurs dizaines de mètres (BOURILLON, 2004).

Elévation du niveau relatif de la mer

Depuis 1905, le **marégraphe du grau de la Dent** (à 15 km à l'ouest de l'embouchure du Grand Rhône) met en évidence une élévation du niveau relatif de la mer de 190 mm (Figure 4-10), soit **2,1 mm par an en moyenne**. **L'élévation du niveau marin est deux fois plus faible au marégraphe de Marseille** (1,2 mm par an en moyenne). La différence est due à des mouvements négatifs du sol, sans doute liés à la charge sédimentaire sur la marge du delta, et au tassement des sédiments du delta (SUANEZ, 1997 ; PROVANSAL et SABATIER, 2000, ULLMANN, 2007). La prospective d'une élévation de 0,5 m du niveau global des océans d'ici à 2050 doit donc être augmentée de 0,05 m pour le delta du Rhône (PROVANSAL et SABATIER, 2000).

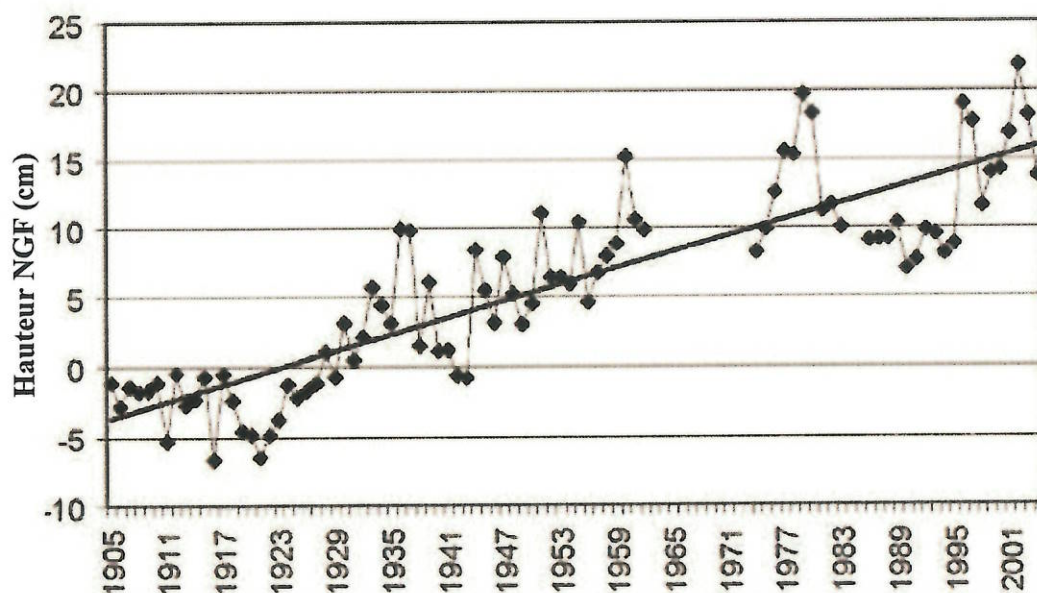


Figure 4-10 : Elévation du niveau marin relatif dans le delta du Rhône de 1905 à 2005 (marégraphe du grau de la Dent) (Source : ULLMANN, 2007)

Niveaux d'eau et surcotes extrêmes et périodes de retour associées

Les fluctuations du niveau marin (élévation ou abaissement) peuvent générer des impacts morphologiques non négligeables (Bruzzi, 1998) :

- ♦ en conditionnant le niveau topographique d'attaque des vagues. Ce phénomène est important dans le cas de plages étroites comportant ou non un cordon dunaire ;
- ♦ en provoquant la submersion des plages basses et/ou larges et le transport sédimentaire dans la zone submergée.

Le phénomène de surcote est un facteur aggravant de la vulnérabilité des côtes sableuses basses, surtout pendant les périodes de tempêtes.

La surcote correspond à la différence positive entre la hauteur d'eau réellement observée en un point donné et le niveau de marée astronomique au même instant.

Les niveaux d'eau les plus importants enregistrés par les appareils de mesure en mer dans la zone d'étude sont :

- ♦ Fourcade Sud : +1,36 m NGF en 1982, +1,45 m NGF en 1997 (CETE, 2007) ;
- ♦ Pertuis de la Fourcade : +1,3 m NGF lors de la tempête de 1982, +1,18 m NGF en 1994, et 4 niveaux supérieurs à +1,0 m NGF entre 1987 et 1994 (période 1982-1994 ; SOGREAH, 1995 ; BRGM, 2004) ;
- ♦ Grau de la Dent : +1,22 m NGF en 1996, +1,58 m NGF en novembre 1997, et +1,48 m NGF en décembre 1997 (période 1904-1997 ; BRUZZI, 1998) ;
- ♦ Marseille : +1,35 m NGF en 1978 (période 1885-2003 ; GAUFRES, 2005). Les données du marégraphe ne sont pas à l'heure actuelle validée (décalage de 1 à 2 heures par rapport à la marée astronomique).

BRUZZI (1998) considère que les phénomènes de tempête sont systématiquement associés à des surcotes réelles supérieures à 30 cm sur le littoral du delta du Rhône. Elle fixe à 0,4 m°NGF la cote morphologiquement efficace, c'est-à-dire la cote à partir de laquelle l'ensemble des plages orientales du delta du Rhône se retrouve submergé jusqu'au pied de dune. Cette valeur moyenne de seuillage est obtenue pour un vent marin soufflant à 10 m/s, et une hauteur significative des houles de 1 m. Les surcotes sont les plus importantes en automne et au cœur de l'hiver (octobre à février) ; elles s'intègrent dans un contexte climatique « favorable » (perturbations d'est ; BRUZZI, 1998).

Au grau de la Dent (sur la période 1904-1997, avec un hiatus de 12 ans entre 1962 et 1974), les valeurs maximales de surcote réelle sont généralement comprises entre 0,4 et 0,6 m en période de tempête, avec des valeurs maximales de 0,83 m lors de la tempête de novembre 1982, 0,95 m en 1996 et 0,61 m lors de la tempête de décembre 1997 (BRUZZI, 1998 *in* BRGM, 2004).

Le Tableau 4-2 met en évidence les valeurs de niveaux d'eau en fonction de leurs périodes de retours associées déterminées à partir des lois de probabilités usuelles. Il faut toutefois préciser que les valeurs de niveaux d'eau pour des périodes de retour supérieures à 50 ans doivent être considérées avec prudence en raison de la durée de la série statistique de niveau d'eau exploitée : il est généralement admis qu'au-delà d'une durée trois fois supérieure à la longueur de la série statistique, les résultats sont peu significatifs, voire sous-estimés (SUANEZ, 1997).

Tableau 4-2 : Niveaux d'eau et périodes de retour associées (sources : JIMÉNEZ et *al.*, 1997 in HANOT, 2005 ; SOGREAH, 1995; SUANEZ, 1997 ; PROVANSAL et SABATIER, 2000 ; BCEOM, 2001 in HANOT, 2005)

Source	Zone concernée	Période de retour	Niveau d'eau
JIMÉNEZ et <i>al.</i> , 1997	Delta de l'Ebre (Espagne)	4-5 ans	0,8 m NGF
SOGREAH, 1995	Grau de la Dent, Camargue (1985-1993)	2 ans 5 ans 10 ans 20 ans	0,82 m NGF 0,94 m NGF 1,02 m NGF 1,06 m NGF
SUANEZ, 1997	Grau de la Dent, Camargue (1974-1995)	2 ans 5 ans 10 ans 20 ans 50 ans	0,83 m NGF 0,97 m NGF 1,06 m NGF 1,12 m NGF 1,28 m NGF
PROVANSAL et SABATIER, 2000	Camargue	1 an 10 ans 50 ans 100 ans	0,8 m NGF 1,02 m NGF 1,18 m NGF 1,30 m NGF
BCEOM, 2001	Camargue	2 ans 5 ans 10 ans	0,86 m NGF 1,03 m NGF 1,16 m NGF

Pour le marégraphe de Marseille, les surcotes obtenues en fonction des périodes de retour à partir de différentes lois statistiques sont présentées dans le Tableau 4-3. D'après le CETE (2007), les données provenant du marégraphe de Marseille n'ont pas encore été validées par les experts scientifiques.

Tableau 4-3 : Surcotes et périodes de retour associées au marégraphe de Marseille (source : GAUFRES, 2005 ; cote marine par rapport au zéro hydrographique)

Période de retour	Surcote
2 ans	0,55-0,59 m
5 ans	0,72-0,75 m
10 ans	0,82-0,86 m
50 ans	1,01-1,02 m
100 ans	1,07-1,10 m

Pour le marégraphe de Marseille, les courbes Intensité Durée Fréquence (indicateur régulièrement utilisé en hydrologie continentale) mettent en évidence les surcotes observées en fonction de leur période de retour et de la durée de l'événement (Figure 4-11 ; GAUFRES et SABATIER, 2005). Sur l'ensemble de la période étudiée (1885-

2003), la surcote maximale observée à Marseille est de 1,09 m CM (ou 0,79 m NGF) pour un niveau marin observé de 1,65 m (ou 1,35 m NGF).

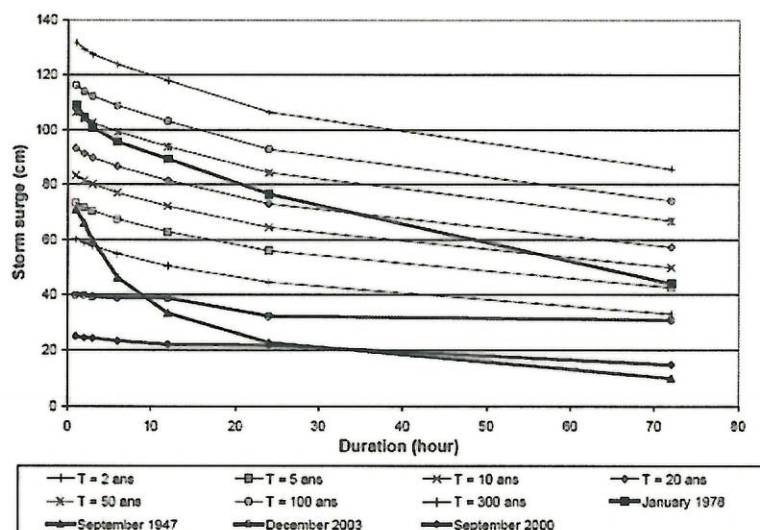


Figure 4-11 : Courbes Intensité Durée Fréquence des surcotes enregistrées au marégraphe de Marseille (hauteur exprimée en cote marine par rapport au zéro hydrographique) (Source : GAUFRES et SABATIER, 2005)

L'augmentation du niveau de la mer pourrait conduire progressivement à rendre plus fréquents les hauteurs d'eau maximales (SUANEZ, 1997).

La connaissance des niveaux d'eau extrêmes relevés lors des épisodes de tempête sur le littoral des Bouches-du-Rhône permettra d'évaluer en Phase 2 les aléas liés au phénomène de submersion marine. La définition de **submersion marine** est la suivante (Préfecture des Bouches-du-Rhône) : « Les submersions marines 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. Ce phénomène est lié à une conjonction de différents facteurs : élévation du niveau de la mer due à la tempête (surcote) associée à une faible pression atmosphérique avec vent fort à la côte, forte houle ou raz de marée. Les submersions sont dues :

- ♦ à la rupture ou à la destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive (c'est le cas notamment en Camargue jusqu'à la pointe de la Gracieuse) ;
- ♦ au débordement ou à la rupture de digues ou d'ouvrages de protection, ou encore à leur franchissement par des paquets de mer ;
- ♦ à des vagues de fortes amplitudes provoquées par des glissements sous-marins (en particulier sur la façade méditerranéenne). »

Ce phénomène de submersion marine a été particulièrement étudié sur le littoral de la Camargue (BRGM, 2004 ; MOUCHENE, 2006).

4.1.3 Géomorphologie et processus sédimentaires

Exception faite des secteurs artificialisés, deux types de côte sont présents sur le littoral des Bouches-du-Rhône : les côtes rocheuses et les côtes meubles.

4.1.3.1 Côtes rocheuses

Les caractéristiques physiques des côtes rocheuses de la zone d'étude (nature géologique, dimensions) ainsi que les types d'effondrement déjà constatés, seront définis à partir des données bibliographiques. Cette analyse bibliographique se basera notamment sur des études locales mais également sur l'étude des falaises côtières à l'échelle de la région PACA (BRGM, 2005).

Cette dernière considère toutes les **falaises d'au moins 5 m de hauteur** ; celles dont la hauteur est inférieure à 5 m ne sont pas étudiées dans l'étude à l'échelle de la région. Les zones de falaise, cartographiées dans le cadre de la présente étude, correspondent principalement aux falaises recensées dans le cadre de l'étude du BRGM et le cas échéant aux falaises étudiées dans le cadre d'études locales.

Le terme falaise employé dans l'étude régionale des falaises qualifie à la fois les littoraux rocheux ainsi que les pentes littorales constituées de matériaux plus meubles, qui peuvent être affectées par des phénomènes de type glissements de terrain ou ravinements. Les résultats de cette étude en termes d'aléas, d'enjeux et de risques seront présentés dans la Phase 2.

Les principaux processus d'érosion des falaises peuvent principalement être liés à (SOGREAH, 1984) :

- ♦ l'action directe des vagues sur les parois rocheuses par la pression qu'elles exercent dessus ;
- ♦ l'action indirecte des vagues lorsqu'elles projettent des galets, gravillons et autres enrochements de diverses tailles contre le bas des parois ;
- ♦ les eaux de ruissellement et d'infiltration.

Une typologie des instabilités des falaises a été proposée dans l'étude des falaises côtières dans la région PACA (Figure 4-12, BRGM, 2005) :

- ♦ les éboulements et chutes de blocs, se produisant par « basculement, rupture de pied, glissement banc sur banc à partir des falaises, escarpements rocheux, formations meubles à blocs (moraines par exemple), ou de blocs provisoirement immobilisés sur une pente » ;

- ♦ les glissements banc sur banc des strates rocheuses (calcaires, grès, schistes surtout...) pour des plans inclinés (plan de stratification ou un plan de clivage). Ce type de mouvement s'accompagne souvent de chute de masses rocheuses devenues instables en raison d'un pendage stratigraphique conforme à la pente topographique ;
- ♦ les glissements de terrain, ou « déplacement plus ou moins rapide sur une pente et le long d'une surface de rupture (surface de cisaillement, surface de moindre résistance), d'une masse de matériaux meubles ou rocheux, de volume et d'épaisseur variable » ;
- ♦ le ravinement, lié à l'érosion des sols par les eaux de ruissellement.

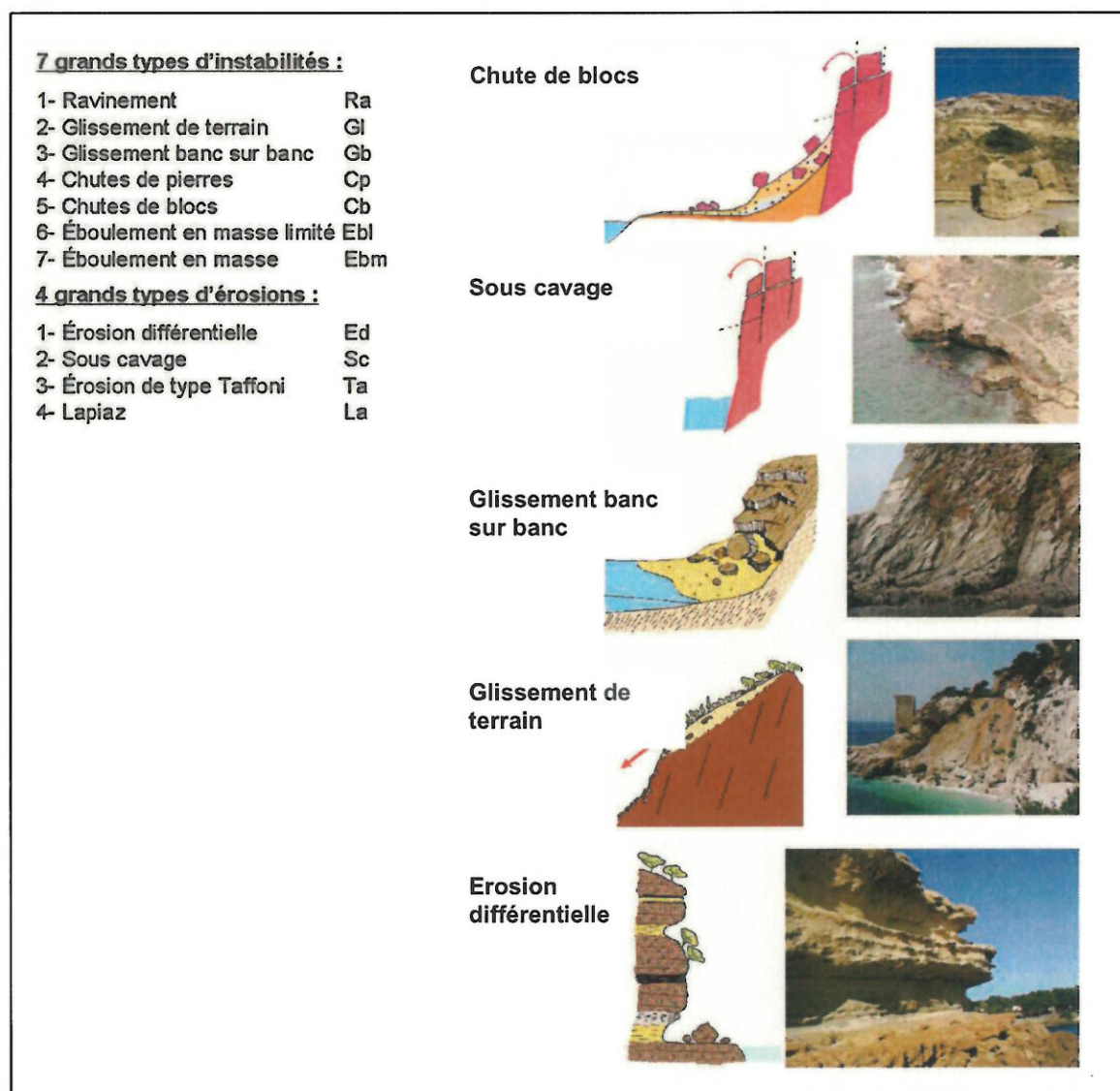


Figure 4-12 : Typologie des instabilités et des érosions dans le contexte des falaises côtières en région PACA (Source : BRGM, 2005)

4.1.3.2 Côtes meubles

Les principales caractéristiques du contexte sédimentaire propre à chaque secteur homogène seront présentées selon 3 grands thèmes :

- ◆ l'approvisionnement en sédiments ;
- ◆ la dynamique sédimentaire littorale au sens des mouvements des sédiments (l'évolution du trait de côte résultant de ces mouvements sera abordée plus précisément en Phase 2) ;
- ◆ les caractéristiques actuelles du littoral résultant des deux précédents points.

Les principaux vecteurs de déplacement naturel des sédiments le long du littoral sont (SOGREAH, 1984) :

- ◆ les houles ou les mers du vent (clapots), pour les remises en suspension des sédiments fins sur les estrans mais également pour les transports par charriage des sables le long des littoraux et sur les plages ou vers le large. Ces phénomènes sont détaillés dans le paragraphe 4.1.2.4 ;
- ◆ les courants (principalement les courants induits par le vent, en Méditerranée), pour les transports des sédiments fins remis en suspension sous l'action de la houle ;
- ◆ les vents, pour les transports éoliens des sables littoraux. Ces mouvements représentent toutefois une très faible part dans les déplacements sédimentaires ;
- ◆ les événements exceptionnels (tempêtes et phénomène de submersion). Ces phénomènes sont détaillés dans les paragraphes 4.1.2.4 et 4.1.2.5.

Le transport des matériaux dépend de la nature et de la granulométrie des sédiments.

Les facteurs d'érosion du littoral sont de deux types : les facteurs physiques, qui constituent l'élément primordial des phénomènes d'érosion, et les facteurs humains, qui peuvent aggraver les phénomènes d'érosion naturels de manière indirecte (SOGREAH, 1984). Les phénomènes d'érosion des plages peuvent avoir plusieurs origines, dont notamment (SOGREAH, 1984 ; RAMOGE, 2002) :

- ◆ l'action des houles et mers du vent qui remettent en suspension le matériau des plages ;
- ◆ l'action des courants, engendrés par la houle ou les régimes de vent, qui sont susceptibles d'entraîner les particules fines remises en suspension par la houle ;
- ◆ la réduction des apports solides des cours d'eau débouchant en mer (construction de barrages, travaux de calibrage le long de leurs cours, extraction de matériaux des lits des rivières...) ;
- ◆ l'urbanisation du littoral (habitations, promenades en bord de mer, voies de communication...) ou la construction d'ouvrages de défense frontale en haut

de plage (murs de protection), provoquant une augmentation de la hauteur des vagues par phénomène de réflexion et constituant un obstacle brutal au déferlement des vagues. L'énergie des vagues n'étant plus dissipée le long des plages, les phénomènes d'érosion peuvent être accentués ;

- ◆ la construction d'ouvrages portuaires ou d'aménagements s'avancant vers le large, susceptible d'induire un barrage au transport des sédiments le long de la côte, entraînant de graves déficits sédimentaires sur les plages situées en aval des ouvrages par rapport au sens de la dérive littorale ;
- ◆ la dégradation des herbiers de phanérogames marines (Posidonies, Cymodocées et Zostères), lesquels peuvent constituer un frein à l'érosion de la côte, par leurs fonctions stabilisatrice des fonds et dissipatrice de l'énergie de la houle. Ce phénomène est dû à la pollution, à la turbidité de l'eau, à la pêche au chalut, aux mouillages sauvages et aux rechargements de plage (risque de turbidité par remise en suspension des sables de granulométrie sous-dimensionnée pour le site de rechargement).
- ◆ la sur-fréquentation des zones de plage, entraînant une détérioration des massifs dunaires.

4.2 Le delta du Rhône : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône (zone homogène n°15, cellules hydrosédimentaires 15 à 17) et extrémité orientale du delta (zone homogène n°16 - de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne, cellule hydrosédimentaire 18)

Le secteur littoral présenté ici est celui du delta du Rhône (Carte 3). Son fonctionnement, complexe, est étudié depuis plusieurs décennies dans le cadre de projets techniques d'aménagements ou d'activités de recherche. De nombreuses études concernent notamment :

- ◆ l'évolution du trait de côte sur le littoral du delta du Rhône dans sa globalité ou sur des zones de plages particulières ;
- ◆ l'impact d'aménagements sur les phénomènes d'érosion et de dérive littorale ;
- ◆ l'effet de la submersion marine à l'échelle de la zone homogène ou du littoral d'une commune.

Pour l'étude du contexte sédimentaire, la cellule hydrosédimentaire 18 (partie orientale de la zone homogène 16) concernant le they de la Gracieuse, est rattachée à la zone homogène 15, afin de prendre en compte le fonctionnement du delta du Rhône dans sa globalité.

Aucune côte rocheuse n'est présente dans cette zone.

Le Rhône draine un bassin versant d'environ 97 800 km², sa plaine deltaïque couvre une superficie de 1 742 km² (MAILLET et *al.*, 2006a). Le delta présente une forme générale s'articulant autour de deux bras : le Grand Rhône à l'est et le Petit Rhône à l'ouest. Sa frange littorale prend la forme de côtes sableuses s'étirant sur environ 90 km depuis la racine de la flèche de la Gracieuse à l'est jusqu'au complexe touristique du Grau-du-Roi à l'ouest. L'allure générale du littoral actuel est atteinte au début du XVIII^e siècle avec une morphologie particulière comportant des lobes³ (Bras de Fer, Pégoulie) s'avancant en mer face aux anciennes embouchures (SABATIER et SUANEZ, 2003).

³ Le lobe (deltaïque) est une forme édifiée par les dépôts fluviaux à l'embouchure d'un delta. Cette partie du delta s'avance en mer au delà de l'enveloppe globale de l'aire deltaïque.

4.2.1 Bathymétrie

La bathymétrie du delta du Rhône est fortement marquée par la présence :

- ♦ des prodeltas anciens et actuels : les isobathes se retrouvent déplacées vers le large au droit des débouchés. Les prodeltas de part et d'autre de l'embouchure du Grand Rhône (prodeltas fossiles de Bras de Fer à l'ouest et de Pégoulie à l'est ; Carte 3) engendrent une déformation des isobathes vers le sud nettement visible jusqu'à des profondeurs de 20 m (SUANEZ, 1997) ;
- ♦ de barres dans des fonds de -1,5 m à environ 150-200 m de la côte, voire également dans des fonds de -3 m, notamment au droit du littoral de la commune d'Arles (SOGREAH, 1995 ; SUANEZ, 1997).

Le littoral est caractérisé par une pente des petits fonds, jusqu'à 4 m de profondeur, relativement faible, comprise entre 1,2 et 2 %, avec notamment (SOGREAH, 1995) :

- ♦ les pentes les plus faibles (1,1-1,4 %) sur la zone comprise entre la flèche de Beauduc et le pont de Rousty (golfe de Beauduc) ;
- ♦ les pentes les plus fortes (1,5-2 %) sur le secteur des Saintes-Maries-de-la-Mer ;
- ♦ une pente comprise entre 1,3 et 1,5 % sur le reste de la zone d'étude.

Le secteur d'étude se caractérise par une pente de 0,5 % environ pour le secteur de l'embouchure actuelle (prodelta de Roustan), comprise entre 1 et 1,5 % pour le secteur du littoral de Faraman et la flèche de Beauduc et de 5 % à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse.

Des relevés topographiques et bathymétriques ont été réalisés au niveau de l'avant-côte et des côtes de Camargue (Figure 4-13 & Figure 4-14) :

- ♦ 104 profils topo-bathymétriques effectués en 1993 et 1994 (SOGREAH, 1995 in BRGM, 2002) sur l'ensemble du littoral de Camargue, du Rhône Vif au Grand Rhône. Ils s'étendent de l'arrière-dune à -8m de fond pour la plupart, en suivant un axe perpendiculaire au trait de côte ;
- ♦ des relevés saisonniers et événementiels (avant et après tempête) effectués depuis 1999 sur 4 sites de Petite Camargue et de Camargue centrale (CEREGE in BRGM, 2002). Les profils s'étendent de l'arrière-dune à -2 m ou -7 m suivant la période étudiée ;
- ♦ des profils bathymétriques effectués en 2004-2005 le long du littoral de la pointe de l'Espiguette à l'Ouest à l'embouchure du Rhône à l'Est (PNRC). Ces 74 profils s'étendent de l'arrière-dune à près de -10 m.

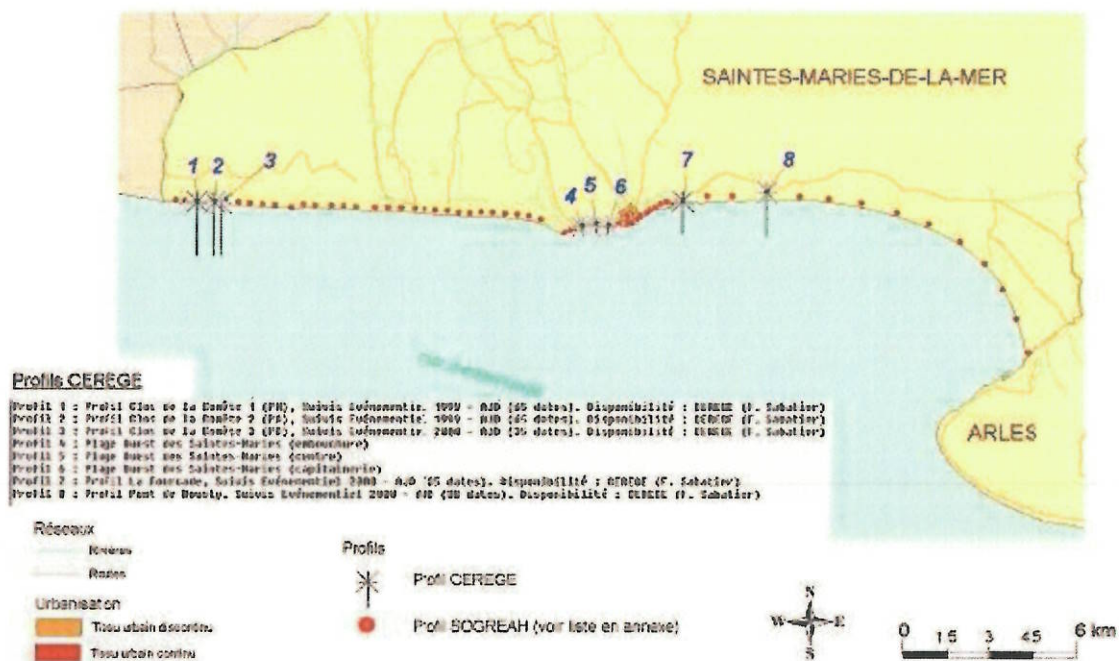


Figure 4-13 : Profils topo-bathymétriques sur le littoral du delta du Rhône (Source : CEREGE, SOGREAH in BRGM, 2002)



Figure 4-14 : Profils topo-bathymétriques sur le littoral du delta du Rhône en 2004 et 2005
(Source : PNRG)

4.2.2 Contexte hydrodynamique

Au large du delta du Rhône, les **vents de mer** induisent une circulation des masses d'eau vers les secteurs nord-nord-ouest à ouest-nord-ouest. Les **vents de terre** génèrent, à l'inverse, des courants de directions est-nord-est à sud-sud-est (SUANEZ, 1997).

Dans le delta du Rhône, les vents de mer induisent une forte houle et provoquent un afflux des masses d'eau superficielles à la côte. Cet afflux d'eau de surface provoque une surélévation **du niveau de la surface** à la côte pouvant atteindre 0,8 m (ROUX *et al.*, 1985). L'afflux en surface induit, par continuité du mouvement, une plongée des eaux à la côte et un courant de retour en profondeur. A l'inverse, les vents de terre induisent des vagues courtes et un déplacement vers le large des masses d'eau superficielles avec une baisse du plan d'eau pouvant atteindre 0,5 m (ROUX *et al.*, 1985). Cette décote génère, par continuité, des remontées d'eaux profondes plus froides à la côte.

Les régimes de **houles** caractéristiques du delta du Rhône sont les houles de secteurs sud-ouest, sud-sud-est et sud-est. Bien que leur fréquence soit près de deux fois plus faible que celle des houles de sud-ouest, les houles de sud-sud-est et sud-est sont plus agressives pour les plages de la Camargue. Les houles de secteur sud-ouest subissent deux réfractions majeures au niveau des Pointes de l'Espiguette et de Beauduc (CREOCEAN et BIOTOPE, 2001).

Le littoral à l'ouest de l'embouchure du Rhône jusqu'à la pointe de Beauduc, à l'exception de la plage de Piémanson, est soumis à de nombreux **courants sagittaux**⁴ importants (SUANEZ, 1997).

4.2.3 Sources sédimentaires

L'alimentation de cette zone littorale en sédiments est essentiellement assurée par les sédiments rhodaniens hérités et actuels.

4.2.3.1 Les apports hérités d'un fonctionnement passé

Il s'agit de sédiments issus de l'érosion des lobes deltaïques fossiles immergés situés face aux anciennes embouchures du Rhône. Ils contribuent à l'alimentation de plusieurs secteurs du littoral (Carte 3) :

- ◆ à l'ouest, les lobes prodeltaïques de Saint-Ferréol et du Petit Rhône alimentent la flèche de l'Espiguette ;

⁴ Courants sagittaux : courants perpendiculaires à la côte induits par la rencontre de deux dérivées littorales opposées ou générés par la houle.

- ♦ au centre, le lobe prodeltaïque du Bras de Fer alimente le secteur de Beauduc ;
- ♦ à l'est, le lobe prodeltaïque du Pégoulie alimente la flèche de la Gracieuse.

Les lobes prodeltaïques fossiles suivent la même tendance : lorsque les apports fluviaux cessent à leur embouchure, ils deviennent alors sujets à l'érosion. A titre indicatif, l'érosion du lobe fossile du Pégoulie représente un volume d'environ $0,54.10^6 \text{ m}^3$ de sédiment par an (SABATIER et *al.*, in MAILLET, 2005).

4.2.3.2 Les apports solides actuels

Les apports sédimentaires du Rhône ont évolué dans le temps sous l'effet de facteurs climatiques (plus ou moins forte agressivité du climat, niveau de la mer...) et anthropiques (mutations de l'occupation du sol, aménagements hydrauliques...). Compte tenu de la faible capacité d'évacuation du Petit Rhône, c'est le Grand Rhône qui véhicule de nos jours l'essentiel des apports solides (SABATIER et SUANEZ, 2003 ; SABATIER, 2001).

La charge solide rhodanienne totale est passée en moyenne de 22-30 10^6 t/an au début du XX^e siècle à 7,39-9,6 10^6 t/an à la fin du même siècle. À la fin du XX^e siècle, la charge en suspension est estimée entre 6 et 8 10^6 t/an en moyenne et la charge solide de fond à seulement 25 000 à 50 000 m^3/an (IRS 2000 in MAILLET et *al.*, 2006b). D'autres études, basées sur des mesures expérimentales de flux solides, évaluent le volume annuel à 8 10^6 t (ANTONELLI, 2002 in MAILLET, 2005). Le transit des apports solides s'effectue essentiellement pendant les crues. Ainsi, les crues de plus de 3 000 m^3/s véhiculent 80 % du transport solide. Toutefois, en crue, la charge de fond (la plus grossière) représente une faible proportion (15 %) de la charge solide totale.

D'après NOEL (1996, in CREOCEAN et BIOTOPE, 2001), le dépôt des apports particuliers du Rhône se répartit globalement ainsi :

- ♦ 50 % sur le domaine prodeltaïque ;
- ♦ 30 % sur le plateau continental ;
- ♦ 10 % sur la pente continentale ;
- ♦ 8 % exportés vers le domaine abyssal.

4.2.3.3 Autres apports

Les autres apports de matériaux meubles sont les suivants :

- ♦ le cordon dunaire constituant un stock de sable mobilisable (transport éolien et en période de tempête) ;

- ♦ le matériel d'origine biosédimentaire (fragments coquilliers). Ce dernier peut représenter localement 20 à 30 % des volumes sédimentaires littoraux actuels (MAILLET, 2001 in MAILLET et *al.*, 2006).

4.2.3.4 Bilan des sources sédimentaires

L'évolution du littoral du delta du Rhône apparaît déconnectée des apports fluviaux contemporains (MAILLET et *al.*, 2006). En effet, seule l'embouchure active du Grand Rhône bénéficie d'apports fluviaux directs. Les importants apports dans ce secteur sont à l'origine de la formation du prodelta de Roustan dont la morphologie en lobe prograde en direction de la mer (SABATIER et *al.*, 2003). Le reste du littoral est essentiellement alimenté par des stocks sédimentaires secondaires issus de la biosédimentogenèse (matériaux formés à partir de débris coquilliers) et du démantèlement des lobes prodeltaïques fossiles.

4.2.4 Dynamique sédimentaire

4.2.4.1 Particularités du delta du Rhône

Plusieurs éléments influencent la direction et l'intensité des transports de sédiments au niveau du delta du Rhône, parmi eux :

- ♦ la puissance du **courant généré par le Rhône** face à son embouchure « dissipe suffisamment celle des houles pour que la redistribution sédimentaire, via la dérive littorale, soit minimisée et limitée » aux zones les plus proches (MAILLET et *al.*, 2006). Ceci se traduit par une symétrie du lobe actuel témoignant de la prépondérance des débits liquides du Grand Rhône sur la dérive littorale ;
- ♦ la présence de **lobes progradants fossiles et actuels** immergés à faible profondeur favorise la réfraction des houles (SAMAT, 2007) ;
- ♦ la position du delta au débouché du couloir rhodanien donne au **vent** un rôle significatif dans le bilan sédimentaire avec par exemple le déplacement des sables de la dune vers la plage par vent de terre (SABATIER, 2001).

De manière plus générale, le vent se révèle être un forçage contribuant à l'érosion des plages perpendiculairement à celui-ci et transportant environ $8,5 \text{ m}^3 / \text{m/an}$. Toutefois, les volumes qu'il déplace sont nettement inférieurs à ceux estimés dans la partie sous-marine.

- ♦ une zone basse littorale sensible au phénomène de submersion avec en particulier les risques de franchissement du cordon dunaire.

Lors d'épisodes de tempêtes violentes, le cordon littoral séparant la mer de la lagune peut être franchi par les vagues de manière ponctuelle en plusieurs endroits (overwash par run-up) ou franchi de manière continue sur la

majorité de son linéaire (overflow ou overwash par inondation). Ces deux phénomènes peuvent également se produire simultanément en des points différents du cordon.

Lors d'épisodes de tempêtes, le franchissement du cordon dunaire (Photographie 4-1) peut s'accompagner d'une migration des sédiments vers l'intérieur des terres, notamment dans les lagunes situées en arrière du cordon (phénomène de rollover, processus caractéristique de l'overwash ; MORON et SABATIER, 2007). La portion de littoral recule mais n'est pas véritablement en érosion car simplement soumise à un transfert de matière (SABATIER et *al.*, 2004).



Photographie 4-1 : Déplacement de sédiment suite à un franchissement du cordon dunaire sur le lido de Maguelone (Hérault) lors d'une tempête (Source : EID Méditerranée in MORON et SABATIER, 2007)

À l'échelle d'un budget sédimentaire sur le long terme, il apparaît que les volumes mobilisés lors de phénomènes de submersion ou par le transport éolien sont négligeables en comparaison des volumes déplacés par les processus sous-marins (SABATIER, 2001).

4.2.4.2 Mobilité sédimentaire longitudinale

Le littoral du delta du Rhône se compose de 4 cellules littorales⁵ évoquées pour la première fois en 1953 par Duboul-Ravazet. Des études ultérieures ont permis d'affiner leur description avec notamment celle proposée par SABATIER et SUANEZ (2003) et qui est présentée ici. Ce découpage en cellules est celui adopté dans le cadre du SDAGE (cellules hydrosédimentaires 15 à 18 ; Carte 3) :

- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°18, à l'est du Grand Rhône, est marquée par la domination d'un transport sédimentaire en direction de l'est, à l'exception de la plage Napoléon par houles de sud-est et sud-sud-est (SUANEZ, 1997). Cette cellule est alimentée par les apports actuels du Rhône et par l'érosion du lobe deltaïque fossile de Pégoulie ;
- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°17, localisée entre le grau de Roustan (embouchure du Grand Rhône) et l'étang de Sainte-Anne à l'ouest, est caractérisée par un transport sédimentaire s'effectuant globalement, par houle de sud-ouest, d'ouest en est au profit de la plage de Piémanson et du prodelta de Roustan lequel piège une partie des sédiments. Par houles de sud-est et sud-sud-est, la circulation s'effectue d'est en ouest, de l'embouchure du Grand Rhône à Beauduc.

Une inversion de la dérive littorale résultant de la réfraction des houles de sud-ouest sur le lobe deltaïque fossile du Bras de Fer marque la limite entre cette cellule et la suivante.

- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°16, située entre l'étang de Sainte-Anne à l'est et le Petit Rhône à l'ouest, comporte une partie centrale sujette à l'accumulation (flèche et golfe de Beauduc). La dérive littorale s'effectue d'ouest en est vers la flèche de Beauduc quel que soit le secteur de provenance de la houle (Suanez, 1997 ; Sabatier, 2001). Les apports sédimentaires du Petit Rhône étant extrêmement limités, ce secteur est nourri :
 - à l'est, par le recul des plages et l'érosion du delta fossile du Bras de Fer,
 - à l'ouest par l'érosion des plages du secteur des Saintes-Maries-de-la-Mer.

NB : cette cellule, qui constitue le secteur central du delta, forme un véritable « puits » pour les sédiments à l'échelle du delta.

⁵ La cellule littorale constitue un "système formé d'une zone en accrétion alimentée par une zone en érosion. Son fonctionnement théorique repose sur le principe d'une conservation de la masse sédimentaire, dont le budget (accrétion-érosion) est nul" (CARTER, 1988 ; KOMAR, 1996 in SABATIER, 2001). Il faut toutefois signaler que ces cellules ont des limites poreuses car elles reçoivent des apports externes (fluviaux, éoliens..) et supportent des pertes vers le large (SABATIER, 2001).

Les directions opposées du transport sédimentaire littoral face au Petit Rhône, marquant la limite entre les cellules 16 et 15, peuvent être expliquées par une divergence de la dérive littorale liée à la réfraction des houles sur le prodelta du Petit Rhône.

- ♦ la **cellule hydrosédimentaire n°15**, située à l'est du Petit Rhône, est caractérisée par un transport sédimentaire dirigé vers l'ouest et la pointe de l'Espiguette quel que soit le secteur de provenance de la houle. Le secteur en érosion situé entre le Petit Rhône et Baronnets contribue à alimenter en sable la flèche de l'Espiguette.

4.2.4.3 Mobilité sédimentaire transversale

Des transits sortant des cellules définies précédemment existent. Parmi eux, des sorties sédimentaires représentant des volumes modestes peuvent se stocker sur la partie émergée (dunes, plages) et être en partie réinjectées dans la zone immergée sous l'action des vents terre.

L'essentiel des pertes semble toutefois s'effectuer vers le large (vers les fonds marins jusqu'à 20 m de profondeur) lors de tempêtes et peuvent représenter des volumes comparables au transit longitudinal. D'après SABATIER (2001), en Petite-Camargue, les échanges côte – avant-côte s'inversent selon les périodes⁶ : 6 000 à 598 000 m³/an vers le large et 119 000 à 146 000 m³/an vers la côte.

La profondeur de fermeture⁷ varie le long du linéaire côtier entre 4 et 10 m de profondeur (SABATIER, 2001). Elle est généralement plus basse dans les secteurs en accrétion (flèches littorales) ; à long terme, cette limite est toutefois poreuse vers le large.

4.2.4.4 Transits et bilans sédimentaires

Globalement, entre 1895 et 1974/82, le secteur occidental du delta du Rhône (de Beauduc à l'Espiguette) présente des flux sédimentaires plus puissants (érosions et accumulations plus fortes) que le secteur oriental (Roustau à Beauduc). Ceci montre le rôle stabilisateur que jouent les apports du Grand Rhône à l'est tandis que son influence est inexistante à l'ouest de l'ensemble golfe-flèche de Beauduc. Il faut noter que, dans ces deux secteurs, les embouchures fossiles (Bras de Fer, Saint-Ferréol) ou moribonde (Petit Rhône) coïncident avec une limite à l'ouest de laquelle l'érosion est plus forte (Tableau 4-4 ; SABATIER, 2001).

⁶ Les « périodes » désignent ici des groupes d'années considérées ensemble et comparés les unes aux autres (ex : 1944-1953 ; 1953-1963 ; 1963-1977 ... jusqu'à la période 1995-2000).

⁷ Profondeur de fermeture : « profondeur sous-marine à partir de laquelle les mouvements sédimentaires verticaux n'enregistrent plus de variations significatives » (SABATIER, 2001).

Le tableau suivant présente l'évaluation des volumes annuels contribuant à l'évolution (érosion ou accrétion) des différents secteurs du littoral du delta du Rhône entre 1895 et 1974/1982 (SABATIER, 2001).

Tableau 4-4 : Évolution moyenne annuelle entre 1895 et 1974/1982 (m³/an), d'ouest en est

Espiguette	Embouchure Petit Rhône		Beauduc	Bras de Fer		Embouchure du Rhône
	Ouest	Est		Ouest	Est	
+ 861 000	- 1 540 000	- 769 000	+ 610 000	- 832 000	- 249 000	+ 1 987 000
Cellule hydrosédimentaire 15	Cellule hydrosédimentaire 16		Cellule hydrosédimentaire 17			

+ ... : niveau d'accrétion annuel / - ... : niveau d'érosion annuel

Le prodelta de Roustan reflète une forte tendance à l'accumulation, diminuant en direction de la mer et s'étendant sur le plateau-continental. Il semble que 20 à 60 % des sédiments rhodaniens sont piégés sur le prodelta tandis que 40 à 80 % sont transportés en direction de la mer (à plus de 20 m de profondeur ; SABATIER et *al.*, 2003).

4.2.4.5 Aperçu général de l'évolution du trait de côte

Les plages émergées des secteurs non protégés ont reculé en moyenne de 4 m/an entre 1940 et le début des années 80. Ce mouvement s'est stabilisé à partir de 1977-1980 avec sans doute un rééquilibrage du système littoral dans un contexte de pénurie sédimentaire (PROVANSAL et *al.*, 2003).

La côte camarguaise est donc très évolutive dans le temps et l'espace : sa position est instable. Dans l'état actuel de son évolution, une nette tendance au recul est constatée sur environ 60 km du linéaire avec des vitesses pouvant atteindre 10 mètres par an, notamment sur les plages du village des Saintes-Maries-de-la-Mer et sur le littoral de Faraman (SDAGE Rhône Méditerranée Corse, 2005).

Une étude effectuée pour l'Agence de l'Eau bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse en 2001 montre que le bilan global de l'évolution du trait de côte dans le delta du Rhône est négatif avec une perte de -2 220 000 m² entre 1950 et 1995 (clichés pris entre 1953 à 1955 et 1993 à 1996, selon les secteurs), soit une perte moyenne de -47 000 m²/an sur une période de 40 ans. Les secteurs en recul occupent un linéaire beaucoup plus important (50 km) que les secteurs en avancée (24 km).

4.2.5 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

4.2.5.1 Morphologie des plages

Les plages du delta du Rhône comportent globalement 4 unités (SAMAT, 2007 ; SABATIER, 2001) :

- ♦ **l'arrière-dune**, souvent caractérisée par la présence de dépressions vaseuses ou d'étangs ;
- ♦ **la dune**, plus ou moins bien conservée avec par exemple :
 - des dunes bien développées au niveau des flèches sableuses de l'Espiguette et de Beauduc (3 à 5 m),
 - un cordon dunaire discontinu prenant la forme d'îlots dans le golfe de Beauduc,
 - des dunes très fortement dégradées au niveau des Salins-de-Giraud et de la section urbanisée des Saintes-Maries-de-la-Mer ;

NB : les dunes du delta sont fragilisées d'une part par le régime dominant des vents de terre qui emportent les sables vers la mer et d'autre part par la forte fréquentation touristique.

- ♦ **la plage émergée**. Les types de plages identifiables sur le delta du Rhône sont les suivantes :
 - les plages larges à très larges (150 à 500 m) se situent dans les secteurs stables ou en accumulation (flèche de l'Espiguette, golfe et flèche de Beauduc, plage de Piémanson). De pente assez faible (1 %), elles sont généralement caractérisées en été, par la présence d'une dépression de haut et milieu de plage (bâche) et d'un bourrelet de bas de plage bien développé. En hiver, elles adoptent un profil plus régulier résultant d'une arasion du bourrelet et d'une accumulation sédimentaire en haut de plage ;
 - les plages étroites (10 à 40 m), très dégradées voire inexistantes et largement artificialisées, représentent la majorité du linéaire du delta du Rhône. De pente plus forte (2 %), elles sont particulièrement sensibles aux dynamiques marines (Petite Camargue, plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer, littoral de Faraman).
- ♦ **la plage immergée** présente un système de barres d'avant-côte rectilignes dont le nombre varie de 2 à plus de 6 dans le golfe de Beauduc. Ces barres sont généralement parallèles au rivage et continues (Sabatier, 2001). La pente moyenne est d'environ 1 %, elle est plus marquée au niveau des flèches sableuses (supérieure à 1 %) qu'à l'intérieur du golfe de Beauduc (inférieure à 1 % ; Samat, 2007).

Ces plages peuvent être dissipatives ou réfléchives (d'après WRIGHT and SHORT, 1984 in SUANEZ, 1997) :

- ♦ les plages à caractère **dissipatif** possèdent une pente très faible et une barre littorale développée. Il existe plusieurs états intermédiaires en fonction de la morphologie des barres ;
- ♦ les plages à caractère **réflectif** sont caractérisées par un redressement de pente sous-marine et l'absence de barre littorale.

Le mode de déferlement de la houle varie en fonction du type de plage :

- ♦ les **plages dissipatives** présentent un déferlement déversant dissipant son énergie sur une large zone de surf ;
- ♦ sur les **plages réfléchives**, où la houle déferle en gonflant ; la zone de déferlement est alors réduite à une étroite bande à forte pente ;
- ♦ sur les **plages intermédiaires**, le déferlement est plutôt de type plongeant.

Le classement morphodynamique des plages du delta du Rhône montre que (SABATIER, 2001) :

- ♦ le secteur du golfe de Beauduc est le plus dissipatif ;
- ♦ les secteurs compris entre le Grand Rhône et le grau de la Dent (cellule hydrosédimentaire n°17) et, entre le Pont de Rousty et le Rhône vif (quart occidental de la cellule hydrosédimentaire n°17), correspondent à des plages moins dissipatives avec de fortes irrégularités en Petite Camargue ;
- ♦ le fond du golfe de Beauduc et l'extrémité de la flèche de l'Espiguette représentent un état intermédiaire.

4.2.5.2 Sédimentologie

Le delta du Rhône constitue un ensemble granulométriquement homogène avec des sables majoritairement très fins. Il faut noter la présence d'une plage artificielle de galets de carrière (taille 20-40 mm) créée en 2007 sur la plage est des Saintes-Maries-de-la-Mer sur une distance de 270 m (PNRC).

La taille moyenne des sédiments de plage est de 0,2 mm, elle diminue en direction du large. Les limons dominent au-delà de 20 m de profondeur, excepté dans le golfe de Beauduc, plus abrité, où ils peuvent se déposer à de plus faibles profondeurs. Les lobes prodeltaïques fossiles du Pégoulie, du Bras de Fer et de Piémanson sont composés de sables grossiers. Le plateau-continental est composé de vases excepté dans certaines zones où affleurent des sables fossiles à environ 80 m de profondeur (SABATIER et al., 2005).

Les sables plus grossiers issus du démantèlement des lobes prodeltaïques fossiles par la houle peuvent alimenter la zone de déferlement tandis que les sables les plus fins se déplacent en direction du large.

Les sables de la plage émergée du secteur de la Réserve de Camargue sont légèrement envasés, témoignant de l'importance des phénomènes de submersion dans ce secteur (BONY, 1997).



08MEN006 - Phase 1 - Révision 15.02.2012, Rhône MOR - AS - Février 2009



Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine - PHASE 1 -

- Le delta du Rhône -
Zone homogène n°15 : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Rhône
et extrémité occidentale de la zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronné

Echelle :
1/175 000 ème



Sources :
SABATIER et SUANEZ, 2003;
SUANEZ, 1997; SDAGE RM;
Agence de l'Eau RMC;
MEDAM 2006; DIREN



Carte
3

08MEN006

4.3 Le golfe de Fos (zone homogène n°16 - de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne, hors cellule hydrosédimentaire 18)

La zone d'étude comprend le golfe de Fos et ses abords maritimes jusqu'au cap Couronne à l'est (Carte 4). La largeur maximale de la zone d'étude est de 15 km suivant la direction est-ouest.

Pour l'étude du contexte sédimentaire, la cellule hydrosédimentaire 18 (partie orientale de la zone homogène 16) concernant le they de la Gracieuse, est rattachée à la zone homogène 15, afin de prendre en compte le fonctionnement du delta du Rhône dans sa globalité.

Le littoral du golfe de Fos se divise en deux secteurs :

- ♦ la zone de la flèche de la Gracieuse à Port-de-Bouc, qui correspond à une zone d'estuaire (embouchure du Rhône) où la côte est linéaire, basse et sablonneuse ;
- ♦ la zone de Port-de-Bouc au cap Couronne, qui correspond à la partie occidentale de la chaîne de la Nerthe, où la côte est rocheuse et découpée. Cette côte rocheuse n'est pas cartographiée dans le cadre de l'étude des falaises à l'échelle de la région PACA (hauteur inférieure à 5 m ou aléa d'instabilité des falaises nul à faible).

4.3.1 Bathymétrie

Le golfe de Fos est un milieu peu profond. La bathymétrie varie, à l'exception des darses, de 0 à 15 m. La pente jusqu'à l'isobathe 20 m est très faible, de l'ordre de 0,4 % (CREOCEAN et BIOTOPE, 2001).

Le long de la chaîne de la Nerthe, de Carro à l'anse des Laurons, la pente moyenne est de 1,8 % (BCEOM, 2006).

4.3.2 Contexte hydrodynamique

Par **temps calme**, les eaux pénètrent dans le golfe de Fos par sa bordure orientale, peu après le cap Couronne. Après avoir effectué un mouvement cyclonique à l'intérieur du golfe, elles ressortent à l'ouest en doublant le they de la Gracieuse (SAFECE CETIIS, 2003).

Par **vent de secteurs est à sud-est**, la circulation des eaux de surface observée par temps calme est renforcée (Carte 4). Au fond de la rade, les eaux sont déviées vers l'ouest, ce qui génère une circulation anticyclonique des masses d'eau dans l'anse de

Carteau, le they de la Gracieuse faisant obstacle à ce mouvement (SAFEGE CETIIS, 2003 ; CREOCEAN et BIOTOPE, 2001).

Par **régime de Mistral**, les eaux de surface du golfe se déplacent de la côte vers le large (vers le sud-est ; Carte 4). L'anse de Carteau est alors caractérisée par une gyre cyclonique (SAFEGE CETIIS, 2003 ; CREOCEAN et BIOTOPE, 2001). Du fait de l'action du vent, la veine longeant la côte orientale du golfe est plus intense : elle va doubler le cap Couronne puis longer la côte de la chaîne de la Nerthe et participer au contre-courant de la Nerthe, actif par Mistral (SAFEGE CETIIS, 2003).

Dans le golfe de Fos, l'effet de vents persistants entraîne une variation importante du **niveau de la mer**. Par vent de sud-est, le niveau d'eau augmente et peut dépasser +1 m NGF en période de tempêtes alors que par régime de Mistral, le niveau de la mer baisse et peut atteindre -0,5 m NGF (GIPREB, 2002).

Le golfe de Fos est protégé des **houles** de secteur sud-ouest par le they de la Gracieuse et des houles de secteur sud-est par le cap Couronne (BRL, 2001). Les houles de sud-ouest affectent peu le littoral occidental et septentrional du golfe de Fos et ses abords pour des raisons de topographie sous-marine (CREOCEAN et BIOTOPE, 2001).

4.3.3 Côtes rocheuses

Les informations présentées ici ont été obtenues au cours des entretiens réalisés avec les communes de Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc et Martigues (Annexe 2), dans des études techniques et dans l'étude sur les falaises côtières de hauteur supérieure à 5 m réalisée pour la DIREN (BRGM, 2005).

Les côtes rocheuses présentes dans le golfe de Fos sont situées sur sa façade orientale avec (Carte 4) :

- ♦ **au nord du canal de Caronte**, un premier secteur de falaises d'une quinzaine de mètres de haut taillées dans de la roche friable (poudingue) et soumises à l'érosion. Deux zones sont particulièrement concernées : le secteur près de la base nautique de Port-de-Bouc et surtout, le secteur situé au niveau du collège F. Mistral, au sud de la plage des Ours. **Signalons dès maintenant la présence dans ce secteur de pipe-lines menacés par un recul trop important de la falaise.** Quelques autres pointes rocheuses se trouvent au nord du canal de Caronte (pointe de la Baumasse, ...).
- ♦ **au sud du canal de Caronte**, sur la commune de Martigues, une côte rocheuse calcaire. Ainsi, de la pointe de Bonnieu à l'anse des Laurons, les affleurements du Crétacé sont à l'origine des indentations actuelles du liseré côtier (vallon de Bonnieu, vallon de la Crotte). Les caps les plus marqués de cette côte rocheuse sont formés de calcarénite du Burdigalien (cap Couronne, pointe de Bonnieu). Les pentes observées sont relativement douces (1,5 % sur la pointe de Bonnieu). Ces caps présentent un tracé arrondi. Les vraies falaises y sont pratiquement absentes. Les plateaux se

poursuivent en pente douce sous l'eau, en formant des plateformes de déferlement (SAFEGE CETIIS, 2001). Ces caps, lieux de concentration de l'énergie de la houle, sont des côtes battues, aux eaux fortement brassées et présentant des signes d'érosion significatifs (Cabinet RAMADE A./GERIM, 1999). Les platiers présentent des faciès d'érosion caractéristiques formés de cuvettes, de 10 à 50 cm de profondeur, dues à la dissolution du calcaire par l'eau de mer (SAFEGE CETIIS, 2001).

L'extrémité sud de la façade orientale de la zone (anse du Verdon et cap Couronne) est caractérisée par la présence de falaises abruptes et de surplombs importants (Carte 4) dus au sous-cavage et à l'érosion différentielle entraînant la déstabilisation des niveaux calcaires (BRGM, 2005).

4.3.4 Côtes meubles

4.3.4.1 Sources sédimentaires

Le littoral du golfe de Fos est constitué des sédiments provenant des apports solides, passés et présents, du Rhône.

4.3.4.2 Dynamique sédimentaire

L'étude d'impact, effectuée par GEOMER en 1993 pour l'extension du port de plaisance de Saint-Gervais (DDE, 2007), a montré :

- ◆ à l'est du port de Saint-Gervais : un transport des sédiments d'est en ouest ;
- ◆ à l'ouest du port :
 - un transit de l'ouest vers l'est-sud-est au niveau de l'anse Saint-Gervais et des premiers épis,
 - un transit de l'est vers l'ouest dans le secteur de Cavaou.

De manière globale, à l'est du port de Saint-Gervais, le littoral a une tendance à l'érosion du fait d'un durcissement du littoral. A l'ouest du port, après avoir subi une érosion importante entre 1947 et 1971, la plage du Cavaou s'est stabilisée puis engraisée suite à la mise en place des épis à l'ouest de l'anse de Saint-Gervais (GEOMER, 1993 *in* DDE, 2007).

Le prolongement sous-marin du they de Pégoulie voit une progression des sables vers le centre du golfe (AMASSI, 2003 ; Carte 4).

4.3.4.3 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

Le golfe de Fos est caractérisé par la présence de plages aux allures diverses :

- ♦ plages de sables fins, de galets ou de graviers ;
- ♦ plages naturelles ou artificielles ;
- ♦ plages étendues sur des secteurs linéaires du littoral (ouest et nord du golfe) ou étroites, encadrées par des pointements rocheux (partie orientale du golfe).

A- Morphologie des plages

Hormis les infrastructures portuaires du Port Autonome de Marseille, les parties occidentales et centrales du golfe de Fos sont caractérisées par la présence de côtes basses sableuses situées en particulier à proximité du they de la Gracieuse (plages naturelles) mais également en fond de golfe (secteur de plage artificialisée au Cavaou).

La partie centrale de la Grande Plage à Fos-sur-Mer a disparu devant le cordon d'enrochements construit dans les années 70 (DDE, 2007).

D'après Vella (1999), le profil des plages sableuses du golfe de Fos se caractérise ainsi :

✓ la plage sous-marine

Entre Cavaou et Fos, la plage sous-marine est peu pentue (environ 1 %) et caractérisée par la présence d'une ride littorale parallèle à la côte.

✓ l'estran

D'extension très réduite (1 à 2 m), sa partie supérieure est occupée par un bourrelet de plage de quelques décimètres de haut, en partie détruit et étalé vers l'amont lors des tempêtes.

Vers l'est (anse de Saint-Gervais), la plage aérienne est moins large et plus pentue avec la présence d'un talus pré littoral.

A l'ouest, une dépression située en arrière du bourrelet est occupée, après les tempêtes et en hiver, par une bache d'eau temporaire où des faciès fins liés à la décantation se développent.

✓ la dune

A l'origine, entre l'abri des vasières de Carteau et l'anse de Saint-Gervais, le fond du golfe était composé de cordons littoraux (Fos et Brûle-Tabac) qui isolaient les étangs de Gloria et de la Roque ou les marais du Galéjéon de la mer. Ces dunes étaient peu élevées (hauteurs souvent inférieures à 5 m) et souvent démantelées par l'érosion.

Elles ont quasiment disparu avec l'industrialisation du secteur dans les années 60, il en reste quelques vestiges à l'est des installations portuaires.

B- Sédimentologie

Les formations sédimentaires présentes dans le golfe de Fos sont variées, allant des cordons de galets aux plages de sables fins en passant par des plages de graviers. Les informations présentées ici ont été obtenues au cours des entretiens réalisés avec les communes (Annexe 2) ou dans des études techniques.

✓ les plages sableuses

Les sables des plages du golfe de Fos sont généralement fins. Parmi ces plages de sables fins figurent, d'ouest en est :

- ◆ la partie orientale de plage du Cavaou qui s'étend sur environ 1 200 m et dont la largeur dépasse les 60 à 70 m (DDE, 2007). Les dépôts de tempête sur la plage du Cavaou, théoriquement les plus grossiers, ont un grain moyen variant de 441 μm (sables moyens) à 165 μm (sables fins). A l'échelle du profil de plage du Cavaou, le grain moyen de la plage émergée est toujours supérieur à celui de la plage sous-marine qui est caractérisée par un affinement rapide vers le large. Le sédiment le plus grossier (environ 200 μm) se trouve au niveau de la zone de ressac, au pied du bourrelet (VELLA, 1999) ;
- ◆ l'anse de Saint-Gervais, qui s'étire sur une distance d'environ 800 m ;
- ◆ la « Grande Plage » de Fos-sur-Mer, longue de 400 m environ et présentant un sable de diamètre médian 1 mm (DDE, 2007). D'une largeur de quelques mètres à environ 50 m, elle est en engraissement au droit de l'ancien Casino (entretien commune de Fos-sur-Mer, Annexe 2) ;
- ◆ les plages de Bottaï et de la Lèque à Port-de-Bouc.

✓ les cordons et plages de galets

Les cordons et plages de galets sont présents notamment :

- ◆ sur la partie ouest de la plage de Cavaou, où prend place un cordon formé essentiellement de galets de Crau. Ce cordon, d'une largeur de 15 m environ, ne descend pas en-dessous de 0,5 m de profondeur (VELLA, 1999) ;
- ◆ à l'est du golfe, où des plages de galets sont alimentées par l'érosion des falaises bégudiennes comme par exemple la plage du « Fromage » (ou « Pont du Roi »). Cette plage a été créée par le dépôt de remblais issus du creusement du canal de navigation de Fos-sur-Mer à Port-de-Bouc dans les années 70-80 ;
- ◆ sur la plage des Ours. Cette plage est composée de galets mais voit actuellement le dépôt de sables sur sa pointe.

✓ les plages de graviers ou à sédiment hétérogène

Ces plages ont souvent une composante artificielle :

- ♦ la plage des Combattants est une plage de galets où ont été déposés des sables et des gravillons entre deux murs construits dans les années 50 pour soutenir la falaise ;
- ♦ la plage des Aigues-Douces composée de gravillons et de sable, créée par des remblaiements suite à la destruction de l'usine Saint-Gobain et protégée artificiellement par un cordon immergé de rochers et de galets.

Dans l'anse des Laurons, les sédiments de l'estran présentent deux types de granulométries bien distinctes (VILLE DE MARTIGUES, 2000) :

- ♦ la plus forte proportion est constituée d'un sable anguleux bien trié dont la fraction prédominante correspond à 200 μm -500 μm ;
- ♦ accessoirement, des graviers ronds et plats de 2 à 10 mm sont présents.

La pente de l'estran est de 4 à 6,5 %. Il s'agit d'une plage semi-exposée.

✓ les sédiments infralittoraux

Les sédiments du golfe de Fos sont de deux types (VERNIER, 1972, *in* AMASSI, 2003) :

- ♦ les sédiments minéraux d'origine détritique, essentiellement issus du bassin versant du Rhône, sont majoritaires ;
- ♦ les sédiments biogènes, provenant de la destruction des organismes marins, sont surtout présents à l'est du golfe.

Les sédiments côtiers entre 0 et 30 m, essentiellement d'origine rhodanienne, sont de type sableux à sablo-vaseux et sont observés sur une épaisseur moyenne de 10 m (CREOCEAN et BIOTOPE, 2001).

A proximité de la côte, les sédiments du golfe de Fos évoluent en fonction de leur localisation (SUANEZ, 1997 ; AMASSI, 2003) :

- ♦ à l'ouest, le complexe Roustan / Pégoulie / La Gracieuse est caractérisé par des sédiments sableux avec de faibles proportions de fraction fine. Au niveau du prodelta fossile de Pégoulie, les sables sont présents jusqu'à 10 m de profondeur ;
- ♦ la zone abritée de l'anse de Carteau est caractérisée par la présence de fortes proportions de vases (supérieures à 75 %) ;
- ♦ au fond du golfe, les sédiments deviennent de plus en plus grossiers à mesure que l'on s'approche de la côte, passant ainsi de sédiments vaseux à des sables vaseux et enfin à des sables purs contenant moins de 10 % de vases. L'isobathe 5 m marque l'apparition des vases tandis que le matériel sableux est bien représenté jusqu'à 3 m de profondeur ;

- ♦ la côte est (chaîne de la Nerthe) présente des sédiments sableux et des sables vaseux jusqu'à des profondeurs importantes.

4.4 L'étang de Berre (zone homogène n°17)

L'étang de Berre, d'une superficie totale de 155 km², se compose de trois sous-ensembles naturels remarquables (MISE, 2000) :

- ♦ le Grand Etang, plan d'eau principal (à l'ouest) qui s'étend de l'anse de Saint-Chamas au cordon du Jaï ;
- ♦ l'étang de Vaïne (à l'est), plus réduit et séparé du premier par une zone de hauts-fonds ;
- ♦ l'étang de Bolmon, au sud du Grand Etang, séparé de celui-ci par le cordon littoral du Jaï, large de quelques dizaines de mètres. Sur les trois bourdigues permettant les échanges entre les deux milieux, seule la bourdigue la plus au sud (Bourdigue de Châteauneuf) est fonctionnelle.

Les rives de l'étang de Berre présentent une grande diversité, avec une alternance de côtes rocheuses, marécageuses, sableuses ou urbanisées ; certaines zones étant soumises à des processus d'érosion ou d'engraissement (GIPREB, 2002). Le profil du littoral de l'étang va donc de la plage très douce aux falaises (Carte 5). L'étang est relié à la mer Méditerranée par le canal de Caronte creusé dans la paléo-vallée de l'Arc.

4.4.1 Bathymétrie

Le **Grand Etang** occupe une superficie de 13 250 hectares pour une profondeur moyenne de 6 m et une profondeur maximale de 9 m à l'extrême sud (et dans le canal de Caronte ; MISE, 2000 ; GIPREB, 2002 ; SAFEGE, 2007b). Une tendance au comblement de l'étang est observée, celle-ci étant variable en fonction des zones (GIPREB, 2002 ; SAFEGE, 2007b). Les isobathes sont généralement parallèles au rivage et assez resserrées le long de la côte nord-est du Grand Etang (SAFEGE, 2007b).

L'**étang de Vaïne**, d'une superficie plus réduite (2 250 hectares), se caractérise par une profondeur moyenne de 3,5 m et une profondeur maximale de 5 m (MISE, 2000).

Au sud du cordon du Jaï, l'**étang de Bolmon** représente une superficie de 578 hectares pour une profondeur moyenne de 1,5 m et une profondeur maximale de 2,5 m (GIPREB, 2002 ; SAFEGE, 2007b).

4.4.2 Contexte hydrodynamique

La circulation des masses d'eau de l'étang de Berre est régie par l'action combinée du vent, des variations du niveau de surface libre (liées à la marée, au vent et à la pression atmosphérique) et des apports en eau douce (principalement du canal EDF

de Saint-Chamas ; GIPREB, 2002 ; SAFEGE CETIIS, 2003). Ces dynamiques sont perturbées par les aménagements humains tels que la piste de l'aéroport de Marignane dans l'étang de Vaïne, les épis en enrochement sur le lido du Jaï ou la digue en enrochement séparant l'étang de Berre du canal de navigation situé au sud (GIPREB, 2002 ; SAFEGE CETIIS, 2003).

Les apports du canal de Caronte constituent la seule source d'eau marine de l'étang, les débits y sont réglés par les marées astronomiques, les variations de niveau entre l'étang et le golfe de Fos et la dynamique interne de l'étang.

Les mouvements des masses d'eau saline et douce au sein du **Grand Etang** ont été étudiés par EDF en s'appuyant sur un modèle mathématique (GIPREB, 2002 ; SAFEGE CETIIS, 2003b ; SAFEGE, 2007b). On note en premier lieu le caractère fortement tridimensionnel de ces écoulements notamment pendant les phases transitoires. Sous l'action des vents de Mistral ou de sud-est, les eaux de surface sont respectivement entraînées vers le sud ou le nord tandis que, par continuité, les eaux de fond sont transportées en sens inverse (vers le nord par Mistral, vers le sud par vent de sud-est). L'intensité de cette circulation dans le plan vertical est en théorie réglée par les variations du niveau de la surface libre dans le golfe de Fos (GIPREB, 2002 ; SAFEGE CETIIS, 2003b ; SAFEGE, 2007b). Les vents de Mistral qui abaissent le niveau de la surface dans le golfe de Fos provoquent une vidange de l'étang qui freine la circulation profonde et donc l'intrusion des eaux salées dans l'étang. A l'inverse, les vents de secteur sud entraînent une surcote du niveau des eaux dans le golfe et génèrent ainsi un remplissage de l'étang qui favorise l'intrusion des eaux salées. Parallèlement, la circulation en surface est dans les deux cas (vent de Mistral et de sud-est) accélérée par les variations du niveau de la mer au sein du golfe.

En situation de Mistral établi, les courants s'organisent sous la forme de deux veines étroites qui, poussées par le vent, longent du nord vers le sud, les bords ouest et est de l'étang (SAFEGE CETIIS, 2003b). Ces deux veines convergent au sud de l'étang et ramènent par le centre les masses d'eau profondes vers le nord. Le schéma de circulation est inversé en situation de vent de sud-est : les eaux « remontent » l'étang par les bords et sont transportées vers le sud au centre.

Dans l'**étang de Vaïne**, les vents prédominants (Mistral et vent d'est) provoquent des courants cycloïdes (respectivement horaires et anti-horaires). L'étang de Vaïne est un milieu très confiné et les communications avec le Grand Etang sont limitées, essentiellement par la présence d'un haut-fond, qui ne permet que des échanges d'eaux superficielles (MISE, 2000).

L'**étang de Bolmon**, plan d'eau extrêmement confiné, se caractérise par un hydrodynamisme faible, lié aux régimes de vent (MISE, 2000).

Les vents de secteur sud-est n'engendrent pas de **houle** significative sur les rivages meubles de l'étang de Berre, sauf au niveau du delta de la Touloubre (AGENCE DE L'EAU et UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001). Le régime de houles le plus fréquent est généré par les vents de secteur nord-ouest à nord-nord-ouest (Mistral et Tramontane). Ces houles sont les plus dangereuses pour le lido du Jaï

qu'elles atteignent quasiment de front (AGENCE DE L'EAU et UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001).

4.4.3 Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses sont essentiellement situées sur la rive ouest (poudingues et molasse burdigalienne) et sur la rive nord du Grand Etang, entre le delta de la Touloubre et la plaine alluviale de l'Arc (substrat calcaire de la chaîne de la Fare). Des poudingues apparaissent également sur le littoral entre Berre et Rognac (Mission Interministérielle pour l'Aménagement de la Région de Fos-Etang de Berre, 1975).

Le littoral entre Martigues et Miramas est essentiellement rocheux. Les reliefs qui dominent le rivage sont constitués à leur base par des roches du Crétacé supérieur lacustre recouvert de lambeaux de molasse helvétique. Les formations miocènes prennent de plus en plus d'importance en direction du nord et atteignent leur maximum autour de Saint-Chamas (Carte 5) :

- ♦ à Saint-Mitre-les-Remparts, entre Varage et Massane, des falaises de 5 à 10 m de hauteur s'intercalent avec des plages. Le littoral rocheux correspond à des falaises gréseuses du Bégudien (CEBTP, 2002) ;
- ♦ la rive ouest de la baie de Saint-Chamas est rocheuse et abrupte tandis que des dalles rocheuses caractérisent le littoral nord du Grand Etang ;
- ♦ à l'est de Saint-Chamas, sont présents des reliefs calcaires urgoniens qui s'abaissent progressivement jusqu'à la plaine alluviale de l'Arc (CHEVALLIER, 1916 in GERMAIN, 1917).

Seul le littoral occidental de l'étang est concerné par des phénomènes d'érosion de ses côtes rocheuses (Carte 5). Leur sensibilité est variable (BRGM, 2005) :

- ♦ au nord de Martigues, de petites falaises de 2-3 m de haut sont soumises au démantèlement par l'érosion avec des phénomènes tels que le basculement de blocs suite au ravinement et au glissement ;
- ♦ à Saint-Mitre-les-Remparts, le massif de Caderaou présente des falaises de marnes à lentilles gréseuses formant parfois des barres de grès en relief. L'érosion importante des marnes déstabilise fortement les niveaux gréseux, très fracturés, et produisent alors des blocs pouvant chuter ;
- ♦ le littoral de la commune d'Istres est très touché par des phénomènes d'érosion :
 - dans le fond de l'anse du Ranquet, peuvent se produire quelques chutes de pierres et de blocs issus de la falaise en amont,
 - au niveau des Heures Claires, se produisent des phénomènes d'érosion différentielle et de sous-cavage accompagnés de chutes de pierres et de blocs. Une falaise de 10-15 m a été mise en sécurité,

- plus au nord, se rencontrent des problèmes d'instabilité des falaises situées au dessus de la route (sous cavage) et au dessus de la mer (blocs éboulés sous forme de dalles déstabilisées par l'érosion),
- des secteurs soumis à l'érosion sont également présents autour de l'étang de l'Olivier.

4.4.4 Côtes meubles

Quatre unités sédimentaires principales bordent l'étang de Berre : le lido du Jaï, le delta de l'Arc, le littoral de l'étang de Vaïne et le delta de la Touloubre (Carte 5).

4.4.4.1 Sources sédimentaires

Les apports sédimentaires sont essentiellement constitués des :

- ♦ apports terrigènes en provenance des cours d'eau côtiers et du canal EDF ;
- ♦ apports d'origine biogène (débris végétaux, coquilliers...). Ces apports sont essentiellement produits au sein même de l'étang, ou bien transitent par le canal de Caronte ;
- ♦ apports issus de l'érosion des berges.

Plusieurs constatations peuvent ainsi être faites :

- ♦ la production biologique alimente l'ensemble des unités sédimentaires ;
- ♦ les dépôts de la sablière de la Glacière ont alimenté le lido du Jaï ;
- ♦ les alluvions de l'Arc et de la Touloubre alimentent leurs deltas respectifs ;
- ♦ les apports de cours d'eau temporaires (alluvions de l'Arc à l'époque Romaine) et/ou les dépôts de pente des cuestas de Rognac et Vitrolles ont sans doute alimenté le cordon de cailloutis qui borde les communes de Rognac et de Vitrolles.

La vitesse de comblement de l'étang entre 1894 et 1962 était en moyenne de 300 000 m³/an. Or les apports sédimentaires de l'Arc et de la Touloubre étant dans le même temps de 15 000 m³/an au maximum, il semble que la différence ait été le fait d'une importante production biologique (ROUX, 1983 *in* AGENCE DE L'EAU RMC, 2001). Cette production s'est trouvée accélérée par les mortalités massives et successives d'organismes provoquées par les apports importants et irréguliers d'eaux de la Durance par le canal de Saint-Chamas (thanatocénoses) à partir de 1966.

Les apports fluviaux

Les principaux cours d'eau se jetant dans l'étang de Berre sont l'Arc, la Touloubre, la Cadière et la Durançole, auxquels s'ajoute le rejet issu de l'usine hydroélectrique

EDF de Saint-Chamas. Les principales caractéristiques de ces cours d'eau sont présentées ci-après (Tableau 4-5).

Tableau 4-5 : Caractéristiques des principaux cours se jetant dans l'étang de Berre

	Superficie du bassin versant (km ²)	Débit moyen (m ³ /s) 1998-2002	Débit moyen (m ³ /s) 2002
Arc	747	2,76	2,42
Touloubre	400	2,36	2,18
Cadière	73	0,85	0,97
Durançole	10	/	/

D'après FIANDINO (2001), les flux annuels moyens de matières en suspension sont estimés à :

- ♦ 35 000 tonnes pour l'Arc ;
- ♦ 7 500 tonnes pour la Touloubre ;
- ♦ 2 700 tonnes pour la Cadière.

Parmi les affluents naturels, les apports de l'Arc sont les plus significatifs quantitativement mais ils sont également très variables (de 10 500 tonnes en 1998 à 58 500 tonnes en 1997). Les flux de la Touloubre et de la Cadière semblent plus constants, respectivement d'environ 8 000 et 3 000 t/an (Figure 4-15). Les crues jouent un rôle important dans le transport des matières en suspension, particulièrement pour l'Arc, avec 75 à 90 % des apports annuels pouvant se produire en quelques jours (FIANDINO, 2001).

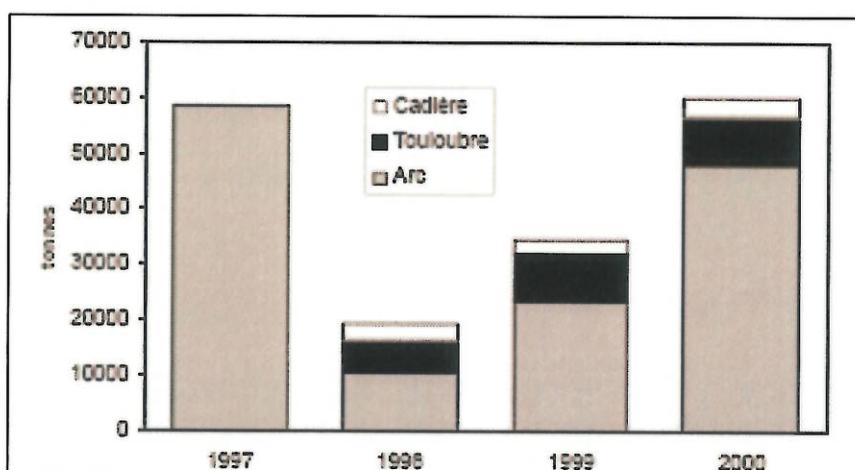


Figure 4-15 : Apports en Matières en Suspension des principaux cours d'eau se jetant dans l'étang de Berre (Source : FIANDINO, 2001 in GIPREB, 2002)

Une étude menée en 2001 par l'Agence de l'Eau RMC a montré que les apports sédimentaires s'élevaient à :

- ♦ 8 000 t/an pour l'Arc ;
- ♦ 3 500 t/an pour la Touloubre.

La différence avec les précédents chiffres (FIANDINO, 2001) peut s'expliquer du fait qu'il s'agisse : de MES dans l'étude de FIANDINO (2001) et de matériel plus grossier dans l'étude de l'AGENCE DE L'EAU RMC (2001).

Les apports du canal EDF

La mise en service de la centrale EDF a modifié la sédimentation dans l'étang avec de grandes quantités de particules fines déversées et accumulées préférentiellement dans le nord de l'étang (ROUX *et al.*, 1993 *in* GIPREB, 2002). Par la suite, la mise en service du bassin de délimonage en 1980 et l'application du plan Barnier en 1993, ont, d'une part, diminué les quantités rejetées (Figure 4-16) mais aussi modifié leur qualité, ne laissant passer que le matériel le plus fin (ARNOUX, 1997 *in* GIPREB, 2002). Depuis 1999, des mesures plus restrictives sont en vigueur : le seuil maximal de rejet est de 100 000 tonnes/an. Les années 2006 et 2007 sont marquées par de très faibles apports (inférieurs à 900 tonnes de limons).

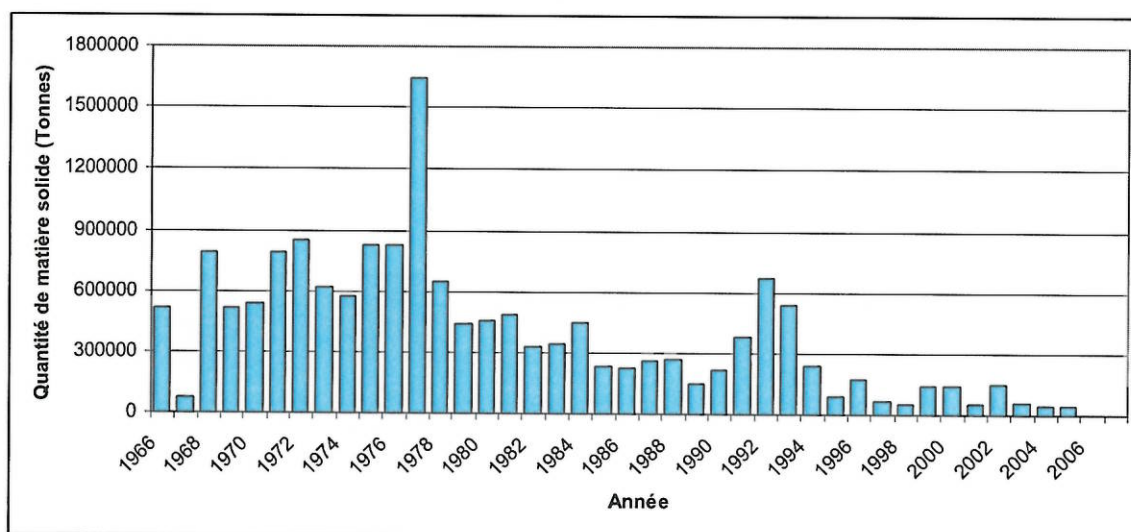


Figure 4-16 : Quantité de matière solide déversée chaque année par le canal usinier de la centrale EDF de Salon-St Chamas (Sources : EDF, GIPREB)

De 1998 à 2002, les apports en matières en suspension du canal usinier représentaient plus de 80 % des rejets de matières en suspension vers l'étang.

Les particules sont en majorité retenues dans l'étang, mais peuvent s'épandre dans le golfe de Fos lorsque les débits sont importants.

Les apports biogènes

Des apports massifs de matériel sédimentaire d'origine biogène ont eu lieu lors de la mise en activité du canal EDF en 1966, ayant provoqué la mort de la plupart des organismes benthiques et soumettant leur coquille calcaire au remaniement. Ainsi, la part des carbonates d'origine biodétritique, est actuellement de 56 à 74 % du poids des sédiments des plages du Jaï (VONDERSCHER, 2000 *in* SAFEGE CETIIS, 2004).

4.4.4.2 Dynamique sédimentaire

D'après ROUX (1964, *in* GIPREB, 2002), deux types de sédimentation caractérisent l'étang de Berre :

- ♦ au **sud**, soumis aux coups de vent de nord-ouest, une prédominance des classements et des remaniements ;
- ♦ au **nord**, une prédominance des dépôts et de l'enfouissement rapide des alluvions et de la fraction bio-détritique.

Deux secteurs sont plus particulièrement étudiés car soumis à l'érosion : le littoral situé au nord de la pointe de Berre et le cordon dunaire du Jaï.

✓ le littoral au nord de la pointe de Berre

Entre 1949 et 1992, le littoral du delta de l'Arc est caractérisé par un bilan négatif de -483 000 m², soit une perte moyenne de -11 000 m²/an, correspondant à un recul moyen de -0,95 m/an (AGENCE DE L'EAU, UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE III, 2001).

Le littoral situé au nord de l'embouchure de l'Arc au débouché de la Durançole est en revanche très stable depuis les années 50 pour diverses raisons :

- ♦ cette partie du littoral est située à l'abri des houles les plus agressives ;
- ♦ sa morphologie arquée et la faible pente de la plage sous-marine (2 % entre le rivage et -5 m) favorisent la dissipation des houles de sud-ouest.

La dérive littorale principale provoque le déplacement des sédiments du nord vers le sud par temps de Mistral ainsi qu'un recul du trait de côte entre les Salins de Berre et l'Arc (ce recul diminue du nord vers le sud) et une accumulation de sédiments au niveau de la digue Shell (au sud du port de la Pointe) d'environ 2 m/an (MORIN, 1997 ; AGENCE DE L'EAU, UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE III, 2001). La Pointe de Berre, composée de sables quaternaires, a tendance à s'étendre vers le sud en isolant de plus en plus l'étang de Vaïne (AGENCE MTDA, 2002).

Le littoral situé au nord de la pointe de Berre est fragilisé en raison de :

- ♦ son orientation nord-sud, qui place ce secteur sous l'influence d'une importante dérive littorale par temps de Mistral ;

- ♦ la présence de cabanons et le creusement d'étangs artificiels à proximité du littoral pour les besoins de la chasse, qui modifient les équilibres naturels et favorisent l'érosion ;
- ♦ l'aménagement naturel de l'embouchure de l'Arc en 2 branches au début des années 1980, ce qui contribue probablement au piégeage sédimentaire dans le chenal aux dépends d'une répartition sur le littoral (SAFEGE CETIIS, 2004).

✓ **le cordon dunaire du Jaï**

Le transit sédimentaire littoral s'effectue essentiellement du sud-ouest vers le nord-est via la dérive littorale engendrée par les houles dominantes de secteurs ouest-nord-ouest à nord-nord-ouest. Les particules les plus grossières sédimentent en grande partie dans la partie sud du cordon, piégées par les épis de Châteauneuf-les-Martigues, tandis que les sables fins sont transportés en direction du nord-est (SAFEGE, 2007a).

La mobilité des sédiments sur les petits fonds situés le long du cordon est essentiellement marquée entre 2 et 3 m de profondeur, en lien avec la profondeur du courant de dérive et le transport transversal des sédiments depuis la plage émergée.

Ce littoral est fragilisé en raison :

- ♦ des conditions hydrodynamiques du secteur : les houles hivernales de secteur nord-ouest frappent de plein fouet les rives du lido ;
- ♦ de la réduction des apports de sédiment : c'est incontestablement une des causes de l'érosion puisque les conditions hydrodynamiques (vents, houles...) n'ont pas changé statistiquement depuis les 50 dernières années. La réduction des apports peut être soit très localisée, soit généralisée. Dans ce cas, la cause de la réduction des apports peut être à rechercher relativement loin de l'endroit où les conséquences sont observées ;
- ♦ de l'urbanisation du cordon dunaire et de la forte fréquentation du site qui ont pour conséquence de déstabiliser les équilibres sédimentaires, de détruire la couverture végétale de la dune qui maintient le sable en place et d'accélérer les processus d'érosion. Les murs de béton destinés à protéger les constructions en bord de berge jouent le rôle de réflecteur vis-à-vis des houles ;
- ♦ de la présence d'épis sur le littoral près de Châteauneuf-les-Martigues et de Marignane qui permet la stabilisation de ces secteurs mais capte une partie du transit sédimentaire privant les secteurs en aval de la dérive d'alimentation en sédiment.

Entre 1951 et 1998, le cordon est globalement en recul (de 20 à 50 m selon les secteurs). Seuls deux secteurs sont en progression à l'extrémité sud-ouest (au niveau d'une rangée d'épis) et au sud-ouest de la petite bourdigue (VONDERSCHER, 2000). Le reste du littoral est en recul, particulièrement au droit de la grande bourdigue et à l'extrémité nord-est du lido. La dérive littorale est dirigée du sud-ouest vers le nord-est. Le bilan sédimentaire semble globalement dominé par

l'érosion puisqu'il est estimé une perte moyenne de 2 400 m²/an entre 1951 et 1992 (AGENCE DE L'EAU, UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001 *in* GIPREB, 2002).

✓ la côte orientale de l'étang de Vaïne

A Rognac, les plages sont soumises à d'importants apports coquilliers et sont actuellement globalement stables d'après la mairie (Annexe 2). En revanche, une importante érosion est constatée sur les plages de Marettes et Marina-Plage à Vitrolles (SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE *in* GIPREB, 2002).

Le secteur de la base nautique de Vitrolles (au nord de Marina-Plage) a été étudié à l'occasion de la réhabilitation de la digue du club nautique (CEC, 2005). Les principaux enseignements de cette étude sont donnés ci-après.

Le transit sédimentaire dominant, lié aux houles formées par le Mistral, est globalement orienté du nord vers le sud. Il provoque l'accumulation de sédiment sur le flanc nord des ouvrages de la base nautique (digue, ponton, cale de mise à l'eau). Un transit, secondaire, s'établit dans le sens contraire (en direction du nord) par houles de sud-est. Le transport de sédiments lié à ces houles est plus faible compte tenu de la position d'abri de ce secteur du littoral vis-à-vis des houles de sud-est et d'un stock de sable disponible moins important au sud.

Au sud se trouve une portion de littoral montrant des signes d'érosion. Cette situation est sans doute due à un déficit d'apport en sédiments, bloqués au nord par les divers aménagements de la base nautique. Ce secteur est constitué de blocs rocheux et de gravillons.

Les fortes houles d'ouest sont peu fréquentes mais peuvent s'accompagner de modifications importantes du trait de côte et de la dispersion de sédiments dans l'étang, sur les fonds proches de la plage.

La reconstitution des plages se fait en partie naturellement mais l'intervention humaine (corrections du profil de plage) joue un rôle important dans la limitation du recul.

✓ autres secteurs

D'après une étude effectuée en 1993, le littoral de la Pointe du Toit, à l'ouest de la digue EDF, dans le delta de la Touloubre, régresse progressivement depuis le début des années 70. L'allure du trait de côte dans ce secteur est très variable en fonction des tempêtes qui l'atteignent et le déforment. La pente des fonds tend à diminuer (SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE, CABINET RAMADE/GERIM, 1993).

D'orientation est-ouest, le littoral de Saint-Mitre-les-Remparts entre Varage et Massane, est très exposé aux houles provoquées par le Mistral.

D'autres secteurs en érosion ont été identifiés sur le pourtour de l'étang de Berre en plus de ceux précédemment décrits (SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE *in* GIPREB, 2002) parmi lesquels : les côtes rocheuses de Saint-Mitre-les-Remparts et

de Martigues, un petit secteur littoral sur la rive orientale de la baie de Saint-Chamas, etc. Aucune précision n'a pu être obtenue concernant ces secteurs. Des précisions figurent dans l'étude réalisée pour la DIREN sur les falaises côtières. Elles ont été présentées au § 4.4.3.

4.4.4.3 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

Les côtes meubles sont très présentes sur le pourtour de l'étang, il s'agit de :

- ♦ **zones humides** telles que les rives nord et est de la baie de Saint-Chamas où prend place une zone humide à phragmitaie (roselière), les zones de delta constituant des côtes basses marécageuses (delta de la Touloubre, de l'Arc), le secteur de Rognac, le pourtour de l'étang de Bolmon et les zones d'anciens salins ;
- ♦ **littoraux sableux**. Les plages sont présentes en particulier le long du cordon du Jaï au sud et sur le littoral est de l'étang de Vaine et de celui du Grand Etang. Elles sont également présentes de façon ponctuelle sur le littoral occidental, en particulier autour de l'anse du Ranquet (communes d'Istres et de Saint-Mitre-les-Remparts).

A- Morphologie des plages

✓ le cordon dunaire du Jaï

Le Jaï est un cordon dunaire (appelé aussi lido) séparant l'étang de Bolmon de l'étang de Berre. D'une longueur de 5 km pour une largeur moyenne de 125 à 325 m, son tracé, légèrement arqué, est orienté sud-ouest / nord-est. Le cordon du Jaï présente des plages étroites, à forte pente (5 à 15°), artificialisées aux extrémités sud-ouest et nord-est par des digues et des épis.

Le cordon du Jaï est constitué de trois unités morphologiques distinctes, depuis la mer vers la terre : la plage immergée, la plage émergée (ou aérienne) et la dune.

La morphologie du cordon est caractérisée par la présence d'un talus d'érosion entre la plage immergée, en dégraissement, et la plage émergée.

La plage aérienne est étroite (2 à 50 m) et parfois presque inexistante avec la dune située immédiatement après la zone de déferlement (haut de la plage immergée).

Dans sa partie naturelle, la dune est colonisée par la végétation et est donc stabilisée. Elle est urbanisée à ses extrémités. Le cordon dunaire proprement dit s'étend sur 3 km de long pour une centaine de mètres de large, il est végétalisé à plus de 80%.

La plage immergée est marquée par la présence d'une série de barres et sillons littoraux (AGENCE DE L'EAU, UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001).

✓ autres secteurs

Les pentes des plages immergées sont très faibles, entre 0,1 et 1 %, les secteurs les plus pentus étant le lido du Jaï et la rive gauche du delta de l'Arc (AGENCE DE L'EAU, UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001). Aucune donnée précise n'est disponible sur le littoral au nord de la pointe de Berre.

De nombreuses plages des pourtours de l'étang de Berre ont une largeur de 10 à 15 m :

- ♦ plage de Champigny (15 m) ;
- ♦ plage de Figuerolles (10 m) ;
- ♦ plages du littoral oriental de l'étang de Vaïne (10 à 15 m). Ainsi, au nord de la digue de la base nautique de Vitrolles, la plage fait 8 à 14 m de large (CEC, 2005) et présente une pente régulière, en équilibre ;
- ♦ plages de Saint-Mitre-les-Remparts et d'Istres (environ 10 m).

B- Sédimentologie**✓ le littoral au nord de la Pointe de Berre**

La taille moyenne des sédiments du littoral de Berre-l'Etang est beaucoup plus grossière que celle des sédiments du fond de l'étang.

Les sédiments situés sur le secteur en érosion, entre les Salins de Berre et l'Arc (diamètre inférieur à 1,9 mm), et ceux situés sur la zone d'accumulation, près du port de La Pointe (diamètre de 1,1 mm), sont semblables, avec notamment la présence de débris coquilliers et de galets, témoignant bien de l'action de la dérive littorale dans ce secteur (MORIN, 1997).

Le mauvais classement des sédiments témoigne de la variabilité des modes de sédimentation soumis à des conditions climatiques et hydrodynamiques changeantes.

✓ le cordon dunaire du Jaï

D'après les résultats d'une étude menée en 1999, la granulométrie des sédiments littoraux s'organise ainsi (EOL, 1999) :

- ♦ plage immergée : prépondérance des sables fins ;
- ♦ zone de déferlement : sables grossiers et coquilliers ;
- ♦ plage émergée et cordon dunaire : prépondérance des sables moyens.

Les sédiments sont plus grossiers dans la zone des épis à la terminaison sud-ouest du lido et deviennent plus fins en direction de la Grande Bourdigue.

✓ autres secteurs

Certains secteurs littoraux correspondent en fait à des secteurs remblayés plus ou moins récemment notamment sur les communes de Vitrolles, Saint-Mitre-les-

Remparts, Saint-Chamas ou encore Marignane où une décharge de déchets inertes empiète sur l'étang de Bolmon.

Les plages situées sur le littoral occidental sont tantôt sableuses (Ranquet, Varage, etc.), tantôt composées essentiellement de débris coquilliers (Romaniquette, Janone, etc.). Ces plages ont le plus souvent une largeur d'une dizaine de mètres.

D'après la mairie, la commune de Saint-Chamas compte une seule plage longue de 25 m environ, assez stable et constituée également de débris coquilliers. En 1993, une étude mentionnait en revanche deux plages constituées de galets : la Digue (30 m) et la Petite Venise (50 m ; SCP, CABINET RAMADE/GERIM, 1993).

Les plages situées sur la rive est de l'étang de Vaïne sont essentiellement composées de sables coquilliers.

✓ les fonds de l'étang

Les limons duranciens, issus du canal EDF, constituent actuellement une grande partie des dépôts récents situés sur les fonds de l'étang de Berre. La proportion d'éléments fins est plus importante dans le nord que dans le sud de l'étang, résultat de l'influence décroissante des apports du canal (ROUX et *al.*, 1993 in GIPREB, 2002) et d'une agitation plus importante dans le sud. L'hydrodynamisme lié aux vents dominants de nord-ouest et le courant nord-sud du canal usinier provoquent en effet un tri et un remaniement des particules vers le sud de l'étang.



- Zone homogène
- Limite communale
- Rivière, fleuve
- Plan d'eau, étang
- Aménagement (port, abri)
- Côte rocheuse
- Hydrodynamisme:
- Courant par vent de nord-ouest
- Courant par vent de sud-est
- Dynamique sédimentaire:
- Dérive littorale principale
- Côte meuble en érosion
- Côte meuble en accrétion
- Côte rocheuse en érosion

08MEN006 Phase 1, localisation 17, étang, berre WOP - Port de la Lèze, Tour de Vigie

Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine

- PHASE 1 -

- L'étang de Berre -

Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Echelle :
1/70 000 ème

0 1 2
Kilomètres

Sources : SDAGE RM;
Agence de l'Eau RMC;
MORIN, 1997; SAFEGE, 2007;
MEDAM 2006; DIREN

SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SECOTRAP
INTERTRA

Carte
5

08MEN006

4.5 La Côte Bleue : Du cap Couronne au tunnel du Rove (zone homogène n°18)

Le littoral de la Côte Bleue constitue les premières côtes rocheuses de la Provence après le littoral bas et sédimentaire du golfe du Lion. Occupant la frange littorale du massif de la Nerthe, la côte est constituée de falaises rocheuses ponctuées de plages de petite taille (Carte 6). Le massif de la Nerthe abrite de nombreux vallons dans lesquels coulent des ruisseaux temporaires.

4.5.1 Bathymétrie

La bathymétrie de la zone reflète la topographie terrestre et se caractérise (SAFEGE CETIIS, 2001d ; BETEREM, 1983) :

- ♦ du cap Couronne à la Redonne, par une pente sous-marine faible, donnant naissance à un plateau incliné vers la haute mer de 2,3 % de pente moyenne (BCEOM, 2006) ;
- ♦ de la Redonne au tunnel du Rove, les falaises se prolongent sous la ligne de côte par des tombants donnant naissance à une côte sans plateau littoral. La pente moyenne de ce secteur atteint 6,6 %. Au niveau du cap Méjean, la pente est de l'ordre de 22 % (BCEOM, 2006).

4.5.2 Contexte hydrodynamique

En situation de calme, le littoral de la Côte Bleue est soumis à un courant portant d'ouest en est, appelé « **contre-courant de la Nerthe** », dû au flux rhodanien et à un mouvement tourbillonnaire issu du golfe de Fos (Cabinet A. RAMADE/GERIM, 2000 ; BCEOM, 2006). Ce courant longe le littoral, s'infléchit vers le large au niveau du port de Carry-le-Rouet puis se sépare en deux branches au large des îles du Frioul.

La Côte Bleue, côte « sous » le **Mistral**, est le siège de phénomènes d'upwelling : les eaux de surface entraînées vers le large par le vent sont remplacées à la côte par la remontée des eaux profondes (SAFEGE CETIIS, 2004). Aux premiers instants du Mistral, les masses d'eau sont, en surface, directement entraînées vers le large tandis que les courants de fond se dirigent vers la côte et remontent en surface. En période de Mistral établi, les gradients de pression associés au phénomène d'upwelling (décote à la côte et surcote au large), vont faire évoluer ce schéma en renforçant les composantes du courant parallèles à la côte : le courant s'ajuste sur les gradients de pression en surface et au fond.

Par vent de sud-est, les eaux de surface sont globalement entraînées vers le nord-ouest provoquant par afflux une surélévation du niveau de la surface sur le littoral de la Côte Bleue (SAFEGE CETIIS, 2004). Cette surcote, par effet géostrophique,

accélère la composante du courant vers l'ouest. L'afflux en surface induit, par continuité du mouvement, une plongée des eaux à la côte (phénomène de downwelling) et un courant de retour en profondeur.

De par sa configuration, le littoral de la Côte Bleue est ouvert aux **houles** de secteurs est à ouest. D'après les données relevées au cap Couronne entre 1964 et 1978, les houles prédominantes proviennent des secteurs sud-ouest (26,9 % des observations), sud-sud-est (17,5 % des houles) et ouest-sud-ouest (16,8 % des mesures ; BCEOM, 2006). Ces houles sont inférieures à 0,5 m la moitié du temps et dépassent rarement 2,7 m (dans 1 % des situations). Les hauteurs de houle maximales (supérieures à 4 m) correspondent aux houles de secteur sud-sud-ouest.

4.5.3 Côtes rocheuses

4.5.3.1 Topographie

Le littoral présente les caractères d'un relief continental envahi par la mer, lors de la transgression flandrienne (élévation du niveau marin suite à la dernière période glaciaire). Il montre très nettement les caractères d'une côte de submersion du cap Couronne au cap Méjean, laquelle présente une série de caps et de baies.

Le relief est marqué par de nombreuses falaises et des pentes qui s'adoucissent de l'est vers l'ouest, et en se rapprochant du littoral :

- ♦ à l'est du cap Méjean, le littoral prend l'allure d'une côte rocheuse très découpée et accore⁸. Les falaises atteignent une vingtaine de mètres de hauteur ;
- ♦ du cap Méjean au Rouet, la côte est moins découpée et forme de petites anses souvent aménagées en port ;
- ♦ à l'ouest du Rouet, la côte rocheuse s'aplanit et la ligne de crête s'éloigne du littoral.

Les falaises livrent des éboulis sous-marins contenant des blocs qui peuvent être très volumineux.

4.5.3.2 Géologie

Le massif de la Nerthe, dont le point culminant atteint 240 m, appartient à la Provence calcaire. La Côte Bleue a été formée lors de l'érection de ce massif, constitué de roches sédimentaires d'origines très variées (secondaires et tertiaires).

⁸ Une côte accore est une côte immédiatement bordée de fonds importants et presque sans avant-côte.

Cette chaîne est constituée de terrains jurassiques, crétacés et tertiaires, d'est en ouest.

Le littoral oriental est caractérisé par des affleurements du Crétacé et des terrains du Jurassique. Ces affleurements secondaires sont à l'origine des falaises abruptes rencontrées sur cette côte.

Entre la Couronne et Carry-le-Rouet, affleurent des bancs de grès coquilliers peu résistants, facilement démantelés par l'érosion. Ces formations gréseuses (« Molasse » de Provence) ont été exploitées dès l'époque Romaine (COLLINA-GIRARD, 2005).

4.5.3.3 Sensibilité à l'érosion

D'après l'étude des falaises côtières (BRGM, 2005), la côte est affectée de plusieurs types d'instabilité :

- ◆ instabilité liée à la formation de réseaux de fracturation (karstification) menant à la déstabilisation du calcaire en surplomb et localement de glissement banc sur banc (à l'ouest, de l'anse de la Couronne Vieille à celle de la Beaumaderie) ;
- ◆ érosion différentielle des niveaux plus tendres (sables, par exemple). Elle peut être accompagnée de chutes de blocs provoquées par la déstabilisation de ces derniers (exemples : anses du Petit et du Grand Rouveau à Sausset-les-Pins). D'autres secteurs ne subissent pas de fracturation (le Moulin à Carry-le-Rouet).

Plusieurs secteurs sont caractérisés par la production et le glissement de blocs issus des barres calcaires situées en amont. Le glissement de ces blocs est localement ralenti par la végétation ou des zones de replats topographiques. Le glissement banc sur banc peut être favorisé par la direction du pendage.

De nombreuses zones d'éboulements sont recensées sur la zone, notamment sur la commune d'Ensuès-la-Redonne (extrémité ouest de la commune et secteur du port et cap Méjean ; AGAM, 2000).

Ci-dessous sont exposés quelques secteurs présentant des risques au regard de l'aléa chute de pierres ou de blocs :

✓ le port de Niolon (commune du Rove)

Les quais du port sont dominés par des falaises et escarpements rocheux formés dans des calcaires et des conglomérats très compacts de blocs cimentés (brèches et poudingues). Ces falaises et escarpements rocheux ont une hauteur variant de 4 à 8 m (brèches et poudingues) et atteignant 20 m de hauteur au niveau de la falaise calcaire. Un de ces escarpements, la falaise de brèche, présente des cavités formées par l'érosion marine sans pour autant remettre en cause la stabilité générale du versant.

L'entretien de ces versants est nécessaire tous les 3 à 5 ans (purge des blocs instables, etc. ; CETE, 2004 ; CETE, 2006).

Sur le reste du littoral de la commune du Rove, les éboulements sont rares : un seul éboulement s'est produit il y a 3-4 ans entre le Vesse et le chemin de Resquiadou (commune du Rove, entretien téléphonique du 15 avril 2008). Le volume éboulé n'est pas connu. Le site a depuis été sécurisé par une interdiction d'accès.

✓ la pointe du Rouet (commune de Carry-le-Rouet)

La falaise de la pointe du Rouet d'une hauteur approximative de 35 m pour une pente de 80-90° est constituée d'un matériel très évolutif (forte altérabilité des roches et présence de niveaux tendres à la base) et subit une forte érosion (BRGM, 2005) :

- ◆ les marnes situées à la base du talus sont soumises à un affouillement régulier et donc à un sous-cavage ;
- ◆ la partie inférieure de la falaise présente une alternance de substrats (conglomérats, marnes) favorable à des phénomènes d'érosion différentielle et à des chutes de pierres issues du démantèlement des conglomérats ;
- ◆ au sommet de la falaise, une érosion différentielle se produit dans les brèches et s'accompagne d'importantes chutes de blocs.

Les falaises de la commune de Carry-le-Rouet sont régulièrement soumises à des phénomènes d'éboulements en raison de leur caractère altérable (falaises littorales composées à environ 80 % de poudingues). D'après la mairie de Carry-le-Rouet (entretien du 28 avril 2008), plusieurs évènements de type mouvements de terrain se sont produits sur le territoire communal depuis 2005 avec notamment :

- ◆ un éboulement d'environ 5 m³ sur le côté est du port de Carry (près de la cale de mise à l'eau) le 8 février 2008 ;
- ◆ un éboulement d'environ 500 m³ au niveau du lotissement de Barqueroute (allée de la Falaise) le 13 février 2008. Cet éboulement s'est produit sur une longueur de 30 m, une profondeur de 2,5 m et une hauteur de 7 m ;
- ◆ un éboulement de 50 à 70 m³ en 2005 au niveau d'une falaise située à l'ouest du port du Rouet ;
- ◆ une coulée de boue avait eu lieu en 2005 à l'ouest du port de plaisance, sur la promenade piétonne.

✓ le littoral d'Ensuès-la-Redonne

D'après l'étude des falaises côtières (BRGM, 2005), ce littoral est très concerné par les phénomènes d'érosion de falaises en particulier entre la Madrague de Gignac et le port de Méjean. Ces côtes y sont caractérisées souvent par un pendage subvertical, une fracturation intense en partie supérieure et l'altération des niveaux argileux. Ces éléments favorisent la présence de blocs et masses instables (300 m³). Les phénomènes se produisant sont variés : chutes de blocs, éboulements en masse, sous-cavage, érosion différentielle.

✓ **le secteur de l'Estaque**

Les falaises calcaires de la Corbière ont une hauteur de 25 à 60 m. Les éboulements y sont rares (BLANC, 1990).

4.5.4 Côtes meubles

Les portions accessibles de la Côte Bleue sont soit des sites sableux naturels de petite taille (le Rouet, la Tuilière), soit des sites aménagés en plages artificielles ou en ports (RAMADE, GERIM, 2000).

4.5.4.1 Sources sédimentaires

Les sédiments sur cette portion du littoral proviennent de l'érosion des falaises et des apports des petits cours d'eau côtiers en période de pluie auxquels s'ajoutent ponctuellement des rechargements. Ainsi, la plage du Rouet est rechargée artificiellement, l'érosion des falaises limitrophes n'alimentant pas suffisamment la plage pour empêcher son recul (SABATIER, 1996).

4.5.4.2 Dynamique sédimentaire

Les plages de petite taille situées en fond de calanque ou de crique paraissent généralement relativement stables.

Les courants sagittaux provoquent l'érosion des fonds sableux (crique de Sainte-Croix, écueil d'Aragon). Le choc des vagues contre les falaises formées de roches tendres (molasses miocènes) dans ce secteur provoquent leur érosion (BLANC, 1990).

Sur la plage du Rouet, le transit sédimentaire est réduit étant donné la longueur de la plage, il s'établit d'est en ouest (SABATIER, 1996 *in* AGENCE DE L'EAU, 2001).

Les travaux de Sabatier en 1996 ont montré que sur 3 mois, en période hivernale, la plage aérienne du Rouet présente un bilan sédimentaire positif (+40 m³ entre octobre 1995 et janvier 1996). Sur la même période, la plage sous-marine est en équilibre avec toutefois de fortes variations du bilan sédimentaire (de -67 m³ à +65 m³) témoignant de l'importance des transferts sédimentaires dans ce secteur. Ces résultats, très ponctuels spatialement et temporellement, doivent être relativisés car ne pouvant refléter un fonctionnement global de la plage. Globalement, cette plage prise dans son ensemble a présenté lors de cette étude un bilan sédimentaire positif. Les mouvements sédimentaires mis en évidence dans cette étude étaient de deux types :

- ◆ un mouvement transversal qui apporte du sable depuis la plage sous-marine ;
- ◆ un mouvement longitudinal qui transporte les blocs et galets vers l'ouest.

La plage de Corbière est soumise à des problèmes d'érosion principalement lors de fortes pluies (entretien avec la commune de Marseille du 3 juin 2008).

Signalons ici la présence d'herbiers de Posidonies se développant à la fois sur les fonds meubles et, cas particulier de la Côte Bleue, sur le substrat rocheux (BETEREM, 1983). Ces herbiers peuvent jouer un rôle important dans les dynamiques hydro-sédimentaires affectant le trait de côte en amortissant les houles et limitant la perte de sédiment vers les grandes profondeurs (rôle de rétention des sédiments par les rhizomes). Un vaste herbier, de 800 à 1 100 ha, se situe face au littoral d'Ensues-la-Redonne. Il s'agit de l'herbier le plus étendu du département.

4.5.4.3 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

A- Généralités

Les plages de poche sont constituées soit de sables, soit de graviers et de galets ou de ces trois fractions sédimentaires en mélange. Par exemple, les plages de la commune du Rove, la Vesse et Niolon, sont toutes les deux composées de galets (commune du Rove, entretien téléphonique du 15 avril 2008).

Les plages de la Côte Bleue sont peu étendues (longueur maximale de 265 m) et généralement de petite taille, avec une largeur moyenne de 14 m (RAMADE, GERIM, 2000). Elles sont généralement constituées de sables grossiers et de petits galets. Par exemple, la plage artificielle de Corbière est caractérisée par des galets de l'ordre de 20-30 mm de diamètre (entretien avec la commune de Marseille du 3 juin 2008).

Les criques, très échancrées et abritées du Mistral et de la Tramontane (Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet et La Redonne), sont prolongées en mer par des éventails détritiques sous-marins de sables mobiles et lessivés (RAMADE, GERIM, 2000).

Les fonds marins meubles sont composés de sédiments de granulométries diverses : vases, vases bioclastiques, vases sableuses et bioclastiques, sables vaseux et sables et graviers. L'ensemble de ces fractions sédimentaires n'est pas forcément représenté dans tous les cas.

B- Exemple : la plage de poche du Rouet

Cette plage, orientée est-ouest, est longue de 250 m et large de 15 m (SABATIER, 1996 in AGENCE DE L'EAU, 2001). L'estran est composée de sables, de graviers et de galets tandis que sa partie immergée présente des sables et des blocs effondrés. Les fonds dans l'anse du Rouet ne descendent pas au-delà de -10 m.

Une partie des sédiments de la plage émergée (graviers calcaires sub-émoussés) provient des rechargements effectués sur cette plage par les services municipaux. Ainsi, la plage du Rouet a été rechargée en 1999 en gros galets (plus de 500 tonnes

représentant à peu près la moitié de la plage, commune de Carry-le-Rouet, entretien du 28 avril 2008). Les sédiments les plus grossiers (blocs et galets) se trouvent à l'est, secteur soumis aux plus fortes dynamiques marines, tandis que les éléments les plus fins occupent l'ouest, secteur moins agité, ce qui provoque l'ensablement du port situé dans la partie ouest de l'anse du Rouet. La largeur de la plage tend à augmenter à l'ouest et à rétrécir à l'est.



08MEN006_Phaset Localisation_18_cote_bleue.WOR - AS - Février 2009

4.6 La rade de Marseille : du tunnel du Rove au cap Croisette (zone homogène n°19)

La zone homogène n°19 correspond à la rade de Marseille (Photographie 4-2). Elle est encaissée entre la chaîne de la Nerthe à l'ouest et le massif des Calanques au sud (Carte 7). L'ensemble de la bande littorale est urbanisé. La moitié nord de la rade, entre le tunnel du Rove et le Fort Saint-Nicolas, à l'entrée du Vieux-Port, est presque totalement artificialisée par les infrastructures portuaires (quais, digues, terre-plein). Au sud, entre le Fort Saint-Nicolas et le cap Croisette (extrémité sud de la zone homogène) le littoral est tour à tour rocheux (au nord et au sud), sableux (plage artificielle en fond de la baie du Prado, plages de poche dans les petites criques des côtes rocheuses : Catalans, quartier d'Endoume...) et artificialisé au niveau des petits ports dispersés sur cette partie du littoral.



Photographie 4-2 : Rade sud de Marseille (Source : SAFEGE, mars 2008)

4.6.1 Bathymétrie

Au nord du cap Croisette (extrémité sud de la baie du Prado), les fonds sous-marins sont globalement en pente douce (2 % environ) en direction du centre de la rade sud de Marseille ; seul le liseré côtier rocheux est abrupt sur les dix premiers mètres de profondeur.

L'île Maïre est séparée du littoral continental par une passe étroite de 65 m de large et d'environ 5 m de profondeur.

4.6.2 Contexte hydrodynamique

Le « **contre-courant de la Nerthe** », courant circulant d'ouest en est le long de la Côte Bleue, se sépare en deux branches au large des îles du Frioul : une branche dévie vers le sud jusqu'au large du cap Croisette et l'autre branche, déviée vers l'est par les îles du Frioul, forme un large mouvement circulaire le long des côtes de l'Estaque et rejoint le courant général au large du Rouet (BCEOM, 2006).

Par **vent de sud-est**, les eaux de surface sont globalement entraînées vers le nord-ouest provoquant, par afflux, une surélévation du niveau de la surface sur le littoral de la rade nord de Marseille, entre le Rove et l'Estaque (SAFEGE CETIIS, 2004). Les zones placées « sous » le vent de sud-est, sont le siège de phénomènes inverses : les eaux de surface sont entraînées vers le large et sont remplacées par les eaux de fond qui affluent à la côte. Entre les deux rades, les eaux transitent majoritairement du sud vers le nord. On relève également une accélération des courants sur les hauts fonds du Planier.

Par régime de **Mistral**, les courants, relativement uniformes au sein de chacune des rades, se dirigent vers le sud, sauf à proximité des îles du Frioul dont les contours provoquent des cisaillements horizontaux et verticaux du courant (SAFEGE CETIIS, 2004). L'effet des îles est encore plus manifeste en profondeur où on obtient un courant qui contourne l'archipel et interagit dans la rade sud avec les eaux provenant de la rade nord. Les échanges entre les deux rades de Marseille s'effectuent du nord au sud, sur toute la colonne d'eau.

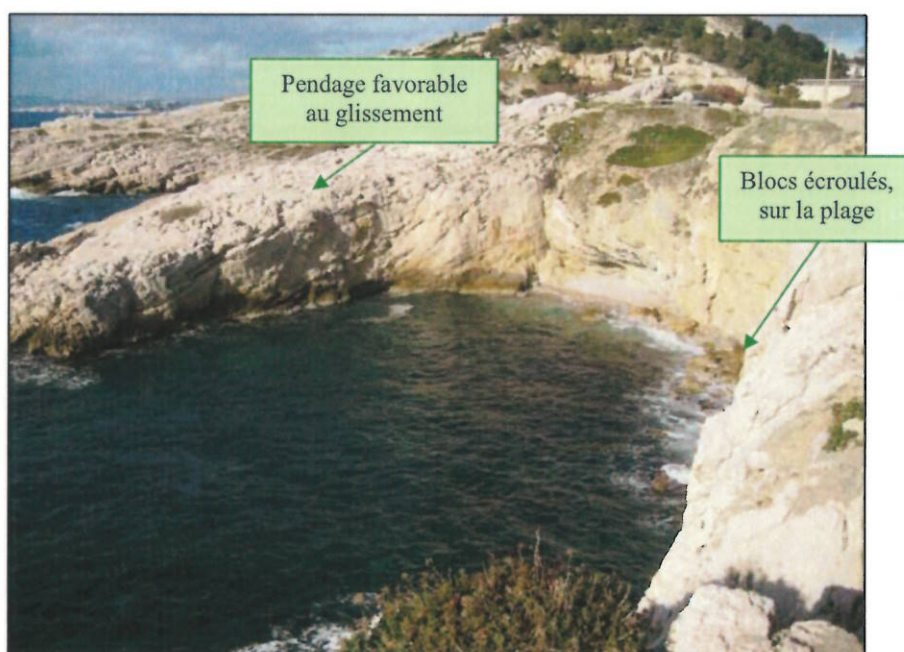
Aux abords de Marseille, on note la prédominance des **houles** de secteurs sud-est et sud-ouest qui proviennent de loin et de celles de nord-ouest liées au régime de Mistral/Tramontane (GIEULLES, 1993 ; GEOMER, 1994 ; BCEOM, 2002). Les caractéristiques de ces houles sont précisées dans le chapitre 4.1.2.4.

4.6.3 Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses sont essentiellement situées au nord et au sud de la baie du Prado qu'elles encadrent et au niveau du Frioul. Les principaux phénomènes d'instabilité mis en évidence par l'étude des falaises côtières régionales (BRGM, 2005) sont :

- ♦ une érosion différentielle provoquant des sous-cavage et chutes de pierres et de blocs au pied de la falaise du Pharo ;
- ♦ des instabilités de type ravinement à la pointe Carinade ;
- ♦ des chutes de pierres et de blocs pouvant se produire sur la Corniche et dans le quartier de Malmousque en raison de la présence de brèches cimentées en plaquage sur du calcaire et soumises à l'érosion importante liée à la mer ;
- ♦ d'importants problèmes de chutes de pierres et de blocs depuis les hautes falaises surplombant la corniche au niveau du Roucas Blanc ;

- ♦ entre la pointe de Montredon et la Madrague, la présence de falaises de 6 m de hauteur environ, taillées dans les brèches cimentées récentes et présentant des problèmes d'instabilités liées principalement à l'action de la mer (sous-cavage) et à la déstabilisation des blocs par altération rapide de la matrice ;
- ♦ la présence d'une zone caractérisée par une fracturation importante (avec production de blocs) et par un pendage favorable aux glissements banc sur banc (Photographie 4-3). De gros problèmes d'instabilités sont signalés à la calanque du "Mauvais Pas" (interdite d'accès).



Photographie 4-3 : Calanque du Mauvais Pas (Source : SAFEGE – mars, 2008)

4.6.4 Côtes meubles

Peu de données bibliographiques ont pu être récupérées concernant les plages de la rade de Marseille. Des informations ont été récoltées lors de l'entretien avec la commune de Marseille et seront complétés par les visites de terrain en Phase 2.

4.6.4.1 Dynamique sédimentaire

Au niveau de la plage du Prado, le transit sédimentaire est réduit et perturbé par les digues et les brises-lames présents sur la plage (AGENCE DE L'EAU et UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001).

D'après la commune de Marseille, les plages les plus touchées par les phénomènes d'érosion sont (entretien avec la commune de Marseille du 3 juin 2008) :

- ♦ la plage au niveau Borely ;
- ♦ la plage au niveau de l'Huveaune ;
- ♦ la plage au droit de Bonneveine (partiellement) ;
- ♦ la plage du Prophète.

Les plages de Pointe-Rouge, du Prophète et de l'Huveaune ne se comportent pas de manière homogène sur toute leur longueur et présentent des secteurs en érosion et d'autres en accrétion. Leur comportement varie en fonction des conditions météorologiques.

Les petites plages (Calanque Blanche, etc.) situées sur la portion de littoral entre la Madrague de Montredon et le port des Goudes sont assez stables. Elles peuvent évoluer en période de mauvais temps.

4.6.4.2 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

✓ La plage du Prado

L'Huveaune débouche sur la plage au Prado, elle draine un bassin versant urbanisé à l'extrême et est elle-même complètement artificialisée (recalibrée et endiguée).

La baie du Prado, longue de 10 km et limitée au nord par la pointe d'Endoume et au sud par le cap Croisette (SOGREAH, 1984), abrite la principale plage de cette zone : la plage du Prado. Cette plage est longue de 3 km et orientée nord/sud, elle est limitée par les pointes du Roucas Blanc au nord et de Montredon au sud.

La plage du Prado se présente sous la forme d'une succession de plages alvéolaires (entretien avec la commune de Marseille du 3 juin 2008) :

- ♦ le sédiment de la plage du Prado Nord est de type grain de riz de diamètre 2-3 mm ;
- ♦ la plage au niveau de l'embouchure de l'Huveaune est composée de sable naturel de taille 4 mm ;
- ♦ la plage au niveau de Borély est composée de galets de la Durance (30-60 mm de diamètre).

La plage initiale, formée par les apports sédimentaires de l'Huveaune, était plus étroite, moins longue (1,5 km) et constituée de sables (grain moyen de 0,5 mm). Cette plage est rechargée artificiellement.

En position immergée, la plate-forme continentale est large et la pente infra-littorale de l'ordre de 1,25 % au droit de l'hippodrome (AGENCE DE L'EAU et UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001).

Deux rides littorales se trouvent de part et d'autre du débouché de l'Huveaune (BLANC, 1958).

✓ Les autres plages

Les caractéristiques des autres plages du littoral de la zone homogène n°19 sont les suivantes (entretien avec la commune de Marseille du 3 juin 2008) :

- ♦ la plage de l'Anse Vieille Chapelle n'est pas aménagée et est composée à moitié de grains de riz et de galets ;
- ♦ les plages des Catalans et du Prophète sont apparues naturellement, en lien avec la présence d'ouvrages à proximité ;
- ♦ la plage de la Pointe-Rouge appartient à l'Etat, la ville de Marseille n'intervient pas concernant son rechargement.



4.7 Le massif des Calanques - du cap Croisette à la pointe Cacao (zone homogène n°20)

La zone homogène n°20 correspond à la frange côtière du massif des Calanques et de l'archipel de Riou (Carte 8). Elle se caractérise par des falaises et escarpements dotés d'échancrures, de caps, d'anses et de calanques au fond desquelles se trouvent de petites plages.

4.7.1 Bathymétrie

Dans la zone homogène n°20, l'isobathe 50 m très proche du sud de l'île de Riou et des caps au niveau du massif, souligne une bathymétrie abrupte présentant de vastes zones de tombant. La zone est également marquée par la présence de deux passes peu profondes séparant d'une part l'île de Jarre et le continent et d'autre part l'île Plane de l'île de Riou.

La cuvette dans la zone de Cortiou, délimitée par le plateau des Chèvres, l'île Plane et le bec de Sormiou, est marquée par des fonds qui remontent progressivement (pente moyenne 1,8 %) depuis 80 m de profondeur à l'est de la zone jusqu'au plateau des Chèvres pour atteindre 8 m de profondeur.

Les calanques de Sormiou et de Morgiou sont caractérisées par des fonds sous-marins de pente assez faible et relativement homogène selon l'axe d'étirement de la calanque. L'isobathe 50 m se situe à environ 1 250 m du fond de la calanque, ce qui représente une pente moyenne d'environ 4 %.

Jusqu'à la pointe Castel-Viel, la pente du fond est marquée, comprise entre 15 et 20 %. L'isobathe 50 m se trouve globalement à moins de 250 m de la côte et se resserre encore, pour atteindre le pied des falaises au niveau de la pointe Castel-Viel.

Le littoral compris entre les pointes de Castel-Viel et de Cacao est profondément marqué par les calanques d'En-Vau et de Port-Pin, qui présentent la particularité d'avoir une ouverture commune vers la mer sur des fonds d'environ 35 m de profondeur.

Plus au large, à partir de 30-50 m de fond, la pente globale est nettement plus faible, l'isobathe 100 m n'est atteint qu'à une distance de plus de 6 km de la côte. Le plateau continental s'étend en fait sur plus de 15 km.

4.7.2 Contexte hydrodynamique

L'hydrodynamisme le long du massif des Calanques résulte de la variabilité et du nombre des facteurs agissant sur le mouvement des masses d'eau, elles-mêmes s'écoulant le long de côtes découpées et sur des fonds accidentés (SAFEGE CETIIS, 2004).

Les vents de secteurs sud-est et sud-sud-est produisent en surface un mouvement des masses sur le littoral sud de Marseille d'eau vers le nord-ouest qui s'accélère entre les îles (Carte 8). Cet afflux d'eaux de surface provoque une surélévation du niveau de la surface à la côte. Cette surcote, par effet géostrophique, accélère la composante du courant vers l'ouest (SAFEGE CETIIS, 2004). L'afflux en surface induit, par continuité du mouvement, une plongée des eaux à la côte (phénomène de downwelling) et un courant de retour en profondeur dont la vitesse est fixée par la topographie et la bathymétrie.

Aux premiers instants du **Mistral**, les masses d'eau sont, en surface, directement entraînées vers le large le long de la côte (côte « sous » le Mistral) tandis que les courants de fond se dirigent vers la côte et remontent en surface (SAFEGE CETIIS, 2004). En situation établie (Carte 8), les gradients de pression associés au phénomène d'upwelling (décote à la côte, surcote au large) vont faire évoluer ce schéma en renforçant les composantes du courant parallèles à la côte : le courant s'ajuste sur les gradients de pression en surface et au fond.

En raison de sa configuration, la zone homogène n°20 est soumise aux houles de secteurs sud-est et sud-ouest qui proviennent du large et de celles de nord-ouest liées au régime de Mistral/Tramontane (GIEULLES, 1993 ; GEOMER, 1994a ; IARE-IFREMER, 1997 ; BCEOM, 2002). La zone comprise entre la côte et les îles au large de Cortiou est relativement protégée de l'action des houles, à l'exception des houles de secteur sud-est à est. L'atténuation des houles incidentes serait comprise entre 40 et 90 % selon le secteur de provenance (PREVIMER, 2008).

4.7.3 Côtes rocheuses

4.7.3.1 Topographie, géologie

A l'exception de certains secteurs situés à l'ouest de la zone (secteur de Marseilleveyre notamment) présentant une côte rocheuse basse correspondant à des éboulis cimentés, le massif des Calanques et l'archipel de Riou représentent une entité assez homogène constituée de terrain calcaire urgonien (Crétacé inférieur). Leur surface s'étend respectivement sur 5 000 et 150 hectares.

Les calanques de Sormiou et de Morgiou sont profondément entaillées dans le massif selon un axe nord-ouest/sud-est. Jusqu'à la pointe Castel-Viel, le littoral rocheux accore est ensuite relativement rectiligne, on note toutefois la présence de deux calanques de faibles dimensions. Le littoral compris entre les pointes de Castel-Viel

et de Cacao est profondément marqué par les calanques d'En-Vau et de Port-Pin. Relativement étroites, elles ne dépassent pas 170 m de large au niveau de leur ouverture et atteignent respectivement une longueur de 700 et 600 m. Ces calanques, caractéristiques de la région, sont nées de l'érosion progressive du calcaire creusé par de petits fleuves pendant l'ère Quaternaire. Ces anciennes vallées fluviales à l'aspect de canyons furent ensuite envahies par la mer à la fin de l'ère Glaciaire. La transgression flandrienne engendra une remontée du niveau marin d'environ 110 m par la fonte des énormes glaciers (inlandsis) qui recouvraient une partie du continent. Cette remontée est également à l'origine de l'isolement des îles de l'archipel de Riou rattachées autrefois au continent. Enfin, la formation d'un réseau karstique au niveau du massif des Calanques a entraîné la création de nombreuses grottes qui ont été partiellement ou complètement noyées lors de la remontée du niveau marin.

Les calanques longues telles que celle d'En-Vau ou de Sormiou correspondent à des vallées ennoyées lors de la transgression flandrienne. Les calanques courtes sont pour la plupart le produit de l'érosion karstique (SOGREAH, 1984).

Les calcaires urgoniens, qui forment l'essentiel du massif des Calanques, fracturés et karstifiés, sont creusés de grottes aériennes ou immergées (BLANC et MONTEAU, 1988 in COLLINA-GIRARD, 2005).

4.7.3.2 Sensibilité à l'érosion

Le secteur des calanques est soumis à de nombreuses formes d'instabilité (érosion différentielle, sous-cavage, éboulements, chutes de blocs et de pierres, glissements). Ces phénomènes sont favorisés par :

- ◆ la présence de substrats altérables (niveaux dolomitiques, marnes instables, brèches, écailles dans les faciès calcaires) ;
- ◆ des phénomènes physiques favorisant la déstabilisation des versants (karstification, fracturation, accidents tectoniques, érosion marine).

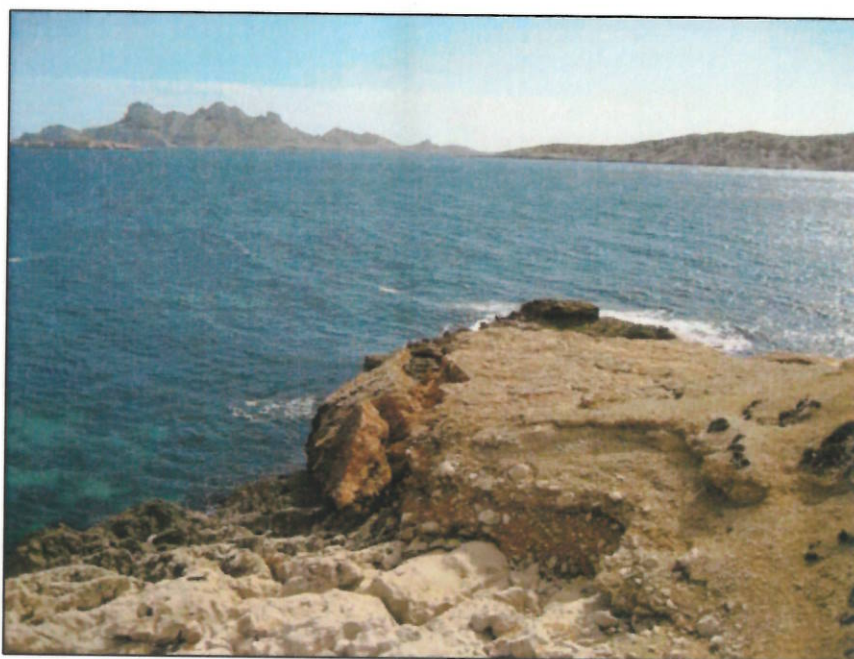
A quelques exceptions, l'ensemble du massif des Calanques est concerné par l'un ou l'autre de ces phénomènes. Parmi les principaux secteurs d'instabilité mis en évidence par l'étude des falaises côtières régionales (BRGM, 2005) il est possible de noter en particulier, d'ouest en est :

- ◆ le secteur à l'ouest de la calanque de **Marseilleveyre** (entre l'ancienne batterie et la calanque) : présence d'éboulis torrentiels très cimentés se débitant en blocs sous l'effet d'une importante circulation d'eau. Un important sous-cavage se produit au pied du versant (Photographie 4-4) ;
- ◆ entre **Marseilleveyre** et la calanque du **Podestat** : présence de niveaux dolomitiques très altérables et fracturés s'accompagnant donc de chutes de blocs ;
- ◆ entre la calanque du **Podestat** et l'îlot de la **Mélette** : présence de niveaux dolomitiques à la base très instables produisant des blocs de 50 à 80 m³. Ce

secteur est caractérisé également par une fracturation importante et des accidents tectoniques ;

- ♦ **sur le versant est de la calanque de Sormiou** : présence de talwegs à éboulis (faible pente, blocs arrondis) et, localement, présence d'écailles fracturées instables et de traces de chute de blocs (10 à 20 m³) ;
- ♦ **à l'est de la calanque de Sugiton** : présence de marnes instables, d'accidents tectoniques et de fissures de décompression s'accompagnant de phénomènes de sous-cavage, d'érosion différentielle et de chute de blocs et de pierres. Un éboulement s'est produit au niveau de la calanque des Pierres Tombées, à proximité de la calanque de Sugiton, le 5 février 2006 et a fait une victime. Un arrêté municipal a été pris le 21 avril 2008 pour en fermer l'accès aux promeneurs ;
- ♦ **de la calanque de Devenson à l'aiguille de l'Eissadon** : présence d'une barre calcaire sommitale à blocs instables (écailles), d'éboulis de pente (glissements) et de phénomènes de karstification ;
- ♦ **dans les secteurs d'Eissadon, pointe de l'Ilot et calanque de l'Oule** : fracturation importante, zones karstiques et écailles en surplomb et zones d'éboulis cimentés (glissements).

Les falaises livrent des éboulis sous-marins contenant des blocs qui peuvent être très volumineux.



Photographie 4-4 : Bloc en déséquilibre à l'ouest de la calanque de Marseilleveyre
(source : SAFEGE – mars 2008)

4.7.4 Côtes meubles

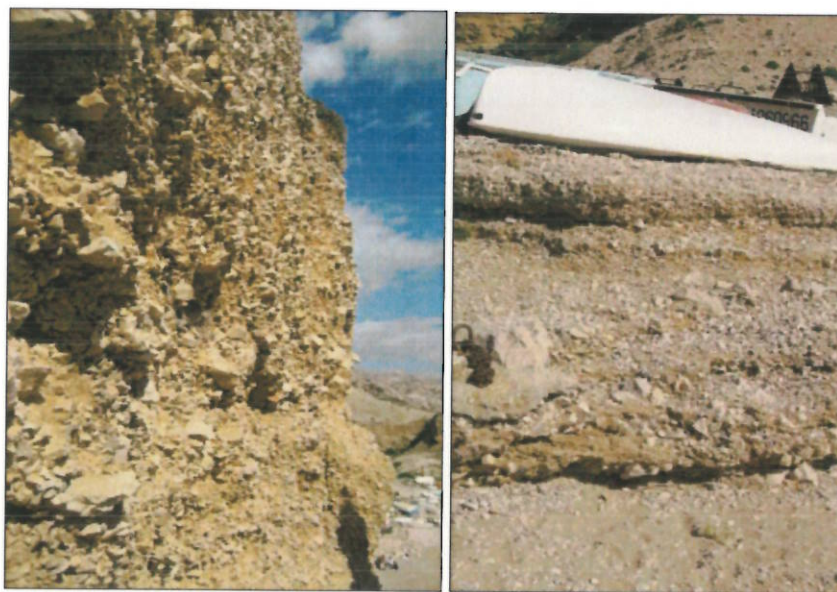
Les secteurs sableux du massif des Calanques représentent un linéaire côtier d'un peu plus de 400 m (GIS POSIDONIE-COM-IFREMER, 2004), les principaux secteurs sableux sont situés dans les calanques de :

- ♦ Marseilleveyre (90 m) ;
- ♦ Podestat (15 m) ;
- ♦ Sormiou (140 m) ;
- ♦ Morgiou (35 m) ;
- ♦ Sugiton (15 m) ;
- ♦ En-Vau (45 m) ;
- ♦ Port-Pin (20 m) ;
- ♦ Monastério – Ile de Riou (25 m).

4.7.4.1 Sources sédimentaires

Les sédiments composant les plages sont essentiellement issus de l'érosion des versants alentours ce qui explique les fortes proportions de particules grossières (galets, graviers), la source sédimentaire étant très proche.

Les versants sont essentiellement calcaires mais des affleurements de poudingues et de conglomérats composés d'éléments anguleux pris dans une matrice sableuse sont également présents dans certains secteurs. Leur démantèlement par la dynamique marine permet l'approvisionnement de la côte en matériel comme c'est le cas par exemple dans la calanque de Marseilleveyre où coexistent des conglomérats composés d'éléments anguleux et émoussés (Photographie 4-5).



Photographie 4-5 : Conglomérats présents en bordure littorale - secteur de Marseilleveyre
(Source : SAFEGE – mars 2008)

4.7.4.2 Dynamique sédimentaire

Les plages des calanques sont généralement stables car très petites et abritées en fond de calanque. Peu de mouvements de sédiments se produisent. La plage de Sormiou, la seule plage constituée de sable, est aussi la seule à être en recul dans le massif (entretien avec le GIP Calanques).

D'après BLANC (1957), dans les calanques, orientées généralement nord-nord-ouest / sud-sud-est, l'obliquité de la houle incidente et les réflexions sur la paroi orientale près du rivage provoquent un déplacement des sables et graviers du nord-est vers le sud-ouest à la vitesse moyenne de 0,6 m/mn par forte houle.

Les phénomènes les plus importants sont observés par vent d'est avec, par houle modérée ou assez forte, un amaigrissement de la plage compensé par les apports de sables, galets et banquettes de feuilles de Posidonies lors des grosses tempêtes depuis les petits fonds (-2 à -4 m). Sur le fond, la dispersion se fait vers le large par traction, suspension et saltation. La présence de chenaux obliques favorise parfois la circulation des sédiments vers le large (BLANC, 1957).

4.7.4.3 Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

Quelques petites plages de poche se développent en fond de calanque (Photographie 4-6) ; elles sont essentiellement constituées de galets issus des côtes calcaires alentours (entretien avec le GIP Calanques).

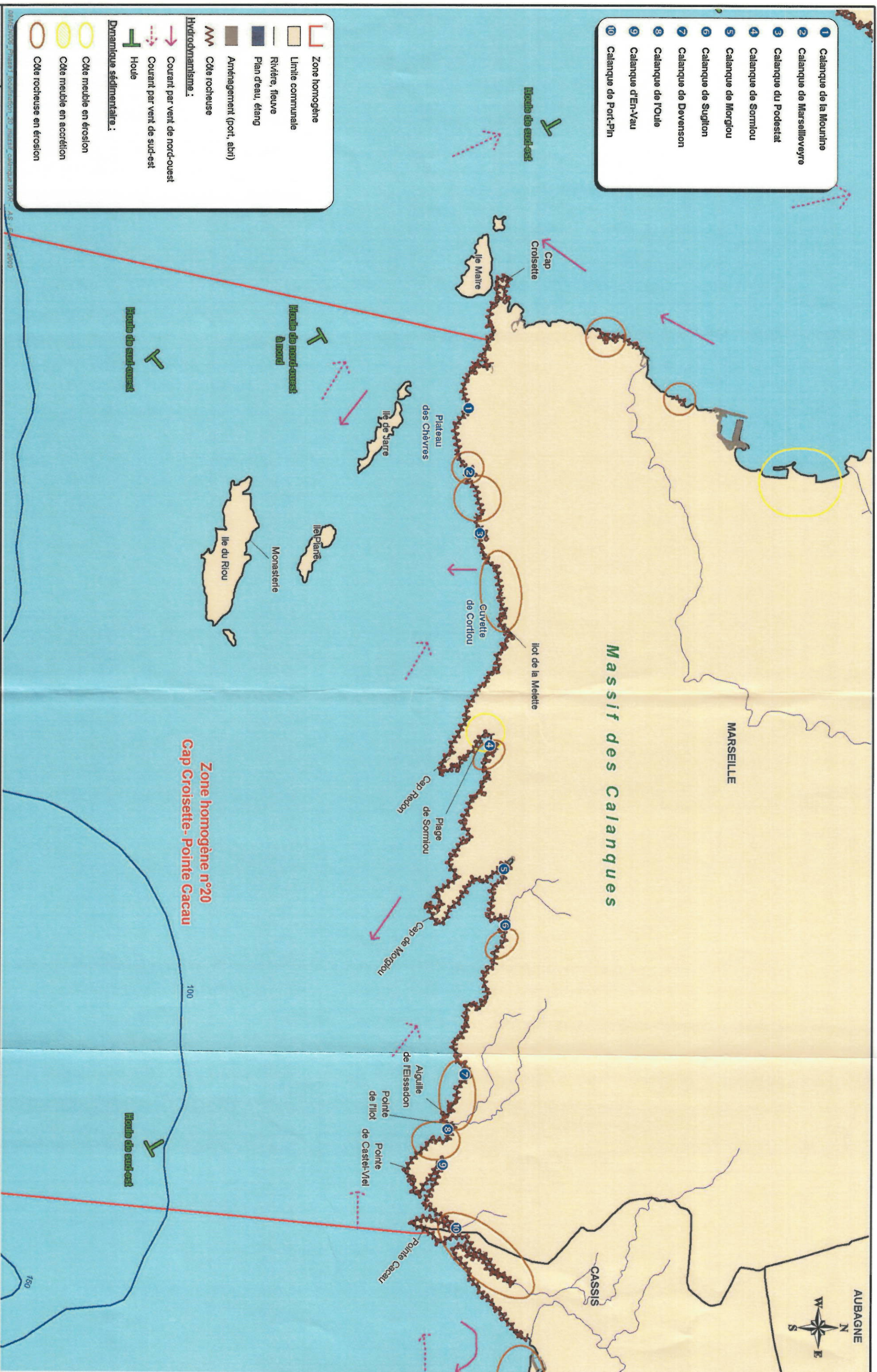


Photographie 4-6 : Calanque de la Mounine (Source : SAFEGE – mars2008)

Des lobes détritiques sous-marins se forment à l'entrée des calanques par forts vents d'est ou de sud-est lesquels génèrent des courants de décharge érodant les fonds et étalant les sédiments (BLANC, 1976). Ces formations composées de sables et graviers étaient désignées par Picard par le terme « bouchons de Calanques » (*in* BLANC, 1976).

- 1 Calanque de la Mourinière
- 2 Calanque de Marsilleveyre
- 3 Calanque du Podestat
- 4 Calanque de Sorniou
- 5 Calanque de Morgiou
- 6 Calanque de Devenson
- 7 Calanque de Sugiton
- 8 Calanque de l'Oule
- 9 Calanque d'En-Vau
- 10 Calanque de Port-Pin

- Zone homogène
 - Limite communale
 - Rivière, fleuve
 - Plan d'eau, étang
 - Aménagement (port, abri)
 - Côte rocheuse
- Hydrodynamisme :
- Courant par vent de nord-ouest
 - ↘ Courant par vent de sud-est
 - T Houle
- Dynamique sédimentaire :
- Côte meuble en érosion
 - Côte meuble en accrétion
 - Côte rocheuse en érosion



Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône
au regard de l'érosion marine
- PHASE 1 -
- Le massif des Calanques -
Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacaou

Echelle :
1/50 000 ème

0 1
Kilomètre

Sources : SDAGE RM;
Agence de l'Eau RMC;
DIREN; MEDAM 2006

SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SECOTRAP
INTERFAC

Carte
8

08MEN006



Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

4.8 Les baies de Cassis et La Ciotat : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon (partie occidentale de la zone homogène n°21)

Le littoral des Bouches-du-Rhône ne représente qu'une partie, environ 1/3, du littoral englobé par la zone homogène 21. L'étude du contexte physique sera entreprise, en fonction des données disponibles, sur la partie occidentale de la zone homogène, soit :

- ♦ la baie de Cassis, relativement étroite et encaissée entre les hautes falaises entaillées par les calanques à l'ouest et le cap Canaille à l'est ;
- ♦ les baies de La Ciotat et des Lecques, entre le cap de l'Aigle et la pointe Fauconnière, séparées par l'avancée du cap Saint-Louis qui marque la limite entre les départements des Bouches-du-Rhône et du Var.

Présentant des côtes essentiellement rocheuses, la zone d'étude est occupée d'ouest en est par (Carte 9) :

- ♦ les derniers reliefs du massif des Calanques (pointe de la Cacao, calanque et presqu'île de Port-Miou) ;
- ♦ la baie de Cassis où alternent des zones basses occupées par des aménagements, des petites plages ainsi que des petites pointes rocheuses (pointes des Lombards et du Corton) ;
- ♦ des falaises abruptes et très élevées formant une bordure côtière presque rectiligne entre l'anse de l'Arène et le bec de l'Aigle (La Ciotat) ;
- ♦ la baie de La Ciotat, encadrée par des côtes rocheuses du bec de l'Aigle au Port Vieux à l'ouest, et de la plage d'Arène Cros au cap Saint-Louis à l'est. Deux pointements rocheux sont présents sur cette côte sableuse : le cap des Moulins et la pointe de la Baumette (GEOMER, 1994) ;
- ♦ la baie des Lecques, du cap Saint-Louis à l'ouest à la pointe Fauconnière à l'est, comprenant une des plus belles plages de sable de l'ouest varois.

4.8.1 Bathymétrie

De la pointe Cacao jusqu'à l'entrée de la calanque de Port-Miou, le littoral est bordé par des falaises qui se prolongent en mer jusque vers 30 m de profondeur. La calanque de Port-Miou s'ouvre sur la mer sur une largeur d'environ 200 m et sur un fond de 20 m de profondeur.

Dans la **baie de Cassis**, les fonds sont relativement abrupts. Ils descendent rapidement près de la côte. Le plateau continental est en effet très étroit dans cette région. A proximité des calanques et du cap Canaille, les fonds tombent en quelques mètres vers l'isobathe 50 m.

Des levés bathymétriques ont été ponctuellement entrepris dans la baie de Cassis :

- ♦ dans l'anse du Corton, dans le cadre de l'étude de protection de la falaise de l'anse de Corton (*in* BCEOM, 1998) ;
- ♦ à l'extérieur du port de Cassis, dans le cadre de l'étude de la protection du port de Cassis (GEOMER, 1994c).

Creusée par l'érosion fluviale et l'action de la mer, la baie de Cassis se prolonge en mer par le **canyon sous-marin de la Cassidaigne**, profond de 1 000 m à 16 km du port vers le sud. Le canyon de Cassis (ou de la Cassidaigne), dont la tête se trouve à 7 km de la côte, est orienté nord-sud sur une dizaine de kilomètres. Après un surcreusement suivi d'un resserrement, la vallée sous-marine se dirige vers le sud-est, puis vers l'est. Ainsi, le canyon de Cassis, comme beaucoup des canyons de la Méditerranée nord-occidentale, subit une torsion vers l'ouest. Cette torsion a une origine tectonique. Au bas de la pente continentale, le canyon de Cassis rejoint une vallée sous-marine qui, se dirigeant vers l'est, prolonge le canyon de Planier (ou de Marseille).

Ouverte au sud-est sur environ 4 km, la **baie de La Ciotat** présente une côte basse composée en alternance de micro-falaises et d'anses sableuses. Les fonds descendent doucement vers le large (RAMADE/GERIM, 1986) avec une pente moyenne jusqu'à l'isobathe 20 m de 1 m, c'est-à-dire de 0,05 % (SOGREAH, 1984). Les falaises situées à l'ouest se prolongent par un tombant sous-marin de 5 à 20 m de hauteur auquel s'adossent des éboulis provenant de la dégradation de la falaise ou de petites plates-formes rocheuses (RAMADE/GERIM, 1986).

4.8.2 Contexte hydrodynamique

Au large des baies de Cassis et de La Ciotat, circule le **courant Liguro-Provençal**, de l'est vers l'ouest à des vitesses comprises entre 0,1 et 0,25 m/s (CERBOM, 1969 ; GEOMER, 1994a ; GEOMER, 1994b ; BONHOMME et *al.*, 2001 ; CREOCEAN et GIS Posidonie, 2003 ; SAFEGE CETIIS, 2004). En théorie, celui-ci génère un contre-courant parallèle à la côte. Cette veine inverse, irrégulière, est cependant difficilement observable. Lorsque ce courant porte effectivement vers l'est, il longe la côte et emprunte notamment le passage entre le cap de l'Aigle et l'île Verte pour pénétrer dans la baie de La Ciotat.

Par **vent d'est**, la circulation du courant Liguro-Provençal est renforcée. Dans la baie de Cassis, les courants longent le cap Canaille en direction du port (SAFEGE CETIIS, 2004), engendrant une accumulation des masses d'eaux à la côte dans la baie. Dans la baie de La Ciotat, un courant tourbillonnaire cyclonique s'établit par vent d'est (SOGREAH, 1984). Les masses d'eaux superficielles s'accumulent dans la baie des Lecques à l'est de la commune de La Ciotat.

Par **régime de Mistral** marqué, la circulation générale tend à s'inverser progressivement selon la durée de l'épisode venteux. Les masses d'eaux superficielles circulent parallèlement à la côte de l'ouest vers l'est. Pour des vents de

direction nord-ouest d'intensité plus faible, on ne relève aucune inversion du courant général. Dans la baie de Cassis, le courant longe le cap Canaille vers le sud-est (SAFEGE CETIIS, 2004), générant, par effet de compensation, des remontées d'eaux profondes dans la baie. Ce phénomène est également observé le long des calanques au niveau de la côte occidentale de la baie. Dans la baie de La Ciotat, un courant géostrophique parallèle à la côte, dû au phénomène de décote, porte vers l'est, renforçant la circulation entre le cap de l'Aigle et l'île Verte.

En raison de leur orientation est-ouest, les baies de Cassis et de La Ciotat sont soumises aux **houles** de secteurs sud-ouest et sud-est (SOGREAH, 1984). La partie occidentale de la baie de La Ciotat, où se trouve le port de la commune, est toutefois protégée des houles de sud-ouest par l'avancée du cap de l'Aigle et la présence de l'île Verte (SOGREAH, 1984). A l'est de la zone d'étude, la baie des Lecques est protégée de l'action des houles de sud-est par la pointe Fauconnière. Les zones du cap de l'Aigle et de l'île Verte, très exposées, font l'objet de phénomènes de réflexion et de diffraction des houles et des fortes vagues (BONHOMME et *al.*, 2001).

4.8.3 Côtes rocheuses

4.8.3.1 Baie de Cassis

A- Topographie, géologie

La côte rocheuse de Cassis correspond aux massifs du cap Canaille et aux falaises du Soubeyran (SAFEGE CETIIS, 2001) :

- ◆ de l'anse de l'Arène, à l'est de la baie de Cassis, au cap Soubeyran, seule une partie supérieure de la falaise est verticale, sa partie inférieure forme un talus incliné à 45° ;
- ◆ à partir du cap Soubeyran jusqu'à la calanque du Cannier, la bordure littorale est pratiquement rectiligne.

Diverses formations géologiques sont associées aux côtes rocheuses :

- ◆ les calcaires blancs de la **presqu'île de Port-Miou** ;
- ◆ les marnes et calcaires bruns de la pointe des Lombards. La **falaise des Lombards**, de 25 à 50 m de hauteur, est dominée par une puissante barre de grès et de conglomérats ocres de 5 à 10 m reposant sur un talus marneux de 0 à 30 m de haut (BCEOM, 1998) ;
- ◆ l'**anse du Corton** est constituée de 3 ensembles (BCEOM, 1998) :
 - le flanc ouest, à dominante gréseuse avec des alternances marneuses (favorisant le déchaussement de dalles et blocs de grès), atteint entre 10 et 20 m de haut,

- le fond de l'anse est occupé par une falaise atteignant au maximum 30 m de haut où alternent grès et marnes,
- une falaise régulière, essentiellement gréseuse, d'une quinzaine de mètres de hauteur occupe le sud-est de l'anse ;
- ♦ l'anse de l'Arène s'inscrit dans des substrats gréseux puis marneux dans lesquels est visible un talus très raide d'environ 50 m de hauteur (BCEOM, 1998) ;
- ♦ les calcaires rougeâtres des coteaux du Revestel et des falaises du cap Canaille. Ces calcaires reposent sur des marnes liguriennes, ce qui explique la présence de talus à la base des falaises. Les **falaises du cap Canaille** sont composées de marnes, calcaires et grès ferrugineux (BCEOM, 1998). Il s'agit des plus hautes falaises littorales d'Europe (400 m de hauteur).

Les falaises sont découpées par un ensemble de structures cassantes à pendage subvertical recoupé par des failles normales. Les zones d'instabilité se trouvent à proximité de ces structures :

- ♦ blocs de grès au niveau de la falaise des Lombards et de l'anse du Corton ;
- ♦ talus marneux instables dans l'anse de l'Arène (BCEOM, 1998).

B- Sensibilité à l'érosion

La côte rocheuse de Cassis est soumise à différentes formes d'instabilité (érosion différentielle, sous-cavage, éboulements, ravinement, chutes de blocs et de pierres, glissements). Ces phénomènes sont notamment favorisés par la présence de substrats altérables (marnes instables, poudingues).

Sur la commune de Cassis, la calanque de Port-Miou et la côte à l'est du port sont particulièrement concernées par l'un ou l'autre de ces phénomènes (BRGM, 2005), ainsi :

- ♦ la calanque de Port-Miou présente des bancs calcaires très épais (jusqu'à plus d'1 m d'épaisseur) avec un pendage faible mais favorable au glissement banc sur banc ;
- ♦ de la pointe des Lombards jusqu'à la pointe du Corton, des marnes très altérables favorisent la déstabilisation des grès au-dessus, ce qui peut s'accompagner d'éboulements importants sous le château. Pour les mêmes raisons, de grands glissements peuvent se produire sous le cap Canaille ;
- ♦ l'ensemble du littoral de la falaise de Soubeyran est soumis aux actions marine et éolienne provoquant la formation de sous-cavages sur les poudingues de Soubeyran. De plus, l'érosion rapide de la matrice gréseuse amène à la déstabilisation de certains galets. Tout ceci se manifeste par des glissements, des chutes de pierres et de blocs et des éboulements.

4.8.3.2 Baie de La Ciotat

A- Topographie, géologie

La côte rocheuse occidentale de La Ciotat présente de véritables anses autour du bec de l'Aigle (calanques de Figuerolles, de Gaméou, ...). Ces criques sont essentiellement d'origine tectonique. Les poudingues permo-triasiques joints par un ciment calcaréo-gréseux très dur caractérisent les falaises à l'est de la calanque du Cannier.

Les falaises situées dans la partie orientale de la baie de La Ciotat (du cap Liouquet au cap Saint-Louis) sont constituées de grès, de grès sableux et de marnes (BLANC, 1990).

L'île Verte est de nature géologique identique à celle du bec de l'Aigle, constituée de poudingue d'âge Turonien.

B- Sensibilité à l'érosion

De par leur nature lithologique (poudingue), les falaises du bec de l'Aigle, à l'ouest de la baie, sont surtout soumises à deux agents d'érosion (BERNARD *et al.*, 2001) :

- ◆ les **eaux de ruissellement** qui, par érosion différentielle, mettent en saillie les parties les plus dures du poudingue. Cette forme d'érosion évolue très lentement ;
- ◆ l'**action éolienne** qui forme des cavités de type taffonis.

La base des escarpements est sapée par les vagues déferlant sur le platier incliné (BLANC, 1990). La falaise instable, haute de 20 à 25 m, présente potentiellement des zones d'éboulement et d'écroulement. D'importantes chutes de blocs s'étaient produites en 1938.

Différentes formes d'instabilité affectent la côte rocheuse de La Ciotat **aux extrémités occidentales et orientales** de la baie (BRGM, 2005) :

- ◆ **sur la côte ouest**, depuis le secteur des Pierres Tombées jusqu'à la pointe du Matelad, à l'est du bec de l'Aigle, les actions marine et éolienne provoquent la formation de sous-cavages sur les poudingues. Certains galets sont déstabilisés par l'érosion rapide de la matrice gréseuse et tombent. La falaise de la calanque des Pierres Tombées connaît une évolution rapide, surtout dans sa partie inférieure ;
- ◆ **à l'est de la baie** :
 - entre la plage d'Arène Cros et celle du Liouquet, de petites falaises de 4 à 5 m de haut présentent quelques instabilités. La commune signale ainsi 2 éboulements s'étant produits dans ce secteur (Annexe 2) :

- le 6 mai 2003 : éboulement (environ 450 m³) au Liouquet, à proximité de l'hôtel « Ciotel »,
- le 29-30 août 2006 : éboulement (450 m³) à Arène Cros.
- Une zone de signalisation du danger lié aux éboulements est ainsi présente entre la plage d'Arène Cros et la pointe de Galant. D'après la commune, ces éboulements se produisent en moyenne tous les 2-3 ans,
- la côte de part et d'autre de la plage du Liouquet, caractérisée par une alternance de marnes et de grès et un pendage faible, est soumise à une forte altération,
- le secteur entre la plage du Liouquet et le nouveau port des Lecques a été affecté par les principaux éboulements s'étant produits dans les années 90 : un éboulement s'est produit sur la commune de Saint-Cyr-les-Lecques à la fin des années 90 et a fait 1 mort et 1 blessé ; Annexe 2).

4.8.4 Côtes meubles

4.8.4.1 Baie de Cassis

A- Dynamique sédimentaire

Les deux principales plages de Cassis : Bestouan (ou Roches Blanches) à l'ouest et la plage du Casino devant la ville semblaient relativement stables en 1984 (SOGREAH, 1984).

En 1998, une étude menée par BCEOM au niveau de la baie de Cassis, note que le trait de côte est plutôt en recul mais que les zones d'érosion sont ponctuelles et ne concernent que 10 % du linéaire côtier (essentiellement la plage du Corton : 10 à 20 m de recul en plus d'un siècle, zone soumise à des éboulements de plusieurs centaines de mètres cubes).

B- Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

Différentes unités sédimentaires se trouvent dans la baie de Cassis :

- ◆ la plage du Bestouan : longue d'environ 100 m et composée dans sa partie aérienne de sables graveleux et de galets. Elle présente en position immergée des galets et substrats rocheux à l'est ;
- ◆ la plage de la Grande Mer : située entre le port et la pointe des Lombards, est longue de 250 m et est composée dans sa partie aérienne de sables graveleux. La plage immergée est essentiellement sableuse ;

- ♦ la plage du Corton : composée de galets (BCEOM, 1998) ;
- ♦ l'anse de l'Arène : de 300 m de long avec une plage de galets.

4.8.4.2 Baie de La Ciotat

Les valats présents sur la commune de La Ciotat ne constituent pas un apport sédimentaire significatif.

A- Dynamique sédimentaire

Un léger transport sédimentaire semble s'établir d'ouest en est dans la baie de La Ciotat (SOGREAH, 1984).

En 1990, la partie de la baie de La Ciotat comprise entre le bec de l'Aigle et le cap Liouquet paraissait relativement stable, confortée par des ouvrages (digues, épis, brise-lames ; BLANC, 1990). La plage de Fontainte (baie de la Vierge) montrait toutefois en 1990 des érosions locales dans sa partie orientale.

Aujourd'hui, d'après la commune, la plupart des plages de La Ciotat ont une tendance à régresser (Grande Plage, ...) ou sont soumises à des phénomènes d'apparition/disparition de plage au droit du Mur des Allemands (baie de la Vierge) en fonction des conditions naturelles (entretien avec la commune, Annexe 2).

Seules la plage des Capucins, à l'ouest de la baie, et les plages du Mugel et de Figuerolles, autour du bec de l'Aigle, sont stables.

Dans certains secteurs, l'érosion des plages est telle que le substrat gréseux affleure de même que des enrochements qui avaient été disposés initialement en avant de la plage et derrière lesquels avaient été déposés de la terre et du sable afin de former une plage.

B- Caractéristiques morphologiques et granulométriques principales

Les sables fins constituent les plages émergées et immergées jusqu'à 20 m de fond (RAMADE/GERIM, 1986).

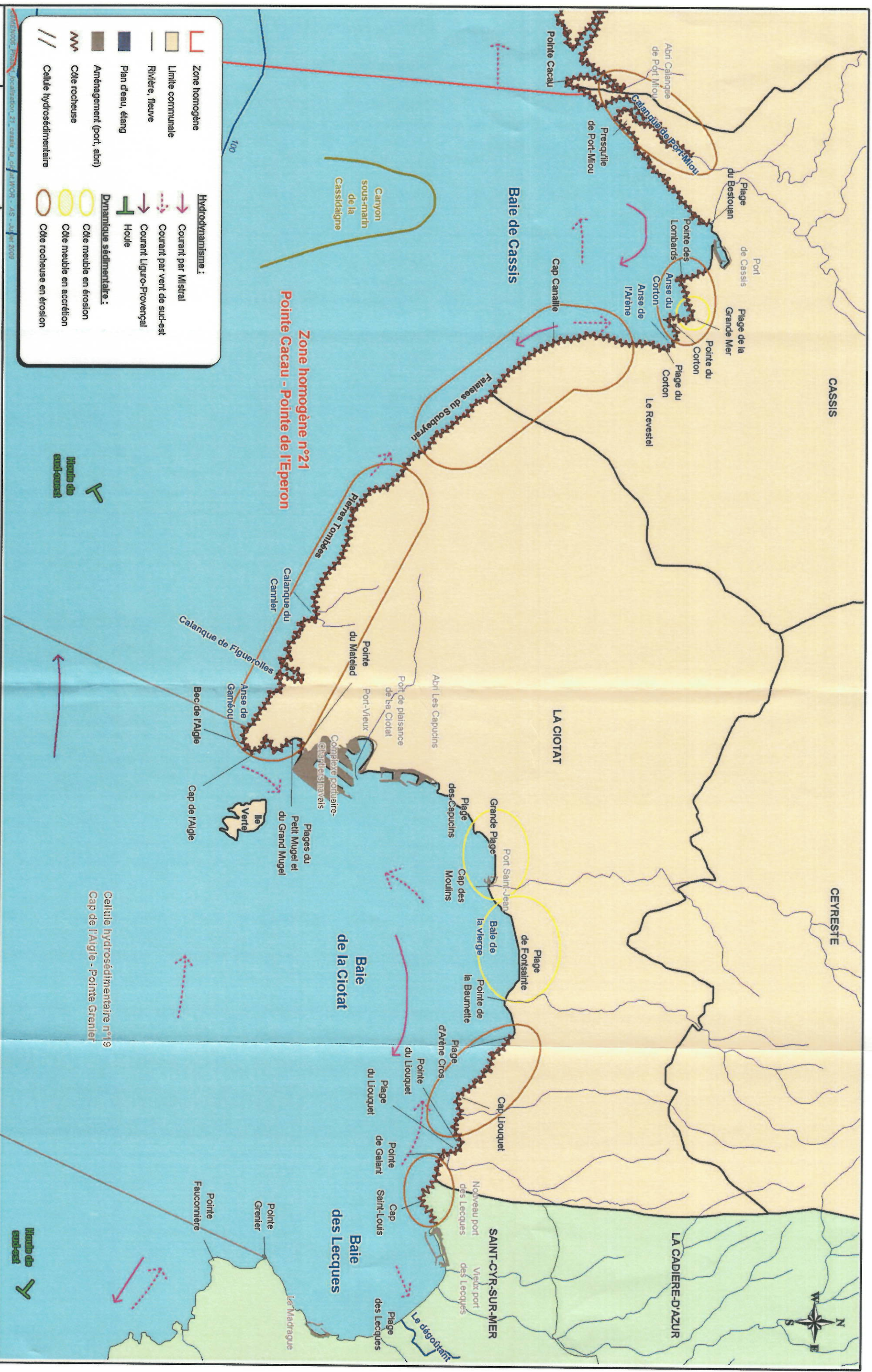
Les plages du Mugel et de Figuerolles situées de part et d'autre du bec de l'Aigle, sont essentiellement composées de graviers et de petits galets.

L'île Verte comporte 3 plages, toutes situées sur la côte est de l'île : la Plageolle, la plage de Saint-Pierre et la plage de la Seynerolle dans la calanque située la plus au sud de l'île.

A l'origine, la baie de La Ciotat était occupée, à l'est de la ville, par de petites plages assez étroites limitées par de petites avancées rocheuses. Ces plages étaient

composées de sables fins ou de galets. Des protections en haut de plage puis des plages artificielles furent créées ensuite (SOGREAH, 1984).

A l'extrémité est de la zone d'étude, entre le cap Saint-Louis et la pointe Grenier, se trouve la **plage des Lecques**. Cette plage, longue de 1,3 km, est orientée nord-ouest/sud-est. La plage émergée est très étroite et composée de sables fins. Elle se limite en fait à un vaste estran, avec un bourrelet de plage à peine marqué. La plage immergée présente une pente sous-marine faible (1,7 %) avec l'isobathe -20 m se trouvant à plus d'1 km du rivage. Un petit ruisseau, le Dégoutant, débouche à l'est de la plage (AGENCE DE L'EAU et UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III, 2001).



5

Les aménagements et ouvrages

Les aménagements et ouvrages présentés dans cette partie sont issus des données recensées dans le cadre du programme MEDAM (MEINESZ et *al.*, 2006) et des éléments obtenus auprès des communes. Cette analyse sera complétée par des visites de terrain dans le cadre de la Phase 2.

Les définitions adoptées dans le cadre du MEDAM pour les termes utilisés ci-après sont précisées ici :

- ◆ **port** : aménagement constitué par un ensemble de digues et de terrains gagnés sur la mer et utilisés de façons diverses (parking, route, commerces, chantier naval, etc.). Cet ensemble délimite un plan d'eau confiné destiné à abriter des bateaux de tailles et de fonctions diverses (pêche, plaisance, commerce, etc.). Ce type d'infrastructure, d'une superficie totale généralement supérieure à 1 ha, est contrôlé par une capitainerie ;
- ◆ **abri** (nommé port-abri dans la base de données du MEDAM) : zone de mouillage organisée de superficie généralement inférieure à 0,5 ha ;
- ◆ **terre-plein** : emprise sur la mer d'une surface terrestre permettant la création de parkings, jardins, zones commerciales, routes, etc ;
- ◆ **épi** : aménagement constitué d'un amas organisé de blocs rocheux ayant pour objectif la défense des côtes contre l'érosion (axe généralement perpendiculaire à la côte) ;
- ◆ **appontement** : structure pleine aux parois verticales (à la différence d'un épi rocheux) permettant l'accostage de bateaux ;
- ◆ **endigage d'embouchure** : aménagement constitué de deux enrochements situés de part et d'autre de l'embouchure d'un cours d'eau débouchant en mer ;
- ◆ **linéaire de côte artificialisée** : linéaire de côte initial⁹ sur laquelle a été construit l'ouvrage.

⁹ Le linéaire de côte non artificialisé correspond au trait de côte initial, avant les constructions, défini à partir de cartes anciennes et, pour les portions de côte sans aménagements, à partir de photographies aériennes récentes.

5

Les aménagements et ouvrages

Les aménagements et ouvrages présentés dans cette partie sont issus des données recensées dans le cadre du programme MEDAM (MEINESZ et *al.*, 2006) et des éléments obtenus auprès des communes. Cette analyse sera complétée par des visites de terrain dans le cadre de la Phase 2.

Les définitions adoptées dans le cadre du MEDAM pour les termes utilisés ci-après sont précisées ici :

- ♦ **port** : aménagement constitué par un ensemble de digues et de terrains gagnés sur la mer et utilisés de façons diverses (parking, route, commerces, chantier naval, etc.). Cet ensemble délimite un plan d'eau confiné destiné à abriter des bateaux de tailles et de fonctions diverses (pêche, plaisance, commerce, etc.). Ce type d'infrastructure, d'une superficie totale généralement supérieure à 1 ha, est contrôlé par une capitainerie ;
- ♦ **abri** (nommé port-abri dans la base de données du MEDAM) : zone de mouillage organisée de superficie généralement inférieure à 0,5 ha ;
- ♦ **terre-plein** : emprise sur la mer d'une surface terrestre permettant la création de parkings, jardins, zones commerciales, routes, etc ;
- ♦ **épi** : aménagement constitué d'un amas organisé de blocs rocheux ayant pour objectif la défense des côtes contre l'érosion (axe généralement perpendiculaire à la côte) ;
- ♦ **appontement** : structure pleine aux parois verticales (à la différence d'un épi rocheux) permettant l'accostage de bateaux ;
- ♦ **endigage d'embouchure** : aménagement constitué de deux enrochements situés de part et d'autre de l'embouchure d'un cours d'eau débouchant en mer ;
- ♦ **linéaire de côte artificialisée** : linéaire de côte initial⁹ sur laquelle a été construit l'ouvrage.

⁹ Le linéaire de côte non artificialisé correspond au trait de côte initial, avant les constructions, défini à partir de cartes anciennes et, pour les portions de côte sans aménagements, à partir de photographies aériennes récentes.

Il faut signaler que l'inventaire effectué dans le cadre du MEDAM porte sur tous les ouvrages de **plus de 100 m²** ayant une emprise directe sur le domaine marin. Cet inventaire sera complété ultérieurement lors des visites de terrain dans la Phase 2.

Le tableau ci-après présente les aménagements et ouvrages précédemment définis et recensés dans le cadre du programme MEDAM suivant le découpage du littoral des Bouches-du-Rhône en zones homogènes, avec le détail par commune (Tableau 5-1).

Tableau 5-1 : Aménagements et ouvrages recensés dans le cadre du programme MEDAM
(Source : MEINESZ *et al.*, 2006)

	Nombre d'ouvrages					Linéaire de côte artificialisée (en km)
	Port/abri	Terre-plein	Epi	Appontement	Endiguage embouchure	
	Zone homogène 15					
Grau du Roi (est Espiguette)	0	0	46	0	0	0,33*
Saintes-Maries-de-la-Mer	1	2	70	0	4	3.64
Arles	0	5	29	0	1	2.04
TOTAL	1	7	145	0	5	5.68
	Zone homogène 16					
Port-Saint-Louis-du-Rhône	4	2	0	0	1	1.57
Fos-sur-Mer	3	4	7	0	0	9.73
Port-de-Bouc	4	2	1	0	0	0.24
Martigues **	5	5	0	0	0	22.15
TOTAL	16	13	8	0	1	33.69
	Zone homogène 17					
Saint-Mitre-les-Remparts	0	4	0	0	0	0.83
Istres	1	2	3	0	3	0.93
Miramas	0	0	0	0	0	0
Saint-Chamas	5	4	2	0	0	2.53
Berre-l'étang	3	5	13	0	4	4.3
Rognac	0	0	0	0	1	0.06
Vitrolles	0	3	2	0	0	0.71
Marignane	2	2	2	1	2	1.45
Châteauneuf-les-Martigues	1	3	8	0	1	4.39
Martigues ***	7	12	0	0	0	10.8
TOTAL	19	35	30	1	11	26
	Zone homogène 18					
Martigues	1	2	0	0	0	0.73
Sausset-les-Pins	1	0	0	0	0	0.78
Carry-le-Rouet	3	3	0	0	0	1.13
Ensues-la-Redonne	4	0	0	0	0	1.17
Le Rove	2	0	0	0	0	0.37
TOTAL	11	5	0	0	0	4.18
	Zone homogène 19					
Le Rove	0	0	0	0	0	0
Marseille	19	11	0	2	1	27.99
TOTAL	19	11	0	2	1	27.99
	Zone homogène 20					
Marseille	3	0	0	0	0	0.82
TOTAL	3	0	0	0	0	0.82
	Zone homogène 21					
Cassis	2	0	0	0	0	2.03
La Ciotat	5	1	0	0	0	2.88
Saint-Cyr-sur-Mer	3	1	0	0	0	1.42
TOTAL	10	2	0	0	0	4.91
	Littoral de la zone d'étude					
TOTAL	79	73	183	3	18	103.27
TOTAL Bouches-du-Rhône	76	72	137	3	18	101.52

* comprend tous les épis de la commune

** ouvrages du littoral marin de la commune de Martigues et du canal de Caronte, à partir du port de Port-de-Bouc jusqu'au viaduc

*** ouvrages du littoral de la commune de Martigues sur l'étang de Berre et du canal de Caronte à partir du viaduc jusqu'à l'étang

Sur le littoral des Bouches-du-Rhône, étang de Berre inclus, près de 101 km de côte se trouvent artificialisés, ce qui représente près de 26 % du linéaire du trait de côte initial (MEDAM, 2006), avec un taux d'artificialisation de 21 % sur la frange méditerranéenne et de 42 % sur le pourtour de l'étang de Berre. Les taux d'artificialisation du littoral des départements du Var et des Alpes-Maritimes sont de 12,3% et 23,1 %, respectivement. Plusieurs constats peuvent être faits :

✓ **linéaire de côte artificialisée par les ouvrages en dur**

Les zones homogènes comportant le plus important linéaire de littoral artificialisé sont :

- ◆ la zone homogène 16 (golfe de Fos) : 34 km ;
- ◆ la zone homogène 19 (rade de Marseille) : 28 km ;
- ◆ la zone homogène 17 (étang de Berre) : 26 km.

L'artificialisation des deux premières zones est essentiellement liée à la présence des infrastructures portuaires, en particulier celles du Port Autonome de Marseille.

✓ **ports et abris**

Cinq communes ne comptent aucun port ou abri. Quatre d'entre elles sont situées sur le pourtour de l'étang de Berre (Saint-Mitre-les-Remparts, Miramas, Rognac et Vitrolles) auxquelles s'ajoute le littoral de la commune d'Arles.

✓ **les autres ouvrages**

Les **terre-pleins** sont essentiellement présents dans les zones homogènes 16 et 17 où ils sont le plus souvent associés à des infrastructures portuaires ou d'aménagement du canal de Caronte.

Les **épîs** sont essentiellement implantés sur le littoral du delta du Rhône et en particulier au niveau de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer laquelle en compte 70 sur un nombre total de 145 pour l'ensemble de la zone homogène 15. Les épîs sont également bien représentés dans des secteurs sensibles du littoral de l'étang de Berre (30 épîs au total), en particulier sur le littoral nord de la commune de Berre-l'Étang et sur le cordon du Jaï (communes de Châteauneuf-les-Martigues et Marignane). La partie orientale du littoral des Bouches-du-Rhône, de Martigues à La Ciotat (environ 1/3 du littoral étudié), n'est pas équipée en épîs. A noter que sur la Ciotat, les épîs existants font partie d'un ensemble constituant une plage alvéolaire¹⁰ selon le classement MEDAM, ils n'ont donc pas été considérés séparément.

Des **appontements** sont présents, uniquement dans les zones homogènes 17 (2 ouvrages) et 19 (4 structures).

Des ouvrages d'**endigage d'embouchure** sont surtout localisés au niveau des zones homogènes 15 (5 ouvrages) et 17 (11 ouvrages). Ces deux derniers types d'ouvrages ne représentent qu'une faible part du linéaire artificialisé.

¹⁰ Définition MEDAM : Plage alvéolaire : aménagement constitué par deux enrochements incurvés l'un vers l'autre et délimitant un terrain gagné sur la mer ainsi qu'un plan d'eau abrité destiné aux activités balnéaires.

6

Les usages et activités

L'ensemble des usages et activités liés au littoral (baignade, sports nautiques, plaisance, plongée, activités halieutiques, ...) ou à la zone terrestre littorale (infrastructures, habitations, ...) des Bouches-du-Rhône a été recensé à partir des données de la bibliographie existante et des entretiens avec les services communaux. La connaissance de ces usages et activités permettra d'identifier et de hiérarchiser les zones les plus vulnérables dans le cadre de la Phase 2.

6.1 Infrastructures et équipements

Selon les communes, un certain nombre d'activités et d'infrastructures sont implantées à proximité de la mer. Ci-après sont présentés, par zone homogène, les principaux équipements et infrastructures observables sur les fonds de carte SCAN 25 (IGN) et les photographies aériennes. Elle sera complétée et mise à jour grâce aux visites de terrain prévues en Phase 2. Les infrastructures portuaires seront décrites en détail ultérieurement dans ce chapitre.

Le delta du Rhône - zone homogène n°15

Cette zone est caractérisée par la présence de la zone urbaine des Saintes-Maries-de-la-Mer située juste en arrière de la plage et comportant notamment une route littorale (RD 38) et un port, Port Gardian.

Le golfe de Fos - zone homogène n°16

La zone littorale de ce secteur est caractérisée par la présence de quatre grands types d'équipements et infrastructures :

- ◆ les infrastructures portuaires du Port Autonome de Marseille à l'ouest au fond du golfe et au débouché du canal de Caronte ;
- ◆ les zones urbaines de Port-de-Bouc à l'est en fond de golfe et du village de Carro à l'ouest du cap Couronne ;
- ◆ la présence ponctuelle de quelques abris sur la côte est ;
- ◆ la présence d'installations industrielles sur la côte est.

L'étang de Berre - Zone homogène n°17

Les principaux équipements et infrastructures situés sur le littoral de l'étang de Berre sont :

- ♦ la zone aéroportuaire de Marignane (aéroport Marseille-Provence) ;
- ♦ le port pétrolier de La Pointe à Berre-l'Étang ;
- ♦ la centrale hydroélectrique EDF de Saint-Chamas ;
- ♦ des infrastructures routières et ferroviaires particulièrement développées à l'est et au sud-ouest de l'étang ;
- ♦ les zones urbanisées particulièrement développées autour de l'étang de Vaïne, au sud et au nord-ouest du Grand Étang.

La Côte Bleue - Zone homogène n°18

Ce secteur est caractérisé par :

- ♦ la présence ponctuelle de ports et d'abris ;
- ♦ la présence de zones urbanisées et d'infrastructures routières assez denses entre l'anse de Bourmandariel à l'ouest de Sausset-les-Pins et le port du Rouet à l'est ;
- ♦ le passage d'une voie ferrée le long du littoral depuis le port du Rouet jusqu'à Marseille.

La rade de Marseille - Zone homogène n°19

Le littoral de cette zone est presque entièrement artificialisé avec la présence de zones portuaires, urbaines et d'infrastructures routières tout le long du littoral. Seules les îles du Frioul et l'extrémité sud de la zone, au-delà du port de la Madrague, conservent un caractère plus naturel. Une grande zone balnéaire a été aménagée dans la baie du Prado.

Le massif des Calanques - Zone homogène n°20

Cette zone est très peu aménagée avec la présence, très ponctuelle, d'abris autour desquels sont installées quelques cabanons et des voies d'accès.

Les baies de Cassis et La Ciotat - Zone homogène n°21

Les principaux équipements et infrastructures situés sur ce littoral sont :

- ♦ les bassins portuaires de Cassis et La Ciotat ;
- ♦ les zones urbanisées ;
- ♦ le chantier naval de La Ciotat.

6.2 Les activités de loisirs

6.2.1 L'hébergement touristique

D'après les données du Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône (2007), le département dispose de 240 000 lits touristiques ce qui représente environ 10 % de la capacité d'accueil en région PACA. En 2006, 44,8 millions de nuitées ont été enregistrées, dont 75 % entre mai et octobre et environ 32 000 emplois salariés liés au tourisme étaient comptabilisés en moyenne en 1998. En termes de nombre total de séjours, le département occupe le 1^{er} rang de la région.

Les communes littorales figurent régulièrement parmi les communes du département ayant les plus grandes capacités d'hébergement. Ce constat est à nuancer en fonction du type d'hébergement.

✓ hôtels

Marseille possède la plus grande capacité hôtelière du département. Le littoral de la Camargue et, entre Cassis et La Ciotat, abrite également des communes très bien équipées en logements hôteliers.

✓ hôtellerie de plein-air

Les communes les mieux pourvues (plus de 800 emplacements) de ce type d'hébergement sont des communes littorales, avec en tête les Saintes-Maries-de-la-Mer (1 648 emplacements), suivie de Martigues, La Ciotat et Arles.

✓ meublés

Parmi les communes les mieux équipées en terme de meublés (plus de 300 personnes), 5 communes sur 6 se situent sur le littoral. Cette capacité d'accueil est essentiellement représentée sur le littoral de la Camargue et, de Marseille à La Ciotat.

✓ gîtes ruraux

La commune d'Arles possède la plus grande capacité d'accueil à l'échelle du département en terme de gîtes ruraux. Ces derniers sont très peu représentés sur le reste du littoral à l'exception des communes d'Istres et des Saintes-Maries-de-la-Mer.

6.2.2 La plaisance

Le département des Bouches-du-Rhône compte 61 ports ou abris sur sa façade méditerranéenne et 17 sur le pourtour de l'étang de Berre représentant dans leur ensemble près de 16 000 anneaux essentiellement voués à la plaisance. Le Conseil Général des Bouches-du-Rhône gère huit de ces ports : Port Vieux (La Ciotat), Cassis, Niolon, La Redonne, Carro, le Jaï, le Sagnas (ou Marais du Sagnas) et Perthuis (ou port de Saint-Chamas).

Les tableaux suivants présentent l'ensemble des ports et abris identifiés sur la façade méditerranéenne du département et autour de l'étang de Berre, ainsi que leurs principales caractéristiques (Tableau 6-1 et Tableau 6-2). Les données utilisées sont issues du programme MEDAM (2006), du Bloc Marine 2007 et du SCAN 25 (IGN).

Sur l'ensemble des ports du département, la moitié (32) sont des abris, le plus souvent localisés au niveau des côtes rocheuses (Côte Bleue, rade de Marseille et massif des Calanques) qui offrent naturellement des sites propices à l'escale. Les ports les plus importants (> 1 000 anneaux) sont tous situés à Marseille avec par ordre d'importance : le Vieux Port (3 200 anneaux), l'Estaque (1 500 anneaux) et le port de la Pointe-Rouge (1 200 anneaux). Signalons également la présence des ports de Saint-Gervais (Fos-sur-Mer), de Carry-le-Rouet, du Frioul (Marseille) ainsi que deux ports de La Ciotat (Vieux Port et port de plaisance) comptant tous entre 500 et 900 anneaux.

La présence de ces ports et la pratique de la plaisance sont à la base d'une activité économique importante par les emplois qu'elles génèrent dans les principaux domaines suivants :

- ◆ fonctionnement du port ;
- ◆ activités des entreprises nautiques et des chantiers navals, en particulier celui de La Ciotat qui se développe et vise dorénavant la grande plaisance ;
- ◆ activités périphériques liées à la présence des plaisanciers et à leurs dépenses au cours de leur séjour (loisirs, restauration,...).

Tableau 6-1 : Les ports de la façade méditerranéenne des Bouches-du-Rhône (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)

Commune	Nom du port ou de l'abri	Nombre d'anneaux	Tirant d'eau / profondeur	
			Avant-port	Bassins
Saintes-Maries-de-la-Mer	Port Gardian	300 + 73 visiteurs	3 m	2,8 m
Arles	<i>pas de port maritime</i>	/	/	/
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Canal Saint-Louis - Bassin des Tellines	289 + 25 visiteurs	6-7 m	
	Port à sec Navy Service	1177 + 23 visiteurs	nd	
	Port de pêche de Carteau	7	/	/
	Port Napoléon	350	4,5 m	
	Bassin du Gloria Darse 3	/	/	/
	Abri Plage Nord	/	/	/
Fos-sur-Mer	Port Saint-Gervais	805 + 35 visiteurs	3 m	2,5 - 2,8 m
	Darse Sud Tour de Vigie	/	/	/
	ZI Darse 2	/	/	/
Port-de-Bouc	Abri Plage de Bottaï	/	/	/
	Abri Pointe de Vella	/	/	/
	Port de la Lèque - Tour de Vigie	/	/	/
	Port-de-Bouc - Vieux Port	428 + 20 visiteurs	nd	
Martigues (côté Méditerranée)	Port de Lavéra	/	/	/
	Viaduc de Caronte - port à sec	750	/	/
	Abri Anse d'Auguette	/	/	/
	Abri de Ponteau	/	/	/
	Abri Calanque des Rénaïres	/	/	/
	Abri Les Laurons	/	/	/
	Port de Carro	180 + 20 visiteurs	8 m	2,5 m
	Abri Les Tamaris	/	/	/
Sausset-les-Pins	Port de Sausset-les-Pins	478 + 16 visiteurs	2 - 3,5 m	1,8 - 3 m
Carry-le-Rouet	Port de Carry-le-Rouet	539 + 20 visiteurs	4 m	4 m
	Abri Calanque du cap Rousset	/	/	/
	Port du Rouet	/	/	/
Ensuès-la-Redonne	Abri La Madrague de Gignac	/	/	/
	Port de la Redonne	/	/	/
	Abri Calanque des Figuières	/	/	/
	Port de Méjean	/	/	/
Le Rove	Abri de Niolon	/	/	/
	Abri de la Vesse	/	/	/
Marseille	Port de Corbières	173 + 20 visiteurs	6 m	
	Port de la Lave	100	4 m	
	Port de l'Estaque	1 500	3 m	2,2 m
	Port de Saumaty	/	/	/
	Port Autonome	/	/	/
	Vieux Port	3180 + 20-40 visiteurs	< 5 m	
	Port Fort Saint-Nicolas	/	/	/
	Abri Anse du Pharo	/	/	/
	Port du Frioul	500 + 100 visiteurs	8 m	6 m
	Abri Vallon des Auffes	/	/	/
	Abri Anse de la Malmousque	/	/	/
	Abri Anse de la Fausse Monnaie	/	/	/
	Abri du Prophète	/	/	/
	Port du Prado	/	/	
	Port de la Pointe Rouge	1 200	3 - 7 m	
	Port de la Madrague de Montredon	/	1 - 2,2 m	
	Abri Calanque de l'Escalette	/	/	/
	Port des Goudes	/	3 - 5 m	1,5 m
	Abri Cap Croisette	/	/	/
	Abri Calanque de Callelongue	/	/	/
	Abri Calanque de Sormiou	/	/	/
	Abri Calanque de Morgiou	/	/	/
Cassis	Port de Cassis	396	4 m	3,5 m
	Abri Calanque de Port-Miou	450 + 30 visiteurs	6 - 7 m	
La Ciotat	Complexe portuaire-Chantiers navals	/	/	/
	Port-Vieux	700 + 40 visiteurs	9 m	7 m
	Port de plaisance de La Ciotat	620 + 20 visiteurs	3,5 m	
	Abri Les Capucins	/	/	/
Saint-Cyr-sur-Mer	Port Saint-Jean	/	/	/
	Nouveau port des Lecques	431	/	
	Vieux port des Lecques	203	/	
	La Madrague	400	1,4 m	

Tableau 6-1 : Les ports de la façade méditerranéenne des Bouches-du-Rhône (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)

Commune	Nom du port ou de l'abri	Nombre d'anneaux	Tirant d'eau / profondeur	
			Avant-port	Bassins
Saintes-Maries-de-la-Mer	Port Gardian	300 + 73 visiteurs	3 m	2,8 m
Arles	<i>pas de port maritime</i>	/	/	/
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Canal Saint-Louis - Bassin des Tellines	289 + 25 visiteurs	6-7 m	
	Port à sec Navy Service	1177 + 23 visiteurs	nd	
	Port de pêche de Carteau	7	/	/
	Port Napoléon	350	4,5 m	
	Bassin du Gloria Darse 3	/	/	/
	Abri Plage Nord	/	/	/
Fos-sur-Mer	Port Saint-Gervais	805 + 35 visiteurs	3 m	2,5 - 2,8 m
	Darse Sud Tour de Vigie	/	/	/
	ZI Darse 2	/	/	/
Port-de-Bouc	Abri Plage de Bottai	/	/	/
	Abri Pointe de Vella	/	/	/
	Port de la Lègue - Tour de Vigie	/	/	/
	Port-de-Bouc - Vieux Port	428 + 20 visiteurs	nd	
Martigues (côté Méditerranée)	Port de Lavéra	/	/	/
	Viaduc de Caronte - port à sec	750	/	/
	Abri Anse d'Auguette	/	/	/
	Abri de Ponteau	/	/	/
	Abri Calanque des Rénaïres	/	/	/
	Abri Les Laurons	/	/	/
	Port de Carro	180 + 20 visiteurs	8 m	2,5 m
	Abri Les Tamaris	/	/	/
Sausset-les-Pins	Port de Sausset-les-Pins	478 + 16 visiteurs	2 - 3,5 m	1,8 - 3 m
Carry-le-Rouet	Port de Carry-le-Rouet	539 + 20 visiteurs	4 m	4 m
	Abri Calanque du cap Rousset	/	/	/
	Port du Rouet	/	/	/
Ensuès-la-Redonne	Abri La Madrague de Gignac	/	/	/
	Port de la Redonne	/	/	/
	Abri Calanque des Fiquières	/	/	/
	Port de Méjean	/	/	/
Le Rove	Abri de Niolon	/	/	/
	Abri de la Vesse	/	/	/
Marseille	Port de Corbières	173 + 20 visiteurs	6 m	
	Port de la Lave	100	4 m	
	Port de l'Estaque	1 500	3 m	2,2 m
	Port de Saumaty	/	/	/
	Port Autonome	/	/	/
	Vieux Port	3180 + 20-40 visiteurs	< 5 m	
	Port Fort Saint-Nicolas	/	/	/
	Abri Anse du Pharo	/	/	/
	Port du Frioul	500 + 100 visiteurs	8 m	6 m
	Abri Vallon des Auffes	/	/	/
	Abri Anse de la Malmousque	/	/	/
	Abri Anse de la Fausse Monnaie	/	/	/
	Abri du Prophète	/	/	/
	Port du Prado	/	/	
	Port de la Pointe Rouge	1 200	3 - 7 m	
	Port de la Madrague de Montredon	/	1 - 2,2 m	
	Abri Calanque de l'Escalette	/	/	/
	Port des Goudes	/	3 - 5 m	1,5 m
	Abri Cap Croisette	/	/	/
	Abri Calanque de Callelongue	/	/	/
	Abri Calanque de Sormiou	/	/	/
	Abri Calanque de Morgiou	/	/	/
Cassis	Port de Cassis	396	4 m	3,5 m
	Abri Calanque de Port-Miou	450 + 30 visiteurs	6 - 7 m	
La Ciotat	Complexe portuaire-Chantiers navals	/	/	/
	Port-Vieux	700 + 40 visiteurs	9 m	7 m
	Port de plaisance de La Ciotat	620 + 20 visiteurs	3,5 m	
	Abri Les Capucins	/	/	/
Saint-Cyr-sur-Mer	Port Saint-Jean	/	/	/
	Nouveau port des Lecques	431	/	
	Vieux port des Lecques	203	/	
	La Madrague	400	1,4 m	

Tableau 6-2 : Les ports de l'étang de Berre (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)

Commune	Nom du port ou de l'abri	Nombre d'anneaux	Tirant d'eau / profondeur	
			Avant-port	Bassins
Martigues (côté étang de Berre)	Abri Canal Baussengue-Hôtel de ville	320 + 10-15 visiteurs	/	/
	Port Ilot- Vieille ville	/	/	/
	Abri Le Brise-Lames	/	/	/
	Port de Jonquières - Sainte Anne	220 + 5 visiteurs	/	/
	La Meuriade-Réservoir d'hydrocarbures	/	/	/
Saint-Mitre-les-Remparts	<i>pas de port</i>	/	/	/
Istres	Port des Heures Claires	215 + 10 visiteurs	3 m	2 - 3 m
Miramas	<i>pas de port</i>	/	/	/
Saint-Chamas	Port de Saint-Chamas	220 + 30 visiteurs	1,8 m	1,5 m
	Abri La Digue-Club nautique	/	/	/
	Port Centrale électrique	/	/	/
	Port de Beau-Rivage	/	/	/
	Port Marais du Sagnas	/	/	/
Berre-l'Etang	Port de La Pointe	0	7m	
	Port du Passet	/	/	/
	Abri du Passet	/	/	/
Rognac	<i>pas de port</i>	/	/	/
Vitrolles	<i>pas de port</i>	/	/	/
Marignane	Port du Jaï	/	/	/
	Abri Aéroport de Marseille-Provence	/	/	/
Châteauneuf-les-Martigues	Abri de La Mède	0	5,1 m	

6.2.3 Activités nautiques

Le département des Bouches-du-Rhône compte une vingtaine de bases nautiques et près de 10 000 licenciés pratiquant la voile (Comité Départemental du Tourisme, 2003).



De nombreux prestataires proposent la location de voiliers habitables pour des croisières dans les calanques, les îles, le long de la côte ou au large, dans la rade Marseille et sur la Côte Bleue.

Des sociétés proposent des ballades en mer. Celles-ci se pratiquent surtout au niveau des côtes rocheuses (calanques, îles du Frioul, Côte Bleue, île Verte) mais également en Camargue où elles se pratiquent plutôt en étang ou sur le Petit Rhône et dans le cadre de la visite de sites portuaires.

Le motonautisme (scooter, bateau à moteur) est également bien représenté.

Le canoë kayak se pratique dans les secteurs de Marseille (îles et calanques), de la Côte Bleue, de l'étang de Berre et un club est présent aux Saintes-Maries-de-la-Mer.

Les sports nautiques légers sont également pratiqués, notamment aux Saintes-Maries-de-la-Mer, avec la présence d'un spot de vitesse de planche à voile (record du

monde de vitesse battu en mars 2008 sur le canal de vitesse ; commune de Saintes-Maries-de-la-Mer, 2008).

La pêche en mer se pratique en particulier dans la rade de Marseille, réputée pour la pêche au gros (espadons, dorades, thons...) mais également dans les eaux au large de la Camargue et de la Côte Bleue (Comité Départemental du Tourisme, 2003).

6.2.4 Baignade

La pratique de la baignade est courante sur une grande partie du littoral, seuls quelques secteurs inaccessibles (secteurs de hautes falaises) ou présentant des eaux de mauvaise qualité y échappent (étang de Bolmon). Ces zones de baignade sont nombreuses et pas toujours surveillées.

A titre indicatif, les plages faisant l'objet d'un suivi de la qualité sanitaire dans le cadre du réseau DDASS « eaux de baignade » (Annexe 4) et leur classement en 2007 sont présentés ci-dessous.

Le delta du Rhône - zone homogène n°15

Quatre plages sont suivies sur la zone homogène n°15. Elles montrent en 2007 des eaux de bonne et moyenne qualités (classement en A et B), conformes à la directive actuelle des eaux de baignade (Tableau 6-3).

Tableau 6-3 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°15 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Saintes-Maries-De-La-Mer	Brise de Mer	A
	Crin Blanc	A
	Les Arènes	B
Arles	Plage d'Arles	A

Le golfe de Fos - zone homogène n°16

Sur le littoral du golfe de Fos, 9 plages sont suivies dans le cadre de la directive des eaux de baignade. Toutes les communes de la zone homogène n°16 sont concernées. Le suivi des sites en 2007 met en évidence des eaux de qualité moyenne (classe B) en fond de golfe et de bonne qualité (classe A) en entrée de golfe (à l'exception de l'anse du Verdon à Martigues) (Tableau 6-4). L'ensemble de ces sites est conforme à la réglementation actuelle.

Tableau 6-4 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°16 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Napoléon	A
Fos-sur-Mer	Cavaou	B
	Grande Plage	B
Port-de-Bouc	Bottai	B
	Petite Plage	B
	Plage des Ours	B
Martigues	Carro	B
	Les Laurons	A
	Verdon	B

L'étang de Berre - Zone homogène n°17

Treize plages sont suivies sur la zone homogène n°17. Seules Miramas et Martigues ne possèdent pas de plages suivies par la DDASS sur l'étang de Berre. Les sites de contrôle de la DDASS montrent en 2007 des eaux de bonne qualité (classement en A) à momentanément polluées (classement en C) (Tableau 6-5). Une bonne qualité générale est observée sur les plages de l'étang de Vaïne et du Jaï (classement en A). Les plages situées au nord-ouest de la zone sont de moins bonne qualité, notamment les sites de Janone et de Varage, sur la commune d'Istres, qui se trouvent non conformes à la directive actuelle des eaux de baignade (classement en C).

Tableau 6-5 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°17 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Saint-Chamas	La Digue	B
Berre-l'Etang	Champigny	A
Rognac	Les Robinsons	A
Vitrolles	Marette	A
	Marina Plage	A
Marignane	Jaï Nord	A
Châteauneuf-les-Martigues	Jaï Sud	A
Saint-Mitre-les-Remparts	Massane	A
	Plage des Calieux	B
Istres	Janone	C
	La Romaniquette	B
	Le Ranquet	A
	Varage	C

La Côte Bleue - Zone homogène n°18

Neuf plages sont suivies sur les 5 communes du littoral de la Côte Bleue. L'ensemble des plages présente une qualité des eaux de baignade moyenne (classement en B), conforme à la réglementation des eaux de baignade (Tableau 6-6).

Tableau 6-6 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°18 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Martigues	Sainte Croix	B
Sausset-les-Pins	Corniche	B
Carry-le-Rouet	Cap Rousset	B
	La Tuilière	B
	Rouet Plage	B
Ensuès-la-Redonne	La Redonne	B
	Les Figuières	B
Le Rove	La Vesse	B
	Niolon	B

La rade de Marseille - Zone homogène n°19

Cette zone compte 18 plages suivies dans le cadre du réseau DDASS. Ces plages présentent globalement une qualité moyenne, à l'exception du site de Bonneveine, caractérisé par des eaux de bonne qualité (classement en A) et de deux zones non conformes à la directive actuelle des eaux de baignade (classement en C) : les plages des Catalans et de Pointe Rouge (Tableau 6-7).

Tableau 6-7 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°19 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Marseille	La Lave (site de Corbières)	B
	Le Fortin (site de Corbières)	B
	Catalans	C
	Saint Estève (Frioul)	B
	Prophète	B
	Grand Roucas (Prado Nord)	B
	L'Huveaune	B
	Borely (Champ de Courses)	B
	Bonneveine	A
	David (Prado Sud)	B
	Vieille Chapelle	B
	Anse des Phocéens	B
	Anse des Sablettes	B
	Bains des Dames	B
	Bonne Brise	B
	Pointe Rouge	C
	Samena	B
	Les Goudes	B

Le massif des Calanques - Zone homogène n°20

Cette zone compte 4 sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade. Ils sont globalement de bonne qualité (classements en A et B ; Tableau 6-8).

Tableau 6-8 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°20 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Marseille	Sormiou	A
	Morgiou	A
	En-Vau	A
	Port-Pin	B

Les baies de Cassis et La Ciotat - Zone homogène n°21

Les 6 plages suivies sur cette zone dans le cadre du réseau DDASS sont de qualité moyenne (classement en B) à momentanément polluée (classement en C ; Tableau

Tableau 6-7 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°19 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Marseille	La Lave (site de Corbières)	B
	Le Fortin (site de Corbières)	B
	Catalans	C
	Saint Estève (Frioul)	B
	Prophète	B
	Grand Roucas (Prado Nord)	B
	L'Huveaune	B
	Borely (Champ de Courses)	B
	Bonneveine	A
	David (Prado Sud)	B
	Vieille Chapelle	B
	Anse des Phocéens	B
	Anse des Sablettes	B
	Bains des Dames	B
	Bonne Brise	B
	Pointe Rouge	C
	Samena	B
	Les Goudes	B

Le massif des Calanques - Zone homogène n°20

Cette zone compte 4 sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade. Ils sont globalement de bonne qualité (classements en A et B ; Tableau 6-8).

Tableau 6-8 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°20 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Marseille	Sormiou	A
	Morgiou	A
	En-Vau	A
	Port-Pin	B

Les baies de Cassis et La Ciotat - Zone homogène n°21

Les 6 plages suivies sur cette zone dans le cadre du réseau DDASS sont de qualité moyenne (classement en B) à momentanément polluée (classement en C ; Tableau

6-9). Les deux sites de la commune de Cassis et le point de contrôle de Figuerolles sur la commune de La Ciotat ne sont pas conformes aux normes actuelles de baignade.

Tableau 6-9 : Qualité des eaux de baignade en 2007 – zone homogène n°21 (Source : DDASS 13)

Commune	Point de contrôle	Classement
Cassis	Bestouan	C
	Grande Mer	C
La Ciotat	Figuerolles	B
	Capucins	C
	Lumière	B
	Saint Jean	B

6.2.5 Plongée

Le département des Bouches-du-Rhône offre, en particulier dans le secteur de Marseille, une très grande diversité de sites de plongée naturels (grottes sous-marines, tombants...) et archéologiques (épaves...). Cette activité est très pratiquée également sur la Côte Bleue et les secteurs de Cassis et de La Ciotat. Sur le littoral du delta du Rhône, les activités de plongée y sont quasiment inexistantes du fait de la turbidité des eaux marines, par contre la chasse sous-marine sur épaves y est régulièrement pratiquée (PNRC).

Une trentaine de sites de plongée est recensée par le Comité Départemental du Tourisme (2003).

6.3 Exploitation de la ressource halieutique

L'activité de pêche dans les Bouches-du-Rhône est surtout artisanale, pratiquée par de petites unités. Les « petits métiers » qui utilisent principalement des techniques passives (filets maillants, palangres) représentent 85 % de la flottille. Les 15 % restants correspondent à la flottille de chalutiers et de thoniers senneurs (BRL, 2001).

Les données ci-après sont en partie issues de l'étude de BRL sur les ports départementaux et communaux des Bouches-du-Rhône (BRL, 2001).

Le tableau suivant présente les ports de pêche du département (BRL, 2001 ; Tableau 6-10).

Tableau 6-10 : Caractéristiques des ports de pêche du département des Bouches-du-Rhône
(Source : BRL, 2001)

Zone homogène	Commune	Nom du port de pêche	Types d'unités de pêche
ZH 15 (QM : Martigues)	Saintes-Maries-de-la-Mer	Port Gardian	8 unités petits métiers
ZH 16 (QM : Martigues)	Port-Saint-Louis-du-Rhône (QM : Martigues)	port de pêche	7 chalutiers
		port de plaisance	2 unités petits métiers 1 chalutier
		autres partie du port	45 unités
	Fos-sur-Mer	Saint-Gervais	6 unités petits métiers
	Port-de-Bouc	port de pêche	10 unités petits métiers 6 chalutiers
		Anse Aubran	6 unités petits métiers 8 chalutiers
		autres partie du port	6 unités
	Martigues	port de Carro	18 unités petits métiers 6 fileyeurs du large 1 chalutier
ZH 17 (QM : Martigues)	Martigues	port de Ferrières	18 unités petits métiers 2 fileyeurs du large 2 chalutiers
	Istres	port des Heures Claires	5 unités petits métiers
	Saint-Chamas	port du Perthuis	20 unités petits métiers
		port du Sagnas	2 unités petits métiers
	Berre-l'Etang	port de Berre-l'Etang	5 unités petits métiers
	Marignane	port du Jaï	7 unités petits métiers
ZH 18 (QM : Marseille ¹)	Sausset-les-Pins	port de Sausset	3 unités
	Carry-le-Rouet	port de Carry	2 unités
	Ensuès-la-Redonne	port de la Redonne	4 unités
ZH 19 (QM : Marseille)	Marseille	port de l'Estaque et de Saumaty	11 chalutiers 2 senneurs
		Vieux Port	50 unités de pêche
		port du Vallon des Auffes	3 unités de pêche
		port de la Pointe Rouge	1 unité de pêche

Zone homogène	Commune	Nom du port de pêche	Types d'unités de pêche
		port de la Madrague de Montredon	8 unités de pêche
		port des Goudes	8 unités de pêche
ZH 20 (QM : Marseille)	Aucune unité de pêche recensée		
ZH 21 (QM : Marseille)	Cassis	port de Cassis	7 unités de pêche
	La Ciotat	Port Vieux	12 unités de pêche

QM : Quartier Maritime / ¹ : pour les ports indiqués

Quelques précisions peuvent être apportées pour certaines zones homogènes.

Le delta du Rhône - zone homogène n°15

La pêche à pied est bien développée sur le littoral camarguais avec près de 90 licences délivrées (sur les 130 permis de pêche à pied délivrés dans le département en 2007) sur le gisement principal de tellines allant du Rhône Vif au Grand Rhône (production moyenne déclarée de 330 t/an). Ces pêcheurs sont des professionnels originaires pour moitié du département des Bouches-du-Rhône (le plus souvent de Salin-de-Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône) et pour l'autre du Gard (communication Mme Martin-Service Environnement, commune d'Arles, mars 2008 ; PNRC).

Il faut également noter la présence de chalutage illégal dans le golfe de Beauduc (7 à 8 infractions quotidiennes en moyenne) qui génère un remaniement sédimentaire permanent des fonds du golfe (PNRC).

Le golfe de Fos - zone homogène n°16

Outre l'activité de pêche, cette zone homogène abrite également une activité d'élevage de moules sur tables pratiquée par environ 50 conchyliculteurs pour une production d'environ 2 000 tonnes de moules par an.

La Côte Bleue - Zone homogène n°18

La zone homogène 18 relève des prud'homies de Martigues (depuis le cap Couronne jusqu'à l'embouchure du Grand Vallat) et de Marseille (sur le reste de la zone).

Les données présentées ici sont issues de l'étude menée par le GIS Posidonies, pour le compte du Parc Marin de la Côte Bleue (GIS POSIDONIES, 2001).

La pêche professionnelle aux petits métiers se pratique en moyenne 200 jours/an, à partir de petites unités et généralement à l'intérieur de la zone des 3 milles. Les techniques utilisées sont essentiellement le filet fixe de fond (utilisés toute l'année) et parfois la palangre (utilisée surtout en hiver). Deux zones de protection du milieu ont été créées pour la protection de la ressource halieutique (RAMADE, GERIM, 2000).

Elles se trouvent au sein du Parc Marin de la Côte Bleue, créé en 1983. Deux autres pêches spécifiques se pratiquent en plongée : la pêche traditionnelle aux oursins, d'octobre à mars et le ramassage du corail rouge. Ces deux activités sont soumises à autorisation.

Les chalutiers pratiquent la pêche aux poissons benthiques aux arts traînants. Des récifs de protection anti-chalutage destinés à protéger la zone des 3 milles côtiers du chalutage illégal ont été installés.

La pêche au lamparo est également pratiquée.

Il n'existe aucune activité directement liée à la conchyliculture sur la Côte Bleue.

L'armement à la pêche aux petits métiers sur la Côte Bleue compte une quarantaine de navires. La flotte a régressé du fait de l'abandon de certaines méthodes traditionnelles et de la spécialisation des techniques de pêche. Entre 1990 et 2003, elle a diminué de 31 % pour Marseille et de 37 % pour Martigues (BCEOM, 2006).

Le massif des Calanques - Zone homogène n°20

Le massif des Calanques offre quelques abris mais aucune unité de pêche professionnelle n'y est recensée.

Les baies de Cassis et La Ciotat - Zone homogène n°21

Entre Cassis et La Ciotat, l'activité de pêche est essentiellement une pêche aux petits métiers qui s'exerce notamment dans le secteur de la Cassidaigne et entre le cap Canaille et le bec de l'Aigle. Un chalutier, au départ de La Ciotat, pratique la pêche au thon et l'exercice du gangui est pour l'instant toléré localement du 4 novembre au 28 février. Enfin, quelques oursiniers et deux corailleurs pêchent au devant du massif des Calanques et autour de l'île Verte (SAFECE CETIIS, 2004).

Synthèse des lacunes de connaissance

Le niveau de connaissance atteint pour chaque zone étudiée est très variable, ce qui n'a pas permis de fournir le même niveau de précision d'une zone à l'autre à ce stade de l'étude.

Les connaissances concernant la dynamique météo-marine (météorologie, houles, courants) sont relativement complètes dans le sens où elles permettent de décrire à peu près l'ensemble du littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre. Certaines zones ne bénéficient cependant pas du même niveau de connaissance et de précision en termes de schémas de circulation des masses d'eau (données parfois anciennes, théoriques, peu précises par rapport à une problématique d'érosion d'une plage de poche par exemple ou trop éloignées du trait de côte). Les lacunes de connaissance concernent essentiellement la sédimentologie et la morphologie des plages (par exemple, à l'exception de quelques secteurs en Camargue, aucun profil topographique de plage n'a pu être récupéré), ainsi que les dynamiques sédimentaires littorales (évaluation des transits et des directions, ...). De même, la connaissance des niveaux d'eau extrêmes atteints sur le littoral lors des épisodes de tempête et de leur occurrence est limitée au littoral de la Camargue et les données obtenues ne sont pas toujours comparables en fonction des sources utilisées.

La **zone homogène 15 (le delta du Rhône)** est la plus étudiée et celle pour laquelle les études les plus précises existent. Les travaux entrepris par les équipes scientifiques sur le littoral du delta du Rhône apportent de nombreuses données tant qualitatives que quantitatives en termes de morphologie des côtes meubles, d'apports sédimentaires et de bilans des transits sédimentaires à l'échelle de la zone homogène mais également à l'échelle de certains sites particuliers. Ces études peuvent être très pointues sur certains secteurs ou phénomènes avec, par exemple, des études d'impact relatives à des aménagements sur la dynamique sédimentaire (bilans morphologiques, répartition granulométrique et direction du transport sédimentaire autour du brise-lames de Sainte-Anne, SABATIER et PROVANSAL, 2000). La mobilité du trait de côte a également été évaluée sur le littoral de la Camargue par des équipes scientifiques par l'intermédiaire de photographies aériennes ou de profils topographiques. Certaines études concernent également les phénomènes de submersion marine sur le littoral du delta du Rhône (BRGM, 2004 ; MOUCHENE, 2006).

Les **autres zones homogènes** du département n'ont pas fait l'objet d'études scientifiques aussi poussées que dans le delta du Rhône. Quelques études existent

cependant telles que celles, un peu anciennes, menées par BLANC dans les années 50 à 90. Les connaissances sur ces zones sont plutôt accessibles via les études techniques réglementaires ayant pu être mises en œuvre à l'occasion d'aménagements littoraux ou de travaux de protection de falaises. Ces études souvent anciennes n'ont pas toujours pu être récupérées auprès des communes (perte ou mauvaise connaissance de leur existence).

A ce jour, et dans l'attente de l'entretien avec la commune de Marseille, ce sont les zones **homogènes 19 et 20** qui sont les moins bien documentées.

ANNEXE 1

BIBLIOGRAPHIE

Milieu Physique

ADES. Schéma global d'aménagement de l'Ile Verte. Dossier I : Présentation générale. 13 pages + annexes.

AGAM, 2000. Charte d'environnement, Diagnostic, 42 pages.

Agence de l'Eau et Université d'Aix-Marseille III, 2001. Définition et cartographie des unités sédimentaires du Littoral méditerranéen français, synthèse bibliographique, Volet II : Cartographie de l'évolution du trait de côte depuis 50 ans - Secteur est : PACA et Corse, 81 p.

Agence de l'Eau et Université d'Aix-Marseille III, 2001. Définition et cartographie des unités sédimentaires du Littoral méditerranéen français, synthèse bibliographique, Volet I : Caractérisation de l'évolution du trait de côte depuis 50 ans - Secteur est : PACA et Corse, 29 p.

Agence MTDA, 2002. Etude de définition d'un sentier de découverte du littoral de l'étang de Berre – Tome II, 110 p.

AMASSI A., 2003. Etudes des caractéristiques géobiochimiques des sédiments du golfe de Fos : variabilité spatiale et évolution temporelle. Mémoire de DEA, Université de la Méditerranée Aix-Marseille II. 51 pages.

BCEOM, 1997. La défense des côtes contre l'érosion marine. Pour une approche globale et environnementale, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 142 p.

BCEOM, 1998. Protection de la falaise de l'anse de Corton, Etude d'impact, Marseille-Provence-Métropole, Ville de Cassis.

BCEOM, 2002. Opération « RECIFS PRADO 2006 » : Etudes état zéro du milieu marin. Lot 2 : études géotechniques et hydrodynamiques, Ville de Marseille, 29 p.

BCEOM, 2006. Plan de gestion du Parc Marin de la Côte Bleue, Phases 1 et 2, Etat des lieux et diagnostic, Syndicat Mixte du Parc Marin de la Côte Bleue.

BERNARD G., BONHOMME P., CADIOU., CHARBONNEL E., COQUILLARD G., SARTORETTO S., VERLAQUE M., 2001. Espèces, peuplements et paysages marins remarquables de la Ciotat, de l'île Verte à la calanque du Capucin (Bouches du Rhône, France). Contrat RAMOGE & GIS Posidonie, Gis Posidonie publ., Fr. : 1-132.

BETEREM, 1983, Aménagement et protection du port de Carry-le-Rouet, Etude d'impact, Mairie de Carry-le-Rouet, 131 p.

BLANC J.J., 1957. Observations sédimentologiques sur le littoral rocheux à l'Est de Marseille, Revue de l'Institut Français du Pétrole, XII, n°4, p. 411-420.

BLANC J.J., 1958. Houles et vagues dans la région de Marseille. Influence sur la sédimentation littorale. Recueil Travaux de la station marine d'Endoume, fasc. 23, n°14. pp.123-141.

BLANC J.J., 1976. La dynamique littorale et ses applications sédimentologiques du Grand Rhône à la presqu'île de Giens. Faculté des sciences de Marseille. 23 pages.

BLANC J.J., 1982. Les effets érosifs de la tempête de novembre 1982 au littoral de la Camargue.

BLANC J.J., 1990. Façade méditerranéenne des Bouches-du-Rhône, Espaces proches du littoral ; Risques littoraux, DDE.

BONHOMME P., BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., VERLAQUE M., CHARBONNEL E., CADIOU G., 2001. Espèces, peuplements et paysages marins remarquables de la Ciotat, de l'île Verte à la calanque du Capucin (Bouches-du-Rhône, France), Contrat RAMOGE & GIS Posidonie, Gis Posidonie publ., 132 p.

BONY P. et BUFFET R. 1996. Dynamique éolienne et bilan sédimentaire sur le littoral du delta du Rhône. Plage Napoléon, de Piémanson et flèche de la Gracieuse, mémoire de Maîtrise, 181 p. et ann.

BONY P., 1997. Bilan morphosédimentaire d'une zone littorale à protéger: la réserve de Camargue, mémoire de DEA, 100 p.

BOURILLON J., 2004. Etude sur la mobilité morpho-sédimentaire cross-shore sur le littoral du delta du Rhône : le site de Rousty, Mémoire, UFR Géographie et CEREGE UMR6635-CNRS, 104 p.

BRGM, 2002. Etude des phénomènes de submersion marine sur le littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, Phase 1 - Etat des données existantes, Rapport BRGM/RP-51461-FR, 76 p.

BRGM, 2004. Etude des phénomènes de submersion marine sur le littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, Rapport n°2, 116 p.

BRGM, 2005. Prise en compte de la problématique des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rapport de synthèse, DIREN, Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, 28 p.

BRL, 2001. Etude générale sur les ports départementaux et communaux des Bouches-du-Rhône, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 147 p.

BRUZZI C., 1998. Les tempêtes et l'évolution morphosédimentaire des plages orientales du delta du Rhône, Thèse Université d'Aix-Marseille I, 325 p.

CEBTP, 2002. Travaux de défense contre la mer – Saint-Mitre-les-Remparts, Etude d'impact, Ville de Saint-Mitre-les-Remparts, 49 p.

CEC, 2005. Réhabilitation de la digue du club nautique de la commune de Vitrolles, Mairie de Vitrolles, 36 p.

CERBOM, 1969. Cassis – La Ciotat (Bouches-du-Rhône) : Etude pour la détermination de points de rejets en mer, INSERM – Fondation de la ville de Nice : 42 p. et pièces annexes.

CEREGE, 1999. Géomorphologie du delta du Rhône, Edification holocène et fonctionnement actuel, Excursion franco-roumaine du 23, 24,25 septembre 1999. 102 p.

CETE, 2004. Etude de l'aléa chutes de pierres et de blocs, Mesures de protection envisageables, Port de Niolon, Conseil Général des Bouches-du-Rhône.

CETE, 2006. Complément d'étude : Mise en sécurité du quai UCPA (site 3), Port de Niolon, Centre UCPA.

CETE, 2007. Elaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions Marines en Camargue, Etat des lieux des données existantes, Direction Départementale de l'Equipement des Bouches-du-Rhône, Arrondissement Maritime des Bouches-du-Rhône, 81 p.

COLLINA-GIRARD J., 2005. Excursion « Les calanques de Marseille à La Ciotat » - Le littoral, entre fracturation et glacio-eustatisme

CREOCEAN et BIOTOPE, 2001. Opération de dragages – Approfondissement du terminal à conteneurs de Fos – Approfondissement pour l'extension des capacités de Fos conteneurs (Fos 2XL), Dossier d'Enquête Publique et de demande d'autorisations, 83 p.

CREOCEAN et GIS Posidonie, 2003. Etat initial du site de rejet des effluents de la station d'épuration de Cassis, Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole, 228 p.

DDE, 2007. Plage sur le golfe de Fos-sur-Mer – Etude de faisabilité. 24 pages + annexes.

EID, 2006. Etude de définition des enjeux de protection du littoral. Phase B : définition et hiérarchisation des enjeux, Parc Naturel Régional de Camargue, 36 p.

GAUFRES P., 2005. Analyse fréquentielle et spatiale des surcotes marines extrêmes, Cas du marégraphe de Marseille pour le littoral de Camargue, Mémoire, UFR Géographie et CEREGE UMR6635-CNRS, 47 p.

GAUFRES P., SABATIER F., 2005. Extreme storm surges distributions at Marseilles, MEDCOAST 2005, The seventh international conference on the Mediterranean coastal environment, 25-29 October 2005, Pine Bay Holiday Resort, Kusadasi, Turkey, 12 p.

GEI-SIEE, 2007. Profil des eaux de baignade sur les plages de l'étang de Berre, GIPREB, 129 p.

GEOMER, 1994a, Recherche de sites d'immersion de produits de dragages dans la Baie de Cassis, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 30 pp + illustrations.

GEOMER, 1994b. Recherche de sites d'immersion de produits de dragages dans la baie de La Ciotat, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 36 pp + illustrations.

GEOMER, 1994c. Etude de l'amélioration de la protection du port de Cassis, Conseil Général des Bouches-du-Rhône.

GERMAIN L., 1917. L'étang de Berre (d'après Chevalier, 1917). Annales de Géographie, volume 26, n°143. pp.329-343.

GIEULLES D., 1993. Protection du port de Cassis, Etude hydrodynamique et sédimentologique, Commune de Cassis.

GIPREB, 2002. Etat de santé du milieu - Bilan des connaissances, 189 p.

HANOT B., 2005. Erosion des dunes et dépôts d'overwash pendant la tempête de décembre 1997 (Petite Camargue), Thèse, UFR Géographie et CEREGE UMR6635-CNRS, 77 p.

MADEC G. and CRÉPON M., 1991. Thermohaline-driven deep water formation in the Norts-western Mediterranean Sea, Deep Convection and Deep Water Formation in the Oceans, Eds P.C. Chu and J.C. Gascard, Elsevier, pp. 241-265.

MAILLET G., SABATIER F., ROUSSEAU., PROVANSAL M., FLEURY T-J., 2006, Connexions entre le Rhône et son delta (partie 1) : évolution du trait de côte du delta du Rhône depuis le milieu du XIXe siècle.

MAILLET G., 2005. Relations sédimentaires récentes et actuelles entre un fleuve et son delta en milieu microtidal : exemple de l'embouchure du Rhône. Thèse de doctorat Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 331 pages

MEINESZ A., JAVEL F., LONGEPIERRE S., VAUGELAS J. de, GARCIA D., 2006. Inventaire et impact des aménagements gagnés sur le domaine marin - côtes

EID, 2006. Etude de définition des enjeux de protection du littoral. Phase B : définition et hiérarchisation des enjeux, Parc Naturel Régional de Camargue, 36 p.

GAUFRES P., 2005. Analyse fréquentielle et spatiale des surcotes marines extrêmes, Cas du marégraphe de Marseille pour le littoral de Camargue, Mémoire, UFR Géographie et CEREGE UMR6635-CNRS, 47 p.

GAUFRÈS P., SABATIER F., 2005. Extreme storm surges distributions at Marseilles, MEDCOAST 2005, The seventh international conference on the Mediterranean coastal environment, 25-29 October 2005, Pine Bay Holiday Resort, Kusadasi, Turkey, 12 p.

GEI-SIEE, 2007. Profil des eaux de baignade sur les plages de l'étang de Berre, GIPREB, 129 p.

GEOMER, 1994a, Recherche de sites d'immersion de produits de dragages dans la Baie de Cassis, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 30 pp + illustrations.

GEOMER, 1994b. Recherche de sites d'immersion de produits de dragages dans la baie de La Ciotat, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 36 pp + illustrations.

GEOMER, 1994c. Etude de l'amélioration de la protection du port de Cassis, Conseil Général des Bouches-du-Rhône.

GERMAIN L., 1917. L'étang de Berre (d'après Chevalier, 1917). Annales de Géographie, volume 26, n°143. pp.329-343.

GIEULLES D., 1993. Protection du port de Cassis, Etude hydrodynamique et sédimentologique, Commune de Cassis.

GIPREB, 2002. Etat de santé du milieu - Bilan des connaissances, 189 p.

HANOT B., 2005. Erosion des dunes et dépôts d'overwash pendant la tempête de décembre 1997 (Petite Camargue), Thèse, UFR Géographie et CEREGE UMR6635-CNRS, 77 p.

MADEC G. and CRÉPON M., 1991. Thermohaline-driven deep water formation in the Norts-western Mediterranean Sea, Deep Convection and Deep Water Formation in the Oceans, Eds P.C. Chu and J.C. Gascard, Elsevier, pp. 241-265.

MAILLET G., SABATIER F., ROUSSEAU., PROVANSAL M., FLEURY T-J., 2006, Connexions entre le Rhône et son delta (partie 1) : évolution du trait de côte du delta du Rhône depuis le milieu du XIXe siècle.

MAILLET G., 2005. Relations sédimentaires récentes et actuelles entre un fleuve et son delta en milieu microtidal : exemple de l'embouchure du Rhône. Thèse de doctorat Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 331 pages

MEINESZ A., JAVEL F., LONGEPIERRE S., VAUGELAS J. de, GARCIA D., 2006. Inventaire et impact des aménagements gagnés sur le domaine marin - côtes

méditerranéennes françaises. Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis. Publication électronique : www.medam.org.

MILLOT C., 1987. Circulation in the Western Mediterranean Sea, *Oceanologica Acta*, 10, 2 : 143-149.

MILLOT, C., 1990. The Gulf of Lions' hydrodynamics, Cont. Shelf Res, 10 (9-11), 885-894.

MISE, 2000. Etang de Berre et son bassin versant - Objectifs de réduction des flux de substances polluantes, Préfecture des Bouches-du-Rhône, DDAF Marseille, Version n°4 du 30 septembre 2000.

Mission Interministérielle pour l'Aménagement de la Région de Fos-Etang de Berre, 1975. Etang de Berre – Etat du milieu, Recueil de cartes, Document de travail.

MORON V., SABATIER F. (coord.), 2007. IMPLIT – Impact des événements extrêmes (tempêtes et surcotes) sur les hydrosystèmes du littoral méditerranéen dans le cadre du changement climatique. 173 pages.

MOUCHENE M., 2006. Le risque de « submersion marine » en Camargue dans une perspective d'aménagement du territoire, Volume 2 : Etude et analyse, REGION Provence-Alpes-Côte d'Azur, IUP DENTES, Université de Provence, mémoire de Master 2, 198 p.

PREVIMER, 2008. Cartes de hauteur significative et de direction des vagues à l'échelle du bassin nord-ouest de la Méditerranée et cartes de hauteur des vagues dans la rade de Marseille.

PROVANSAL M. et SABATIER F, 2000. Impact de la montée du niveau de la mer sur la côte du delta du Rhône. Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Le changement climatique et les espaces côtiers. L'élévation du niveau de la mer: risques et réponses, 12-13-14 octobre 2001, Arles, France, 78-81.

PROVANSAL M., VELLA C., SABATIER F., 2003. Apports solides et mobilité holocène des littoraux deltaïques. *Oceanis* vol. 29 n°1-2. pp.209-238.

RAMADE A./GERIM (Cabinet), 1986. Station d'épuration des eaux usées de La Ciotat – Etude d'impact. Ville de La Ciotat. 111 pages + annexes.

RAMADE A./GERIM (Cabinet), 1999. Rejet de saumures dans le golfe de Fos - Etude d'impact valant document d'incidence sur l'eau. GEOMETHANE. 190 pages.

RAMADE A./GERIM (Cabinet), 2000. Extension de la station d'épuration intercommunale de Carry-Sausset - Dossier principal d'impact – Document d'incidence loi sur l'eau. 170 pages.

RAMOGE, 2002, La défense des plages contre l'érosion dans la zone RAMOGE, Guide à l'attention des maîtres d'ouvrages, 43 p.

ROUX R.M., ARFI R., LOEILLET C., STORA G., BELLAN G., ROMANA L.A., 1985. Golfe de Fos, bilan des connaissances écologiques, Etude Régionale Intégrée, L.G.M.S.A., C.O.M et IFREMER, 99 p.

SABATIER F., 1996. Variations morphosédimentaires de la plage du Rouet (côte Bleue, France), essai d'analyse sur la mobilité du talus pré-littoral. Mémoire de Maîtrise. 82 p.

SABATIER F., 2001. Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône, Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, 268 p.

SABATIER F. et SUANEZ S., 2003. Evolution of the Rhone delta coast since the end of the 19th century.

SABATIER F. ANTONELLI C., MAILLET G., FLEURY T.J., 2003. River-shoreface-shelf sediment budget of a deltaic system. The case of the Rhone delta during the 20th century (France). International Hydraulics Association Research, 3rd Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Barcelona 1-5 september 2003. 10 p.

SABATIER F., PROVANSAL M., 2000. Bilans morphologiques, répartition granulométriques et direction du transport sédimentaire autour du brise-lames de Ste Anne, delta du Rhône, Génie Civil Génie Côtier, 207-216

SAFEGE, 2007a. Expertise technique du rechargement en matériau de la plage du Jaï, Ville de Marignane. 27 p.

SAFEGE, 2007b. Notice d'impact relative aux opérations de rechargement de plage sur le secteur du Jaï, commune de Marignane, 76 p.

SAFEGE CETIIS, 2001b. Objectifs de réduction des flux de substances polluantes – Zone homogène n°16 Embouchure Grand Rhône/Cap Couronne. 26 pages + fiches annexes.

SAFEGE CETIIS, 2001d, Objectifs de réduction des flux de substances polluantes, Zone homogène n°18, Cap Couronne / Tunnel du Rove, Service maritime des Bouches-du-Rhône.

SAFEGE CETIIS, 2001g. Objectifs de réduction des flux de substances polluantes – Zone homogène n°21 Pointe Cavaou / Pointe de l'Eperon. 21 pages + fiches annexes.

SAFEGE CETIIS, 2003a. Terminal méthanier de Fos Cavaou - Etat Initial, GDF, 51 p.

SAFEGE CETIIS, 2003b. Etude d'incidence de l'arrêt des rejets liquides et solides de la centrale EDF de Saint-Chamas, GIPREB, Berre l'Etang.

SAFEGE CETIIS, 2004. Modélisation numérique du devenir en mer des rejets des systèmes d'assainissement communautaires, Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole.

SAMAT, 2007. Efficacité et impacts des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône.

SDAGE bassin Rhône Méditerranée et bassin Corse, 2005. Guide technique n°9, Connaissance et gestion de l'érosion du littoral, 52 p.

SHOM, 2006. Références altimétriques maritimes (zéros hydrographiques) - Zone Méditerranée.

SIMON B., 1996, Détermination des hauteurs d'eau extrêmes le long des côtes de France, Génie civil – Génie côtier, IV^{èmes} journées nationales, Dinard, Session II : Aménagements estuariens, Télédétection, Aménagement du littoral, p. 167-176.

Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale, Cabinet Ramade/Gerim, 1993. Aménagement hydraulique de la région de Berre-ouest, adduction Saint Chamas - Istres : demande de concession du domaine public maritime, Etude d'impact sur l'environnement, 6 fascicules.

SOGREAH, 1984. Catalogue sédimentologique des côtes françaises, Volume 2 : Côtes de la Méditerranée, de la frontière espagnole à Sète, de Sète à Marseille, de Marseille à la frontière italienne.

SOGREAH, 1995. Étude de l'évolution du littoral sableux de la Camargue, Volume I, Présentation, résumé et conclusions de l'étude.

SOGREAH, 1995. Étude de l'évolution du littoral sableux de la Camargue, Volume II, Texte et Annexes.

SUANEZ S., 1997. Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange orientale littorale du delta du Rhône. Thèse Université Aix-Marseille I, 282 p.

TERSUD, E.R.A.M.M. et COM, 1993. Recherche de sites d'immersion de produits de dragage dans le Golfe de Fos, Etude d'impact, Port Autonome de Marseille, 90 p.

ULLMANN, A., PIRAZZOLI P.A.A & TOMASIN A., 2007. Sea surges in Camargue: Trends over the 20th century, Continental Shelf Research, 27, p. 922–934.

VELLA C., 1999. Perception et évaluation de la mobilité du littoral holocène sur la marge orientale du delta du Rhône. Thèse, Institut de Géographie, Aix-Marseille I. 225 pages.

Ville de Martigues, 2007. Quartier des Laurons. Protection de l'anse des Laurons par apport de matériaux granulaires – Notice d'impact. DGST Service Environnement. 64 pages.

Activités et usages

GIS Posidonies, 2001. Les peuplements de poissons des récifs artificiels du Parc Marin de la Côte Bleue, Suivi 2000 et évolution à moyen et long terme, Parc Marin de la Côte Bleue, 92 p.

BCEOM, 2006. Plan de gestion du Parc Marin de la Côte Bleue - Phases 1 et 2 Etat des lieux et diagnostic, Syndicat Mixte du parc Marin de la Côte Bleue, 197 pages + annexes.

BRL, 2001. Etude générale sur les ports départementaux et communaux des Bouches-du-Rhône, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 147 p.

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2003. Les Guides de la Cigale, Destination Mer – loisirs nautiques en Provence).

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007. L'offre touristique en matière d'hébergement dans les Bouches-du-Rhône en 2007.

Activités et usages

GIS Posidonies, 2001. Les peuplements de poissons des récifs artificiels du Parc Marin de la Côte Bleue, Suivi 2000 et évolution à moyen et long terme, Parc Marin de la Côte Bleue, 92 p.

BCEOM, 2006. Plan de gestion du Parc Marin de la Côte Bleue - Phases 1 et 2 Etat des lieux et diagnostic, Syndicat Mixte du parc Marin de la Côte Bleue, 197 pages + annexes.

BRL, 2001. Etude générale sur les ports départementaux et communaux des Bouches-du-Rhône, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 147 p.

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2003. Les Guides de la Cigale, Destination Mer – loisirs nautiques en Provence).

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007. L'offre touristique en matière d'hébergement dans les Bouches-du-Rhône en 2007.

Activités et usages

GIS Posidonies, 2001. Les peuplements de poissons des récifs artificiels du Parc Marin de la Côte Bleue, Suivi 2000 et évolution à moyen et long terme, Parc Marin de la Côte Bleue, 92 p.

BCEOM, 2006. Plan de gestion du Parc Marin de la Côte Bleue - Phases 1 et 2 Etat des lieux et diagnostic, Syndicat Mixte du parc Marin de la Côte Bleue, 197 pages + annexes.

BRL, 2001. Etude générale sur les ports départementaux et communaux des Bouches-du-Rhône, Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 147 p.

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2003. Les Guides de la Cigale, Destination Mer – loisirs nautiques en Provence).

Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007. L'offre touristique en matière d'hébergement dans les Bouches-du-Rhône en 2007.

ANNEXE 2

COMPTES-RENDUS DES ENTRETIENS AVEC LES COMMUNES LITTORALES

- Le delta du Rhône -

Zone homogène n°15 : du phare de l'Espiguette à l'embouchure du Grand Rhône

- ◆ Saintes-Maries-de-la-Mer
- ◆ Arles

Commune des SAINTES-MARIES-DE-LA-MER	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Demurcia	Commentaire particulier Aucun document fourni
Type d'entretien Entretien téléphonique (28-03-2008)	

Contacté au départ afin de prendre rendez-vous, il s'est avéré que l'essentiel des données techniques et scientifiques détenues par M. Demurcia avaient d'ores et déjà été récupérées auprès du CEREGE et du PNR de Camargue.

M. Demurcia a dit posséder des données concernant les ouvrages de protection de plage et les rechargements mais nous a conseillé, afin d'avoir les données les plus complètes possibles, de contacter directement le SYMADREM, lequel a procédé aux rechargements et aménagements.

Il est donc décidé de faire l'entretien par téléphone afin d'obtenir le reste des informations nécessaires (généralités sur les plages, concessions, apports sédimentaires, socio-économie...).

Généralités sur les plages

La commune possède 30 km de littoral composé essentiellement de sables très fins et clairs mais facilement transportés par le vent.

Ouvrages de protection de plage

Les dunes sont maintenues par un système de ganivelles. Les dernières ont été mises en place il y a 2 ans par la commune elle-même. D'une longueur totale de 5 km disposés sur plusieurs rangées, cela représente un linéaire de 800 m de plage (voir PNR Camargue).

M. Demurcia observe une variation par étapes des sections aménagées du littoral suite à la construction d'un épi :

- 10 premières années : accrétion ;
- 10 années suivantes : stabilité ;
- 10 années suivantes : érosion liée à détérioration des épis (ouverture de brèches dans les structures).

L'installation de 2 épis est programmée pour 2009.

Rechargements de plage

Une étude en vue d'un rechargement de plage en sable a été effectuée et a finalement conduit à choisir un rechargement expérimental d'une section de 350 m avec des galets de 10 à 12 cm de long. Ce rechargement a été effectué par le SYMADREM avant l'hiver.

Pour des informations plus précises : voir le SYMADREM ou le PNR de Camargue.

Apports sédimentaires

- Il n'y a pas vraiment de rejet ponctuel d'eaux pluviales se déversant sur le littoral de la commune.

Le Petit Rhône n'est pas pollué.

Bathymétrie – Conditions hydrodynamiques

M. Demurcia ne peut pas donner de données autres que celles qui ont été obtenues auprès du CEREGE et du PNR de Camargue.

Un courant de 2 nœuds passe devant la côte des Saintes-Maries

Le site des Saintes-Maries est caractérisé par une très grande variabilité des courants et des vents. La commune possède une station météo sur laquelle sont faits régulièrement des relevés complets.

Economie – Tourisme – Patrimoine

Il n'y a pas à proprement parler de grand équipement présent sur le littoral mais la ville elle-même est située à proximité de la mer.

M. Demurcia n'est pas favorable au principe de « recul stratégique », il estime que le terme n'est pas approprié mais devrait plutôt être désigné comme le principe du « sauve qui peut ».

A titre d'exemple, il cite le secteur du Grand Radeau, situé à 40 cm d'altitude et faiblement peuplé (30 familles), ce secteur abrite également des animaux et des marais. La commune n'a pas l'intention d'abandonner ce secteur. Il cite également les Salins du Midi en expliquant qu'il n'y a pas seulement un enjeu industriel dans ce secteur mais également une grande richesse écologique.

Du point de vue touristique, la commune possède :

- 2 campings situés à moins de 500 m du rivage et constituant au total une surface de 27 ha ;
- 1 hôtel-résidence (Talacap) avec piscine situé en bord de mer ;
- la commune compte au total 1 000 chambres d'hôtel ;
- 1 port (Port Guardian). Ce port prévu trop petit dès le départ fait l'objet d'une volonté d'agrandissement (doublement) de la part de la commune, à une échéance comprise entre 5-6 et 10 ans. Ceci a été inscrit dans le PLU ;
- l'accès à la mer est facile mais il y a trop de circulation si bien que certains chemins littoraux sont volontairement peu entretenus (la sécurité étant toutefois respectée) afin de limiter l'accès et la vitesse des véhicules (vitesse limitée à 30 km/h) ;
- un projet de parking de 1 000 places est prévu en centre-ville ;
- le secteur du Grand Radeau est une plage « privée » accessible uniquement aux personnes munies d'une carte d'accès (critère d'obtention de la carte : paiement d'impôts sur la commune). ;
- 3 postes de surveillance de baignade sont présents sur la commune ;
- les activités terrestres pratiquées sont surtout : la randonnée, les promenades

à cheval (si possible en dehors des routes) et le vélo. Ce dernier est encouragé par la commune (création de pistes cyclables) et est en plein développement ;

- concernant les activités en mer : la plongée est anecdotique en raison notamment de la forte turbidité du secteur. Les sports nautiques légers sont favorisés (glisse, voile...). Les Saintes-Maries sont le meilleur spot de vitesse pour la pratique de la voile (record du monde battu aux Saintes en mars 2008 (création d'un chenal de vitesse) ;

La commune est peu favorable à la pratique de sports motorisés (jet-ski, etc) à moins de 300 m des plages. Ils sont tolérés au-delà de cette distance.

Le port abrite environ 15 bateaux de pêche et 2 sociétés de bateaux de promenade. La pêche aux tellines est très pratiquée avec la présence de gros gisements au niveau des bancs de sable et d'eaux agitées. Les pêcheurs sont professionnels et vendent le produit de leur pêche essentiellement aux restaurants.

Il existe également une société de pêche au gros.

Un établissement conchylicole (« les moules de Camargue ») existait auparavant dans les anciennes salines mais a été arrêté par les services de l'environnement.

La commune compte 5 plages en concession (délégation de service public).

Le poids économique du port est peu important par rapport à l'activité principale, le tourisme. Le budget du port arrive à l'équilibre depuis peu.

Le rôle du tourisme est très important pour l'écoulement du produit de la pêche : vendu directement donc avec paiement immédiat et plus cher.

Commune de ARLES	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) Mme Martin - Service Environnement	Commentaire particulier Pas de documents fournis
Type d'entretien Entretien téléphonique (17-03-2008)	

Mme MARTIN a été contactée après qu'elle ait eu pris connaissance des éléments demandés (voir fiche de demande). Concernant chaque point, voici les éléments qu'elle a pu apporter :

1/ Plages : généralités

Aucune plage n'est en concession sur la commune et la commune elle-même n'est pas concessionnaire (Arrondissement maritime de la DDE, Affaires Maritimes).

2/ Ouvrages de protection de plage

Pas d'informations concernant d'éventuels ouvrages sur la plage publique. Les seuls ouvrages situés sur la commune dépendent des Salins-du-Midi. Elle n'est pas en mesure de donner des précisions sur ces ouvrages.

3/ Rechargements de plage

Il n'y a pas de rechargements de plage sur la commune.

4/ Apports sédimentaires terrigènes polluants

Il n'y a pas de rejets pluviaux ou d'assainissement directement sur le littoral (se font dans le fleuve).

5/Bathymétrie, types de fonds marins - 6/Conditions hydrodynamiques : voir études CEREGE, PNR

7/ Economie, Tourisme, Patrimoine

Il n'y a pas d'équipements sur le littoral

La plage de Piémanson est accessible via la RD

Des problèmes de fréquentation existent concernant la « colonisation » de la plage de Piémanson (et celle de Beauduc) par des camping-cars. Le problème existe depuis longtemps.

Une étude du PNR Camargue a été effectuée en vue de l'Aménagement d'une aire naturelle de stationnement pour ces camping-cars.

Il n'y a pas de port en bord de mer.

La pêche à la Telline est pratiquée par quelques pêcheurs professionnels de Salin-de-Giraud sur la plage de Beauduc. Une étude sur la ressource a été effectuée dans laquelle il ressort que le golfe de Beauduc semble être une nurserie pour les Tellines mais fragilisée.

- Le golfe de Fos -

Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

- ♦ Port-Saint-Louis-du-Rhône
- ♦ Fos-sur-Mer
- ♦ Port-de-Bouc
- ♦ Martigues

Commune de PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Athanassiou	Commentaire particulier La commune aimerait avoir un retour sur l'étude d'érosion du CG 13.
Type d'entretien Entretien téléphonique (04-04-2008)	

Après avoir pris connaissance des informations recherchées dans le cadre de l'étude, M. Athanassiou signale ne pas avoir de documents à communiquer. Il enverra quelques informations par mail et par courrier concernant les caractéristiques physiques des plages et le plan des aménagements (ganivelles, pieux...).

Quelques informations sont prises au cours de la conversation téléphonique :

La commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône ne possède qu'une plage en concession : la plage Napoléon. La concession est renouvelée chaque année. Au début des années 2000, la commune a dû effectuer des aménagements afin d'obtenir la concession. L'aménagement de la plage a été réalisé par l'EID et le Service Maritime.

1^{ère} année : mise en place de blocs rocheux afin d'isoler la plage par rapport à l'embouchure du Rhône ;

2^{ème} année : installation de pieux en bois à 60 m de la plage pour empêcher l'accès des voitures. Les ganivelles ont été posées.

3^{ème} année : création d'une surface de stationnement de 2 ha à l'entrée de la plage accessible à tous types de véhicules et mise en place d'un gabarit afin de ne laisser que les véhicules légers accéder au 2^{ème} parking.

2 km de ganivelles ont été installés. Des pieux en bois ont été posés afin de délimiter la plage.

Documents fournis

Aucun

Commune de FOS-SUR-MER	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) M. Escolano – Directeur de la Division Techniques Sports	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (26-03-2008)	

En début d'entretien, M. Escolano fait une présentation du littoral secteur par secteur :

- la seule zone soumise à l'érosion sur la commune est une falaise (de roche friable) de 15 m de hauteur environ, située à l'extrémité de la commune. Sa protection est assurée depuis 15 ans par des barrières. Les problèmes d'érosion ne sont plus d'actualité depuis leur mise en place. Des roches immergées sont présentes en avant de cette falaise ;
- une plage, la plage du Fromage (ou Pont du Roi) est située immédiatement à proximité de la zone de falaise précédente. Elle est composée de galets ;
- une digue, digue de la Marronède, a été construite pour protéger le canal de navigation et les pipe-lines qui sont enterrés ;
- une plage de sable fin se trouve à l'est du port de Saint-Gervais. D'une largeur de quelques mètres à environ 50 m, elle est en engraissement au droit de l'ancien Casino (aujourd'hui : Maison de la Mer). Le sable de cette plage est régulièrement criblé (*voir plus loin*) ;
- une toute petite plage de galets est située contre le port ;
- l'anse de Saint-Gervais abrite une plage de sable très fin, à faible pente. Quelques promontoires rocheux sont présents. 8 épis ont été mis en place par le PAM il y a 20 à 30 ans au fond de l'anse ;
- le secteur de Cavaou, composé plutôt de galets, est en engraissement. Le chantier naval romain de Fos-sur-Mer se trouve au large. Une faille passe à proximité de cette zone ;
- la commune de Fos-sur-Mer a la concession d'1 kilomètre de plage dans ce secteur (plage de sable). Le cordon y a été aménagé afin de protéger la plage ;
- à l'ouest du secteur concédé, se trouvent à nouveau des galets assez grossiers disposés sur deux niveaux ;
- des dunes de 8-10 m de hauteur se situent à l'ouest. Une petite plage de galets se situe dans ce secteur ;
- à l'ouest se trouve le terminal GDF 2. Des limons se trouvent le long de la darse ;
- la darse 1, située dans le bas lit de la Durance est caractérisée par la présence de cailloutis et de végétation de type cannes. Le poudingue de Crau émerge

(galets) ;

- les bords de la darse 2 sont diversifiés : de sablonneux à grossiers (galets). Le fond est composé de vase sableuse (il s'agit d'un coin fréquenté par les pêcheurs pour trouver des appâts). Il s'agit d'une zone très fréquentée par les pêcheurs à pied et de nombreuses espèces végétales et animales (richesse écologique).

L'entretien se poursuit en abordant des thèmes précis et en vue de savoir si des études ou données sont disponibles auprès de la mairie.

Avant tout, M. Escolano précise 2 points importants particuliers à la commune de Fos-sur-Mer et qui concernent toutes les opérations et aménagements effectués :

- ils le sont dans un contexte de prise en compte des risques majeurs ;
- rien ne peut se faire sans l'accord du PAM.

M. Escolano précise que la commune ne dispose pas de profils de plage. Aucune plage privée n'est présente sur le littoral.

Aucun phénomène de submersion n'a été constaté depuis les années 70. Lorsqu'ils étaient constatés, ces phénomènes (passage de l'eau par dessus le mur et rejoignant le canal) se produisaient à l'ouest de l'anse Saint-Gervais, à l'est du port et vers le Club de Voile (rampe de mise à l'eau). Le risque est surtout par vent d'est.

Ouvrages

Les informations concernant tous les ouvrages présents sur la commune sont détenues par le PAM, qui en est le gestionnaire.

7 pipe-lines sont installés en arrière de la digue de la Marronède. En fonction de leur type, ces pipes ont des périmètres de protection plus ou moins étendus.

Projets

En vue de la prochaine mise en place d'un périmètre de protection (risque gaz) et compte tenu de l'obtention par Fos-sur-Mer de la concession de la plage de Cavaou pour 5 années encore, un projet d'engraissement de la plage (ou de création d'une avancée sédimentaire) est en cours de réflexion. Ce projet vise à remplacer l'actuel site balnéaire de Cavaou en créant une zone d'accueil des baigneurs hors du périmètre de protection « gaz » afin de préserver la pratique balnéaire dans cette zone.

Un confortement de la digue du port est envisagé.

Une promenade en bois est envisagée le long du littoral, depuis la Maison de la Mer en direction de l'est.

Plages

Dans le secteur de Cavaou, des travaux de reformatage de la plage et du cordon ont été effectués il y a 15 ans environ. Ils ont été arrêtés depuis en raison de leur inefficacité.

Le sable des plages de Cavaou, Saint-Gervais et Grande Plage est criblé 2 fois par semaine entre mai et la mi-septembre (tamis de maille 2 cm). Un hersage (griffes)

est pratiqué 5 jours par semaine durant la même période afin d'aérer le sable et le rendre plus propre.

M. Escolano remarque une diminution de la fréquence des tempêtes sur les plages de Fos-sur-Mer et une plus grande irrégularité du Mistral.

Apports

En raison de la barrière physique formée par le canal, les sédiments ne parviennent pas sur les plages de Fos-sur-Mer. Des dépôts se font de manière cyclique dans le canal.

Plusieurs exutoires des eaux pluviales existent et rejoignent notamment le canal d'Arles à Bouc. Les eaux de pluie trouvent aussi leur exutoire dans la nappe de la Crau.

L'amplitude de la marée est de 1,10 m (maximum) et 0,8 m (moyenne).

Activités

Un seul pêcheur est présent sur la commune.

M. Escolano signale un « tournant » en 1991 avec la chute du nombre de prises. Depuis cette date, il y a parfois de bonnes pêches en début de saison (fin mars, avril) et à l'automne.

Des données économiques concernant les installations portuaires industrielles peuvent être obtenues auprès du PAM.

On note la présence de :

- 1 école de voile ;
- 2 clubs de voile de part et d'autre du « Moulin », dans le secteur du Cavaou ;
- port de Saint-Gervais (env. 830 anneaux) (M. Roche, maître de port) ;
- 1 club de plongée ;
- pratique du kayak dans l'étang de l'Estomac ;
- des chemins piétonniers sont en train d'être aménagés entre le quartier du Roi et le centre ville, à travers les anciens salins de Fos.

Des plans d'évacuation des plages existent compte tenu des sites industriels présents dans la zone (sécurité industrielle).

Documents fournis

- plan des réseaux d'eaux pluviales ;
- courrier de M. Escolano à la DDE concernant l'étude de faisabilité du projet d'aménagement de plage ;
- étude de faisabilité réalisée par la DDE : DDE, 2007. Plage sur le golfe de Fos-sur-Mer – Etude de faisabilité. 24 pages + annexes ;

- figure du projet d'aménagement de la plage ;
- photocopies d'articles de presse (réhabilitation des anciens salins de Fos-sur-Mer / érosion) ;
- brochure Observatoire du littoral ;
- travail de recherche sur le golfe de Fos (auteur, date inconnus).

Commune de PORT-DE-BOUC	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) M. Flores – Responsable des services techniques M. Marit - Adjoint Mme Canac	Commentaire particulier La commune aimerait avoir un retour sur l'étude d'érosion du CG 13.
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (26-03-2008)	

M. Flores signale tout d'abord que 2 études ont été effectuées par un même cabinet conseil (Geoconseil – MM. Gieules & Briand) concernant :

- une zone située en limite de la commune de Fos où, suite à l'étude, une digue avait été construite afin de mettre à l'abri un petit bassin. Ce bassin s'est ensablé par la suite ;
- un problème d'ensablement d'un exutoire pluvial.

Ces études ont apporté une bonne connaissance de la courantologie et des sédiments dans le secteur.

Dans les années 80, des déblais issus de l'agrandissement du canal (Lafarge) ont été déversés sur le littoral. Cela a formé un remblai sur lequel est installée, depuis les années 90, une **base nautique**.

De la tourbe (environ 3 000 m³) a été récupérée et disposée le long du littoral rocheux de la pointe de **la Lecque**. Un apport est provenu aussi des clapages du PAM (?).

La **plage de Bottaï** est une petite plage, en recul. Située à proximité d'un camping, elle est surtout fréquentée par des campeurs. L'amarrage sauvage de petits bateaux y est également observable. Des fondations d'une villa gallo-romaine sont présentes au sud (archéologue : H. Martineau).

Les sédiments de cette plage sont sableux mais contiennent de plus en plus de galets. La texture est très variable d'une année sur l'autre.

Un rechargement de cette plage est prévu au printemps 2008.

Le littoral de la commune est très soumis au vent dominant, le Mistral (vient du NNO). La base nautique est implantée dans une zone avec des vents favorables qui ramènent les embarcations naturellement vers la côte.

Une côte rocheuse est présente entre les plages de Bottaï et des Ours (ou Hours), c'est la **pointe de la Baumasse**.

La **plage des Ours** abrite une nécropole grecque et une ancienne carrière de pierres. A l'origine, cette plage était essentiellement constituée de galets mais peu à peu, du sable apparaît dans sa partie sud (peut-être en lien avec l'érosion des falaises situées au sud : voir nature roche).

Cette plage est fréquentée par des habitués vivant plus ou moins loin.

M. Flores insiste particulièrement lors de l'entretien sur **un secteur de falaise en érosion** (voir *croquis et notes fournis*) situé dans la **zone du collège F. Mistral**, au sud de la plage des Ours. L'érosion des falaises (10-15 m de haut) de ce secteur pose de gros problèmes quant à la sécurité des baigneurs (accès interdit) et du fait de la présence d'une douzaine de pipe-lines qui longent le littoral au niveau de cette falaise. Des courriers (le premier datant de 1998) ont été adressés au PAM afin qu'il prenne les mesures nécessaires afin d'enrayer l'érosion de cette falaise. Aucune réponse n'est parvenue à la mairie.

(Un deuxième secteur situé au nord, **près de la base nautique** est également soumis à érosion.)

Concernant les pipe-lines, M. Flores note que leur contenu et surtout leur tracé sont mal connus. Par ailleurs, les pipe-lines sont enfouis à des profondeurs relativement faibles (40 cm par exemple) voir affleurent en surface dans certains secteurs.

Au sud se trouve la **plage des Galets** (ou « Combattants », ou « Petite Plage », nom donné dans le cadre du Pavillon Bleu). Elle correspond à un secteur où, dans les années 50, un grand mur a été construit pour protéger l'extrémité des falaises tandis qu'en front de mer était construit un petit muret. Du sable puis des gravillons ont été déposés entre ces 2 murs.

Une érosion se produit sur la partie sud de la plage où il ne reste presque que le muret face à la mer.

De petites criques sont présentes ensuite avant d'arriver à la **plage des Aigues-Douces** créée après la destruction de l'usine Saint-Gobain dont les déblais avaient été déposés sur le littoral. Des blocs contenant des ferrailles ont été enlevés. Cette plage est située au pied de grands bâtiments collectifs. Son nom provient du fait que ce secteur est caractérisé par la présence de résurgences d'eaux douces et d'une source.

La plage a été reformée (tracé en courbe), du géotextile et du sable de mer ont été installés. Ce sable s'étant envolé, des gravillons ont été mis à la place. Un cordon de rochers et de galets a été immergé en face afin de favoriser l'ensablement. Les bords de la plage ont été végétalisés.

Au niveau de la **pointe rocheuse** située au sud se situent des vestiges de la guerre, des déblais d'anciennes usines et des blocs rocheux en déséquilibre en bord de mer. Une plate-forme rocheuse de 100 à 200 m de large est présente en mer avant la pente descendant vers les grandes profondeurs. Un sentier pédestre a été créé (voir *carte*).

Un projet de plage le long de l'Avenue du golfe a été abandonné. Une digue

La **plage des Ours** abrite une nécropole grecque et une ancienne carrière de pierres. A l'origine, cette plage était essentiellement constituée de galets mais peu à peu, du sable apparaît dans sa partie sud (peut-être en lien avec l'érosion des falaises situées au sud : voir nature roche).

Cette plage est fréquentée par des habitués vivant plus ou moins loin.

M. Flores insiste particulièrement lors de l'entretien sur **un secteur de falaise en érosion** (*voir croquis et notes fournis*) situé dans la **zone du collège F. Mistral**, au sud de la plage des Ours. L'érosion des falaises (10-15 m de haut) de ce secteur pose de gros problèmes quant à la sécurité des baigneurs (accès interdit) et du fait de la présence d'une douzaine de pipe-lines qui longent le littoral au niveau de cette falaise. Des courriers (le premier datant de 1998) ont été adressés au PAM afin qu'il prenne les mesures nécessaires afin d'enrayer l'érosion de cette falaise. Aucune réponse n'est parvenue à la mairie.

(Un deuxième secteur situé au nord, **près de la base nautique** est également soumis à érosion.)

Concernant les pipe-lines, M. Flores note que leur contenu et surtout leur tracé sont mal connus. Par ailleurs, les pipe-lines sont enfouis à des profondeurs relativement faibles (40 cm par exemple) voir affleurent en surface dans certains secteurs.

Au sud se trouve la **plage des Galets** (ou « Combattants », ou « Petite Plage », nom donné dans le cadre du Pavillon Bleu). Elle correspond à un secteur où, dans les années 50, un grand mur a été construit pour protéger l'extrémité des falaises tandis qu'en front de mer était construit un petit muret. Du sable puis des gravillons ont été déposés entre ces 2 murs.

Une érosion se produit sur la partie sud de la plage où il ne reste presque que le muret face à la mer.

De petites criques sont présentes ensuite avant d'arriver à la **plage des Aigues-Douces** créée après la destruction de l'usine Saint-Gobain dont les déblais avaient été déposés sur le littoral. Des blocs contenant des ferrailles ont été enlevés. Cette plage est située au pied de grands bâtiments collectifs. Son nom provient du fait que ce secteur est caractérisé par la présence de résurgences d'eaux douces et d'une source.

La plage a été reformée (tracé en courbe), du géotextile et du sable de mer ont été installés. Ce sable s'étant envolé, des gravillons ont été mis à la place. Un cordon de rochers et de galets a été immergé en face afin de favoriser l'ensablement. Les bords de la plage ont été végétalisés.

Au niveau de la **pointe rocheuse** située au sud se situent des vestiges de la guerre, des déblais d'anciennes usines et des blocs rocheux en déséquilibre en bord de mer. Une plate-forme rocheuse de 100 à 200 m de large est présente en mer avant la pente descendant vers les grandes profondeurs. Un sentier pédestre a été créé (*voir carte*).

Un projet de plage le long de l'Avenue du golfe a été abandonné. Une digue

construite lors de la mise en place des pipe-lines dans les années 60 se trouve le long de cette avenue. Une encoche d'érosion y est observable.

La plage de la Lecque est une plage naturelle de sable coquillier noir et blanc (fragments d'huîtres).

Dans l'entrée du canal de Caronte se trouve une ancienne zone de séchage des morues. L'anse des Fourmis se trouve dans ce secteur de même que le plus gros bateau pompe d'Europe, le Louis Collet.

Le port situé à l'entrée est un port de plaisance accueillant également des remorqueurs. C'est plutôt un port privé.

Une criée aux poissons est présente à Port-de-Bouc. Le chantier naval créé à la fin du 19^e siècle a été fermé en 1966.

Un port de pêche abritant une vingtaine de chalutiers se trouve à l'est. Lors de son creusement à 5 m de profondeur a été trouvé un bateau chargé d'explosifs. Les vases portuaires draguées (dimension de l'aire de stockage : env. 3*150*100 m) ont été stockées sur les bords du canal de Caronte, en limite communale avec Martigues et ont été végétalisées.

La limite communale avec Martigues consiste en un fossé d'écoulement pluvial.

Rechargements / dépôts de sédiments

- 100 m³ de gravillons roulés ont été déposés sur la plage d'Aigues-Douces ;
- environ 100 m³ de sable (qui ne s'envole pas) vont être déposés en 2008 pour la première fois sur la plage de Bottai ;
- il y a 2 ans, 25 tonnes de graviers ont été déposés sur la plage des Galets.

Autres opérations

L'enlèvement des végétaux est effectué manuellement sur la plage des Lecques. Sur la plage de Bottai, les algues sont enlevées mécaniquement (tractopelle) en début de saison (1 fois/an) puis manuellement.

Les galets de la plage des Ours sont repositionnés au moyen d'un bulldozer.

En 2007, le nettoyage des plages a été assuré par un ESAT.

Une opération d'élaboration des profils de baignade des plages va être lancée.

Documents fournis

- photocopies de notes et croquis manuscrits internes concernant les deux secteurs de falaises en érosion ;
- courrier adressé au PAM en 1998 ;
- questionnaires Safege remplis par Mme Canac pour chaque plage de la commune ;
- plans de la ville avec indication des chemins et rejets pluviaux et usées ;
- croquis des aménagements de plage ;
- plans de balisage des plages et de la base nautique.

Commune de MARTIGUES	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) Mme Rotolo –Service Environnement Chargée des nuisances et pollutions	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (25-03-2008)	

Le service environnement s'occupe du balisage des plages, des dossiers réglementaires, des équipements des plages et des animations.

D'autres données sont à rechercher dans les autres services si besoin.

Aucune plage en concession n'est présente sur la commune. Deux périmètres de concession pour les pédalos sont présents : Sainte-Croix et les Laurons.

Mme Rotolo fait remarquer la distinction entre l'**anse** des Laurons et la **plage** des Laurons.

Ouvrages de protection

Quelques enrochements sont présents dans l'anse des Laurons (*voir Notice d'impact fournie*).

Présence de la digue EDF Ponteau. Pas d'information auprès de la mairie (*voir EDF*).

Présence d'un ouvrage au Verdon (*voir Service Urbanisme*)

Aucun projet d'aménagement côtier n'est prévu.

Rechargement/nettoyage des plages

Seule l'anse des Laurons fait l'objet d'un rechargement (*voir Notice d'impact*)

Certaines plages sont nettoyées au moyen d'une nettoyeuse de plage (tamisage du sable) : Sainte-Croix, Verdon et Saulce.

En saison (de juin à septembre), le nettoyage est effectué 7 jours/7 sur les plages de Sainte-Croix et Verdon.

Hors saison, le nettoyage est effectué une fois par semaine.

La plage de Saulce est nettoyée lorsqu'elle est « sale ».

Un ramassage manuel des déchets est effectué parallèlement.

Les feuilles de Posidonies sont ramassées (*voir Service des Ateliers*).

Un projet est en cours de réflexion concernant la plage des Laurons afin de la rendre plus attractive (élargissement, plantations...).

Côtes rocheuses

Les falaises présentes sur la commune sont calcaires.

Il faut noter la présence de l'ancienne carrière de Baou-Taïa (voir rapport étude de Sol), au niveau du chemin des Tamaris. Le sentier situé à proximité est interdit depuis 2007.

Apports

Hormis le Rhône qui constitue l'origine principale des sédiments, deux principaux valats débouchent sur le littoral de Martigues : le valat de la Réraïlle et le Grand Valat mais aucune donnée quantitative ne peut être donnée.

NB : la plage du Grand Valat n'est pas ouverte à la baignade en raison de sa position entre 2 communes et d'anciens problèmes liés au rejet de la STEP, aujourd'hui résolus.

Autres

Des données bathymétriques et de courantologie ne sont disponibles que sur le secteur des Laurons.

Mme Rotolo propose de rechercher des renseignements complémentaires auprès de :

- M. Vella (CEREGE) et de la faculté de Géographie d'Aix-en-Provence.
- Airfobep (M. Bernabeu) sur leur station météo « la Gatasse »

Activités, usages

Il n'y a pas vraiment de grands équipements en bordure du littoral actuellement mais un projet de centre de thalassothérapie situé sur le parking de Sainte-Croix est en cours d'étude.

Des données sur la capacité des parkings situés sur le littoral sont disponibles dans le questionnaire rempli en 2007 par la commune pour l'obtention du Pavillon Bleu (NB : le Pavillon n'a pas été obtenu et la note remise au cours de l'entretien est confidentielle).

La côte est caractérisée par la présence du GR 51 et du sentier du littoral (qui suivent le même tracé) et de sentiers aménagés. Un parcours santé créé en 2006 est également présent.

Une mise à l'eau pour les jet-ski est présente entre EDF et la plage des Laurons.

L'anse des Renaïres abrite une activité de lavage des coquillages.

Etang de Berre

Aucune plage ouverte au public n'est présente côté étang de Berre.

Un projet de remblaiement de l'anse de Ferrières est envisagé afin d'y implanter un espace vert. Cela réglerait le problème d'accumulation d'ulves (ramassées en grandes quantités) et d'odeurs nauséabondes récurrentes dans cette zone.

L'aviron est pratiqué dans le canal de navigation. Une base nautique (Tholon) est

présente.

La plage de Figuerolles (au nord) n'est pas accessible au public. Un développement du parc de loisirs situé dans le secteur de Figuerolles est en cours de réflexion (actuellement : poneyclub, accrobranches... ; futur : golf, centre aquatique...). Une accessibilité de la plage pourrait alors être envisagée dans ce cadre.

L'essentiel du littoral du canal de Caronte est naturel : creusé dans le substrat.

85 % des ressources financières de Martigues proviennent de la taxe professionnelle dont une grande partie est issue des entreprises (port pétrochimique notamment).

2 projets d'aménagement des berges du canal de Caronte sont envisagés :

- aménagement d'un quai pour l'accueil de grande plaisance, au niveau des Halles ;
- aménagement de la pointe de San Christ (quai, aménagements paysagers, jardin)

Des sondages archéologiques sont en cours.

Documents fournis

Ces documents, internes à la mairie, ne sont pas utilisables en dehors de l'étude d'érosion et pas diffusables.

- photocopie couleur d'une carte élaborée dans le cadre du PLU 6 Sch2ma d'Aménagement n°6 – Le sentier littoral. Part 2 : Le littoral méditerranéen des Laurons aux Tamaris.
- Extraits d'une étude de sol : ANTEA, 2007. Mouvement de terrain affectant un secteur littoral du quartier de la Quiétude à Martigues (13). Avis géotechnique préliminaire.
- Recueil de la DGST (A-L., Rotolo), 2001. Informations sur le littoral. Commune de Martigues. 2 pages.
- photocopies couleur de cartes de typologie-vulnérabilité du littoral de Martigues
- Questionnaire Pavillon Bleu – Saison 2007. 24 pages.
- Notice d'impact réalisée par le service Environnement de la DGST de Martigues. Ville de Martigues, 2007. Quartier des Laurons. Protection de l'anse des Laurons par apport de matériaux granulaires. Notice d'impact. 64 pages.

Par ailleurs, le service « archives » de la mairie dispose de nombreuses photos aériennes et prises depuis le sol remontant notamment à 1962.

- L'étang de Berre -

Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

- ♦ Martigues (voir Zone homogène n°16)
- ♦ Saint-Mitre-les-Remparts
- ♦ Istres
- ♦ Miramas
- ♦ Saint-Chamas
- ♦ Berre-l'Etang
- ♦ Rognac
- ♦ Vitrolles
- ♦ Marignane
- ♦ Châteauneuf-les-Martigues

Commune de SAINT-MITRE-LES-REMPARTS	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) M. Delloue – Adjoint du Service Environnement	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie + visite terrain (25-03-2008)	

1/ Visite de terrain

Dans un premier temps, l'entrevue a consisté en une rapide visite du littoral de la commune. Seule la portion de littoral située à l'ouest de la côte rocheuse a été inspectée.

Des maisons sont présentes en bordure immédiate du littoral. Il s'agissait initialement de cabanons de vacances qui, après la Seconde Guerre Mondiale ont peu à peu été transformés en maisons « en dur » occupées en permanence. Ces transformations se sont faites sans permis.

Secteur de Varage (ouest)

La plage est étroite et a été enrochée afin de la protéger de l'érosion. Les opérations d'enrochements ont été interrompues par le Service Maritime.

Secteur de Massane (est)

Un épi a été installé à l'extrémité d'une plage par une personne privée (un pêcheur) ayant bénéficié d'une autorisation. Cet épi lui servait sans doute d'appontement.

Des remblaiements ont été effectués ces dernières années le long de la plage afin de gagner en largeur. Ces opérations ont été stoppées par le Service Maritime.

Des roches affleurent à faible profondeur.

M. Delloue précise qu'il y a une forte attente de zone balnéaire par les habitants de la commune et du quartier.

2/ Entretien

Aucun cours d'eau ne débouche sur le littoral de la commune (uniquement déversoirs d'eau pluviale).

Aucune plage privée n'est présente sur la commune.

Les ouvrages en dur présents sur le littoral de la commune sont :

- un épi ;
- une mise à l'eau ;
- des enrochements (et remblaiements).

Aucun rechargement de plage n'a été effectué et cette mesure n'est pas envisagée en raison de l'orientation des vents dominants (Mistral) qui touchent de plein fouet le littoral (orienté ouest-est dans le secteur meuble) et qui génère des départ de sédiments vers le large (lessivage). Une solution consistant en la réalisation d'un seuil sous-marin pouvant bloquer les sédiments et les empêcher de partir vers le large avait été envisagée mais abandonnée.

Les algues déposées sur la plage et formant des bourrelets sont enlevées en été afin d'éviter les odeurs liées à leur pourrissement. Les plages sont nettoyées.

Aucun suivi de la côte rocheuse située à l'est n'est effectué. Aucune donnée n'est disponible auprès de la mairie.

Concernant les activités et usages, les points nautiques les plus proches accueillant des activités de voile, scooter... sont situés :

- à Figuerolles (Martigues) ;
- au port des Heures-Clares (Istres)

Seule une pizzeria-débit de boisson se trouve à proximité du littoral, à l'ouest de la plage de Massane.

Il n'y a aucun pêcheur professionnel sur la commune.

Documents fournis

- courrier au SM 13 (26-09-2005) précisant les dimensions des surfaces occupées par les travaux de défense contre la mer
- croquis, carte et planches photographiques des aménagements
- courrier du SM 13 (11-03-1997) concernant l'historique des échanges à propos des aménagements
- 2 plans de délimitation du DPM (sources : SM 13, commune de Saint-Mitre)
- 2 plans avec limite du DPM + position, surface des zones aménagées (plans 1 « Massane ouest », plan 2 « Massane est ») (source : SM 13)
- 1 plan « Vue en plan »
- divers plans et profils du projet
- Etude d'impact : CEBTP, 2002. Travaux de défense contre la mer Saint-Mitre-les-Remparts (13) - Etude d'impact. Ville de Saint-Mitre-les-Remparts 49 pages.

Commune d'ISTRES	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) M. Rizzi – Services Techniques Municipaux	Commentaire particulier Aucun document n'a été fourni.
Type d'entretien Réunion dans les locaux des Services Techniques (03-02-2008)	

Les principales plages de la commune, déclarées et faisant l'objet d'un contrôle sanitaire des eaux de baignade sont le Ranquet, Romaniquette et Janone. La première présente des sédiments sablonneux tandis que les deux autres sont essentiellement composées de débris coquilliers.

Une petite plage existe à côté du port des Heures-Clares, elle sert de point de mise à l'eau pour la pratique des activités nautiques. Elle est également composée de débris coquilliers.

Les plages de Romaniquette et Janone auraient tendance à engraisser en raison de leur position à l'abri du Mistral mais plutôt exposées au vent d'est.

La plage du Ranquet est stable.

M. Rizzi ne possède aucune étude pouvant apporter des informations techniques sur la granulométrie des sédiments, le profil topographique des plages.

Entretien des plages

Les ulves sont enlevées au coup par coup, en fonction des besoins. Cela peut se produire à n'importe quel moment dans l'année. Les ulves sont surtout abondantes sur la plage du Ranquet. Elles sont peu abondantes sur les plages de Romaniquette et de Janone.

Compte tenu de leur petite taille, les plages ne sont pas reprofilées.

Un rechargement ponctuel de la petite plage située à côté des Heures-Clares est effectué environ 1 fois/an (10 à 15 tonnes de sable de carrière – 0,2 mm) afin de permettre une mise à l'eau plus « confortable » des embarcations (épaisseur de sable permettant d'éviter d'abîmer le fond des embarcations lors des manœuvres sur la plage). Ce rechargement s'effectue à peu près depuis 25 ans, date de la création de la base nautique.

Aucun projet de rechargement de plage n'existe par ailleurs.

Phénomènes rencontrés sur la commune

Parmi les problèmes affectant le littoral de commune figurent :

- celui de l'**obstruction de l'embouchure du canal de communication entre l'étang de l'Olivier et celui de Berre par des débris coquilliers** formant parfois de véritables cordons à proximité de la plage de Romaniquette. Ces amas de coquilles empêchent l'évacuation des eaux du canal dans l'étang de

Berre et provoquent la mise en charge du canal mais également des réseaux pluviaux qui traversent la ville d'Istres. Des problèmes d'inondation de chaussée dans la ville peuvent se produire notamment au niveau des zones gangées sur l'étang de l'Olivier. Auparavant, des digues avaient été installées afin de protéger l'embouchure du canal mais ces dernières sont maintenant inefficace (détérioration) et n'empêchent plus le phénomène. Une étude vient d'être lancée avec le SAN Ouest Provence pour remédier au problème et **des données bathymétriques de cette zone existent ;**

- celui des **éboulements** qui se produisent au niveau **des falaises situées dans les secteurs des Heures-Clares et du Ranquet**. Le secteur des Heures-Clares est à vocation pavillonnaire et les glissements de terrain qui s'y produisent occasionnent de sérieux problèmes sur les voiries et nécessitent des travaux lourds de consolidation. Des ouvrages ont été réalisés en collaboration avec le SM 13 (soutènements de type enrochements de pied, etc). Ces phénomènes se produisent en moyenne tous les 3 ans. Ils ne se manifestent pas forcément en bordure immédiate de l'étang mais les déformations peuvent affecter les habitations et la voirie. Ces phénomènes sont importants et dangereux : il y a 5-6 ans, suite à un glissement de terrain, des travaux de confortement ont été effectués sur le rivage, mais l'évacuation des maisons (et même la destruction de certaines maisons) a malgré tout été nécessaire. **Des rapports et études existent sur les différents éboulements et travaux entrepris, ils peuvent être demandés au maître d'ouvrage : le SAN Ouest Provence (M. Yamine KEHIHA, 04 42 11 16 16).** Les travaux de renforcement des falaises sont faits au coup par coup, en fonction de la nécessité tout en essayant d'anticiper au mieux (un programme est en cours au niveau du Ranquet, voir *SAN Ouest Provence*).

Dans le secteur du port, les fonds sont peu stables et les digues et quais ont tendance à s'enfoncer. Des rechargements de digues avec des enrochements supplémentaires ont eu lieu. Les quais aussi ont du être surélevés (recoulées en béton) lors de 2 grands programmes.

La commune ne rencontre pas de problèmes de submersion, excepté lors de fortes tempêtes (d'est en particulier) qui provoquent la **submersion des quais du port** (20 cm d'eau sur les quais). Cela arrive 1 à 2 fois par an, sur des périodes relativement longues, 2 à 3 jours.

Le port des Heures-Clares a une forte tendance à l'envasement si bien que des campagnes de dragage sont nécessaires tous les 2 ans environ.

Aménagements et projets

La commune ne compte aucun ouvrage de protection de plage.

Parmi les projets ou idées d'aménagements sur la commune figure le transfert de la base nautique des Heures-Clares vers la plage de la Romaniquette. Il s'agit seulement d'une intention sans projet précis de l'ancien maire, et compte tenu du

changement de maire, les suites données à ce projet sont très incertaines.

Les apports liquides et solides

M. Rizzi signale que les apports du canal de l'Olivier ne lui semblent pas devoir transporter beaucoup de sédiment, celui-ci se trouvant piégé dans l'étang de l'Olivier avant de pouvoir atteindre l'étang de Berre. Il signale également la variabilité des courants entre les 2 étangs.

Un gros émissaire pluvial drainant la moitié de l'agglomération se rejète au sud de la plage de Romaniquette.

Activités et usages

Les grands équipements présents sur le littoral de la commune sont : le port des Heures-Clares, la base nautique, les zones d'habitations des Heures-Clares et du Ranquet. La station d'épuration qui était à Romaniquette a été supprimée.

Des chemins longent presque la totalité du littoral du Ranquet à Romaniquette. Le sentier littoral est en cours de mise en place.

M. Rizzi ne peut pas préciser la part du tourisme dans la fréquentation des plages.

Un chemin de randonnée a été créé par le SAN Ouest Provence.

Aucune activité de plongée n'est pratiquée. Les activités nautiques peuvent être pratiquées depuis le port des Heures-Clares, les bases de voile et de canoë-kayak situées à côté, et un petit ponton au Ranquet.

Le port des Heures-Clares abrite 2 à 3 pêcheurs (voir capitainerie). Cette activité a un très faible poids économique.

Documents fournis

Aucun.

Commune de MIRAMAS	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Bouchot - DST	Commentaire particulier
Type d'entretien Entretien téléphonique (25-03-2008)	

M. Bouchot dit ne pas posséder d'informations. Il propose de s'adresser au Conservatoire du Littoral, propriétaire de l'essentiel du littoral de la commune (site de la « Poudrerie »).

Contacter également le syndicat mixte.

Il ne possède aucune information concernant la petite portion de littoral appartenant à la commune.

Commune de SAINT-CHAMAS	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) M. Khelfa – DGS M. Delanoix - Adjoint à l'urbanisme	Commentaire particulier La commune aimerait avoir un retour sur l'étude d'érosion du CG 13.
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (27-03-2007)	

Les apports sédimentaires proviennent essentiellement du canal EDF et secondairement de la Touloubre.

- Plage de la Digue

La commune possède seulement 25 m linéaire de plage (« **plage de la Digue** ») où la baignade n'est pas autorisée en raison de la qualité de l'eau. Les activités nautiques sont autorisées et un suivi de la qualité de l'eau dans le cadre du réseau DDASS est assuré.

Cette petite plage est stable et aucun rechargement n'y est nécessaire. Constituée de débris coquilliers, elle ne fait pas l'objet de nettoyage ou de reprofilage. Il n'y a pas suffisamment d'ulves pour rendre leur enlèvement nécessaire. Le ramassage est arrivé ponctuellement.

Un bar-restaurant est situé juste en arrière de cette plage. Cette dernière sert uniquement de mise à l'eau pour la pratique des sports nautiques.

- Littoral nord

Le secteur littoral situé au niveau du stade correspond à une zone de remblais sur le lieu de l'ancienne Poudrerie et d'anciens marais (remblaiement par étapes, commencé en 1690-1820 ; voir images).

Beaucoup de zones de remblais se trouvent au nord du port. Certaines des parcelles n'appartiennent pas à la commune de Saint-Chamas mais à celle de Berre-l'étang.

Aucun événement de type effondrement n'est intervenu sur la côte rocheuse.

- Delta de la Touloubre et littoral est

Le littoral du delta de la Touloubre n'a pas fait l'objet d'études techniques.

Il y a 50 ans environ, la côte entre l'extrémité est du delta de la Touloubre et le camping du Canet (au-delà de Beau-Rivage) abritait une belle plage caillouteuse et de côte rocheuse très fréquentée par les baigneurs (« Plage de Beau-Rivage »). C'était la grande plage de Saint-Chamas. Le secteur le plus proche du rejet EDF est maintenant interdit à la baignade et à la navigation. Des accidents sont arrivés et des pêcheurs sont décédés.

- Aménagements et projets

La commune compte 4 digues (centrale EDF, embouchure de la Touloubre, ...) +

les digues du port de plaisance. La commune ne dispose pas de documentation technique concernant les dates de construction des digues. Elle estime la date de construction des digues de la Touloubre et de l'usine EDF au début des années 70.

La commune désire créer une promenade le long de son littoral dans le secteur situé entre le boulo-drome et le port de pêche, avec l'édification d'une dunette végétalisée et le dépôt de sable. Il y a actuellement dans ce secteur une plage naturelle constituée de débris coquilliers et qui serait donc « reconstruite ». Ce projet a obtenu les autorisations nécessaires (en mars 2008) et devrait être effectué dans le courant de l'année. Il est situé sur le DPM.

- Dragages

Des phénomènes d'envasement sont observables sur le littoral et dans les ports si bien que des dragages sont nécessaires. Les sédiments du port de plaisance ne répondant aux normes de qualité, ils ne peuvent être immergés et doivent être évacués à terre. La commune doit rechercher une filière d'élimination de ces boues.

M. Boullerne (Martigues) serait en mesure de donner des précisions sur les opérations de dragage des ports de l'étang de Berre (les ports ont adopté une démarche commune de dragage).

- Activités, usages

La baignade est dangereuse sur la côte orientale en raison de la proximité des rejets de l'usine hydroélectrique EDF.

Aucune plage en concession n'est présente.

Le port de Beau-Rivage a été concédé à une association.

La promenade est très pratiquée (peu de randonnée) notamment sur le site du Conservatoire. Les 2 ports de pêche se diversifient et commencent à accepter les bateaux de plaisance. Il y a 6 pêcheurs dans le principal port et 2 au port du Sagnas. Le poids économique de la pêche est insignifiant. Beaucoup de pêcheurs bénéficient aussi du RMI.

La commune de Saint-Chamas possède 4 ports : 2 de pêche, 2 de plaisance.

- Données

MM. Khelfa et Delanoix proposent de s'adresser au GIPREB afin d'obtenir les données de son étude sur les rejets d'assainissement sur le pourtour de l'étang.

M. Khelfa possède une photo aérienne de la commune datant de juin 2006.

La commune possède un livre contenant des photographies anciennes de certains secteurs du littoral : « Saint-Chamas en Provence – Histoire de nos rues et quartiers ».

Documents fournis

- images des aménagements dans le secteur de la Poudrerie
- Etude : BCEOM, 1999. Dossier de demande d'autorisation d'occupation temporaire du domaine public maritime. Commune de Saint-Chamas. 40 pages + annexes.

Commune de BERRE-L'ETANG	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Gomez – Chargé d'étude	Commentaire particulier Des données supplémentaires concernant la commune seront fournies par le GIPREB.
Type d'entretien Entretien téléphonique (17-03-2008) et entrevue (02-04-2008)	

M. Gomez conseille de s'adresser au GIPREB. Il propose de venir si une réunion est organisée avec le GIPREB.

La commune ne possède pas beaucoup de données, excepté une étude effectuée par un stagiaire en 2006.

Une étude existe : Schéma de Mise en Valeur des Rives est de l'étang de Berre (IARE, 2000).

La commune n'effectue pas de rechargement systématique des plages. Il y en a eu mais ils étaient ponctuels.

Concernant les aménagements, il conseille de s'adresser au PAM pour le port de la Pointe et à M. Mary de l'antenne technique (04 42 74 93 53).

La commune dispose de données sur l'évolution bathymétrique à l'échelle de l'étang (étude IARE).

L'étude IARE, 2000 est récupérée en mains propres auprès de M. Gomez. A cette occasion, les références de l'étude bathymétrique en sa possession sont prises : ISC, Garlan, 1992. Evolution de la bathymétrie de l'étang de Berre. SHOM. 13 pages + annexes. L'étude concerne essentiellement les fonds de l'étang de Berre et non son littoral, elle n'est pas récupérée.

M. Gomez suggère de se renseigner également auprès de l'Agglopolé. Il propose également de contacter M. Bardet du service des Sports de la commune de Berre-l'Etang concernant l'aménagement du port.

Documents fournis

IARE, 2000. Eléments pour un Schéma de Mise en Valeur des rives est de l'étang de Berre. 88 pages.

Commune de ROGNAC	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Laprun	Commentaire particulier
Type d'entretien Entretien dans les locaux de la mairie (02-04-2008)	

M. Laprun est en possession d'un rapport concernant les profils des eaux de baignade sur les plages de l'étang de Berre. Il fournit une copie d'une page intéressante.

Il signale que la plage de Rognac est soumise à d'importants apports coquilliers et montre une tendance globalement stable.

Aucune concession de plage n'est présente sur la commune.

La commune ne procède à aucun rechargement de la plage mais enlève régulièrement les ulves qui s'y déposent : en moyenne 3 à 4 fois par an dont 2 gros enlèvements : en mars et en juin (avant les festivités du mois de juillet). L'enlèvement est assuré par la société nautique au moyen d'un tracteur.

13 tonnes sont enlevées en moyenne par an (ce poids comprend une petite part de coquilles mélangées aux ulves). La plage est aplanie avec un système de râteau et de chaîne en même temps que l'enlèvement des ulves.

La commune ne possède pas d'ouvrage de protection de plage mais simplement un ponton utilisé pour la pratique de la voile.

La pointe de Marina, située juste au sud de la plage, peut avoir un effet d'abri.

Les indentations du littoral correspondent aux anciens salins et à des zones humides. Certains terrains (20 ha) ont été vendus cette année au Conservatoire du Littoral (voir photocopie). Ces terrains feront l'objet d'un plan de gestion et ne seront pas aménagés.

Un cours d'eau débouche dans l'angle nord-est de l'étang de Vaïne, le Valat Neuf mais aucune donnée quantitative n'existe concernant son débit (liquide ou solide). Il s'agit d'un vallon sec pouvant apporter des sédiments en période de crue, cependant d'après M. Laprun, les sédiments ne restent pas à proximité de l'embouchure mais sont directement expulsés au large par la force des eaux car jamais aucune opération de « nettoyage » de l'exutoire n'a été nécessaire suite à des crues.

Il existe un projet d'aménagement évoqué lors de la dernière campagne municipale par le maire sortant : la réhabilitation de l'ancien port aujourd'hui enfoui (nord-ouest de la STEP). Ce port date des années 1900 et est en partie visible sur les photos aériennes (voir photocopie). Il ne s'agit que d'une idée, aucun projet précis n'existe.

Un recul du trait de côte a vraisemblablement eu lieu dans le secteur des anciens salins. La photo aérienne montre en effet, par transparence, la présence, en position immergée, du chemin faisant le tour des anciens salins.

La commune ne dispose d'aucune donnée technique (bathymétrie, courantologie...) sur l'étang.

Concernant les usages, des activités nautiques sont pratiquées depuis la plage via un Club Nautique (voile...). Aucune activité à moteur (type scooter...) n'est pratiquée à ce jour.

Les principaux équipements situés en bordure littorale (moins de 200 m) sont : un circuit de voitures de modélisation, une boîte de nuit, un restaurant, une entreprise de piscine, un établissement de restauration rapide, un magasin ED, un hôtel et la station d'épuration. Cette dernière est très proche du littoral (moins de 15 m).

La commune vient d'obtenir une autorisation préfectorale pour la construction d'un ponton privé face à l'hôtel Royal Provence. Une plage « privée » entretenue par l'hôtel est présente.

La chasse est très pratiquée dans la zone des anciens Salins mais une signalétique a été mise en place afin de la limiter (l'accès à la zone des Salins est ainsi peu indiqué afin d'éviter la trop forte pression de chasse sur cette zone). L'accès au littoral n'est indiqué que pour la zone de la base nautique.

Documents fournis

- extraits de l'étude : GEI SIEE, 2007. Profil des eaux de baignade sur les plages de l'étang de Berre. GIPREB. 129 pages
 - photocopie des pages 15-16,
 - fiche communale assainissement,
 - carte de localisation des bassins pluviaux et des rejets sur le littoral de la commune,
 - plan de gestion de la plage des Robinsons (Rognac)
- photocopie de la carte de localisation de la zone de marais acquise par le Conservatoire du Littoral dans l'étude : Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, Bourgault L., 2007. Plan de gestion du marais de la Tête Noire à Rognac. 45 pages ;
- impressions de photographies aériennes montrant le tracé de l'ancien port et des anciens salins ;

Commune de VITROLLES	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) Mme Ceyte	Commentaire particulier Des données supplémentaires concernant la commune seront fournies par le GIPREB.
Type d'entretien Entretien téléphonique (26-03-2008)	

Mme Ceyte n'est pas en mesure de fournir des données ou documents concernant le littoral. Elle conseille de s'adresser au GIPREB.

Un rapide tour d'horizon des questions est toutefois fait par téléphone, il en ressort que :

- la commune ne compte aucune plage en concession ;
- aucun rechargement n'est effectué sur le littoral ;
- un petit tronçon de côte rocheuse est effondré mais il n'y a pas de travaux engagés ;
- la commune possède une base nautique. Aucun accès aménagé au littoral n'existe ;
- aucun ouvrage (épi...) n'est présent sur le littoral exceptée une petite digue au niveau de la base nautique ;
- une étude de fréquentation des plages a été effectuée.

A l'issue de l'entretien, il est convenu que Mme Ceyte fasse parvenir l'étude de fréquentation des plages ainsi qu'un historique de la digue de la base nautique.

D'autres données peuvent être obtenues auprès du GIPREB.

Documents fournis

- Etude de fréquentation des plages et enquête d'opinion sur la plage des Marettes – saison 2007.
- CEC, 2005. Réhabilitation de la digue du club nautique de la commune de Vitrolles. Mairie de Vitrolles. 36 pages.
- Courriers préalables aux travaux de réhabilitation de la digue du club nautique.
- Avant-projet sommaire - Réhabilitation de la digue du club nautique.

Commune de MARIGNANE	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) Mme Hernandez – Service Environnement	Commentaire particulier Aucune étude n'a été récupérée lors de l'entrevue.
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (20-03-2008)	

L'entretien a eu lieu bien que Mme Hernandez nous ait informés ne pas détenir beaucoup de documents. Les principales informations obtenues au cours de cet entretien sont précisées ci-après.

Les plages de la commune n'ont jamais été rechargées. La commune procède à un **rechargement expérimental d'un secteur du cordon du Jaï (« la Motte Piquet ») pour la première fois cette année**. En vue d'assurer un suivi du cordon consécutif au rechargement, des données bathymétriques ont été acquises récemment par l'équipe du CEREGE. Ces **données bathymétriques sont en possession de la commune**. Mme Hernandez propose de la recontacter afin de les obtenir en cas de besoin pour la poursuite de l'étude.

Les épis présents sur le littoral de la commune ont été mis en place dans les années 90. Aucune donnée technique n'est disponible à la mairie concernant ces épis car la personne en charge du dossier à l'époque est partie. Des renseignements pourraient être obtenus auprès du Service Maritime. Aucun suivi scientifique n'a été effectué afin d'évaluer leur impact.

Le seul cours d'eau se rejetant sur le littoral de la commune, la Cadière, n'est pas endigué à son embouchure dans l'étang de Bolmon.

Les seules informations scientifiques disponibles à la mairie sur le littoral de Marignane concernent le secteur du Jaï. Mme Hernandez indique des organismes susceptibles de fournir des données supplémentaires :

- le SIBOJAI et le Syndicat Intercommunal d'aménagement de la Cadière concernant le littoral de l'étang de Bolmon ;
- le GIPREB concernant l'étang de Berre de manière générale.

Concernant les activités, usages et équipements, des précisions ont été apportées :

- le port situé sur la commune se dénomme « port du Jaï ». Un club nautique, un club de voile et un autre club sont installés autour du port. Il s'agit d'un port de pêche d'environ 20 places, réservé aux professionnels. Le port de pêche ne possède pas un poids économique très fort à l'échelle du budget de la commune de Marignane. En revanche, son importance est sans doute plus grande à l'échelle de l'activité pêche dans l'étang de Berre (*voir GIPREB*) ;
- l'aéroport dispose d'une embarcation et a sans doute une mise à l'eau. Aucune précision supplémentaire n'a pu être donnée (*voir directement le service environnement de l'aéroport – M. Olivier : 04 42 14 28 35*) ;

- le sentier du littoral a été balisé récemment ;
- une décharge d'inerte gagnée sur l'étang de Bolmon est présente depuis les années 50. D'abord composée de déchets divers, seuls des déchets inertes y sont déposés depuis les années 90 ;
- un complexe sportif et une digue (pour le ski nautique) sont présents sur le littoral de Bolmon. Aucune activité nautique n'est autorisée dans l'étang de Bolmon en raison de la mauvaise qualité de ses eaux ;
- depuis 2-3 ans un fort accent est mis sur la sécurité des baigneurs avec durant la période estivale (15 juin - 15 septembre) un affichage des résultats de qualité des eaux (suivi effectué 2 fois/semaine par le GIPREB) et un système d'astreinte (contrôle visuel tous les matins).

Commune de CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) Mme Granguillotte (chef du service environnement et risques)	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (16-04-2008)	
La commune a fourni essentiellement des renseignements portant sur les ouvrages de protection. Concernant le milieu physique et l'évolution des plages, les informations seront récupérées auprès du directeur du SIBOJAI, M. Brun. Deux types de littoral sont présents au niveau du cordon du Jaï : - littoral naturel : 3 km ; - littoral urbanisé : 2 km. Mme Granguillotte n'a pu apporter de précisions concernant le reste du littoral de la commune. Aucune étude n'existe sur les autres secteurs. Les projets d'aménagements ont été stoppés depuis 1998. <u>Plages</u> Des algues peuvent parfois atteindre le littoral de Châteauneuf mais elles sont rapidement reprises par le courant qui les transporte en direction de Marignane (voir photos). L'enlèvement des algues n'est donc pas nécessaire systématiquement et se fait seulement lorsqu'il y a trop d'odeur, sur demande des habitants. L'enlèvement et le nettoyage des plages ne concernent que le littoral urbanisé. Une interdiction de baignade est mise en place si beaucoup d'algues sont présentes. Le nettoyage des plages se fait 1 fois/semaine pendant l'été. La plage n'est, théoriquement, pas reprofilée à l'occasion de ce nettoyage. Les algues et coquilles récupérées par le tamis sont déposées dans la partie naturelle du littoral. Du 1^{er} juillet au 31 août, les macrodéchets sont ramassés manuellement sur les 2 km de littoral urbanisé Par Mistral fort, la plage est attaquée et présente un petit talus d'érosion (voir photos). <u>Ouvrages de protection de plage</u> Les documents fournis permettent de retracer un historique des ouvrages. <u>Rechargements de plage</u> Aucun rechargement de plage n'a été effectué et aucun n'est prévu. <u>Côtes rocheuses</u> Le seul pointement rocheux est l'îlot des 3 Frères (voir photos). <u>Submersion</u> Aucun phénomène de submersion du cordon du Jaï n'est constaté lors de forts vents (Mistral). Il semble que les protections de plage soient efficace par rapport à ce phénomène. Seule de la mousse (produite par le fort brassage des eaux douces et salées) atteint la route (voir photos).	

Apports – rejets

A l'exception de la Cadière, les cours d'eau de la commune sont de petits vallons, le plus souvent secs, qui ne coulent que lors de gros orages.

Aménagements côtiers

2 enrochements sont situés près du poste de secours, ils protègent de chenal de mise à l'eau.

Un pipe-line longe le littoral (profondeur théorique : 80 cm).

D'après les études en cours, la réouverture du tunnel du Rove occasionnerait une élévation d'environ 20 cm du niveau d'eau (voir le GIPREB ou le SIBOJAI pour plus de détails).

Activités et usages

La commune abrite un port, celui de la Mède où se trouvent :

- des pêcheurs professionnels
- un club nautique (voile, aviron, ski nautique). L'aviron et le ski nautique sont pratiqués dans l'anse de la Mède, à l'abri de l'agitation entre la côte et la digue du canal.

Les plages surveillées dans le cadre de l'analyse des eaux de baignade sont situées le long de la partie urbanisée.

Sur le cordon du Jaï, se trouvent un centre équestre et l'annexe du centre aéré.

Au moins deux restaurants sont présents dans la partie urbanisée du littoral du Jaï.

Les informations concernant le sentier littoral peuvent être obtenues auprès du GIPREB.

Documents fournis

- photographies récentes du littoral sous format numérique (ville de Châteauneuf-les-Martigues) ;
- arrêté municipal du 24 avril 2007 réglementant la baignade et les activités nautiques pratiquées à partir du rivage.
- photocopies de pièces de dossiers techniques relatifs aux épis présents sur la commune :
 - 1956 : mise en place d'un ouvrage de protection
 - 1959 : construction d'un épi de protection
 - 1960 : construction de 4 épis de protection
 - 1961 : prolongement de 2 épis de protection
 - 1965 : construction d'un épi de protection
 - 1971 : construction d'un épi de protection
 - 1995-1998 : mise en place d'ouvrages de protection (cordon, ganivelles, facines)
- Gouvenet C., 1968. Enquête géologique effectuée dans le cadre du projet d'assainissement de la plage du Jaï (profils de plage, sédimentologie). Faculté des Sciences de Marseille. Laboratoire de Géologie Appliquée.

- La Côte Bleue -

Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

- ♦ Martigues (voir Zone homogène n°16)
- ♦ Sausset-les-Pins
- ♦ Carry-le-Rouet
- ♦ Ensues-la-Redonne
- ♦ Le Rove
- ♦ Marseille (voir Zone homogène n°19)

Commune de SAUSSET-LES-PINS	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Raynaud	Commentaire particulier
Type d'entretien Informations communiquées par fax (28-04-2008)	

Falaises - Eboulements

La côte rocheuse est de type calcaire. Aucun événement particulier de type éboulement ne s'est produit sur le littoral.

Plages

La commune n'a pas fourni d'informations sur les caractéristiques physiques de ses plages. Aucun phénomène (érosion, accrétion...) particulier n'est remarqué.

Des rechargements sont effectués sur les plages de : Rives d'Or 1, Amphores, Petit Nid et Rives d'Or 2. Une stabilisation a été constatée depuis les rechargements.

L'historique des rechargements peut être obtenu auprès d'une autre personne.

En saison estivale, la plage est nivelée 3 fois/semaine et est nettoyée quotidiennement.

Aucune précision n'est donnée concernant d'éventuels futurs rechargements.

Apports

Aucun cours d'eau ne contribue à l'alimentation en sédiment du littoral.

Les eaux usées traitées se déversent au droit de la plage des Baumettes, à environ 500 m de la côte.

Le réseau pluvial aboutit tout le long du littoral (pas d'exutoire particulier... simple ruissellement ?)

Aménagements

3 digues en enrochement (épis ?) sont présentes le long de l'avenue Général Leclerc. Aucune précision n'est donnée quant à leur impact (tendances constatées).

La commune de Sausset-les-Pins ne signale aucun projet d'aménagement particulier.

Activités et usages - Concessions de plages

La commune dispose de 4 plages en cours de concession. Elle est très marquée par le tourisme et la présence de ports (CUMPM).

Documents fournis

Aucun - La commune conseille de s'adresser au Parc Marin afin d'obtenir des données bathymétriques et de courantologie.

Commune de CARRY-LE-ROUET	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Cubillier, DST	Commentaire particulier La commune est intéressée pour être informée des suites de l'étude.
Type d'entretien Réunion dans les locaux des services techniques municipaux (28-04-2008)	

Plages

Les plages les plus importantes de Carry-le-Rouet sont toutes plus ou moins artificielles (dépôt initial de matériel sédimentaire). En revanche, elles ne font pas l'objet de rechargements réguliers depuis leur création. Ainsi, seule la plage du Rouet a été rechargée en 1999 en gros galets (plus de 500 tonnes représentant à peu près la moitié de la plage).

La création de ces plages par dépôt de matériel sédimentaire avait initialement pour but de protéger les aménagements situés en arrière de la plage et non de créer des zones de baignade.

L'entretien des plages se fait une fois par semaine entre mai et fin août. L'enlèvement des débris végétaux et macrodéchets se fait sur toutes les plages quotidiennement entre le 15 mai et le 15 septembre. Les plages étant composées de galets cette opération se fait manuellement.

La plage du Rouet

Le sable de cette plage avait initialement été importé il y a environ 30 ans. Sur cette plage le transport sédimentaire se fait essentiellement d'est en ouest et provoque l'ensablement du port situé dans la partie ouest de l'anse du Rouet. Un épi a été positionné dans la partie ouest de l'anse, à l'est du port, afin de limiter le désensablement de la partie orientale et, par conséquent, l'ensablement du port. Cet épi a permis notamment de protéger le parking paysager.

La largeur de la plage tend à augmenter à l'ouest et à rétrécir à l'est.

Des galets et petits gravillons se trouvent de part et d'autre du port.

Le profil de cette plage de galets est géré ainsi :

- en début de période hivernale, les galets composant la plage sont concentrés de manière à réduire la largeur de plage et former une sorte de cordon ;
- en début de période estivale, les galets sont repoussés en direction de la mer de manière à redonner de la surface à la plage. La pente est adoucie et la plage élargie (d'environ 2 fois).

La plage de la Tuilière

Cette plage n'existe plus car elle n'est plus rechargée.

Falaises - Eboulements

Les falaises de la commune de Carry-le-Rouet sont régulièrement soumises à des phénomènes d'éboulements en raison de leur caractère altérable : falaises littorales composées à environ 80 % de poudingues.

Plusieurs éboulements se sont ainsi produits sur la commune (voir études fournies) :

- il y a 2 ou 3 ans : éboulement de 50 à 70 m³ à l'ouest du port-abri du Rouet ;
- 8 février 2008 : éboulement d'environ 5 m³ sur le côté est du port de Carry (près de la cale de mise à l'eau) ;
- 13 février 2008 : éboulement d'environ 500 m³ dans le lotissement de Barqueroute (allée de la Falaise). Cet éboulement s'est produit sur une longueur de 30 m, une profondeur de 2,5 m et une hauteur de 7 m ;
- de petits éboulements se produisent régulièrement à proximité du port.

Par ailleurs, une coulée de boue s'est produite, il y a 3-4 ans, à l'ouest du port, sur la promenade piétonne.

Apports

Un vallon (vallon du Rouet) débouche dans le port du Rouet. Il apporte du matériel sédimentaire si bien qu'il est nécessaire de purger le port tous les 2 ans.

Quelques exutoires pluviaux se trouvent au niveau des vallons. Les eaux usées se rejettent via un émissaire marin situé sur la commune de Sausset-les-Pins (au droit de la plage des Baumettes).

Aménagements

Aucun équipement n'est situé en position sensible vis-à-vis des phénomènes d'érosion ou de submersion marines. Ce sont les terrains des propriétés privées situées en bord de falaise qui sont les plus exposés au risque lié à la dynamique marine.

La plage du Rouet fait l'objet d'un projet d'aménagement consistant en :

- la démolition des garages à bateaux et des dalles de béton situées devant ;
- un rechargement en galets à leur place ;
- la création d'une cale de mise à l'eau et d'une digue de protection (suppression de la cale de mise à l'eau publique existante) ;
- la mise en place d'un épi dans la partie est de l'anse afin de bloquer le déplacement des galets.

Activités et usages

2 plages sont en concession sur la commune.

La commune de Carry-le-Rouet accueille une très importante population touristique (doublement de la population en été).

Les activités pratiquées sont essentiellement la plongée et les activités nautiques

légères (dériveur, planche à voile).

Un arrêté interdit la pratique des activités motorisées.

Des chemins de randonnée sont présents dans la colline.

Il y a peu de pêcheurs professionnels (faible poids économique).

Un sentier littoral existe sur la commune, jusqu'à Sausset-les-Pins. Les phénomènes d'érosion concernent directement ce chemin, ce dernier est interrompu à l'est de Sausset-les-Pins.

Documents fournis

- CETE Méditerranée, 2007. Avis sur une érosion marine sous sentier littoral. Port de Carry, Carry-le-Rouet 14 pages.
- CETE Méditerranée, 2007. Avis sur un déblai de la voie ouest du port, Port de Carry, Carry-le-Rouet, 23 pages.
- CETE Méditerranée, 2008. Avis suite écroulement de falaise, Mairie de Carry-le-Rouet, 9 pages.

M. Cubilier dispose également d'une étude effectuée dans le cadre de l'aménagement de l'anse du Rouet et dans laquelle figure des informations concernant la bathymétrie, des profils topographiques et le transit sédimentaire (à confirmer). M. Cubilier doit retrouver cette étude et nous la communiquer (le rappeler au besoin).

Commune d'ENSUES-LA-REDONNE	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) Mme Vernet (Services Techniques)	Commentaire particulier Aucun document n'a été fourni.
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (14-04-2008)	
Mme Vernet n'a retrouvé aucune étude technique sur le littoral de la commune. Elle va se renseigner auprès du service urbanisme afin de savoir s'ils disposent de rapports sur les éboulements de falaise. Le littoral de la commune est essentiellement rocheux avec quelques plages situées en fond de crique. <u>Les plages</u> - Une seule plage de sable est présente sur la commune : la plage de la Dugue. Cette plage, située dans la partie ouest de la calanque de la Redonne, est de très petite taille et constituée de sable fin. D'après Mme Vernet, cette plage est stable. Un chemin bétonné desservant la plage sert aussi d'axe d'écoulement des eaux pluviales. Le ruissellement sur ce chemin provoque le dépôt de déchets sur la plage, celle-ci est donc nettoyée par les employés municipaux mais l'enlèvement des déchets s'accompagne également d'un enlèvement de sable. Une étude (Service Maritime, Parc Marin de la Côte Bleue) a donc été effectuée afin de déterminer si cela pouvait être dommageable vis-à-vis du maintien de la plage. Cette étude a montré que le stock de sable disponible sur la plage sous-marine était suffisant pour permettre à la plage de se recharger naturellement. - plusieurs plages de galets se trouvent sur la commune. Aucune information sur leur évolution n'existe. - dans la calanque des Eaux Salées, située à cheval sur les communes d'Ensues-la-Redonne et de Carry-le-Rouet ; - dans la calanque des Figuières : plage de gros galets. Les fonds dans cette calanque descendent très progressivement ; - à l'est de l'Erevine - des secteurs d'éboulis dans les zones rocheuses - calanque des Anthénors (plage d' « éboulis ») - à l'est de la Redonne : nombreux éboulis servant de plage Les plages n'ont jamais fait l'objet de rechargement et aucun rechargement n'est prévu (pas utile). Aucun ouvrage de protection de plage n'est présent sur la côte.	

Les côtes rocheuses

- des falaises de 5 à 10 m de haut se trouvent dans la partie ouest de la commune. Elles s'inscrivent dans des poudingues.
- à l'est de l'anse de la Redonne (jusqu'à l'anse de Méjean) se trouvent de hautes falaises calcaires (≥ 10 m) fournissant d'importants éboulis. Le lotissement de Figuière-Méjean comporte des maisons en bord de falaise.
- à l'est du Grand Méjean jusqu'à l'Erevine se trouve une zone rocheuse très pentue et non urbanisée (accès impossible en voiture).

Apports – rejets

Les deux principaux vallons sont ceux de l'Erevine et des Eaux Salées. Aucune donnée quantitative concernant leur débit n'est disponible.

Il n'y a pas d'exutoire d'eaux pluviales aménagé sur le littoral. Des rejets directs se font certainement mais ne sont pas localisés précisément.

Il y a un projet de mise en place d'un poste de relevage pour amener les effluents à la STEP.

Activités- aménagements – usages**Baignade**

Les zones de baignade sont dispersées sur le littoral et concernent à la fois les petites plages précédemment décrites mais également des plates-formes rocheuses ou encore la digue à l'entrée du petit port de la Madrague de Gignac.

La baignade est très pratiquée dans le quartier de la Redonne, notamment au niveau d'un solarium récemment aménagé sur un ancien blockhaus.

Il n'y a pas de concession de plage.

Une fréquentation « de masse » du littoral d'Ensuès-la-Redonne n'est pas possible compte tenu des difficultés d'accès aux plages, de plus la commune tient à préserver son littoral d'une trop grande affluence. Ainsi, pendant l'été, l'accès aux calanques est interdit le week-end (seuls les habitants du village peuvent y accéder). Beaucoup de gens viennent par le train depuis Marseille.

Aménagements, équipements

Aucun équipement important n'est présent sur le littoral.

Il n'y a pas de projet d'aménagement sur le littoral d'Ensuès-la-Redonne.

Une démarche de classement a été entamée afin de protéger les petits ports de la commune vis-à-vis de la volonté de la CUMPUM de développer la plaisance sur son littoral en agrandissant les ports existants. A ce jour, le diagnostic a été fait par la DIREN et un périmètre a été proposé. La commune d'Ensuès-la-Redonne ne souhaite pas toucher à ses ports et veut conserver leur petite taille et leur caractère typique.

Les ports d'Ensuès-la-Redonne abritent des bateaux de petite taille, de pêche et de plaisance.

Accès

L'accessibilité du littoral est variable : routes au niveau des ports, chemins, accès difficile. Un sentier des douaniers existe. Il a été aménagé par le Service Maritime, la Communauté urbaine, le Conseil Général (PDIPR) et le Conservatoire du Littoral. Personne ne s'occupe de son entretien mais le maire est responsable en cas d'accident

Actuellement l'ONF (Mme Cambrils, Aix) effectue une étude pour la SNCF en raison de la présence de promeneurs qui empruntent la voie ferrée pour longer le littoral. Compte tenu des risques, la SNCF envisage d'interdire l'accès aux voies (grillage) mais il faut trouver une solution pour le cheminement des promeneurs.

Activités

Un pêcheur est présent à la Redonne. La pêche a un poids peu significatif dans la commune.

Une zone d'interdiction des engins à moteur (bateaux) est présente au Méjean, elle vise la protection de l'herbier de Posidonie. L'étude de définition de cette zone a été faite par le Parc Marin de la Côte Bleue.

La randonnée est de plus en plus pratiquée.

Plusieurs clubs de plongée, professionnels (Club de Marignane...) ou associatifs, sont présents à Ensues-la-Redonne. La calanque de Méjean est particulièrement fréquentée par les plongeurs.

L'escalade et les sports nautiques légers ne sont pas pratiqués à Ensues-la-Redonne.

Documents fournis

Aucun document n'a été fourni.

Commune de LE ROVE	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Bouanane (Services Techniques)	Commentaire particulier Aucun document n'a été fourni.
Type d'entretien Entretien téléphonique (15-04-2008)	
La commune ne disposant pas de documents et ayant peu d'informations à communiquer, l'entretien a été réalisé par téléphone. <u>Les plages</u> Il y a 2 plages sur la commune, toutes deux sont composées de galets : la Vesse et Niolon (au niveau du port). Ces plages sont apparemment stables. A Niolon, la digue du port protège la plage. Aucun rechargement de plage n'est effectué et aucun ouvrage de protection de plage n'est présent. Un nettoyage du quai du port de Niolon est effectué chaque année avant la belle saison afin d'enlever les galets projetés sur le quai. <u>Les côtes rocheuses</u> La côte rocheuse est calcaire. Les éboulements sont rares sur la commune : un seul éboulement est connu. Il s'est produit il y a 3-4 ans entre la Vesse et le chemin de Resquiadou. Le volume éboulé n'est pas connu de M. Bouanane mais il va se renseigner afin de savoir qui était intervenu sur ce problème à l'époque (ce n'est pas la mairie). Le site a été sécurisé par une interdiction d'accès à ce secteur. <u>Apports – rejets</u> Les vallons de la commune sont le plus souvent secs. Ils ne coulent que lors de gros orages et transportent alors plutôt du matériel grossier. Les effluents de la station d'épuration (fermée aujourd'hui) sont dorénavant raccordés à la STEP de Marseille située à l'Estaque. Les eaux s'évacuent par ruissellement naturel (pas d'exutoire d'eau pluviale). <u>Activités- aménagements – usages</u> Excepté le port, aucun équipement important n'est installé sur le littoral. Aucun projet d'aménagement sur le littoral n'est prévu. La commune accueille un centre de plongée UCPA. Il n'y a pas de pêcheur professionnel, seulement des amateurs. Il n'y a pas de sentier littoral mais un chemin des douaniers qui n'est pas balisé, ni aménagé (sauf l'interdiction d'accès au secteur éboulé). En l'absence de plage officielle, la baignade est pratiquée très ponctuellement. Il n'y a pas de concession de plage. <u>Documents fournis</u> Aucun document n'a été fourni.	

- La rade de Marseille -

Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette

- ♦ Marseille

Commune de MARSEILLE	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) Mme Broquière / M. Guglielmetti	Commentaire particulier Aucun document donné Commune intégrée au Comité de Pilotage Attente de retour sur les résultats de l'étude à la fois concernant Marseille et les communes limitrophes
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la DGST (03-06-2008)	

Le service dirigé par Mme Broquière a été mis en place récemment (fin 2007), aucun document synthétique plage par plage n'a pu être réalisé à ce jour. De plus amples détails concernant l'historique de ces plages pourront être communiqués lors d'une rencontre ultérieure.

Caractéristiques des plages

Le sédiment de la plage du Prado Nord est de type grain de riz de diamètre 2-3 mm.

La plage de l'Huveaune est composée de sable naturel de taille 0,4 cm. La ville joue sur les diamètres et a fait le choix de ce diamètre de sable car il s'envole moins que le 0,2 cm.

La plage Borély est composée de galets de la Durance (30-60 mm de diamètre).

La plage Vieille Chapelle n'est pas aménagée et est composée à moitié de grains de riz et de galets.

La plage de Corbière est une plage artificielle composée de sédiment de 0,4 cm de diamètre. Des galets sont également présents (20-30 mm de diamètre).

Les plages des Catalans et du Prophète sont apparues naturellement, en lien avec la présence d'ouvrages à proximité. Elles ne sont pas rechargées.

La plage de la Pointe-Rouge appartient à l'Etat, la ville de Marseille n'intervient pas concernant son rechargement.

Les plages de Saint-Estève (Frioul) et de Sormiou sont composées de sédiments naturels, sables et galets. Aucun rechargement n'est effectué sur ces plages, la ville de Marseille préfère les laisser fonctionner naturellement.

Les plages des Calanques sont entièrement naturelles.

La commune a différents types de concessions sur ses plages : concession d'endigage, de plage artificielle (nouveau décret), AOT sur certaines plages.

Les dynamiques sédimentaires

M. Guglielmetti signale que les principaux agents d'érosion sont la mer, le vent, la pluie (ruissellement) et le nettoyage. Il signale aussi les phénomènes se produisant lors des arrosages quotidiens des plages avec la formation de rigoles dans le sable.

La baie de Marseille est exposée à de nombreuses directions de vent ayant une incidence sur le comportement des plages.

Les plages les plus touchées par l'érosion sont :

- Borely

- Huveaune
- Bonneveine (partiellement)
- Prophète
- Corbière (Estaque) : problèmes d'érosion surtout lors de fortes pluies

Les plages de Pointe-Rouge, Prophète et Huveaune ne se comportent pas de manière homogène sur toute leur longueur et présentent des secteurs en érosion et d'autres en accrétion. Leur comportement varie en fonction des conditions météorologiques.

Les petites plages (Calanque Blanche...) situées sur la portion de littoral entre la Madrague de Montredon et les Goudes sont assez stables. Elles peuvent évoluer en cas de mauvais temps.

Entretien des plages

Nettoyage

Concernant le système de nettoyage, M. Guglielmetti signale qu'il n'est pas encore très au point mais est en voie d'amélioration avec notamment la volonté de rendre le tamisage constant sur les plages de sable et ce pour plusieurs raisons et notamment celle de la salubrité. Il remarque toutefois qu'une telle pratique s'accompagne de l'enlèvement inévitable de petites quantités de sable.

Le tamisage des plages est effectué :

- lors du week-end approche, en période hivernale
- de manière plus soutenue, presque quotidiennement, en période estivale (entre début juin et début septembre)

Les opérations de tamisage sont irrégulières et leur fréquence notamment varie d'une plage à l'autre. L'organisation du tamisage est à revoir, la ville va faire en sorte notamment de mieux étaler ces opérations sur l'année..

M. Guglielmetti estime que l'entretien régulier des plages permet de mieux les maintenir. Il contribue au nivellement des plages.

Nivellement

Les opérations de nivellement des plages permettent d'éviter de recharger certaines plages (ex : Catalans).

Sur la plage de Prado Nord, 16 000 tonnes de matériel sont déplacées pour le reprofilage de la plage en vue d'obtenir sa forme initiale.

Les opérations de nivellement permettent un meilleur tamisage car le sable est moins tassé à l'issue de ces opérations.

Les interventions sur la plage de l'Huveaune consistent essentiellement en l'enlèvement des macrodéchets et de gros matériaux de type briques, cailloux qui s'accumulent à proximité de l'embouchure du vallon du même nom.

Rechargement

3000 tonnes de sédiments sont utilisés pour recharger les plages chaque année. La

part des galets et du sable est variable mais se situe environ à 30 % de galets.

Les sables et galets sont lavés avant d'être déposés sur les plages.

A l'avenir, la ville a l'intention de maintenir ou au moins de limiter l'augmentation des quantités rechargées. Elle préfère privilégier l'installation d'aménagements de protection permettant de limiter les rechargements. Depuis 4-5 ans, le rechargement est plus important.

Certaines plages de la ville de Marseille (en particulier Catalans, Prophète) ne sont pas accessibles par les engins destinés à entretenir, nettoyer et sécuriser les plages. Ceci rend très difficile la mise en œuvre d'opérations délicates notamment en cas d'échouage ou de pollution. Une très bonne maîtrise de l'érosion est nécessaire sur ces secteurs afin de limiter au maximum les besoins d'intervention.

Par exemple, l'entretien de la digue du Prophète ne peut se faire que par voie maritime.

Côte rocheuse

Les falaises sont globalement stables excepté au niveau des petites calanques et au niveau du mont Rose où des cavités se creusaient à l'intérieur de la falaise.

M. Lilian Sabatier peut être contacté concernant les problèmes de chute de blocs notamment sur les secteurs littoraux suivant : entre la Pointe-Rouge et la Madrague, à Sormiou et à Morgeret (Frioul).

La ville essaye de régler les situations d'urgence.

Apports fluviaux

Hormis l'Huveaune (en partie détournée actuellement), aucun apport fluvial n'alimente les plages de la commune. Il y a peu d'apports du bassin versant.

Ouvrages

Des digues en enrochements franchissables (à la différence de celles protégeant les ports) sont présentes en divers endroits. Les enrochements utilisés font 6 à 8 tonnes.

Sur la plage du Prado, une zone plus basse est maintenue entre les enrochements et la plage afin de permettre la circulation de l'eau.

Des quais en béton sont présents au niveau du Centre Municipal de Voile.

Le plus important linéaire d'enrochements est situé au niveau du Prado.

Un petit bout d'enrochement a été refait à Corbière, le reste, appartenant au PAM, n'a pu être refait.

Les digues sont assez stables dans l'ensemble, toutefois des problèmes de sécurité se posent lorsque de grandes cavités se développent entre les blocs car les enfants s'y glissent dedans et peuvent être piégés. L'entretien des digues doit être régulier (en particulier en cas de changement de la direction du vent) afin de les stabiliser et garantir la sécurité.

La digue (brise-lame) présente au niveau de la plage du Prophète est la plus instable.

Elle n'a pas été conçue pour les fonds marins présents dans ce secteur (fonds sableux). De gros problèmes se posent : la digue s'enfonce dans le sédiment si bien qu'un entretien permanent est nécessaire. Elle ne joue plus son rôle de protection si bien que des blocs et pierres peuvent être projetés sur le rivage. Par ailleurs, des locaux se situent au-dessous de la corniche dans ce secteur et risquent de se retrouver dans l'eau si une solution n'est pas trouvée au problème d'érosion autour du brise-lame. La ville de Marseille réfléchit sur la solution à adopter pour régler ce problème (la conforter, en créer une nouvelle...).

La digue de la Pointe-Rouge a tendance à se tasser du côté du large.

Projets d'aménagement

Plage Borély : sur cette plage soumise à une érosion permanente, la ville souhaite réaliser un aménagement ayant pour objectif de limiter l'érosion et agrandir la plage.

Plage du Prophète : la ville souhaite trouver une solution aux problèmes liés à la présence du brise-lame instable.

Plage des Catalans : l'ancienne plate-forme doit être détruite car elle présente des risques d'effondrement.

Plage de Vieille Chapelle : un aménagement permettant la constitution d'une plage est en cours. Une instabilité presque constante du front rocheux exposé aux tempêtes est constatée.

Selon les secteurs, la question du choix entre rechargement et ouvrage se pose. La ville est plutôt favorable à l'implantation d'ouvrages à condition que la question soit bien étudiée auparavant. Une vigilance sera de mise afin d'éviter de sous-dimensionner les ouvrages.

Submersion

Une augmentation du niveau de la mer de 1 m s'observe à Corbière et dans le secteur du Centre Municipal de Voile par vent de sud.

Usages-activités

Une tour classée, Tour du Lazaret des Catalans, est à réhabiliter mais des questions se posent en raison des opérations de démolition de la plate-forme située aux Catalans.

Plages

Les plages du Sud Prado (Borély) ont été mises en place dans les années 80. Ensuite, des opérations immobilières se sont développées. L'arrivée du TGV a fortement contribué à l'augmentation de la fréquentation des plages.

Des plages en concession sont situées sur la partie nord de la plage des Catalans, à l'Escale Borély et à la Pointe-Rouge. Sur cette dernière plage les terrasses de café sont en gestion directe avec l'Etat.

Certaines plages permettent l'accès aux personnes à mobilité réduite mais cela n'est pas possible partout. De nombreuses manifestations sportives ont lieu l'été.

Les plages du Prado vont être équipées de nouveaux postes de secours. Les sanitaires y sont dimensionnées en fonction de la fréquentation et des consignes sont installées. Les plages sont très fortement fréquentées, même l'hiver. La baignade se pratique toute l'année dans certains secteurs.

Pêche - Aquaculture

La pêche amateur se pratique tout le long du littoral, en particulier au niveau des digues, de la corniche et à l'Estaque.

Une entreprise aquacole (M. Briquet) est située sur les îles du Frioul. Elle élève des Loups et des Daurades bio.

Sentier littoral

Il n'y a pas de sentier littoral proprement dit sur la commune en raison des obligations que cela impose vis-à-vis de l'accessibilité des personnes à mobilité réduite. Le cheminement le long du littoral est tout de même possible en de nombreux secteurs (corniche, chemin dans les calanques).

Nautisme

La ville de Marseille a une forte volonté de développer la pratique de la plaisance (au sens de l'activité elle-même, pas au sens portuaire) et des régates. Un projet de base nautique existe dans le secteur nord (Corbière).

Le PAM envisage une extension de ses installations d'accueil des croisiéristes.

Philosophie

La ville de Marseille accorde une grande importance à l'accès « visuel » au littoral, qui est une exigence minimum lorsque l'accès piéton n'est pas possible.

D'autre part, la ville de Marseille se dirige vers une meilleure prise en compte de la vue « côté mer » de son littoral qui est un caractère essentiel de la ville vue par les visiteurs depuis des embarcations.

Documents disponibles

Études bathymétriques :

- Borély : bathymétrie au 1/500^e
- Catalans
- Roucas Blanc

Une modélisation (houles du large, clapot) est en cours de finalisation dans le secteur situé face aux plages du Prado-Borély. Les résultats de l'étude ne sont pas encore disponibles et ne satisfont pas totalement la ville de Marseille.

Le service de la Direction de la Qualité de Vie Partagée possède les études bathymétriques ainsi que des cartographies des fonds marins (biocénoses...).

- Le massif des Calanques -

Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacaou

- ♦ Marseille (voir Zone homogène n°19)

- Les baies de Cassis et La Ciotat -

Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon

♦ La Ciotat

Nota : l'entretien de la commune de Cassis n'a pu être formalisé

Commune de LA CIOTAT	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Borghi	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux de la mairie (07-04-2008)	

Falaises - Eboulements

M. Borghi signale en premier lieu 3 éboulements de falaise ces dernières années :

- éboulement s'étant produit sur la commune de Saint-Cyr-les-Lecques à la fin des années 90 et ayant fait 1 mort et 1 blessé. Il signale que dans ce secteur sont présentes des maisons situées en haut de falaise et mise en danger par les éboulements (fissures...) ;
- éboulement du **16 mai 2003** au **Liouquet** (environ 450 m³), à proximité de l'hôtel « Ciotel » ;
- éboulement du **29-30 août 2006** (jour incertain) à **Arène Cros** (450 m³).

Une zone de signalisation du danger lié aux éboulements est présente entre la plage d'Arène Cros et la pointe de Galant.

Ces éboulements se produisent en moyenne tous les 2-3 ans.

M. Borghi conseille de se référer à l'étude des falaises côtières réalisée par le BRGM pour la DIREN.

Une étude faite à la fin des années 90 a conduit à la mise en œuvre de travaux de stabilisation et de sécurisation des sites.

Dans les années 90, les principaux éboulements ont eu lieu entre la plage du Liouquet et le nouveau port des Lecques.

Différents arrêtés municipaux ont été pris depuis une trentaine d'années afin de restreindre l'accès aux plages (voir photocopies des arrêtés) :

- arrêté de 1979 : interdiction d'accès concernant la plage et la corniche du Liouquet ;
- arrêté de 1987 : simple limitation d'accès à cette même plage suite à des travaux de confortement effectués entre temps ;
- arrêté de 1992 : complément au précédent ;
- arrêté de 2004 : interdiction d'accès au public des plages en contrebas des falaises (portion plage d'Arènes Cros – limite du Var) à l'exception de la plage au droit de Ciotel et d'une partie, matérialisée, de la plage du Liouquet.

Dans le Plan communal de Secours (DICRIM), la zone de falaises allant du Mugel jusqu'à Cassis est classée en « zone d'éboulement ». selon M. Borghi, le classement de la totalité de cette zone et les mesures à prendre (mise en place de sismographes, enlèvement de blocs de roches menaçant...) sont irréalistes au vu du linéaire à gérer.

Une signalisation a été mise en place notamment par rapport à la présence d'un sentier de randonnée.

Plages

La plupart des plages de La Ciotat sont artificielles. M. Borghi signale que la commune a beaucoup de mal à maintenir ses plages.

Concernant les aménagements et rechargements, aucune étude très précise n'avait été effectuée préalablement à la mise en place des épis et à la mise en œuvre de rechargements (aucune attention portée aux courants...).

- la Grande Plage

La Grande Plage est une plage naturelle ayant été un peu agrandie lors de la construction de l'esplanade H. Langlois à l'ouest. Le secteur de plage situé contre l'esplanade est en érosion. Un rechargement avait été effectué mais s'était soldé par un départ des sédiments, emportés par la mer. Depuis, aucun réel rechargement n'est effectué. Faute de moyens financiers, chaque hiver, la commune se contente de remonter le sable depuis la zone infralittorale proche jusqu'à la plage émergée (secteur de la Grande Plage notamment).

- plage de Saint-Jean

La plage de Saint-Jean se réduit chaque hiver. La petite plage de Saint-Jean est rechargée chaque année par le Conseil Général avec les déblais issus du dragage du port de Saint-Jean. Cette plage est utilisée pour la mise à l'eau de planches etc pour la pratique des sports nautiques.

- plage des Capucins

La plage des Capucins à l'ouest de la baie est stable, de même que les plages du Mugel et de Figuerolles, à l'ouest du bec de l'Aigle. Ces deux dernières plages sont essentiellement composées de graviers et petits galets.

- secteur du Mur des Allemands

Le secteur du Mur des Allemands (baie de la Vierge) est caractérisé par des phénomènes d'apparition/disparition de plage au droit du mur en fonction des conditions naturelles. Cette zone a sans doute précédemment fait l'objet d'un remblaiement. Ce mur présente des formes d'érosion et est endommagé.

Dans certains secteurs, l'érosion des plages est telle que le substrat gréseux affleure de même que des enrochements qui avaient été disposés initialement en avant de la plage et derrière lesquels avaient été déposés de la terre et du sable afin de former une plage.

Le nettoyage des plages (enlèvement des fibres de Posidonies) est effectué avant la saison. L'hiver les amas de fibres de Posidonies sont laissés en place afin de protéger les plages.

Les plages sont nettoyées :

- 2 fois/semaine en hiver ;
- 3 fois/semaine en demi saison ;
- 7 jours sur 7 de juin à septembre.

Le nettoyage se fait de façon mécanique (tracteur + tamis) et manuelle (enlèvement des déchets).

Apports

Un valat débouche devant le Ciotel.

8 valats débouchent sur la commune de La Ciotat mais aucune donnée quantitative n'existe concernant leur débit (solide ou liquide). Ces valats sont rarement en eau si bien que certains (valat de Saint-Jean) servent de voie d'accès à la mer pour les piétons.

Suite à 2 gros orages (septembre 2002 et 2006), des inondations se sont produites au niveau du Ciotel, provoquées par une hausse du niveau d'eau liée à une obstruction du valat par des dépôts sauvages d'un voisin.

Aménagements

Un réaménagement du bord de mer dans le secteur des Capucins est en cours de finalisation.

Pendant la campagne électorale des élections municipales, avait été évoqué un réaménagement du littoral entre Saint-Jean et Saint-Cyr mais M. Borghi ne peut donner plus de détails sur l'avancement de cette idée (*voir M. Nicollini*).

Concessions de plages

La commune compte 2 plages privées (La Vague et Riva).

L'hôtel Ciotel bénéficie d'un accès à la mer même s'il ne s'agit pas d'une plage de sable (dépôt de galets).

Une copropriété est présente dans le secteur du Liouquet mais le littoral y est inaccessible. M. Borghi ne peut pas dire si la copropriété paie un droit d'utilisation de la plage.

La calanque du Mugel abrite un restaurant qui installe des parasols et matelas sur une partie bétonnée.

Autres

Les seuls phénomènes de submersion portés à la connaissance de M. Borghi concernent la zone de la Villa des Tours, où la route a été submergée par vent d'est.

Une zone Natura 2000 en mer vient d'être validée par la commune, elle couvre toute la baie de La Ciotat.

M. Borghi ne possède pas d'études techniques sur les plages.

Documents fournis

- photocopie N&B d'une photo d'éboulement de falaise
- plan de La Ciotat avec indication zones d'éboulement 2003 et 2006

- arrêté municipal du 25 juin 1987
- arrêté municipal du 19 juin 1992
- arrêté municipal du 21 juin 2004 + figure

M. Borghi mentionne l'étude « Plan de gestion de l'Ile Verte » et une étude diagnostic sur l'opportunité de réactiver l'ancien Parc Marin (*voir CG, B. Durand*).

ANNEXE 3

COMPTE-RENDU DES ENTRETIENS AVEC LES ORGANISMES

Nota : les nombreux partenaires et organismes participants au Comité de Pilotage Technique de la présente étude ne font pas l'objet de fiche d'entretien spécifique.

(Parc de Camargue, DDE, DIREN, Conseil Général, ...)

Parc Marin de la Côte Bleue	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Daniel	Commentaire particulier Aucun document fournit.
Type d'entretien Téléphonique (08-04-2008)	

Suite au mail de demande d'informations envoyé le 1^{er} avril, M. Daniel est recontacté par téléphone.

Il a pris connaissance des informations recherchées. Les informations dont dispose le Parc Marin sont également disponibles auprès des communes et, de manière plus précise. Il ne peut pas apporter d'informations supplémentaires. Le document le plus intéressant en leur possession est l'étude « Plan de gestion » réalisé par BCEOM en 2006.

Il confirme que les personnes contactées auprès des communes sont les bonnes personnes.

GIPREB	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Grisel -	Commentaire particulier Fournira les informations concernant Vitrolles et Berre-l'Etang
Type d'entretien Entretien téléphonique (28-03-2008)	

M. Grisel du GIPREB a été contacté suite au fait que les communes riveraines de l'étang de Berre rencontrées dans le cadre des entretiens aient mentionné le GIPREB comme principal détenteur des données.

Après discussion avec M. Grisel, il ressort que le GIPREB n'a pas fait à ce jour véritablement d'études axées sur la problématique d'érosion du littoral et n'a donc pas beaucoup de données.

M. Grisel signale qu'il possède plusieurs missions de photos aériennes du littoral de l'étang (missions sur la totalité du littoral effectuées tous les 2 à 3 ans dans le cadre du suivi des macrophytes). Des zooms sont parfois effectués sur des zones précises.

Le GIPREB est en mesure d'identifier les zones à enjeux mais ne peut pas apporter de données scientifiques précises.

Le GIPREB peut préciser quelles sont les personnes à rencontrer dans chaque commune. Safege énumère les personnes avec qui elle est en contact, il apparaît que ce sont bien les bons interlocuteurs.

Le GIPREB et les communes riveraines de l'étang sont surtout en attente d'informations et n'en possèdent pas beaucoup.

M. Grisel propose de compléter les questionnaires que Safege a transmis aux communes de Vitrolles et Berre-l'Etang, ces dernières n'ayant pas souhaité d'entretien faute d'informations à donner.

GIP Calanques	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Clerici (Chargé de mission coordination et animation de la gestion)	Commentaire particulier Aucun document fournit.
Type d'entretien Téléphonique (08-04-2008)	

Suite au mail de demande d'informations envoyé au directeur M. Lafond le 1^{er} avril, M. Clerici est contacté par téléphone. Il n'a encore pris connaissance des informations recherchées car il était absent. Il est convenu que Safège lui envoie directement la liste par mail.

Safège lui énumère brièvement les éléments recherchés. M. Clerici apporte quelques premiers éléments d'information :

Les petites plages présentes dans les calanques sont essentiellement constituées de galets issus des côtes calcaires alentours. Les plages des calanques sont généralement stables car très petites et abritées en fond de calanque. Peu de mouvements de sédiments se produisent.

La plage de Sormiou est la seule plage constituée de sable est aussi la seule à être en recul dans le massif. Des témoins de l'érosion sont les bâtiments construits en bordure de littoral et menacés par la réfraction des vagues. L'origine de cette plage est incertaine : les sables ont-ils été déposés naturellement ou artificiellement (rechargement) ? (*M. Clerici pense que le CEREGE peut disposer de données plus précises sur cette plage*).

D'autres plages contiennent une petite part de sable : Marseilleveyre, Port-Pin.

M. Clerici signale que la calanque de Sugiton est soumise à érosion du fait du piétinement de la lande herbacée par les promeneurs. Il s'agit dans ce secteur de terrains marneux (*voir à ce sujet M. Bayle, Mairie de Marseille : 04.91.55.25.21*).

Un accident a eu lieu en 2006 avec la chute de blocs dans la calanque des Pierres-Tombées (*voir Mlle Guenolaux Michèle au CG13, service Administration des domaines : 04.96.20.08.68*). Le CG 13 a certainement des données concernant la mise en sécurité de blocs.

La présence d'une ancienne carrière à Port-Miou occasionne des chutes de blocs liés à l'anthropisation.

Sur la commune de Cassis, M. Clerici conseille de contacter *M. Vincent de l'ONF : 04.42.73.67.41*.

CONSEIL GENERAL DES BOUCHES-DU-RHONE	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) Olivier BRIAND, Ingénieur – Service des Ports et des Dessertes Maritimes	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux du Service des Ports et des Dessertes Maritimes (20-03-2008)	

Cette réunion a pour principal objet la récupération des documents en possession du Conseil Général des Bouches-du-Rhône (Service des Ports et des Dessertes Maritimes), notamment l'étude relative à l'évolution des côtes du département du Calvados, et le listing des études réalisées sur le littoral à récupérer auprès d'autres organismes dans le cadre de cette étude.

M. Briand présente, dans un premier temps, l'étude mandatée par le Conseil Général du Calvados relative au suivi de l'évolution des côtes du département du Calvados (site internet et rapport du suivi 1995-2004). Il conseille de regarder sur le site internet de la DRE du Calvados si l'étude de l'évolution des côtes du département est en ligne.

M. Briand signale l'existence des documents ou études suivants (à récupérer si possible dans le cadre de l'étude) :

- ◆ BCEOM, 1973, Le littoral français, dommages côtiers, ouvrages de défense, auprès du service maritime (C. BRANLY) ;
- ◆ Catalogue de fiches synthétiques des mesures de houle, Service technique de la Navigation Maritime et des Transmissions de l'Équipement (étude plus récente que celle remise lors de la réunion) ;
- ◆ Etude de courantologie et de houle sur Cassis (étude remise à SAFEGE lors de l'étude de modélisation pour la CUMPM) ;
- ◆ Shore protection manual, remis à jour sur internet ;
- ◆ Plans de l'ensemble des ports du département (Service Maritime) ;
- ◆ Etude sur la plage du Jaï pour la commune de Marignane dans les années 1990 ;
- ◆ Etudes lancées par EDF sur l'étang de Berre (centrale) ;
- ◆ Etudes sur les communes de Carro, Cassis, La Ciotat (stabilité de plage) et les Lecques (évolution du trait de côte).

M. Briand conseille de contacter le Service Maritime (contact : C. BRANLY) et les Salins du Midi (contact : F. GLAIZE) pour la récupération des documents.

Document fournis :

Briand O., 1995, L'utilisation des géotextiles dans les ouvrages de protection des littoraux, thèse, Université de Paris-Sud.

CETE, 2004, Etude de l'aléa chutes de pierres et de blocs, Mesures de protection envisageables, Port de Niolon, Conseil Général des Bouches-du-Rhône.

CETE, 2006, Complément d'étude : Mise en sécurité du quai UCPA (site 3), Port de Niolon, Centre UCPA.

GRESARC et Université de Caen, 2004, Suivi de l'évolution des côtes du département du Calvados, novembre 1995-février 2004, analyses, Conseil général du Calvados.

GRESARC et Université de Caen, Guide de lecture pour la mise à disposition du public des informations sur les risques littoraux, Direction Régionale de l'Équipement Basse Normandie (CD).

GRESARC, 2005, Réalisation d'un SIG adapté au suivi de l'état des ouvrages de défense contre la mer, Conseil Général du Calvados.

LEVOY F., 1995, Etude des risques d'érosion et de submersion sur les côtes du Calvados, Rapport d'avancement n°1.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1997, La défense des côtes contre l'érosion marine, Pour une approche globale et environnementale.

Service technique de la Navigation Maritime et des Transmissions de l'Équipement, 1995, Catalogue de fiches synthétiques des mesures de houle.

CETE	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) Frédéric PONS, ingénieur	Commentaire particulier
Type d'entretien Téléphonique (18-02-2008) & réunion (20-02-2008)	

M. Pons fait tout d'abord remarquer qu'il est « bureau d'étude » et que donc il n'est pas propriétaire de la plupart des données, il ne peut donc pas les communiquer. Il faudra alors s'adresser aux propriétaires des données (CEREGE, CETMEF...).

Il confirme pouvoir fournir les tables relatives à la problématique de submersion marine. Dans le rapport correspondant, figurent les données recensées et leurs propriétaires.

Concernant les houles, il ne pourra fournir aucune donnée car ce n'est pas lui qui les gère. Concernant les hauteurs d'eau (niveau marin), les données sont en cours d'exploitation et de validation et ne peuvent être communiquées pour le moment à moins d'être « relativisées ». Des images pourront être communiquées.

L'étude d'« Etat des lieux des données existantes sur les submersions marines en Camargue » est en cours de réalisation. Elle devrait être terminée à l'horizon 2009. Les données acquises dans le cadre de la première phase de cette étude sont en cours de traitement et de validation (tests) et ne peuvent être communiquées pour le moment. M. Pons demande d'éviter l'emploi du terme « Plan de Prévention de Risques » en évoquant cette étude.

NB : l'ensemble des données papier ont été numérisées (cf logiciel Nunieau). Puis les données informatiques ont été organisées et « homogénéisées » afin de permettre leur exploitation. Ces données doivent être demandées auprès des organismes qui en sont propriétaires mais ce serait alors les données originales. L'idéal serait que les propriétaires autorisent directement le CETE à fournir ces données compte tenu du travail de référencement qu'il a effectué dessus.

M. Pons signale l'existence :

- du logiciel **Nunieau** développé par le CETE et accessible (et téléchargeable) sur le site du CETE. Il s'agit d'un logiciel de numérisation des enregistrements graphiques de niveaux d'eau (http://www.cete-mediterranee.fr/fr/rubrique.php3?id_rubrique=113) ;
- du site **SONEL** (Système d'Observations des Eaux Littorales) développé par le SHOM, qui donne des niveaux d'eau (<http://www.sonel.org>) ;
- du site **CANDHIS** (Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ) développé par le CETMEF Brest et qui vise à regrouper l'ensemble des mesures de houles in situ réalisées sur le littoral français (<http://www.cetmef.equipement.gouv.fr/donnees/candhis/home.php>) ;

- de données récentes relatives au trait de côte et fournies par le PAM sur le secteur de la Gracieuse.

Documents fournis

Tables Mapinfo : Forçages, tempêtes (submersion), appareils de mesure

Questionnaire : Etat des données (*fichier Excel*)

CETE Méditerranée-IPSEAU, 2002. Evolution du littoral sableux du golfe du Lion – Deuxième phase d'étude : constat et perspectives en vue de l'élaboration d'une stratégie de gestion. Etude n°96-66-086. 85 pages + annexes cartographiques.

BLANC J.J., 1979. Protection des littoraux sableux. Méthode d'étude, exemple de la Camargue - Centre National pour l'Exploitation des Océans

BONY P., 1997. Bilan morphosédimentaire d'une zone littorale à protéger: la réserve de Camargue, , (extraits du) mémoire de DEA, 100 p.

CETE Méditerranée, 2007. Elaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions Marines en Camargue - Etat des lieux des données existantes. Rapport

CETE Méditerranée, 2007. Etat des lieux des données existantes sur les submersions marines. Présentation Littorisk 9 novembre 2007.

Utilisation de données anciennes pour la connaissance des risques de submersion marine sur le Golfe du Lion. Présentation Géorisque.

Utilisation de données anciennes pour la connaissance des risques de submersion marine sur le Golfe du Lion. Poster Colloque SHF – Nouvelles approches sur les risques côtiers Paris 30-31 janvier 2008.

DESMID-CNRS, 2004 ?. Gestion du risque inondation et changement social dans le delta du Rhône : Les « catastrophes » de 1856 et 1993-1994. 146 pages.

FHRC. Carte submersion à + 5m – Horizon 2030.

FLEURY, M.-C., 1992. Le littoral camarguais, inventaire des aménagements, évolution géographique, économique et juridique entre 1970 et 1992, Université de Montpellier I II et III et Réserve Nationale de Camargue. **Document complet**

DURAND P., HEURTEFEUX H., 2006. Impact de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un cordon littoral lagunaire : une méthode d'évaluation. Exemple des étangs de Vic et de Pierre Blanche (littoral méditerranéen, France). Zeitschrift. N°2.

MIOSSEC, A., 1998. Le littoral de la Camargue, état des lieux et propositions d'action en matière de lutte contre l'érosion marine, Parc Naturel Régional de

Camargue, Arles.

MOUCHENE M. - Le risque de « submersion marine » en Camargue dans une perspective d'aménagement du territoire – Région PACA - 2006. 62 pages

OLIVEROS C., LAMBERT A., 2004. Etude des phénomènes de submersion marine sur le littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. BRGM/RP-52902-FR, 116 p., 37 fig., 8 tabl., 1 pl. hors texte.

OLIVEROS C., 2003. Etude des phénomènes de submersion marine sur le littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. BRGM/RP-52747-FR, 46 p., 5 fig., 1 pl. hors texte, 2 ann.

OLIVEROS C., LAMBERT A., 2002. IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances Action : Données informations, évaluation sur les risques naturels". – Etude du risque de submersion marine de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer Phase 1 : Etat des données existantes. Rapport BRGM/RP-51461-FR. 76 p. 4 fig. 7 tableaux.

PASKOFF, R., 1998. Le littoral du Parc Naturel Régional de la Camargue après la grande tempête de décembre 1997. Les réponses de l'homme à son évolution. Parc Naturel Régional de Camargue, Arles.

PASKOFF R., 1991. La Défense de la cote de la Camargue contre la mer - PNRC – Rapport d'évaluation.

RICHARD S.J. TOL, et *al.*, 2006. Adaptation to five metres of sea level rise. Journal of Risk Research, vol.9, n°5. pp. 467-482.

SABATIER F., PROVANSAL M., 2002. La Camargue sera-t-elle submergée ? La Recherche, juillet-aout 2002, pp.72-73.

Syndicat de la Digue à la Mer en Camargue, 1904. Recueil de documents relatifs à la digue à la mer.

VOURGERES J-Y., 1988. Le littoral oriental de la petite Camargue du Radeau de Beaumascle à l'embouchure du petit Rhône - Morphologie, évolution et perspectives d'aménagement. - Université Paul Valéry Montpellier III – DEA

CEREGE	
Personne(s) rencontrée(s) et fonction(s) François SABATIER, maître de conférence/chercheur	Commentaire particulier
Type d'entretien Réunion dans les locaux du CEREGE (05-02-2008)	

L'objet de cette entretien est de récupérer l'ensemble des études réalisées par le CEREGE (thèses achevées, articles publiés). Les documents fournis par le CEREGE sont listés ci-après. Ces études concernent essentiellement le littoral de la Camargue.

Concernant la thèse sur la « Recrudescence des tempêtes », elle est en cours et ses résultats ne sont pas communicables pour l'instant. Toutefois, il existe un article du même auteur et abordant ce même thème (Ullmann A., Pirazzoli P.A.A & Tomasin A., 2007. Sea surges in Camargue: Trends over the 20th century, Continental Shelf Research.)

Documents récupérés

ANTONELLI C., PROVANSAL M., 2003. Impact des crues méditerranéennes dans le bilan sédimentaire du Rhône aval. Colloque MONTPELLIER 2003, Hydrologie des régions méditerranéennes et semi-arides, 1-4 avril 2003, Montpellier.

ANTONELLI C., PROVANSAL M., 2002. Vers une re-évaluation des matières en suspension du Rhône aval par acquisition de mesures sur toute la colonne d'eau. Proceedings of Geomorphology : from expert opinion to modelling, European Center on Geomorphological Hazards, Strasbourg, France. pp. 141-148.

ANTONELLI C., PROVANSAL M., 2002. Characterisation and assesment of sand fluxes in the lower Rhone river, France. ; Proceedings of River Flow 2002, Louvain la-Neuve, Belgique, Balkema, The Netherlands. ; 1, 587-593.

BETEREM, 1983. Étude d'impact relative aux épis de protection de la petite Camargue - Rapport pour CSMSE, CIAM et Commune des Saintes-Maries.

BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., Étude du littoral de l'exploitation salinière d'Aigues-Mortes.

BOURRILLON J., 2004. Étude sur la mobilité morpho-sédimentaire cross-shore sur le littoral du delta du Rhône : le site de Rousty. Mémoire de Maîtrise, Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 106 pages.

CEREGE, CNRS-UMR 6635, 2003. Impact du changement climatique sur l'intervention du Conservatoire du Littoral, Recul du trait de côte et orientations stratégiques, étude de cas sur le site de la Palissade. 15 pages.

FLEURY M.-C., 1992. Le littoral camarguais, inventaire des aménagements, évolution géographique, économique et juridique entre 1970 et 1992, Université de Montpellier I II et III et Réserve Nationale de Camargue. **Partie 1 seulement.**

GAUFRÈS P., 2005. Analyse fréquentielle et spatiale des surcotes marines extrêmes. Cas du marégraphe de Marseille pour le littoral de Camargue. Master Sciences de l'Environnement Terrestre – Université de Provence – CEREGE.

GAUFRÈS P., SABATIER F., Extreme storm surges distributions at Marseilles. 12 pages.

HANOT B., 2005. Érosion des dunes et dépôts d'overwash pendant la tempête de décembre 1997 (Petite Camargue). Master Sciences de l'Environnement Terrestre – Université de Provence – CEREGE.

MAILLET G., 2005. Relations sédimentaires récentes et actuelles entre un fleuve et son delta en milieu microtidal : exemple de l'embouchure du Rhône. Thèse de doctorat Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 331 pages.

MAILLET G., SABATIER F., ROUSSEAU., PROVANSAL M., FLEURY T.-J., 2006. Connexions entre le Rhône et son delta (partie 1) : évolution du trait de côte du delta du Rhône depuis le milieu du XIX^e siècle. Géomorphologie : relief, processus, environnement - n°2. pp. 111-124.

MAILLET G., VELLA C. PROVANSAL M., SABATIER F., 2006. Connexions entre le Rhône et son delta (partie 2) : évolution de l'embouchure du Rhône depuis le début du XVIII^e siècle. Géomorphologie : relief, processus, environnement - n°2. pp. 125-140.

MEFTAH K., PONS F., GOMI P., SABATIER F., SERGENT P., 2004. Chaîne d'outils intégrés permettant la modélisation de l'évolution d'un profil de plages sur le site du Rousty. VIII^{èmes} Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne. pp.411-418.

MIOSSEC, A., 1998. Le littoral de la Camargue, état des lieux et propositions d'action en matière de lutte contre l'érosion marine, Parc Naturel Régional de Camargue, Arles.

MORELLATO D., 2004. Modélisation de l'efficacité du rechargement artificiel en sable sur une plage microtidale à barres (site de Rousty, delta du Rhône). Mémoire de DEA de Géographie – Université de Provence – CEREGE. 68 pages + annexes.

MORELLATO D., SABATIER F., PONS F., GAUFRÈS P., 2004. Comparaison de deux modèles cross-shore d'érosion des plages (Site de Rousty, Delta du Rhône, France).

MORON V., SABATIER F., coord., 2007. IMPLIT – Impact des événements

extrêmes (tempêtes et surcotes) sur les hydrosystèmes du littoral méditerranéen dans le cadre du changement climatique. 173 pages.

MOUCHENE M., 2006. Le risque de « submersion marine » en Camargue dans une perspective d'aménagement du territoire – Région PACA. 62 p.

PASKOFF, R., 1998. Le littoral du Parc Naturel Régional de la Camargue après la grande tempête de décembre 1997. Les réponses de l'homme à son évolution. Parc Naturel Régional de Camargue, Arles.

PICON B., PROVANSAL M., 2002. Faut-il se protéger de la mer ? Instabilités naturelles et politiques publiques dans le delta du Rhône. Faire Savoirs n°2. pp.75-80.

PONS F., 2000. Évolution des dunes sous l'effet du transport éolien. Travail de Fin d'Études, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.

PROVANSAL M. et SABATIER F., 2000. Impact de la montée du niveau de la mer sur la côte du delta du Rhône. Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Le changement climatique et les espaces côtiers. L'élévation du niveau de la mer: risques et réponses, 12-13-14 octobre 2001, Arles, France, 78-81.

PROVANSAL M., SABATIER F., CHAIBI M., 2001. Schéma d'aménagement concerté de la plage de Piémenson , pour le Parc Naturel Régional de Camargue, 34 p.

PROVANSAL M., VELLA C., SABATIER F., 2003. Apports solides et mobilité holocène des littoraux deltaïques. Oceanis vol. 29 n°1-2. pp.209-238.

PROVANSAL M., VELLA C., ARNAUD-FASSETTA G., SABATIER F., MAILLET G., 2003. Role of fluvial inputs in the mobility of the Rhone delta coast (France). Géomorphologie : relief, processus, environnement n°4. pp.271-282.

SABATIER F., 2008. Modélisation de l'impact du changement climatique sur l'érosion des dunes. Application à la Camargue. LA HOUILLE BLANCHE/N° 01. 10 pages.

SABATIER F., 2001. Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhone. Thèse de doctorat Université Aix-Marseille III. 268 p.

SABATIER F. ANTONELLI C., MAILLET G. et FLEURY T.J. (2003) River-shoreface-shelf sediment budget of a deltaic system. The case of the Rhone delta during the 20th century (France). International Hydraulics Association Research, 3rd Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Barcelona 1-5 september 2003. 10p.

SABATIER F. ARNAUD-FASSETTA G., 1999. Premières données sur la contribution des apports sableux du Petit Rhône aux plages du golfe de Beauduc

(delta du Rhône). Méditerranée, 4, 11-18.

SABATIER F., CHAIBI M., CHAUVELON P., 2007. Transport éolien par vent de mer et alimentation sédimentaire des dunes de Camargue. Méditerranée n°108. pp.83-90.

SABATIER F. CHAIBI, M. and PONS F. (2002) Validation of aeolian sediment transport formulae by sediment traps. E. Özhan (Ed.), International MEDCOAST Workshop on Beaches of the Mediterranean and the Black Sea: Dynamics, Regeneration, Ecology & Management, Turkey, 87-98.

SABATIER F., LAMBERT A., CHAIBI M., SAMAT O., PROVANSAL M. (2002) Morphodynamique du profil de plage en milieu microtidal : du relevé de terrain au modèle mathématique et numérique. Geomorphology : from expert opinion to modelling, 26-27 avril 2002, 204-208.

SABATIER F., PROVANSAL M., 2000. Sandbar morphology on the Espiguette spit, Mediterranean Sea, France. Marine Sandwave Dynamics. pp.179-187

SABATIER F., PROVANSAL M., 2000. Bilans morphologiques, répartition granulométriques et direction du transport sédimentaire autour du brise-lames de Ste Anne, delta du Rhône. Génie Civil Génie Côtier, 207-216.

SABATIER, F.; PROVANSAL, M., FLEURY, T.-J., 2005. Discussion of: Paskoff, R., 2004. Potential implications of sea-level rise for France. Journal of Coastal Research, 20(2), 424-434. Journal of Coastal Research, 21(4), 860-864. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

SABATIER F. et RAIVAR D G (2002) Evolution bathymétrique de la pointe de l'Espiguette (delta du Rhône, mer Méditerranée) : résultats préliminaires, Actes du Colloque : "Espaces Littoraux en Mutation", Journées annuelles de la Commission de Géographie de la Mer et des Littoraux (CGML), 1-3 juin 2000, Dunkerque, pp 101-105.

SABATIER S., SAMAT O., CHAIBI M., LAMBERT A., PONS F., 2004. Transport sédimentaire de la dune à la zone du déferlement sur une plage sableuse soumise à des vents de terre. VIIIèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne. pp. 223-229.

SABATIER F. et SUANEZ S., 2003. Evolution of the Rhone delta coast since the end of the 19th century. Cinématique du littoral du delta du Rhône depuis la fin du XIXe siècle. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°4. pp.283-300.

SAMAT O., 2007. Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône. Thèse de doctorat Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 371 pages.

SAMAT O., LAMBERT A., SABATIER F., 2004. Erosion des fonds sableux au droit d'une digue, (site de Vérán, Golfe du Lion, Méditerranée). VIIIèmes Journées

Nationales Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne. pp. 289-294.

SAMAT O., SABATIER F., LAMBERT A., 2007. Bathymetric impacts of a seawall on a micro-tidal beach, Gulf of Lions, France. Méditerranée n°108. pp.119-124.

SAMAT O., SABATIER F., LAMBERT A., 2007. Erosion of the sandy bottom in front of a seawall (Véran site, Gulf of Lions, Mediterranean coast). 13 pages..

SOGREAH, 1995. Étude de l'évolution du littoral sableux de la Camargue, Volume I, Grenoble.

SUANEZ S., 1997. Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange orientale littorale du delta du Rhône. Thèse Université de Provence, Aix ; 282 p.

SUANEZ S., DURAND P., SABATIER F. (2001) Evolution du trait de côte du littoral sableux méditerranéen, Atlas permanent de la Mer et du Littoral, N°5, CNRS-Géolittomer-LETG.

SUANEZ S., PROVANSAL M., 1998. Large scale evolution of the littoral of the Rhone delta (southeast, France). J. Coastal Res. ; 14 (2),493-501.

ULLMANN A., PIRAZZOLI P-A., TOMASIN A., 2007. Sea surges in Camargue: Trends over the 20th century. Continental Shelf Research 27. pp.922-934.

ULLMANN A., PIRAZZOLI P-A., MORON V., 2007. Sea surges around the Gulf of Lions and atmospheric conditions. Glob. Planet. Change. 13 pages.

SIBOJAI	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Brun	Commentaire particulier Visite de terrain : le Jaï et les évolutions récentes de l'étang
Type d'entretien Visite de terrain (17-04-2008)	

M. Brun a proposé de montrer deux sites :

- le cordon du Jaï (Marignane / Châteauneuf)
- la plage de Figuerolles (Martigues / Saint-Mitre)

C'est essentiellement l'arrière-plage et le cordon dunaire qui ont été inspectés.

Contexte

Depuis 2006 et la diminution des rejets de la centrale hydroélectrique de Saint-Chamas, l'état de santé de l'étang s'améliore comme en témoignent des signes tels que l'augmentation des peuplements de coquillages et surtout leur diversification avec une réapparition des espèces présentes avant le début des rejets EDF. Cette évolution s'accompagne également du dépôt d'importants volumes de coquilles sur le littoral.

Le cordon du Jaï est un milieu très riche du point de vue écologique avec la présence, au minimum, de 9 biotopes différents. Il abrite des espèces protégées.

Le Conservatoire du littoral possède les marais et l'étang de Bolmon et est en cours d'acquisition d'une partie du Jaï dont il ne possède aujourd'hui qu'un petit fragment. L'essentiel du cordon appartient aux communes de Marignane et Châteauneuf. Selon M. Brun, ce partage du cordon ne facilite pas une gestion concertée.

Le dépôt massif de coquilles depuis 2006

Les coquilles échouées forment des bourrelets de plusieurs décimètres de hauteur s'accumulant sur les plages.

D'après M. Brun, les caractéristiques des bourrelets successifs peuvent peut-être permettre de distinguer les différentes générations de dépôt :

- coquilles entières, les plus récentes, proches de mer ou à la surface des bourrelets
- gros débris de coquilles
- débris de coquilles plus fins

Ces bourrelets jouent un rôle de protection de la plage, ils masquent par endroits le talus d'érosion. Les bourrelets peuvent se déplacer longitudinalement le long du Jaï, en fonction des courants. Ils ne se perdent généralement pas dans les zones profondes. De manière plus générale, d'importants volumes de coquilles sont déplacés d'un point à l'autre du littoral de l'étang de Berre.

Aujourd'hui, par fort Mistral, des coquilles sont amenées sur le Jaï, tandis qu'avant, le Mistral provoquait une érosion de la côte (talus d'érosion par attaque frontale).

SIBOJAI	
Personne(s) contactée(s) et fonction(s) M. Brun	Commentaire particulier Visite de terrain : le Jaï et les évolutions récentes de l'étang
Type d'entretien Visite de terrain (17-04-2008)	

M. Brun a proposé de montrer deux sites :

- le cordon du Jaï (Marignane / Châteauneuf)
- la plage de Figuerolles (Martigues / Saint-Mitre)

C'est essentiellement l'arrière-plage et le cordon dunaire qui ont été inspectés.

Contexte

Depuis 2006 et la diminution des rejets de la centrale hydroélectrique de Saint-Chamas, l'état de santé de l'étang s'améliore comme en témoignent des signes tels que l'augmentation des peuplements de coquillages et surtout leur diversification avec une réapparition des espèces présentes avant le début des rejets EDF. Cette évolution s'accompagne également du dépôt d'importants volumes de coquilles sur le littoral.

Le cordon du Jaï est un milieu très riche du point de vue écologique avec la présence, au minimum, de 9 biotopes différents. Il abrite des espèces protégées.

Le Conservatoire du littoral possède les marais et l'étang de Bolmon et est en cours d'acquisition d'une partie du Jaï dont il ne possède aujourd'hui qu'un petit fragment. L'essentiel du cordon appartient aux communes de Marignane et Châteauneuf. Selon M. Brun, ce partage du cordon ne facilite pas une gestion concertée.

Le dépôt massif de coquilles depuis 2006

Les coquilles échouées forment des bourrelets de plusieurs décimètres de hauteur s'accumulant sur les plages.

D'après M. Brun, les caractéristiques des bourrelets successifs peuvent peut-être permettre de distinguer les différentes générations de dépôt :

- coquilles entières, les plus récentes, proches de mer ou à la surface des bourrelets
- gros débris de coquilles
- débris de coquilles plus fins

Ces bourrelets jouent un rôle de protection de la plage, ils masquent par endroits le talus d'érosion. Les bourrelets peuvent se déplacer longitudinalement le long du Jaï, en fonction des courants. Ils ne se perdent généralement pas dans les zones profondes. De manière plus générale, d'importants volumes de coquilles sont déplacés d'un point à l'autre du littoral de l'étang de Berre.

Aujourd'hui, par fort Mistral, des coquilles sont amenées sur le Jaï, tandis qu'avant, le Mistral provoquait une érosion de la côte (talus d'érosion par attaque frontale).

La partie naturelle du lido du Jaï

Aujourd'hui le secteur du Jaï dans sa partie naturelle se présente ainsi :

- une plage de plusieurs mètres de large
- une dune embryonnaire partiellement reconstituée en haut de plage
- une piste qui relie les deux extrémités du cordon
- une dune fossile (grise ou fixée) végétalisée
- une succession de biotopes humides en direction de Bolmon : marais temporaires, sansouïre, pelouses à Anthenis, pelouse pâturée...
- l'étang de Bolmon

Le lido du Jaï est (ou a été) soumis à plusieurs types de détériorations.

1/ Pendant de nombreuses années, l'érosion était surtout liée à la dynamique marine avec, en particulier par Mistral fort, la formation d'un **talus d'érosion en haut de plage**. De nos jours les coquilles déposées sur la plage ont tendance à protéger cette partie du cordon de la dynamique venue de l'étang.

2/ Aujourd'hui, la détérioration du cordon dunaire semble plutôt être liée à la présence d'une piste passant dans la partie centrale du cordon et reliant les deux extrémités urbanisées. En effet, l'érosion touche plutôt la **dune fossile**, située en arrière de cette piste. La piste, située en position inférieure par rapport aux dunes environnantes, constitue une rupture dans le profil transversal du cordon, empêchant les échanges entre les parties nord et sud du cordon (propos de Mme Provansal rapportés par M. Brun). Il apparaît ainsi que la dune fixée bénéficie de peu de renouvellement faute d'apport et de transit sédimentaire.

Le sable de la piste est complètement tassé et le passage régulier de véhicules empêche toute colonisation par la végétation.

3/ De plus, la présence de la piste favorise l'accès des véhicules à moteur aux dunes du Jaï : la pratique du quad et de la moto abîme les fragments de cordon embryonnaire tandis que les voitures et camionnettes s'en servent de parking. Ceci explique l'allure très fragmentée de la dune embryonnaire située en haut de plage.

Sur la plage, la présence de nombreux véliplanchistes et kyte-surfeurs contribue à l'érosion.

M. Brun fait remarquer que l'enlèvement des lasses de mer par certaines machines de nettoyage de plage utilisées par les communes fragilise la plage. D'après le Conservatoire du Littoral, la lasse de plage contribue à lutter contre l'érosion des plages puisque sa décomposition permet le développement d'une végétation qui fixe les dunes.

Des trous dépourvus de végétation peuvent se former en arrière du cordon dunaire à la faveur de brèches dans le cordon qui permettent le passage de courants d'air puissants pouvant occasionner une érosion (travaux de A. Ricard).

Parmi les méthodes employées pour restaurer le cordon dunaire et empêcher l'accès des véhicules figurent :

- la mise en place d'obstacles au passage des voitures (traverses de chemin de fer plantées dans le sol) ;
- le creusement de tranchées associées à la mise en place d'une butte ;

- le dépôt de matériel destiné à reformer le cordon. En effet, le SIBOJAI et les communes tentent de reconstituer petit à petit le cordon dunaire embryonnaire en déposant, dans son alignement, le matériel issu du curage des bourdigues ou le matériel dunaire extrait dans le cadre de travaux comme ceux pratiqués actuellement sur le cordon à la limite de la zone urbanisée de Châteauneuf.

Il y a 20 ans environ, la commune de Châteauneuf avait interdit l'accès des véhicules motorisés à la partie naturelle du cordon par la mise en place de barrières mais celles-ci ont aussi tôt été détruites. L'expérience n'a pas été renouvelée.

Dans le cadre de la reconstitution du cordon embryonnaire, le SIBOJAI a également procédé à des plantations de tamaris notamment afin de favoriser sa végétalisation.

D'après M. Brun, l'idéal pour favoriser la restauration du cordon serait de limiter son accès aux seuls véhicules du personnel gestionnaire du site et aux chasseurs. La largeur de la piste devrait également être réduite.

M. Brun fait part d'un projet de mise en valeur de l'ancienne usine de teinture située sur la commune de Marignane et qui pourrait accueillir notamment une zone de parking afin de dégager les abords du cordon embryonnaire.

Un bourrelet de galets a été construit par la commune de Châteauneuf en haut de la plage. Ce bourrelet semble efficace et peu dégradé par l'érosion. Il est légèrement végétalisé.

Dynamique littorale - Submersion

La position actuelle des Tamaris, plantés il y a environ 15 ans au niveau du cordon, illustre le recul du cordon de 0,5 à 1 m/an.

Aucune submersion du cordon dunaire ne se produit sur le Jaï, même par fort Mistral. Seuls des embruns atteignent la piste. Des flaques d'eau, liées à la fonte de la mousse projetée sur la piste, peuvent également être observables.

Depuis début 2006, l'allure du trait de côte présente de légères indentations (« vagues »), tandis qu'auparavant le littoral était plus régulier.

Des épis sont présents face à la partie urbanisée du cordon, à Châteauneuf. L'érosion du littoral s'est accompagnée d'un recul du trait de côte en arrière des épis qui, construits à partir de la fin des années 50, se sont retrouvés détachés de la côte. Peu à peu, sous l'effet des transports sédimentaires naturels, les épis ont été reconnectés au littoral par une bande de matériel sédimentaire selon un processus faisant penser à celui de la création d'un tombolo, mais inversé.

D'après le groupe de travail « GLADYS », il serait possible, en cas d'élévation du niveau de la mer que l'équilibre soit retrouvé par déplacement de la dune du Jaï en direction du Bolmon.

Saint-Chamas

M. Brun signale une tendance à l'érosion de la rive ouest des palous de Saint-Chamas depuis 1944. Un cordon de coquilles est présent à l'extrémité sud de la pointe de Saint-Chamas.

Apports sédimentaires

Outre les apports coquilliers, une des sources semble être l'ancienne carrière aujourd'hui hors d'atteinte de la dynamique marine. M. Brun a toutefois un doute sur cette provenance.

Il signale que, depuis la création de la digue séparant le canal de navigation des étangs de Bolmon et de Berre, les apports du bassin versant sont bloqués par le canal et ne peuvent parvenir au Jaï. De même un cordon de coquilles s'est formé dans le canal entre Total et le pont du Jaï.

Par ailleurs les apports sédimentaires grossiers de la Cadière sédimentent dans l'étang de Bolmon et ne franchissent pas les bourdigues, ils ne nourrissent donc pas le Jaï.

La plage de Figuerolles

Cette longue plage située au nord de Martigues est une de celle où s'observe les plus importantes accumulations de coquilles.

Ces bourrelets ont provoqué un élargissement de la plage initiale de 1 à 7 m. Un indicateur de l'ancienne position du rivage peut être les « ganivelles » implantées par l'ONF en haut de plage, à la limite avec le versant. Les tamaris présents sur la plage ont 1 à 2 ans d'âge.

Dans les secteurs où le versant est plus proche de l'eau, les dépôts de coquilles sont beaucoup moins stables et peuvent facilement être emportés par les vagues et être déposés plus loin.

Documents fournis

Aucun car les documents avaient déjà été récupérés par ailleurs. Le SIBOJAI dispose d'une étude disponible sur demande :

RICART A., 1999. Incidences de la mise en défend sur la végétation dunaire de la bordure littorale du Jaï. Syndicat Intercommunal Bolmon-Jaï. Université Aix-Marseille III.

ANNEXE 4

QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE

Principe de classement des sites de contrôles de la qualité des eaux de baignade dans le cadre de la directive actuelle (directive européenne n°76/160 du 8 décembre 1975)

A	Eaux de bonne qualité	B	Eaux de qualité moyenne
Pour ces eaux : au moins 80% des résultats en <i>E.Coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre guide (100/100 ml) ; et au moins 95 % des résultats en <i>E.Coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre impératif (2000/100 ml) ; et au moins 90% des résultats en streptocoques fécaux sont inférieurs ou égaux au nombre guide (100/100ml)		L'eau est de qualité moyenne lorsque le nombre impératif fixé par la directive pour les <i>E.Coli</i> est respecté dans au moins 95% des prélèvements (2000/100 ml), les conditions relatives aux nombres-guides n'étant pas, en tout ou en partie, vérifiées.	
Les eaux classées en catégorie A ou B sont conformes aux normes microbiologiques européennes			
C	Eaux polluées momentanément	D	Eaux de mauvaise qualité
L'eau des points de surveillance pour lesquels la fréquence de dépassement du nombre impératif pour <i>E.Coli</i> est comprise entre 5% et 33,3% est considérée comme pouvant être momentanément polluée. Cette pollution peut faire l'objet de mesures immédiates ou à moyen terme, permettant d'améliorer définitivement la qualité de l'eau. Il est important de noter que si moins de 20 prélèvements sont effectués pendant toute la saison sur un point, un seul dépassement du nombre impératif en <i>E.Coli</i> , suffit pour entraîner le classement de la plage en catégorie C.		Lorsque, pour le paramètre <i>E. Coli</i> , les conditions relatives au nombre impératif sont dépassées au moins une fois sur trois, l'eau correspondante est considérée comme de mauvaise qualité.	
Les eaux classées en catégorie C ou D ne sont pas conformes aux normes microbiologiques européennes			