



CONSEIL GENERAL
DES BOUCHES DU RHONE

Région

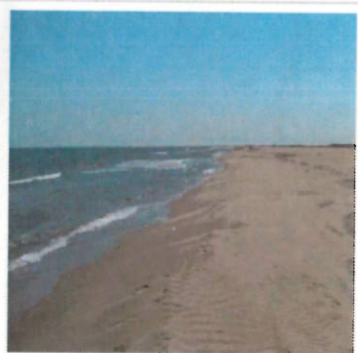


Provence-Alpes-Côte d'Azur

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



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

Phase 2 : Etat des lieux, diagnostic et
hiérarchisation des enjeux


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 Caractérisation du littoral.....	3
3 Évolution du littoral de 1927 à 2003.....	13
3.1 Définition du trait de côte.....	13
3.2 Méthodologie.....	16
3.2.1 Caractéristiques des photographies aériennes	16
3.2.2 Traitement des photos aériennes	18
3.2.3 Digitalisation du trait de côte	18
3.2.3.1 Limites de la méthode	19
3.2.3.2 Estimation de l'erreur.....	24
3.2.4 Définition des zones meubles	25
3.3 Étude des phénomènes affectant le trait de côte.....	28
3.3.1 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).....	30
3.3.1.1 Analyse de l'évolution des zones meubles	31
3.3.1.2 Bilan surfacique.....	45
3.3.1.3 Synthèse	50
3.3.2 Le golfe de Fos (zone homogène n°16 - de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne, hors cellule hydrosédimentaire 18).....	54
3.3.2.1 Côtes meubles.....	54
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	54
B- Bilan surfacique	62
3.3.2.2 Côtes rocheuses	65
3.3.2.3 Synthèse	66
3.3.3 L'étang de Berre (zone homogène n°17).....	68
3.3.3.1 Côtes meubles.....	68
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	69
B- Bilan surfacique	84
3.3.3.2 Côtes rocheuses	87
3.3.3.3 Synthèses	88
A- Synthèse générale.....	88

B- Synthèse par gestionnaires	91
3.3.4 La Côte Bleue : du cap Couronne au tunnel du Rove (zone homogène n°18) 93	
3.3.4.1 Côtes meubles.....	93
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	93
B- Bilan surfacique	101
3.3.4.2 Côtes rocheuses	103
3.3.4.3 Synthèse	104
3.3.5 La rade de Marseille : du tunnel du Rove au cap Croisette (zone homogène n°19).....	106
3.3.5.1 Côtes meubles.....	106
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	106
B- Bilan surfacique	111
3.3.5.2 Côtes rocheuses	113
3.3.5.3 Synthèse	114
3.3.6 Le massif des Calanques - du cap Croisette à la pointe Cacaou (zone homogène n°20).....	116
3.3.6.1 Côtes meubles.....	116
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	116
B- Bilan surfacique	118
3.3.6.2 Côtes rocheuses	120
3.3.6.3 Synthèse	121
3.3.7 Les baies de Cassis et de La Ciotat : de la pointe Cacaou à la pointe de l'Eperon (partie occidentale de la zone homogène n°21).....	122
3.3.7.1 Côtes meubles.....	122
A- Analyse de l'évolution des zones meubles.....	122
B- Bilan surfacique	126
3.3.7.2 Côtes rocheuses	127
3.3.7.3 Synthèse	129
3.3.8 Synthèse de l'étude des phénomènes affectant l'évolution du trait de côte	131
3.4 Bilan des actions de lutte contre l'érosion entreprises localement.....	137
3.5 Identification des limites de l'étude	141
3.6 Besoins de données complémentaires pour une meilleure compréhension des phénomènes	142
4 Caractérisation des aléas.....	143
4.1 Aléa érosion des surfaces meubles	143
4.2 Aléa instabilité de falaises côtières	146
4.3 Aléa submersion marine	148
4.3.1 Définition de la cote de submersion marine	149
4.3.2 Caractérisation de l'aléa submersion marine.....	150
5 Hiérarchisation des secteurs	152

5.1	Analyse des enjeux sur l'ensemble du littoral.....	152
5.1.1	Enjeux socio-économiques.....	153
5.1.1.1	Population et urbanisation.....	153
5.1.1.2	Activités industrielles, commerciales et agricoles.....	156
5.1.1.3	Activités touristiques.....	156
5.1.1.4	Equipements sportifs et de loisirs.....	160
5.1.1.5	Equipements sensibles.....	160
5.1.1.6	Principales infrastructures.....	160
5.1.1.7	Activités et usages sur le littoral et le milieu marin.....	162
	A- Plaisance.....	162
	B- Activités nautiques.....	164
	C- Baignade.....	165
	D- Plongée.....	165
	E- Exploitation de la ressource halieutique.....	165
5.1.2	Enjeux environnementaux et patrimoniaux.....	166
5.1.2.1	Habitats.....	170
5.1.2.2	Protection réglementaire.....	170
	A- Réserve naturelle.....	170
	B- Arrêtés de biotope.....	172
	C- Réserve biologique.....	172
	D- Parc National.....	173
5.1.2.3	Inventaire patrimonial.....	174
	A- Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux.....	174
	B- Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique terrestres et marines.....	175
	C- Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique géologiques.....	177
5.1.2.4	Projet d'Intérêt Général.....	178
5.1.2.5	Protection contractuelle.....	178
	A- Parc Naturel Régional.....	178
	B- Parc Naturel Régional Marin.....	179
	C- Zone Natura 2000.....	180
5.1.2.6	Engagement international.....	182
	A- Zones humides d'importance internationale découlant de la convention RAMSAR.....	182
	B- Réserve de Biosphère.....	183
5.1.2.7	Patrimoine naturel et historique.....	183
	A- Sites classés.....	183
	B- Monuments historiques.....	184
5.1.2.8	Zone de protection foncière.....	187
	A- Zones acquises par le Conseil Général.....	187
	B- Zones acquises par le Conservatoire du littoral.....	187
5.1.2.9	Unités de paysage.....	188
5.1.3	Synthèse des enjeux sociaux-économiques, environnementaux et patrimoniaux.....	189
5.2	Hierarchisation des enjeux sociaux-économiques, environnementaux et patrimoniaux.....	190
5.3	Caractérisation des risques.....	194
5.3.1	Risque érosion des surfaces meubles.....	195

5.3.2	Risque instabilité de falaises.....	197
5.3.3	Risque submersion marine.....	201
5.3.4	Conclusions	202

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 2-1 :	Types de morphologie et de matériaux du littoral des Bouches-du-Rhône	5
Figure 2-2 :	Exemples de zones meubles du littoral du delta du Rhône (zone homogène n°15)	6
Figure 2-3 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral du golfe de Fos (zone homogène n°16)	6
Figure 2-4 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de l'étang de Berre (zone homogène n°17)	7
Figure 2-5 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de la Côte Bleue (zone homogène n°18)	8
Figure 2-6 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de la rade de Marseille (zone homogène n°19)	9
Figure 2-7 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral du massif des Calanques (zone homogène n°20)	10
Figure 2-8 :	Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral des baies de Cassis et de La Ciotat (zone homogène n°21)	11
Figure 3-1 :	Délimitation des limites hautes et basses en zone meuble	15
Figure 3-2 :	Délimitation du trait de côte en zone rocheuse	15
Figure 3-3 :	Présence de végétation (ombres)	19
Figure 3-4 :	Qualité et altération des photographies aériennes	20
Figure 3-5 :	Calage des photographies aériennes : décalage entre 1927 et 2003 au niveau de la plage des Catalans sur la commune de Marseille	21
Figure 3-6 :	Calage des photographies aériennes : déformation liée à l'orthorectification	21
Figure 3-7 :	Angle de prise de vue	22

Figure 3-8 : Absence de contrastes marqués en côte rocheuse (en haut) ou en secteur aménagé (en bas)	23
Figure 3-9 : Conditions océano-météorologiques	24
Figure 3-10 : Aménagements du littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'embouchure du Petit Rhône à l'Est (Source : BRGM, 2004).....	32
Figure 3-11 : Aménagements du littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer (Source : BRGM, 2004).....	37
Figure 3-12 : Aménagements du littoral de la commune d'Arles (Source : SABATIER, 2001).....	39
Figure 3-13 : Évolution du trait de côte de la flèche de la Gracieuse entre 1977 et 2008 (traits de côte entre 1977 et 2003 à partir des photographies aériennes et en 2008 à partir des relevés GPS en limite terre-mer lors de la visite de terrain effectuée le 31 juillet 2008 (Sources : IGN, 1977, 1992, 1998 et 2003, SAFEGE, 2008).....	44
Figure 5-1 : Exemple de grille de définition du risque « dommages humains sur les accès au littoral » vis-à-vis de l'instabilité des falaises côtières (Source : BRGM, 2005)	198

TABLEAUX

Tableau 3-1 :	Caractéristiques des photographies aériennes	17
Tableau 3-2 :	Codification des zones meubles par zone homogène	27
Tableau 3-3 :	Surfaces des zones meubles à l'échelle du delta du Rhône.....	45
Tableau 3-4 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1977-2003 à l'échelle du delta du Rhône (pas de photographies aériennes disponibles en 1927 et 1935 - années 1942 et 1950 incomplètes)	46
Tableau 3-5 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1942-2003 à l'échelle des cellules hydrosédimentaires du delta du Rhône (année 1935 incomplète pour les cellules hydrosédimentaires n°15, n°16 et n°17, années 1942 et 1950 incomplètes pour la cellule hydrosédimentaire n°15).....	48
Tableau 3-6 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1950-2003 à l'échelle du golfe de Fos (années 1927, 1935 et 1942 incomplètes)	63
Tableau 3-7 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1977-2003 à l'échelle de l'étang de Berre (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942 - années 1927 et 1950 incomplètes).....	86
Tableau 3-8 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle de la Côte Bleue (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)	101
Tableau 3-9 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle de la rade de Marseille (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)	112
Tableau 3-10 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle du massif des Calanques (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)	118
Tableau 3-11 :	Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle des baies de Cassis et de La Ciotat	126
Tableau 3-12 :	Bilan de l'évolution des surfaces (en m ²) à l'échelle des zones homogènes avec en rouge les bilans négatifs sur la période étudiée et en vert les bilans positifs (- : les bilans des zones homogènes 15, 16 et 17ne sont pas calculés sur les périodes 1927-1950 et/ou 1950-1977 en raison de l'absence de certaines photographies ariennes sur le littoral en 1927, 1942 et 1950).....	134
Tableau 3-13 :	Surface globale des zones meubles en fonction de leur tendance évolutive (stabilité, accrétion ou érosion) à l'échelle de la zone homogène (rapport exprimé en % de la surface globale de la zone homogène en 2003)	136

Tableau 4-1 : Surfaces en zones meubles par classes d'aléa (en % de la surface globale en zones meubles en 2003)	145
Tableau 4-2 : Linéaire de côte rocheuse en fonction de l'aléa instabilité de falaises (en %)	147
Tableau 5-1 : Répartition et évolution de la population sur le littoral des Bouches-du-Rhône (Source : INSEE, 2009)	155
Tableau 5-2 : Capacité d'accueil touristique des communes du littoral des Bouches-du-Rhône (Sources : Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007a ; INSEE, 2009)	159
Tableau 5-3 : Ports et abris de la façade méditerranéenne des Bouches-du-Rhône (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)	163
Tableau 5-4 : Ports et abris de l'étang de Berre (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)	164
Tableau 5-5 : Sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade en 2007 (Source : DDASS 13, 2008)	165
Tableau 5-6 : Réserves naturelles de la zone d'étude (Source : DIREN)	171
Tableau 5-7 : Arrêtés de biotope de la zone d'étude (Source : DIREN)	172
Tableau 5-8 : Réserves biologique de la zone d'étude en cours d'instruction (Source : DIREN)	173
Tableau 5-9 : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux inventoriées sur la zone d'étude (Source : DIREN)	175
Tableau 5-10 : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique terrestres de la zone d'étude (Source : DIREN)	176
Tableau 5-11 : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique marines recensées sur la zone d'étude (Source : DIREN)	177
Tableau 5-12 : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique géologiques de la zone d'étude (Source : DIREN)	178
Tableau 5-13 : Projet d'Intérêt Général de la zone d'étude (Source : DIREN) ...	178
Tableau 5-14 : Parc Naturel Régional sur la zone d'étude (Source : DIREN)	179
Tableau 5-15 : Parc Naturel Régional Marin sur la zone d'étude (Source : Parc Marin de la Côte Bleue)	180
Tableau 5-16 : Zones recensées dans le cadre du réseau Natura 2000 sur la zone d'étude (Source : DIREN)	182

Tableau 5-17 : Zones humides d'importance internationale découlant de la convention RAMSAR sur la zone d'étude (Source : DIREN)	183
Tableau 5-18 : Réserve de biosphère recensée sur la zone d'étude (Source : DIREN)	183
Tableau 5-19 : Sites classés recensés sur la zone d'étude (Source : DIREN)	184
Tableau 5-20 : Monuments inscrits et classés au titre des monuments historiques sur la zone d'étude (Source : DRAC Provence-Alpes-Côte d'Azur)	186
Tableau 5-21 : Zones acquises par le Conservatoire du littoral (Source : Conservatoire du littoral & Muséum national d'Histoire naturelle, 2007)	188
Tableau 5-22 : Caractérisation des enjeux socio-économiques et patrimoniaux/environnementaux	190
Tableau 5-23 : Descripteurs et valeurs des enjeux sociaux-économiques sur le littoral des Bouches-du-Rhône	191
Tableau 5-24 : Descripteurs et valeurs des enjeux environnementaux et patrimoniaux sur le littoral des Bouches-du-Rhône	192
Tableau 5-25 : Grille de définition du risque vis-à-vis de l'érosion des zones meubles	195
Tableau 5-26 : Surfaces en zones meubles par classes de risque vis-à-vis de l'érosion marine (en % de la surface globale en zones meubles en 2003)	196
Tableau 5-27 : Linéaire de côte rocheuse par classes de risque vis-à-vis l'instabilité des falaises (en %)	200
Tableau 5-28 : Grille de définition du risque vis-à-vis de la submersion marine	201

TABLE DES CARTES – ATLAS CARTOGRAPHIQUE

Carte 1 : Disponibilité de l'information en 1927 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1927

Carte 2 : Disponibilité de l'information en 1935 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1935

Carte 3 : Disponibilité de l'information en 1942 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1942

Carte 4 : Disponibilité de l'information en 1950 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1950

Carte 5 : Disponibilité de l'information en 1977 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1977

Carte 6 : Disponibilité de l'information en 1992 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1992

Carte 7 : Disponibilité de l'information en 1998 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 1998

Carte 8 : Disponibilité de l'information en 2003 - Délimitation des surfaces meubles et côtes rocheuses sur le littoral des Bouches-du-Rhône pour l'année 2003

Carte 9 : Localisation - 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

Carte 10 : Définition des surfaces meubles - 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

Carte 11 : Planche photographique des surfaces meubles - 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

Carte 12 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 - 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

Carte 13 : Localisation - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 14 : Définition des surfaces meubles - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 15 : Planche photographique des surfaces meubles - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 16 : Planche photographique des côtes rocheuses - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 17 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 18 : Localisation - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 19 : Définition des surfaces meubles - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 20 : Planche photographique des surfaces meubles - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 21 : Planche photographique des côtes rocheuses - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 22 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 23 : Localisation - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

Carte 24 : Définition des surfaces meubles - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

Carte 25 : Planche photographique des surfaces meubles - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

Carte 26 : Planche photographique des côtes rocheuses - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

Carte 27 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

- Carte 28 : Localisation - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 29 : Définition des surfaces meubles - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 30 : Planche photographique des surfaces meubles - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 31 : Planche photographique des côtes rocheuses - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 32 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 33 : Localisation - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao
- Carte 34 : Définition des surfaces meubles - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao
- Carte 35 : Planche photographique des surfaces meubles - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao
- Carte 36 : Planche photographique des côtes rocheuses - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao
- Carte 37 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacao
- Carte 38 : Localisation - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon
- Carte 39 : Définition des surfaces meubles - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon
- Carte 40 : Planche photographique des surfaces meubles - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon
- Carte 41 : Planche photographique des côtes rocheuses - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon
- Carte 42 : Tendances évolutives des zones meubles évaluées sur la période 1977-2003 ou 1992-2003 et côtes rocheuses en érosion - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacao à la pointe de l'Eperon

- Carte 43 : Aléas érosion marine - 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
- Carte 44 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne
- Carte 45 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre
- Carte 46 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove
- Carte 47 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette
- Carte 48 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacaou
- Carte 49 : Aléas érosion marine et instabilité de falaises côtières - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacaou à la pointe de l'Eperon
- Carte 50 : Zones potentiellement inondées (avec une cote de submersion marine de 1,5 m NGF)
- Carte 51 : Aléa submersion marine (avec une cote de submersion marine de 1,5 m NGF)
- Carte 52 : Répartition de la population et de l'urbanisation
- Carte 53 : Enjeux socio-économiques
- Carte 54 : Enjeux environnementaux – Protection réglementaire
- Carte 55 : Enjeux environnementaux– Inventaire patrimonial et dispositif de protection transitoire
- Carte 56 : Enjeux environnementaux – Protection contractuelle
- Carte 57 : Enjeux environnementaux– Engagement international
- Carte 58 : Enjeux environnementaux– sites classés, patrimoine naturel et historique et zones de protection foncière
- Carte 59 : Enjeux environnementaux– Unités paysagères du pré-inventaire
- Carte 60 : Hiérarchisation des enjeux socio-économiques
- Carte 61 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux et patrimoniaux

Carte 62 : Hiérarchisation des enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux

Carte 63 : Risque vis-à-vis de l'érosion marine - 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

Carte 64 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - Le golfe de Fos - Zone homogène n°16 : de l'embouchure du Grand Rhône au cap Couronne

Carte 65 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - L'étang de Berre - Zone homogène n°17 : l'étang de Berre

Carte 66 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - La Côte Bleue - Zone homogène n°18 : du cap Couronne au tunnel du Rove

Carte 67 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - La rade de Marseille - Zone homogène n°19 : du tunnel du Rove au cap Croisette

Carte 68 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - Le massif des Calanques - Zone homogène n°20 : du cap Croisette à la pointe Cacau

Carte 69 : Risques vis-à-vis de l'érosion marine et de l'instabilité des falaises - Les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 : de la pointe Cacau à la pointe de l'Eperon

Carte 70 : Risque submersion marine (avec une cote de submersion marine de 1,5 m NGF)

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 Bibliographie

Annexe 2 Glossaire

Annexe 3 Caractérisation du littoral – Fiche de visite de terrain

Annexe 4 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°15 – Le delta du Rhône

Annexe 5 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°16 – Le golfe de Fos

Annexe 6 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°17 – L'étang de Berre

Annexe 7 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°18 – La Côte Bleue

Annexe 8 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°19 – La rade de Marseille

Annexe 9 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°20 – Le massif des Calanques

Annexe 10 Surfaces des zones meubles – Zone homogène n°21 – Les baies de Cassis et de la Ciotat

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 et Corse, dans le cadre de leurs politiques 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, dans un premier temps, de caractériser et d'appréhender l'évolution du trait de côte et, dans un deuxième temps, de hiérarchiser les secteurs littoraux en fonction du niveau de risque vis-à-vis des phénomènes d'érosion et de submersion marine ;
- ◆ 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.

Les informations recueillies dans le cadre de cette étude (synthèse des données existantes, entretien avec les communes, visites de terrain) ainsi que les résultats de l'étude de l'évolution du trait de côte et de la hiérarchisation des secteurs littoraux vis-à-vis des phénomènes d'érosion des surfaces meubles, d'instabilités des côtes rocheuses et de submersion marine seront directement intégrés dans un Système d'Information Géographique (SIG) au format MapInfo. Cet outil permettra au Conseil Général, ainsi qu'aux gestionnaires des espaces littoraux, d'avoir à disposition les éléments nécessaires pour mener à bien une politique globale de gestion du littoral et servira de base au réseau de suivi de l'évolution du trait de côte.

Le présent rapport, correspondant à la Phase 2, a pour objet :

- ◆ de **caractériser la morphologie du littoral** à partir des données existantes et de celles recueillies au cours de 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 1927 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 de **définir les enjeux** socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux sur les secteurs littoraux concernés ;
- ◆ 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.

2

Caractérisation du littoral

Des visites de terrain ont été réalisées sur l'ensemble du littoral du département des Bouches-du-Rhône en avril-juillet 2008. Ces observations ont permis de compléter les données recueillies dans le cadre de la Phase 1 (étude bibliographique et entretiens) et de mieux appréhender le littoral du département, notamment :

- ◆ la morphologie du littoral : côte rocheuse, falaise, plage de sable, plage de galets, etc. (Figure 2-1) ;
- ◆ les caractéristiques locales hydrosédimentaires et hydrodynamiques : pente et dimension de la plage, granulométrie et répartition des sédiments, nature dominante du matériel (Figure 2-1), signes visuels de la dynamique sédimentaire, etc. ;
- ◆ les aménagements physiques ayant une emprise à terre ou en mer (digues portuaires, épis, brise-lames, ouvrages longitudinaux, terre-pleins, exutoires, enrochements) : localisation, type d'aménagement, dimensions, emprise en mer, état, signes visuels d'impact sur la dynamique sédimentaire, etc. ;
- ◆ la localisation de sources d'apports sédimentaires ;
- ◆ la présence d'activités économiques et touristiques en bordure de plage (activités nautiques, baignade, restauration, commerce, camping, etc.) ;
- ◆ la valeur paysagère du site.

Des fiches synthétiques ont été remplies pour chaque site visité (Annexe 3). Les données récupérées lors de ces visites de terrain seront directement intégrées dans le SIG fourni en fin de Phase 3.

Un reportage photographique de l'ensemble des caractéristiques du littoral (allure générale de la plage ou de la côte rocheuse, signes de dynamique sédimentaire ou d'effondrement, nature des matériaux) et des aménagements littoraux a été réalisé dans le cadre de ces visites de terrain. Des photographies caractéristiques sont présentées dans l'atlas cartographique pour chaque zone homogène.



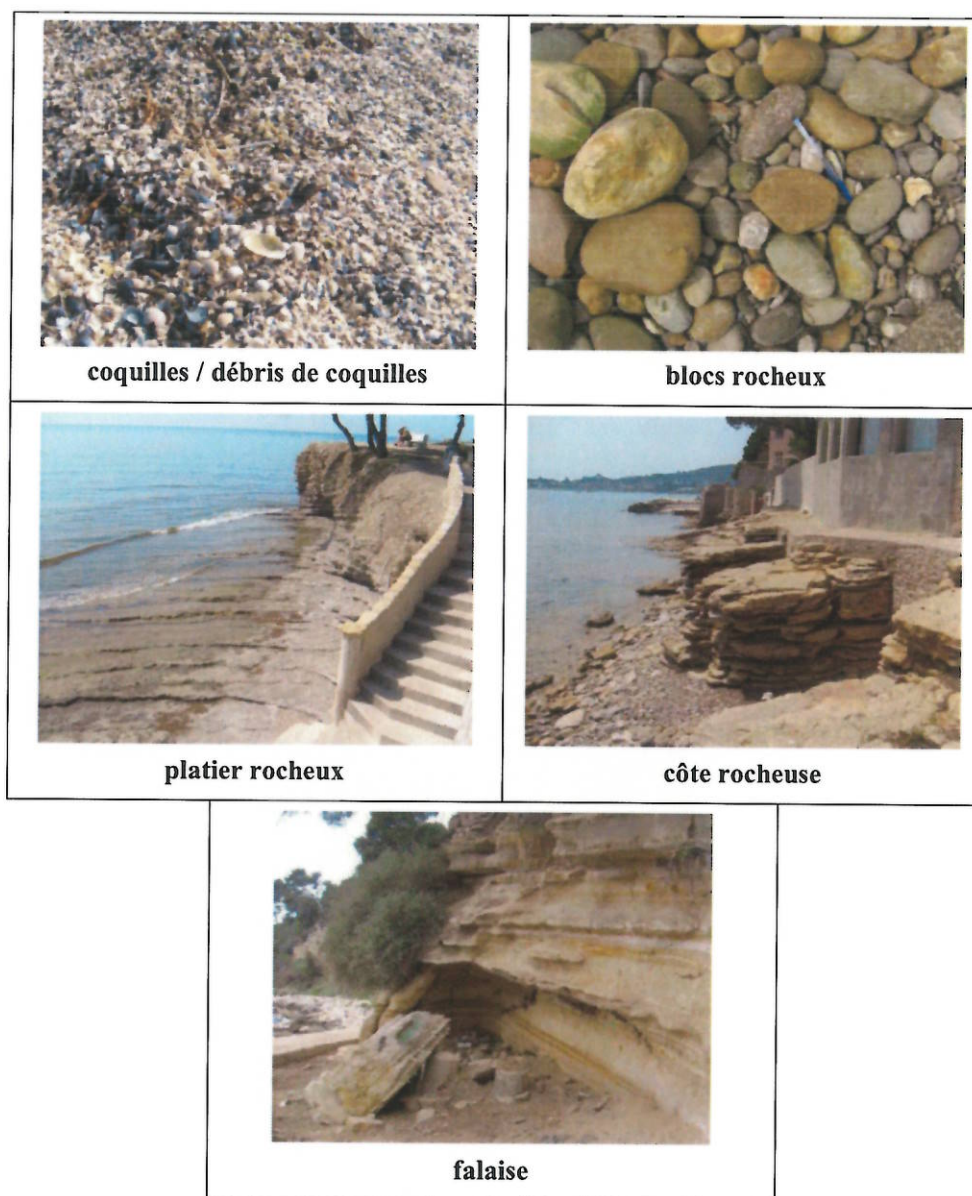


Figure 2-1 : Types de morphologie et de matériaux du littoral des Bouches-du-Rhône

Le littoral du département des Bouches-du-Rhône est relativement diversifié, avec des côtes rocheuses, des plages naturelles ou formées artificiellement, des zones meubles en fond d'anse rocheuse ou en pied de falaise, des plages de sable, de graviers, de galets, de blocs rocheux ou de débris de coquilles, des secteurs artificialisés ou des zones humides en arrière-littoral.

Les principales caractéristiques du littoral issues de ces reconnaissances de terrain sont, par zone homogène, les suivantes :

- ♦ le **delta du Rhône** (zone homogène n°15), à l'origine caractérisé par des plages de sable fin étendues, présente désormais un littoral artificialisé par la présence de nombreux aménagements (épaves, brise-lames ou digues frontales en haut de plage ; Figure 2-2) ;



Figure 2-2 : Exemples de zones meubles du littoral du delta du Rhône (zone homogène n°15)

- ♦ le littoral du **golfe de Fos** (zone homogène n°16) est marqué par la présence de (Figure 2-3) :
 - zones marécageuses, avec des plages de sable et de vases,
 - zones meubles le long du complexe industrialo-portuaire du Grand Port Maritime de Marseille,
 - plages de sable, de galets ou de graviers étendues,
 - plages aménagées dans les secteurs urbanisés,
 - plages en fond d'anse,
 - côtes rocheuses le long de la façade orientale ;



Figure 2-3 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral du golfe de Fos (zone homogène n°16)

- ♦ **l'étang de Berre** (zone homogène n°17) se caractérise par la présence (Figure 2-4) :
 - de zones humides en arrière-littoral,
 - de zones de falaise sur la côte occidentale,
 - de secteurs meubles recouverts de coquilles et de débris de coquilles,
 - du cordon dunaire du Jaï, zone sableuse étendue dont le trait de côte est marqué par la présence de nombreux épis ou enrochements en haut de plage ;



Figure 2-4 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de l'étang de Berre (zone homogène n°17)

- ♦ la **Côte Bleue** (zone homogène n°18) se caractérise par une alternance de (Figure 2-5) :
 - zones de falaise marquées par de nombreux éboulements,
 - plages naturelles mais de taille réduite en fond de calanque ou dans des secteurs d'effondrement,
 - plages aménagées en littoral urbanisé ;



Figure 2-5 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de la Côte Bleue (zone homogène n°18)

- ◆ le littoral de la **rade de Marseille** (zone homogène n°19) est marqué par une alternance de (Figure 2-6) :
 - petites plages de poche en pied de côte rocheuse plus ou moins aménagées en haut de plage (cabanons ou restaurants, par exemple),
 - plages formées, plus ou moins naturellement, à l'abri de digues ou brise-lames avec de nombreux aménagements en haut de plage ;



Figure 2-6 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral de la rade de Marseille (zone homogène n°19)

- ♦ le **massif des Calanques** (zone homogène n°20) se caractérise par des falaises et escarpements dotés d'échancrures, de caps, d'anses et de calanques au fond desquelles se trouvent, en pied de côte rocheuse, de petites plages naturelles ou aménagées (présence d'abris portuaires, de cales de mise à l'eau ou d'habitations ; Figure 2-7) ;



Figure 2-7 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral du massif des Calanques (zone homogène n°20)

- ♦ les **baies de Cassis et de La Ciotat** (zone homogène n°21) sont caractérisées par la présence de (Figure 2-8) :
 - zones de falaises friables et marquées par des signes ponctuels d'effondrement avec formation de nombreuses plages d'effondrement de falaises,
 - zones de plage naturelles (plage de sable avec des matériaux grossiers issus de l'effondrement des falaises ou plage de galets),
 - zones meubles (sable fin et galets) artificialisées le long du littoral urbanisé.



Figure 2-8 : Exemples de zones meubles et de côtes rocheuses du littoral des baies de Cassis et de La Ciotat (zone homogène n°21)

Cette campagne de terrain a apporté les éléments nécessaires à une meilleure appréhension du fonctionnement sédimentaire des zones meubles dans le cadre de l'étude de l'évolution du trait de côte, présentée ultérieurement dans ce rapport.

Les visites de terrain ont également permis de vérifier et, au besoin, de modifier le trait de côte (côte meuble et côte rocheuse) digitalisé à partir des photographies aériennes :

- ♦ suppression de zones considérées au préalable comme des côtes meubles, notamment pour des côtes rocheuses ou des zones de cale de mise à l'eau en milieu portuaire (en effet, les cales de mise à l'eau bétonnées sont difficilement différenciables d'une petite plage de sable en raison de l'absence de contrastes, principalement pour les clichés en noir et blanc) ;
- ♦ définition plus précise des contours des zones meubles, notamment pour les plages de poche encaissées dans des zones rocheuses ou pour les zones aménagées (prise en compte de l'existence de cales de mise à l'eau, de surfaces bétonnées, de constructions, etc., peu visibles dans les clichés) ;
- ♦ prise en compte et digitalisation de zones meubles observées sur le terrain et peu discernables sur les photographies aériennes.

3

Évolution du littoral de 1927 à 2003

L'analyse de l'évolution du littoral du département des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, a été effectuée à partir de la comparaison de photographies aériennes du littoral des Bouches-du-Rhône sur plusieurs campagnes (1927, 1935, 1942, 1950, 1977, 1992, 1998 et 2003).

Cette analyse diachronique a pour objet de localiser précisément les zones en érosion et en accrétion, de quantifier ces modifications et de déterminer quantitativement les évolutions des surfaces pour chacune des zones meubles recensées sur le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre.

3.1 Définition du trait de côte

Pour les côtes meubles, il existe de nombreuses définitions du trait de côte plus ou moins nuancées ou complexes suivant la nature et les besoins des études dans lesquelles elles ont été utilisées (In VIVO, 2004) :

- ♦ **limite terre / mer à un instant donné** (GRENIER & DUBOIS, 1991 ; DURAND, 1998 et 1999 ; *in* In VIVO, 2004) : en Méditerranée, compte tenu du faible marnage (inférieur à 40 cm), le trait de côte peut être considéré comme la ligne de contact entre la mer et la terre (Agence de l'Eau & Université Aix-Marseille, 2001). Ce trait de côte correspond à la frontière entre l'espace terrestre et le domaine marin, y compris le rivage, couvert et découvert par les eaux marines (GRESARC, 2002). Il est matérialisé en général par l'extension maximale du couvert végétal dense (contraste des teintes observées dans les prises de vue entre la dune végétalisée et la plage). Cette limite correspond au sommet des micro-falaises de dune quand celles-ci sont en érosion ou au pied des dunes côtières quand le trait de côte est stable ou progresse vers la mer ;
- ♦ **limite estran / eau** (BRGM, 1997 ; *in* In VIVO, 2004) : cette limite est toutefois soumise aux fluctuations du plan d'eau liées aux phénomènes de marée, de vent et de pression atmosphérique lors de la prise de vue. Le faible marnage en Méditerranée et la configuration de l'estran permettent de négliger la largeur de l'estran soumise à ces fluctuations ;

- ♦ **limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines**, c'est-à-dire l'extrémité du jet de rive lors des fortes tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives eaux (PINOT ; Base VOCA ; *in* In VIVO, 2004). Ce trait de côte, caractérisé par une discontinuité dans la topographie ou la couverture végétale, n'est pas toujours visible sur les photographies aériennes, notamment lors des années calmes (accumulation de sédiments et nouvelle végétation). Ce trait de côte permanent se distingue du trait de côte instantané (ligne qui marque la limite à laquelle, en un instant donné, s'arrêtent les eaux marines supposées calmes). Le trait de côte instantané varie d'un instant à l'autre, se déplaçant vers le haut de l'estran à marée montante ou vers le bas de l'estran à marée descendante ;
- ♦ **niveau maximal hivernal** (IFREMER et SHOM, 2000), c'est-à-dire soit la limite des plus hautes mers astronomiques, soit la limite des niveaux extrêmes de pleine mer à une période de retour de dix ans ;
- ♦ **limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental** (Plans de Prévention des Risques Littoraux, 1997). Cette limite est proche de celle des plus hautes eaux exceptionnelles, mais pas nécessairement superposée. Sur les côtes sableuses, le trait de côte peut être matérialisé par l'extension de la végétation qui en est un bon indicateur dans le cas d'une dune en accrétion. Pour des dunes en érosion, taillées en microfalaises, il correspond à la corniche dunaire. Selon la pente du talus, la limite des plus hautes eaux est plus ou moins éloignée du trait de côte.

Sur les côtes à falaise, le guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux préconise de retenir comme trait de côte la corniche de la falaise. « Cependant, sur les versants littoraux urbanisés, le pied de versant peut apparaître comme le véritable trait de côte » (PPRL, 1997).

Dans le cadre de la présente étude, les limites retenues pour la digitalisation du trait de côte sont définies comme suit :

- ♦ **côte meuble** (plages de sable, graviers ou galets) : afin de localiser les zones en érosion et en accrétion et d'évaluer l'importance des phénomènes d'érosion et d'accrétion, les zones meubles sont définies par deux limites (Figure 3-1) :
 - la limite haute : interface entre la plage et le haut de plage naturel ou artificiel (pied de dune, ouvrage longitudinal de protection, mur de soutènement, bâti, etc.),
 - la limite basse : interface estran-eau (partie mouillée par le jet de rive - partie sèche) qui se caractérise par une différence de couleur (zones claires et foncées) sur les photographies aériennes.

La digitalisation de ces limites peut être délicate en raison de la qualité des clichés qui ne permet pas toujours de distinguer clairement la frontière entre la zone de plage et le cordon dunaire végétalisé (notamment lorsque les clichés ne sont pas pris à la même saison) ou la côte rocheuse. Cette tâche

est d'autant plus difficile à partir des photographies aériennes en noir et blanc.

Ces deux limites sont ensuite régulièrement raccordées pour former des polygones fermés. L'intérêt des polygones est de pouvoir localiser et de d'estimer les variations de surface (surfaces gagnées ou perdues) entre deux périodes successives ;

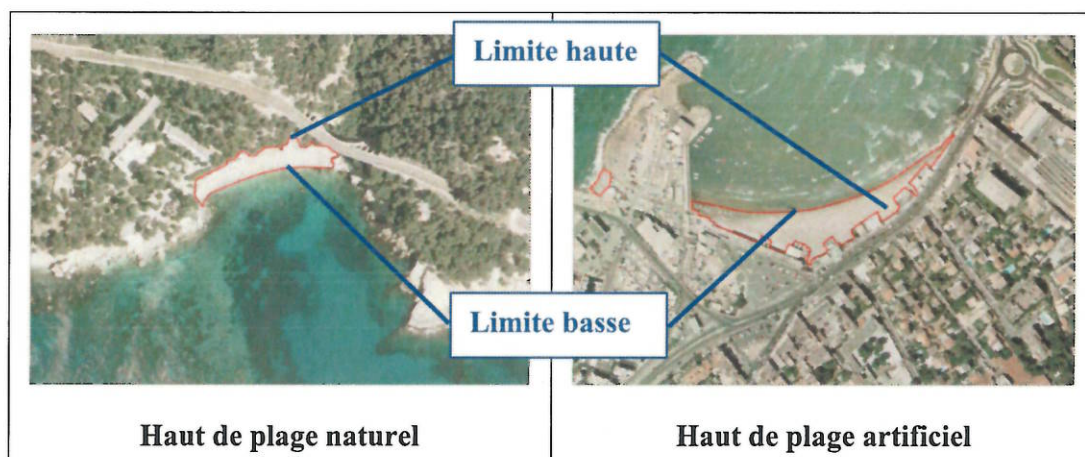


Figure 3-1 : Délimitation des limites hautes et basses en zone meuble

- ♦ **côte rocheuse** : interface entre la partie émergée en permanence et la ceinture sombre supérieure des micro-organismes fixés sur la roche (In-VIVO, 2004 ; Figure 3-2).

La délimitation du trait de côte en zone rocheuse est rendue délicate par la difficulté de localisation de la corniche sur les photographies aériennes, la qualité des clichés et la présence de couverture végétale ou d'ombres.

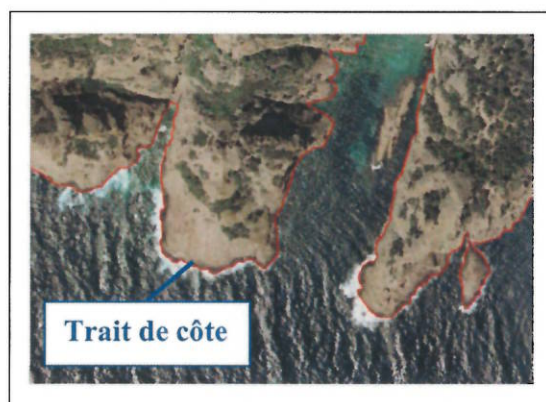


Figure 3-2 : Délimitation du trait de côte en zone rocheuse

3.2 Méthodologie

L'analyse de l'évolution du littoral du département des Bouches-du-Rhône a été effectuée à partir des photographies aériennes des années 1927, 1935, 1942, 1950, 1977, 1992, 1998 et 2003.

3.2.1 Caractéristiques des photographies aériennes

La disponibilité des photographies aériennes pour chacune des années étudiées (1927, 1935, 1942, 1950, 1977, 1992, 1998 et 2003) est présentée dans les Carte 1 à Carte 8, ainsi que les surfaces meubles et le trait de côte en zone rocheuse digitalisés à partir de ces clichés.

Les photographies aériennes des années 1998 et 2003 ont été fournies, sous version numérisée et orthorectifiée, par le Conseil Général des Bouches-du-Rhône (Tableau 3-1 ; Carte 7 & Carte 8). Celles des années 1927, 1935 et 1942 ont été mises à disposition, sous version numérisée à partir de tirage papier issus de négatifs, par le Conseil Régional PACA (Tableau 3-1). Ces dernières missions ne couvrent pas l'ensemble du littoral du département (Carte 1, Carte 2 & Carte 3).

Le groupement SAFEGE-SECOTRAP s'est chargé d'acquérir les photographies aériennes disponibles sur le littoral du département pour les années 1950, 1977 et 1992 auprès de l'Institut Géographique National (Tableau 3-1). Ces prises de vue ne sont disponibles qu'au format papier noir et blanc et ne couvrent pas nécessairement l'ensemble de la zone d'étude (Carte 4, Carte 5 & Carte 6). Certaines photographies provenaient de négatifs et d'autres de plaques de verre.

Tableau 3-1 : Caractéristiques des photographies aériennes

Année	Dates des prises de vue	Type de mission	Format des photographies	Echelle de la prise de vue	Nombre de clichés	Couverture spatiale de la photographie aérienne
1927	1927	IFREMER	Version numérisée	-	202	De Port-de-Bouc à La Ciotat
1935	1933-35, 1936 et 1937	IFREMER	Version numérisée	1/10 000 ^{ème}	165	Année 1937 : partie Ouest de la Camargue 1936 : flèche de la Gracieuse 1933-35 : étang de Berre
1942	1942	IFREMER	Version numérisée	-	79	De la Camargue à Fos-sur-Mer
1950	1947, 1950 et 1953	IGN	Planche contact papier en noir et blanc (13x18 cm ou 19x19 cm)	1/25 000 ^{ème}	79	Année 1950 : de Martigues à La Ciotat Année 1947 : golfe de Fos et partie Ouest de l'étang de Berre Année 1953 : Camargue
1977	1977	IGN	Planche contact papier en noir et blanc (24x24 cm)	1/20 000 ^{ème}	74	Ensemble du littoral
1992	1992	IGN	Planche contact papier en noir et blanc (24x24 cm)	1/20 000 ^{ème}	74	Ensemble du littoral
1998	1998	IGN	BD ORTHO®	50 cm de résolution	-	Ensemble du littoral
2003	2003	IGN	BD ORTHO®	50 cm de résolution	-	Ensemble du littoral

3.2.2 Traitement des photos aériennes

Afin de pouvoir comparer l'évolution du littoral, les photographies aériennes ont été géoréférencées suivant le référentiel de la BD ORTHO® 2003 en Lambert II carto.

Les photographies aériennes des années 1927, 1935, 1942, 1998 et 2003, mises à disposition par le Conseil Régional PACA et Conseil Général des Bouches-du-Rhône, ont été fournies sous version numérisée et déjà géoréférencées en Lambert II carto.

Les clichés de 1950, 1977 et 1992, récupérés auprès des services de l'IGN sous format papier compte tenu de leur ancienneté, ont, dans un premier temps, été scannés en 1800 dpi. Ils ont ensuite été géoréférencés après redressement à partir de points d'amers disponibles sous Microstation (environ 100 à 200 points par image) en considérant comme référentiel la BD ORTHO® 2003 (résolution de 0,5 m). Des tuiles ont ensuite été générées pour créer un mosaïquage. Cette dernière phase permet d'assembler plusieurs images géoréférencées pour obtenir un plan unique.

3.2.3 Digitalisation du trait de côte

Le tracé des polygones pour les zones meubles ou des polygones pour les secteurs rocheux a été entrepris à partir du logiciel SIG MAPINFO. Le travail de digitalisation a été réalisé à différentes échelles : au 1/2 000^{ème} sur la zone de la Camargue et au 1/1 000^{ème} sur le reste du littoral.

3.2.3.1 Limites de la méthode

Le tracé du trait de côte en zones meubles ou rocheuses n'a pas toujours été aisé à déterminer et ceci en raison :

- ♦ des **variations saisonnières** et de la présence de **végétation** : celles-ci constituent une évolution normale du trait de côte à l'échelle de l'année. Elles s'appliquent à la végétation qui, en été, peut prendre une couleur jaunâtre se confondant avec le sable et qui pourrait modifier le trait de côte en partie haute de la plage. Des lagunes peuvent s'assécher en été, augmentant la partie haute de la plage. Les arbres peuvent également former une barrière végétale ou des ombres portées, induisant des variations surfaciques, voire l'impossibilité de digitaliser certaines zones meubles (Figure 3-3) ;

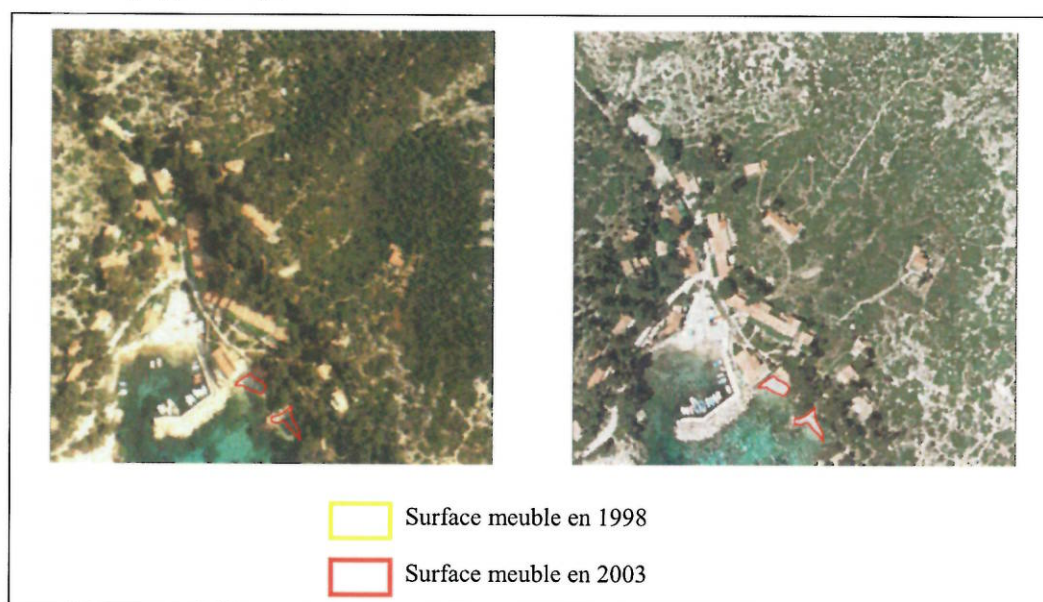


Figure 3-3 : Présence de végétation (ombres)

- ♦ de la **qualité de la photographie aérienne** : la qualité des clichés numérisés dépend de la qualité des originaux. Certains clichés ont été altérés par le temps (taches, rayures...) et d'autres ont été annotés (Figure 3-4). Enfin certains, en noir et blanc, présentent des différences de couleur (atténuation des contrastes) rendant difficile la délimitation du trait de côte en limite haute en Camargue, notamment. Ainsi les photos issues de plaques de verre sont parfois de qualité médiocre. Par endroit, la numérisation n'a pu se faire qu'au 1/2 000^{ème} ;

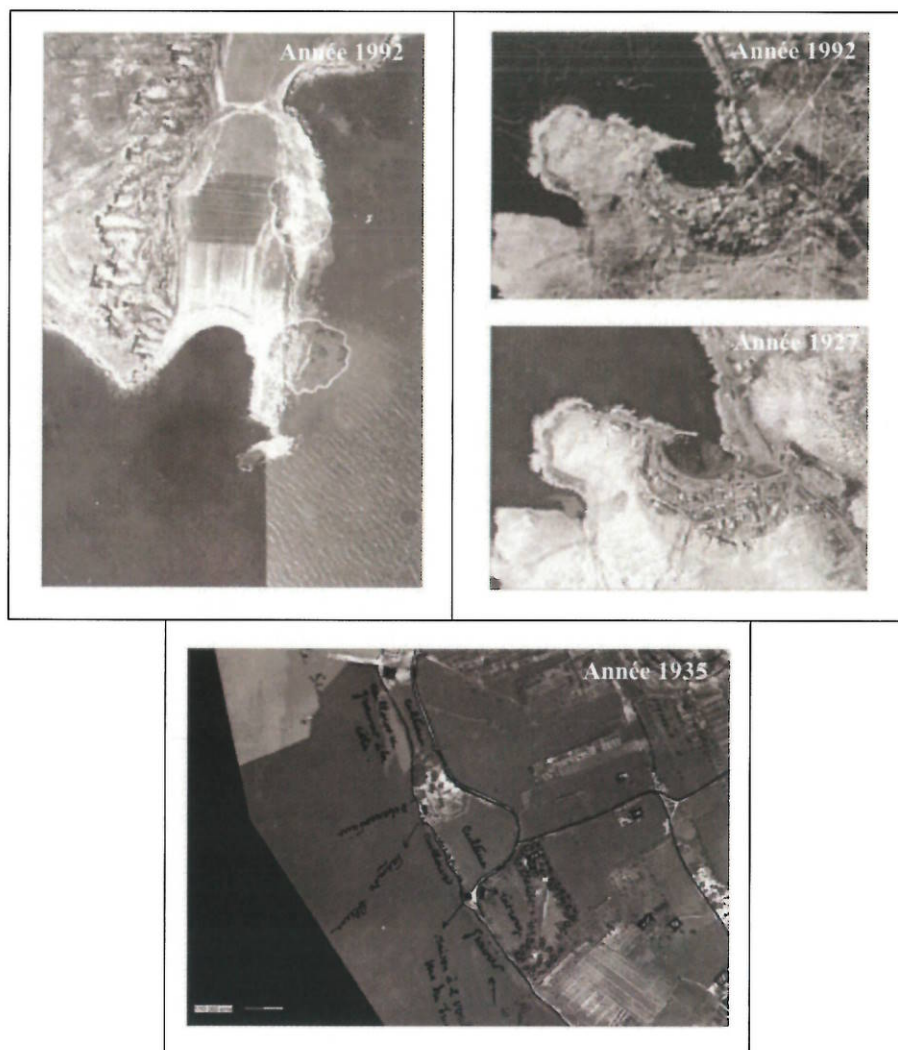


Figure 3-4 : Qualité et altération des photographies aériennes

- ♦ des problèmes liés au **calage** ou à l'**orthorectification** : à certains endroits, il existe des différences liées au calage des photographies aériennes. Par exemple, au niveau de la plage des Catalans, sur la commune de Marseille, un décalage de 5 m vers le Nord est relevé entre 1927 et 2003 (Figure 3-5). Sur la BD ORTHO® 2003, certaines parties de falaise se situant en limite littorale ont été totalement déformées (Figure 3-6). Il est important de préciser qu'il n'a pas été fait d'orthorectification pour les photographies aériennes de 1950, 1977 et 1992 mais uniquement un redressement puisque l'orthorectification requiert de nombreuses informations qu'il est souvent difficile d'obtenir (géométrie, position et orientation de la prise de vue).

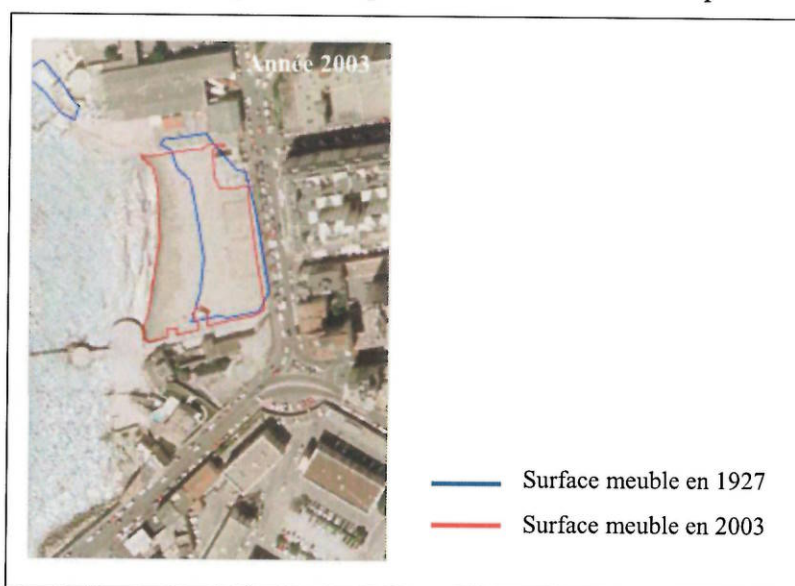


Figure 3-5 : Calage des photographies aériennes : décalage entre 1927 et 2003 au niveau de la plage des Catalans sur la commune de Marseille

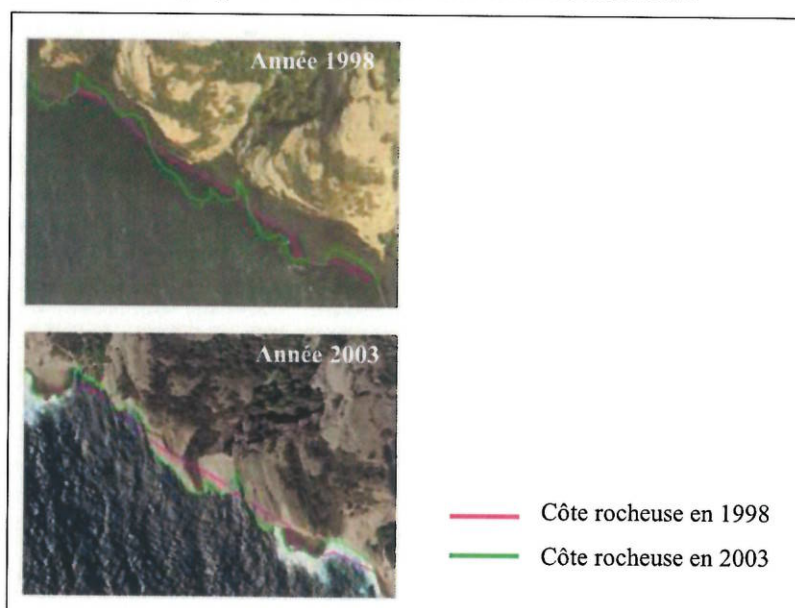


Figure 3-6 : Calage des photographies aériennes : déformation liée à l'orthorectification

- ♦ de l'**angle de prise de vue** des clichés, qui peut favoriser les erreurs de digitalisation du trait de côte, notamment pour les zones caractérisées par un relief important ou en présence de pont. Par exemple, la plage de poche de la commune du Rove, observée en 1998 sous le chemin de fer, n'est plus visible en 2003 en raison de l'angle de prise de vue (Figure 3-7) ;

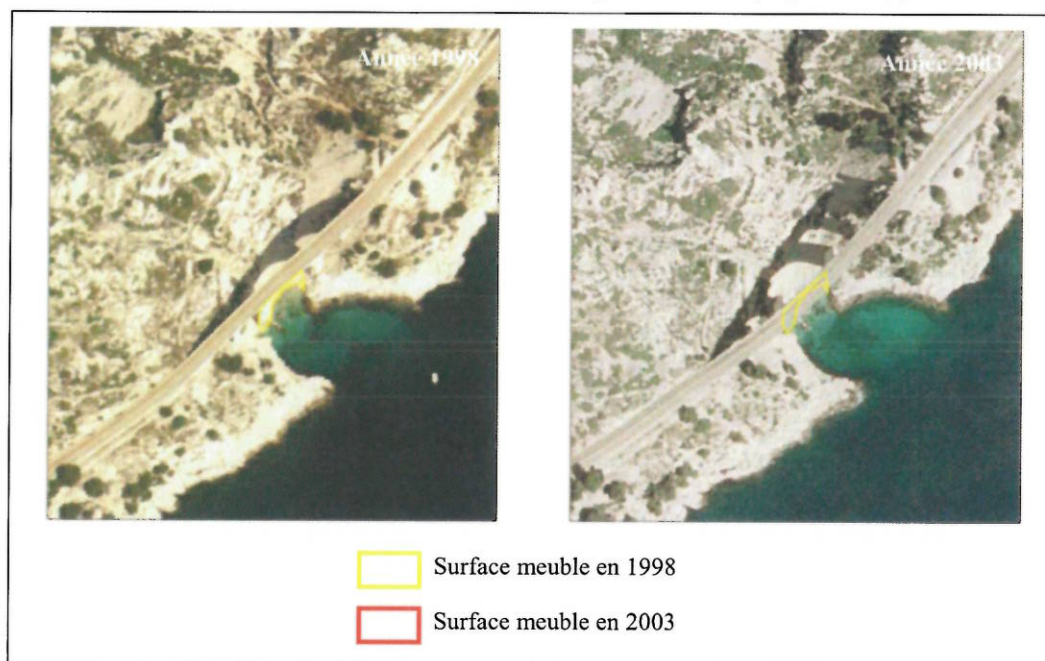
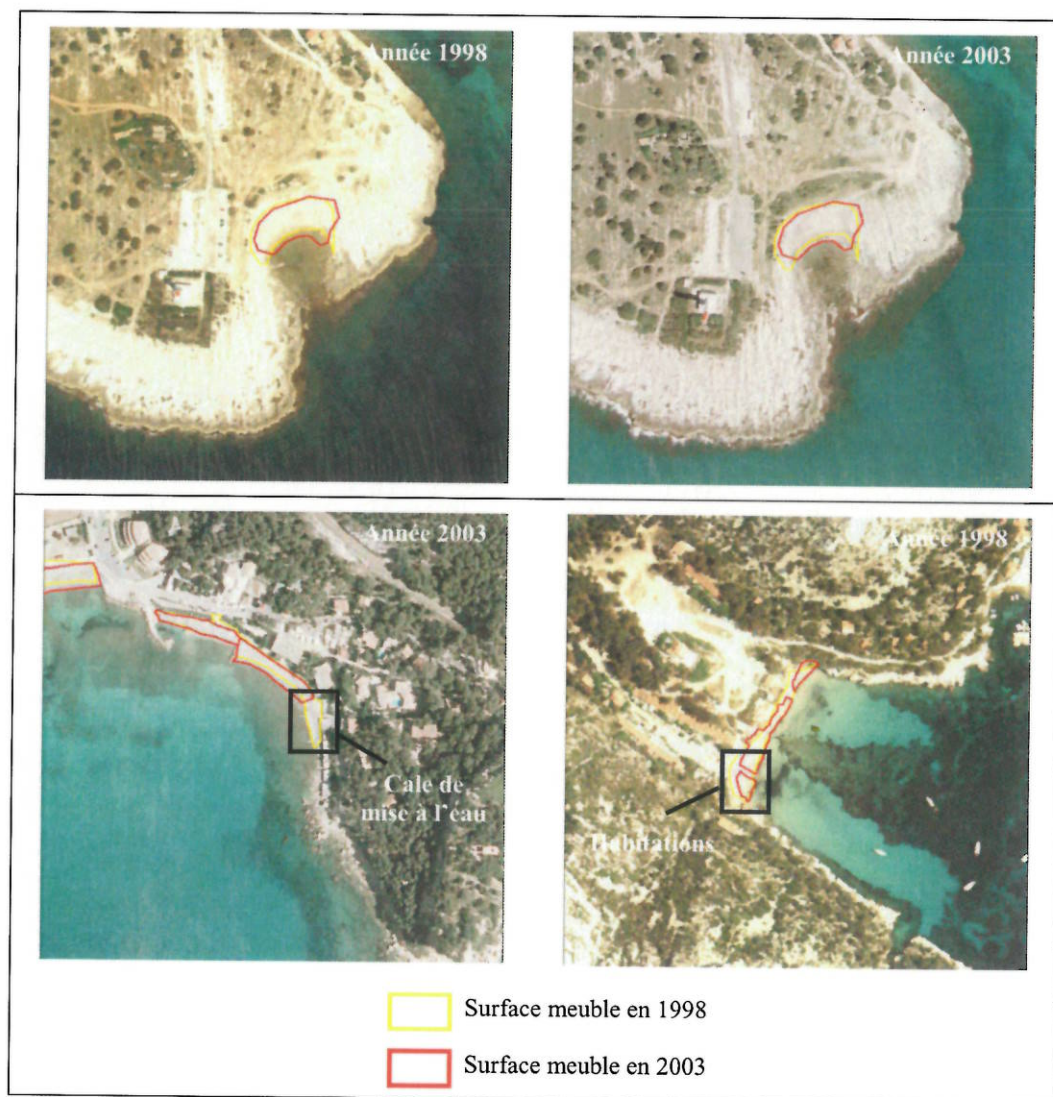


Figure 3-7 : Angle de prise de vue

- ♦ de l'absence de contrastes marqués sur les secteurs à dominante rocheuse ou aménagés, rendant difficile la distinction entre les zones meubles et les côtes rocheuses, notamment pour les plages de poche ou entre les surfaces meubles et les aménagements localisés directement sur les plages, tels que les cales de mise à l'eau, les surfaces bétonnées, les habitations ou les enrochements (Figure 3-8). Ces erreurs de digitalisation ont pu être minimisées grâce aux informations apportées par les visites de terrain qui ont permis de définir de manière plus précise les contours des zones meubles ;



- ♦ des **conditions océano-météorologiques** (vent, houle) : les variations du trait de côte liées aux conditions d'agitation au moment de la prise de vue ne sont pas négligeables. En partie basse, les vents et/ou certaines tempêtes, peuvent réduire ou agrandir les plages de quelques mètres. Par exemple, en 1998, il est difficile de déterminer la présence de plages sur une partie du cordon du Jaï (Figure 3-9, à droite), alors qu'elles sont visibles en 1992 et 2003 ou d'une zone meuble au niveau de la côte rocheuse au Sud de la rade de Marseille (Figure 3-9, à gauche), celle-ci étant toutefois observée en 1998 et lors de la visite de terrain en 2008.

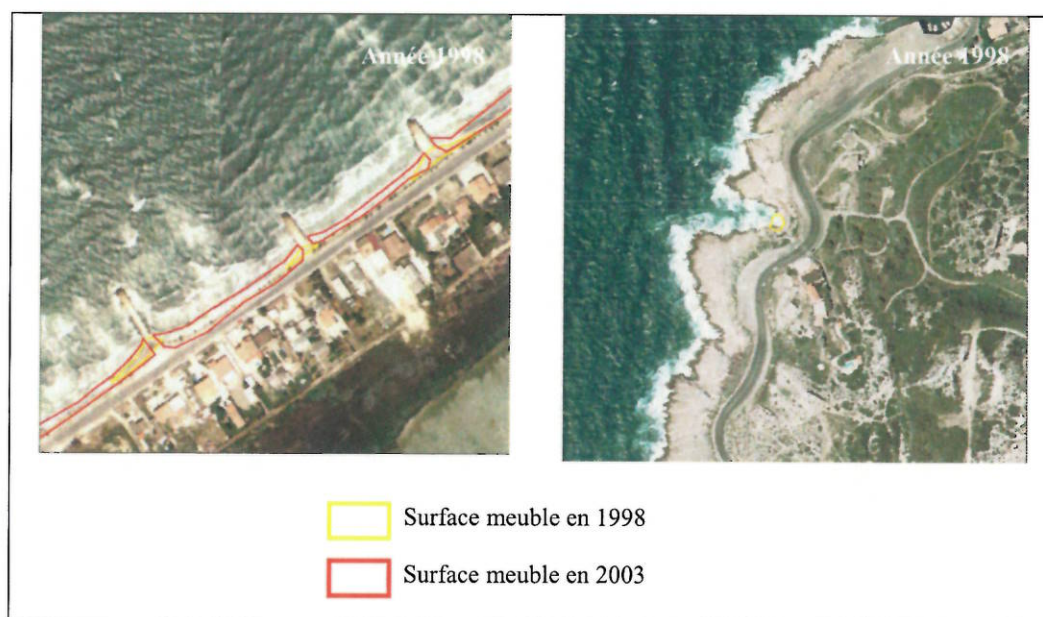


Figure 3-9 : Conditions océano-météorologiques

3.2.3.2 Estimation de l'erreur

Face à ces nombreuses difficultés, inhérentes à la méthode et à la qualité des photographies aériennes, il est possible de définir une marge d'erreur de la méthode d'évaluation de l'évolution du trait de côte employée.

Entre les versions géoréférencées et le référentiel BD ORTHO® 2003, des écarts de l'ordre de +/- 2 m, définis pour chaque année étudiée à partir de nombreux points de contrôle (positionnement aléatoire), ont été constatés le long du littoral. Il faut préciser que, pour l'année 1927, des écarts localisés plus importants ont été relevés : de l'ordre de 5 m à proximité de la plage des Catalans (Figure 3-5), voire jusqu'à 10 m au niveau du cap Croisette (zone homogène n°15).

Des erreurs proviennent également de la phase de digitalisation du trait de côte. En effet, les limites basses ainsi que les limites hautes des zones meubles n'étaient pas toujours facilement discernables suivant l'origine (négatifs ou plaques de verre), l'échelle des prises de vue ou la qualité des clichés (absence de contrastes marqués au niveau de l'interface estran-eau, en milieu rocheux ou en présence

d'aménagements terrestres, altération des clichés, présence de végétation ou d'ombres, angle des prises de vue, etc.). Cette erreur est estimée à 1,5-3 m.

Les variations saisonnières et climatiques peuvent également induire un décalage de +/- 1 m au niveau de la limite basse des zones meubles. Cette erreur est principalement observée sur certains clichés de l'année 1998 (Figure 3-9). Par contre le régime marégraphique, d'une amplitude de 30 cm en moyenne sur la zone d'étude, induit des variations en termes de limite basse négligeables.

La marge d'erreur globale est, par conséquent, de l'ordre de +/- 6 m (+/- 3 m pour chaque limite dans le cas des zones meubles). Cette marge d'erreur n'est toutefois pas uniforme sur l'ensemble du littoral du département ou pour toutes les campagnes de prises de vue. Les erreurs de digitalisation du trait de côte sont plus importantes sur les photographies aériennes anciennes et en noir et blanc (de 1927 à 1992) et sur les zones littorales présentant des reliefs importants (secteur du massif des Calanques). Elles sont, à l'inverse, minimales pour les photographies aériennes récentes, les clichés pris par temps calme et les secteurs de relief peu accidenté.

Les résultats devront donc être analysés avec prudence et l'analyse de l'évolution comportera des imprécisions dans certains secteurs ou pour certaines années, notamment lorsque les variations des limites basses et hautes seront inférieures à la marge d'erreur globale ainsi que pour les zones meubles de surface faible.

Malgré les incertitudes liées au géoréférencement des photographies aériennes, à la qualité des clichés et à la digitalisation manuelle des limites basses et hautes des zones meubles ou du trait de côte en milieu rocheux, la méthode par comparaison de photographies aériennes s'avère actuellement la mieux adaptée à l'analyse de l'évolution du trait de côte.

3.2.4 Définition des zones meubles

L'analyse de l'évolution du trait de côte sera présentée, comme dans le cadre de la Phase 1, à l'échelle des 7 zones homogènes, voire des 5 cellules hydrosédimentaires du littoral du département, le cas-échéant. Les cellules hydrosédimentaires définies dans le cadre du SDAGE concernent les côtes meubles du littoral occidental (Camargue) et de l'extrémité orientale (baies de Cassis et La Ciotat) du département et ne couvrent pas l'ensemble des zones meubles du littoral, notamment le pourtour de l'étang de Berre, les plages de poche le long des côtes rocheuses de la Côte Bleue ou des Calanques, les plages naturelles ou aménagées du golfe de Fos ou de la rade de Marseille.

L'analyse du fonctionnement sédimentaire du littoral sera par conséquent également entrepris à l'échelle des nombreuses plages qui ne sont pas incluses dans les cellules hydrosédimentaires du SDAGE et qui représentent plus de la moitié des zones meubles recensées sur le littoral du département. Ces zones meubles fonctionnent comme des petites cellules hydrosédimentaires.

Les zones meubles prises en compte dans le cadre de cette étude sont celles digitalisées à partir des photographies aériennes de 2003. Les zones sont nommées d'Ouest en Est de la manière suivante : *COMMUNE-XX*, avec « *COMMUNE* » représentant le nom de la commune en 6 lettres sur laquelle se situe la plage et « *XX* » le numéro de la plage d'Ouest en Est (Tableau 3-2).

On considèrera que deux zones de plages accolées sont distinctes lorsque celles-ci sont, par exemple, séparées sur la largeur totale de la zone meuble par des digues, des enrochements, des cales de mise à l'eau, etc. Il est possible que certaines plages accolées en 2003 forment une plage unique les années précédentes. Dans ce cas, la plage observée avant 2003 sera logiquement nommée, par exemple, « *COMMUNE-01 à COMMUNE-03* » si celle-ci regroupe les plages « *COMMUNE-01* », « *COMMUNE-02* » et « *COMMUNE-03* ».

La zone d'étude regroupe au total **497 zones meubles** en 2003 (Tableau 3-2). D'autres zones meubles ont été identifiées sur les missions aériennes de 1927 à 1998 et ne sont plus observées en 2003. Au total, **604 zones meubles distinctes** auront été recensées sur l'ensemble des campagnes aériennes étudiées (Tableau 3-2).

Une carte localisant toutes les zones meubles identifiées sur la période 1927-2003 sera présentée pour chaque zone homogène au préalable de l'analyse des phénomènes affectant le trait de côte.

Tableau 3-2 : Codification des zones meubles par zone homogène

Zone homogène	Nom de la commune	Code de la commune	Nombre de plages en 2003	Nombre de plages en 1927-2003
15	Saintes-Maries-de-la-Mer	STEMAR	65	69
15 et 16	Arles	ARLES	38	39
15 et 16	Port-Saint-Louis-du-Rhône	PLOUIS	4	31
16	Fos-sur-Mer	FOSMER	34	38
16	Port-de-Bouc	PBOUC	12	13
16, 17 et 18	Martigues	MARTIG	43	52
17	Châteauneuf-les-Martigues	CHATMAR	14	15
17	Marignane	MARIGN	18	22
17	Vitrolles	VITROL	9	9
17	Rognac	ROGNAC	13	14
17	Berre-l'étang	BERRE	66	69
17	Saint-Chamas	CHAMAS	24	31
17	Miramas	MIRAMA	2	4
17	Istres	ISTRES	23	23
17	Saint-Mitre-les-Remparts	STMITRE	6	7
18	Sausset-les-Pins	SAUSSET	12	15
18	Carry-le-Rouet	CARRY	16	19
18	Ensuès-la-Redonne	ENSUES	14	15
18	Le Rove	LEROVE	5	5
18, 19 et 20	Marseille	MARSEIL	49	78
21	Cassis	CASSIS	7	8
21	La Ciotat	LACIOT	23	28
Total			497	604

3.3 Étude des phénomènes affectant le trait de côte

Le fonctionnement et la tendance hydrosédimentaire des zones meubles seront déterminés à partir :

- ♦ de l'analyse diachronique sous SIG de l'évolution des zones meubles sur la période 1927-2003 (modifications des limites basses et hautes des plages, incidences des aménagements, évolution des surfaces, etc.) ;
- ♦ des éléments recueillis dans le cadre de la Phase 1 (bibliographie et entretiens avec les communes ou organismes) ;
- ♦ des informations complémentaires récoltées au cours de la campagne de terrain (granulométrie des sédiments, aménagements, signes visuels de la dynamique sédimentaire, etc.).

Pour chacune des zones homogènes et des cellules hydrosédimentaires de l'aire d'étude seront présentés dans le cadre de l'étude des phénomènes affectant le trait de côte :

- ♦ l'évolution des surfaces des zones meubles du littoral entre les différentes campagnes de photographies aériennes de 1927 à 2003, en fonction de la disponibilité des clichés ;
- ♦ des bilans de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 (en fonction de la disponibilité des photographies aériennes) à l'échelle des zones homogènes ;
- ♦ des cartes de présentation des zones homogènes, issues de la synthèse des données réalisée en Phase 1 (repères géographiques, localisation des côtes rocheuses, courantologie et dynamique sédimentaire, situation des aménagements sur le littoral, etc.) ;
- ♦ des cartes de localisation des zones meubles identifiées sur la période 1927-2003 (plages observées en 2003 et zones meubles observées entre 1927 et 1998 mais disparues en 2003 soit par phénomène d'érosion soit suite à la mise en place d'aménagements sur le littoral) ;
- ♦ des albums photographiques illustrant la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral à l'échelle des zones homogènes ;
- ♦ des planches photographiques présentant la morphologie de côtes rocheuses présentes sur le littoral à l'échelle des zones homogènes ;
- ♦ des cartes de synthèse de l'évolution des plages selon les classes suivantes :
 - accrétion : secteur où le trait de côte est en avancée sur la mer,
 - équilibre : aucune tendance évolutive claire n'apparaît : le trait de cote oscille autour d'une position d'équilibre,
 - érosion : secteur où le trait de côte est en érosion.

La tendance de l'évolution des surfaces meubles (érosion, stabilité ou accrétion) a été définie à partir de l'analyse sous SIG des variations de la limite basse et des surfaces des zones meubles ainsi que des données recueillies lors de la synthèse des données disponibles (Phase 1), des entretiens avec les communes (Phase 1) ou des visites de terrain (Phase 2). L'objet de cette analyse est d'évaluer la dynamique naturelle des plages du département. Celle-ci a été évaluée pour des périodes sans aménagements anthropiques conséquents, c'est-à-dire à partir de l'évolution des surfaces meubles sur la période 1977-2003, voire 1992-1998 ou 1998-2003 en fonction des secteurs considérés. Si besoin, lorsque la zone meuble est soumise à des tendances sensiblement différentes de sa limite basse, celle-ci sera découpée dans les cartes de synthèse de l'évolution des plages afin de mettre en relief ces tendances (**STEMAR-65**, par exemple, en Carte 12) ;

- ♦ des cartes de synthèse des instabilités des zones de falaise sur le littoral (côte rocheuse en érosion), définies à partir des informations récupérées dans le cadre de l'étude des falaises à l'échelle de la région PACA (BRGM, 2005).

L'ensemble des cartes est présenté dans l'atlas cartographique en complément du présent rapport.

3.3.1 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)

Pour l'étude de l'évolution du littoral du delta du Rhône, 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, comme dans le cadre du rapport de Phase 1 (Carte 9).

Aucune côte rocheuse n'est présente dans cette zone.

Le littoral du delta du Rhône regroupe, en 2003, 103 zones meubles distinctes réparties sur les communes des Saintes-Maries-de-la-Mer, d'Arles et de Port-Saint-Louis-du-Rhône (Carte 10). Il représente près de 92 % de la surface globale en zones meubles de la zone d'étude.

Le delta du Rhône est essentiellement constitué de zones meubles de sable fin avec par endroit des débris de coquillages. L'album photographique en Carte 11 présente la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral du delta du Rhône.

L'étude de l'évolution du trait de côte du delta du Rhône est entreprise à l'échelle des 4 cellules hydrosédimentaires définies dans le cadre du SDAGE et présentées dans le rapport de Phase 1 (Carte 9) :

- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°15, entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'embouchure du Petit Rhône à l'Est ;
- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°16, située entre le Petit Rhône à l'Ouest et l'étang de Sainte-Anne à l'Est ;
- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°17, localisée entre l'étang de Sainte-Anne à l'Ouest et le grau de Roustan (embouchure du Grand Rhône) à l'Est ;
- ♦ la cellule hydrosédimentaire n°18, à l'Est du Grand Rhône.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1935-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 4 (pas de photographies aériennes disponibles sur le littoral du delta du Rhône en 1927).

3.3.1.1 Analyse de l'évolution des zones meubles

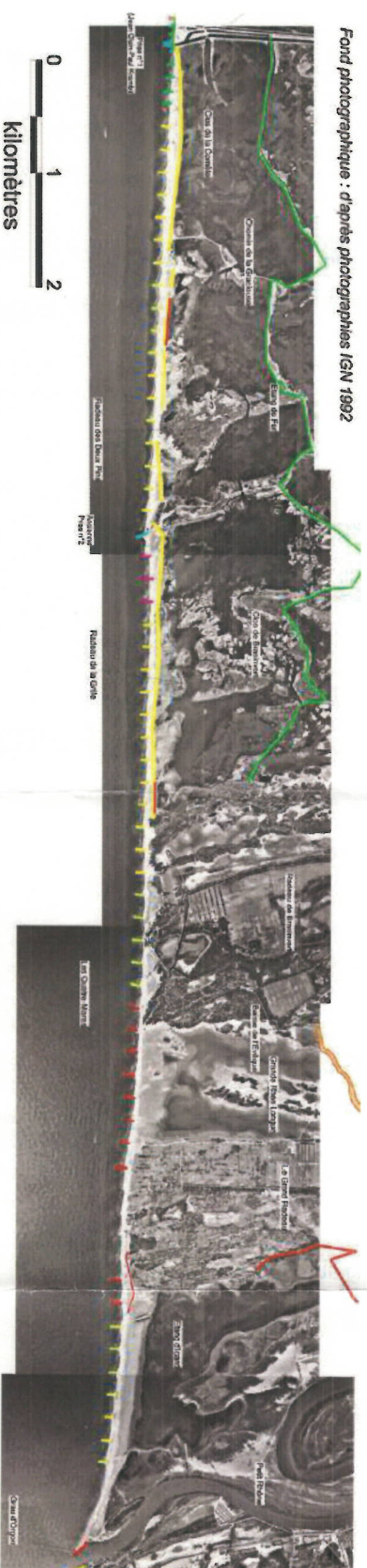
La cellule hydrosédimentaire n°15

Le littoral de la cellule hydrosédimentaire n°15, entre le canal du Rhône Vif (limite communale) et l'embouchure de Petit Rhône, se décompose en 2003 en de nombreuses zones de plage distinctes (STEMAR-01 à STEMAR-51 ; Carte 10) en raison des aménagements entrepris sur le littoral, dont notamment (Figure 3-10) :

- ♦ la construction, afin de stabiliser le littoral, de la digue Fesquet en 1963 (BRGM, 2004), entre STEMAR-13 et STEMAR-14, ayant engendré la séparation de la plage en deux parties, comme observé sur la photographie aérienne de 1977. Les deux zones se retrouvent par la suite rattachées en 1992. Les différences de digitalisation de la limite entre les deux zones meubles sont probablement liées à la qualité du cliché en 1977 (faible contraste entre l'ouvrage et la zone meuble) ou au recul de la limite haute entre 1977 et 1992 (limite entre la plage et la dune en arrière-plage difficilement mise en évidence) ;
- ♦ la construction, entre 1984 et 1986, de 56 épis, de 75 m de longueur dont 50 m en mer, ayant pour objectif de freiner l'érosion sur le littoral. On relève, en 1992, des phénomènes d'accumulation des sédiments au pied des digues, parfois plus importants à l'Est des épis suivant la dérive littorale dominante Est-Ouest. En 1998, de nombreuses digues se retrouvent les « pieds dans l'eau », notamment à l'Ouest de la cellule hydrosédimentaire à proximité de l'embouchure du Petit-Rhône (STEMAR-01 à STEMAR-03) et entre STEMAR-28 et STEMAR-34, signe d'une érosion marquée sur ces portions du littoral ;
- ♦ l'aménagement sur la quasi totalité du littoral de la cellule hydrosédimentaire de digues en haut de plage entre 1986 et 2001, afin de protéger le littoral et les marais salants contre les phénomènes d'érosion et de submersion marine, suite au recul du trait de côte et à la destruction du cordon dunaire. Certains épis perpendiculaires à la côte, contournés par la mer, ont également été raccordés à ces digues frontales.

Avant la mise en place de ces aménagements, toutes ces zones meubles ne constituaient qu'une seule plage, comme observé sur les photographies aériennes de 1935 et 1942.

Fond photographique : d'après photographies IGN 1992



Fond photographique : Orthophotographies de l'IGN 1998



Figure 3-10 : Aménagements du littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'embouchure du Petit Rhône à l'Est (Source : BRGM, 2004)

L'analyse des photographies aériennes montre un recul généralisé du littoral de la cellule hydrosédimentaire sur la période 1977-1992, voire entre 1992 et 1998 pour la majorité des zones meubles. Seules la moitié Est de **STEMAR-24** et les plages **STEMAR-25** à **STEMAR-27**, **STEMAR-49** et **STEMAR-50** sont marquées par une certaine stabilité sur la période 1992-2003, voire une légère tendance à l'accrétion pour la plage la plus à l'Est (**STEMAR-50**).

Les fortes pertes surfaciques, sont généralement liées aux phénomènes de recul de la limite basse mais peuvent être également inhérentes aux aménagements en haut de plage (construction des digues frontales) engendrant une avancée de la limite haute de la zone meuble (**STEMAR-05**, par exemple).

La comparaison des clichés de 1998 et 2003, période sans aménagements notables que ce soit en milieu marin ou en arrière-plage, met en évidence :

- ♦ une tendance à l'accrétion :
 - à l'extrémité Ouest de la zone (**STEMAR-01** à **STEMAR-06**), probablement liée à l'extension des épis vers la côte entre 1998 et 1999 : à l'exception de **STEMAR-02**, de la moitié Est de **STEMAR-01** et de la moitié Ouest de **STEMAR-03**, la limite basse de ces plages a atteint, par accrétion, le niveau de 1992. Les pertes surfaciques des zones **STEMAR-04**, **STEMAR-05** et **STEMAR-06** sont liées à la construction de la digue en haut de plage (avancée de la limite haute),
 - des zones **STEMAR-32**, **STEMAR-33** et **STEMAR-48**, toutefois marquées par un bilan négatif sur la période 1992-2003 ;
- ♦ une tendance à la stabilisation du trait de côte, à l'exception de phénomènes ponctuels d'accumulation ou de perte en sable fin au pied des ouvrages, après une période 1992-1998 marquée par une érosion relativement forte de :
 - **STEMAR-07** à **STEMAR-10**,
 - **STEMAR-22** à **STEMAR-23** et la moitié Ouest de **STEMAR-24**,
 - **STEMAR-35** à **STEMAR-43**,
 - **STEMAR-46** et **STEMAR-47**.

Cette tendance à l'accrétion est probablement liée au raccordement des épis à la côte après la tempête de 1997, entraînant le blocage du transit sédimentaire longitudinal ;

- ♦ la confirmation, voire l'aggravation, des phénomènes d'érosion observés auparavant pour les plages :
 - **STEMAR-11** à **STEMAR-13**, malgré le prolongement des digues vers la côte en 1999. Ces plages sont marquées par une érosion sur leur moitié Ouest,
 - entre **STEMAR-14** et **STEMAR-21**, au droit des digues frontales mises en place sur la période 1998-1999, malgré le raccordement en

1999 de certains épis à ces digues de part et d'autre de **STEMAR-15** et **STEMAR-19**. Les épis au centre de **STEMAR-14**, à l'Est de **STEMAR-16** et au droit de **STEMAR-17** se retrouvent en 2003, détachés de la côte, avec détachement des épis pour **STEMAR-14**. On observe également une tendance à la disparition de la zone meuble le long de la digue pour les zones **STEMAR-18** et **STEMAR-19**,

- sur la moitié Ouest de **STEMAR-24**, avec détachement des épis,
- entre **STEMAR-29** et **STEMAR-34**, à l'exception de **STEMAR-32** et **STEMAR-33**, avec un recul de la limite basse jusqu'à la digue frontale construite en 1993, engendrant la disparition de certaines plages (**STEMAR-66**, **STEMAR-67** et **STEMAR-68**). La présence de la digue frontale dans l'objectif de protéger l'arrière littoral des phénomènes de submersion marine est un facteur susceptible d'accentuer les phénomènes d'érosion à cause de la réflexion des houles lors des phénomènes de tempêtes,
- à l'embouchure en enrochements du Petit Rhône à l'Est de la cellule hydrosédimentaire (**STEMAR-51**) ;
- ♦ une tendance à l'érosion après une période 1992-1998 relativement stable des zones **STEMAR-27** et **STEMAR-28**.

L'évolution du trait de côte du littoral entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'embouchure du Grand Rhône à l'Est, peut être expliquée par deux facteurs :

- ♦ **l'action érosive de la houle**, dont la quantité d'énergie transmise à la côte varie en fonction de sa direction, de la présence d'avancées ou de cap jouant un rôle de protection contre l'action de la houle et de la bathymétrie (phénomène de réfraction). Quelle que soit la direction de la houle au large (houles prédominantes, en termes d'intensité et de fréquence d'apparition, de secteur Sud-Est, houles de secteur Sud ou houles de secteur Sud-Ouest, dont l'intensité et la fréquence au large sont les plus faibles), l'énergie des houles à l'approche du littoral de la cellule hydrosédimentaire n°15 est conséquente. Les coefficients de réfraction y sont les plus élevés du littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer (SABATIER, 2001 ; BRGM, 2004). La quantité d'énergie générée par la houle tend ensuite à diminuer en allant vers l'Est jusqu'au Golfe de Beauduc en raison de la présence de la flèche de Beauduc ;
- ♦ **l'effet des aménagements de défense contre l'érosion marine** : la construction des épis perpendiculaires au littoral a généralement entraîné une diminution des phénomènes d'érosion, voire une tendance à la stabilisation sur certains secteurs où les épis ont été rallongés jusqu'à l'intérieur de la zone meuble (blocage du transit sédimentaire). Les sections aménagées du littoral suite à la construction d'un épi sont caractérisées, dans un premier temps, par des phénomènes d'accrétion au cours des 10 premières années suivant leur construction, puis de stabilité les 10 années suivantes et finalement d'érosion, liée à la détérioration des épis les 10 années suivantes (ouverture de brèches dans les structures ; commune des

Saintes-Maries-de-la-Mer, entretien du 28 mars 2008). Le fonctionnement limité dans le temps des épis est probablement le résultat d'un dimensionnement des ouvrages inadapté aux conditions hydrodynamiques locales, en termes de ratio entre la longueur des épis et l'espacement entre deux épis consécutifs (SABATIER, 2001). Le raccordement de certains épis au rivage a permis de limiter les phénomènes d'érosion entre ces épis (ratio mieux adapté aux conditions locales).

A l'exception de l'extrémité Ouest de la zone (STEMAR-01 et STEMAR-03 à STEMAR-06) et de quelques plages ponctuelles au niveau du secteur des Quatre-Maries (STEMAR-24 à STEMAR-26), marquées par une légère tendance à la stabilité sur la période 1992-2003, l'ensemble du littoral de la cellule hydrosédimentaire n°15 est soumis à des phénomènes d'érosion et de recul de la limite basse des côtes meubles (Carte 12) malgré la mise en place de nombreux aménagements de protection contre l'érosion (épis, raccordement des épis aux digues frontales), conformément aux tendances mises en évidence dans la bibliographie (SABATIER, 2001). Ces phénomènes d'érosion tendent toutefois à se réduire sur la période 1998-2003 en comparaison à la période 1992-1998, où certaines plages semblent même se stabiliser depuis 1998.

Les phénomènes d'érosion sont principalement liés à l'action érosive importante des houles en raison de l'orientation du littoral vis-à-vis des directions prédominantes des houles du large et de la bathymétrie favorisant les phénomènes de réfraction au droit du secteur d'étude. La mise en place d'épis de protection contre l'érosion sur ce littoral a permis de réduire cette tendance au recul du trait de côte. Cependant cette situation ne semble pas pérenne en raison du détachement de certains épis sous-dimensionnés sous l'action érosive des houles sur les sédiments entraînant une reprise du transit sédimentaire longitudinal et des phénomènes de détérioration des ouvrages (ouverture de brèches) en période de tempête.

La cellule hydrosédimentaire n°16

Le littoral de la cellule hydrosédimentaire n°16 peut se distinguer en trois secteurs (Carte 9 & Carte 10) :

- ♦ le littoral en zone urbanisée de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, entre l'embouchure du Petit Rhône à l'Ouest et le grau de la Fourcade à l'Est (STEMAR-52 à STEMAR-64) ;
- ♦ la plage du golfe de Beauduc, entre le grau de la Fourcade à l'Ouest et la station de pompage de Beauduc à l'Est (STEMAR-65) ;
- ♦ le littoral de la flèche de Beauduc jusqu'au grau de la Dent (ARLES-01 à ARLES-18).

Le littoral en zone urbanisée de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer (STEMAR-52 à STEMAR-64), a fait l'objet de nombreuses modifications depuis 1935 (BRGM, 2004), période où le littoral se composait de 3 zones distinctes seulement, avec notamment, d'Ouest en Est (Figure 3-11) :

- ♦ l'endiguage de l'embouchure du Petit-Rhône, entre 1980 et 1984, entraînant la disparition de la plage à l'extrémité Ouest de la cellule hydrosédimentaire (STEMAR-69). Un tenon a été aménagé sur la rive gauche du Petit-Rhône en 2002 et des brise-lames, reliés à la côte par des épis, dont un submersible pour le brise-lames central, ont été construits en 2002 et 2003 afin de stabiliser le trait de côte (au niveau de STEMAR-52, STEMAR-53, STEMAR-54 et STEMAR-55) et de protéger la digue frontale. L'analyse des clichés en 2003 met en évidence une tendance à l'accumulation de sédiments de part et d'autre des digues perpendiculaires à la côte (STEMAR-53 et STEMAR-54) ;
- ♦ la construction du port des Saintes-Maries-de-la-Mer (Port Gardian) en 1983-1984, entraînant la réduction de la plage STEMAR-56, déjà séparée de la plage plus à l'Ouest (STEMAR-54 à STEMAR-55) par la construction d'une digue en 1967, se trouvent désormais « sous » la digue Ouest du port ;
- ♦ la construction de l'épi en « T » des Arènes en 1984 afin de protéger le littoral de la commune contre les impacts des tempêtes, ayant engendré une accumulation de sédiments à l'extrémité Ouest de la plage STEMAR-57 (plage Camille) et une évolution croissante de sa surface. Cette plage était déjà protégée à l'Est par l'épi latéral, initialement construit en 1974 pour réensabler la plage Camille ;
- ♦ l'aménagement du grand épi Est (ou épi du Grand Large) en 1970, à l'Est de STEMAR-59, afin de protéger le littoral de la commune contre l'érosion. La plage attenante a été rechargée en 1988. La construction du tenon Est de cet épi, en 1991, a permis une accumulation de sédiments et la formation de la zone meuble actuelle STEMAR-60 ;
- ♦ l'aménagement de l'épi en « T » du Grand Large en 1991 et du petit brise-lames du Grand Large en 1993, afin de stabiliser le trait de côte et protéger la digue à la mer, la plage orientale de la commune (STEMAR-61, STEMAR-62 et STEMAR-63) et les résidences. Des accumulations de sédiments sont relevées de part et d'autre de ces constructions. Des épis transversaux, orientés Nord-Sud, avaient été construits entre 1940 et 1950 afin de freiner les phénomènes d'érosion du centre et de l'Est du littoral de la commune. Ces aménagements se trouvent désormais submergés ou sous les constructions actuelles ;
- ♦ l'endiguage du grau de la Fourcade (digue Ouest en 1979-1980 et digue Est en 1986) afin d'empêcher l'ensablement du grau, se substituant à d'anciennes digues mises en place entre 1950 et 1977 ;
- ♦ la construction de digues frontales (enrochements) afin de protéger le haut de plage du littoral de la commune :

- sur la période 1982-1986, entre l'embouchure du Petit Rhône et l'Ouest de la ville compte-tenu de la disparition progressive de la plage et du cordon dunaire entre **STEMAR-52** et **STEMAR-55**,
- en 1980-1983, au centre et à l'Est de la ville. Suite à la tempête de décembre 1982, une reprise des ouvrages avait été nécessaire,
- en 1987, à l'Est de la commune jusqu'à la digue à la mer.



Figure 3-11 : Aménagements du littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer
(Source : BRGM, 2004)

La digue à la mer, aménagée en 1856-1857, avec des matériaux sablo-limoneux, avait pour rôle, à l'origine, d'empêcher que la mer n'envahisse les étangs du delta par forte tempête. L'analyse des photographies aériennes en 1935 montre que cette construction se situait à des distances importantes de la mer. Elle constitue désormais, à l'Ouest du grau de la Fourcade, un rempart direct contre la mer : cette digue se trouve actuellement les « pieds dans l'eau », signe d'une érosion importante du littoral au droit de la digue depuis sa construction.

L'analyse de l'évolution du trait de côte entre 1998 et 2003, période sans aménagement à l'exception de l'extrémité occidentale de la zone, met en évidence :

- ♦ une tendance à l'accrétion des zones meubles à l'Ouest du port de la commune (**STEMAR-52** et **STEMAR-54**) et à la stabilité de **STEMAR-55** (Carte 11). La visite de terrain le 5 juin 2008 a mis en évidence la formation d'un tombolo en arrière des brise-lames (**STEMAR-53**), tombolo non visible en 2003, ainsi que le rattachement des plages **STEMAR-54** et **STEMAR-55** au brise-lames, signe d'une tendance à l'accrétion suite à la

mise en place des aménagements (en l'absence de rechargements). La zone **STEMAR-55** était plutôt marquée par une tendance au recul de la limite basse entre 1992 et 1998, avant la mise en place des ouvrages, les fortes variations surfaciques entre 1992 et 2003 étant également liées aux aménagements en haut de plage ;

- ♦ une légère tendance au recul de la limite inférieure de la plage attenante au port (**STEMAR-56**) comme entre 1992 et 1998. Les fortes variations de surface sont également liées à la mise en place d'aménagements en haut de plage ;
- ♦ une tendance à la stabilité des plages **STEMAR-57** à **STEMAR-63** (Carte 11), voire à une légère accrétion à proximité des enrochements pour les zones **STEMAR-57**, **STEMAR-62** et **STEMAR-63**. Entre 1992 et 1998, les zones meubles **STEMAR-57** à **STEMAR-59**, rechargées en 1988, d'où les fortes variations surfaciques entre 1977 et 1992, étaient plutôt caractérisées par une tendance à l'érosion et **STEMAR-60** à **STEMAR-63** à l'agrandissement (**STEMAR-60** étant quasiment inexistante en 1992 ; Carte 11) ;
- ♦ une tendance au recul de la limite inférieure de la plage **STEMAR-64** (Carte 11), déjà observée entre 1992 et 1998, les fortes variations en termes de surface étant également liées aux aménagements en haut de plage. La plage **STEMAR-64** doit être régulièrement reprofilée en période estivale : des traces laissées par des roues de tracteur étaient observées lors de visite de terrain du 26 juin 2008.

A l'Est du grau de la Fourcade, une longue plage s'étend jusqu'à la station de pompage de Beauduc (**STEMAR-65** ; Carte 11). A proximité du grau, la plage est constituée de deux stocks sédimentaires : sables et galets, issus de rechargements expérimentaux effectués sur une section de 350 m fin 2007. La plage est ensuite essentiellement composée de sables. L'analyse des photographies aériennes met en évidence le recul de la limite basse de la plage entre 1977 et 1998 sur la moitié Ouest de la plage, ce recul étant plus marqué à proximité du grau de la Fourcade (supérieur à 150 m) et tend à diminuer entre 1998 et 2003, par rapport aux limites basses relativement similaires de 1992 et 1998. Par contre, la plage du golfe de Beauduc est marquée par une tendance à l'accrétion sur cette période, avec une avancée de la limite basse de l'ordre de 100 m environ. Les variations de la limite en haut de plage à l'Est du grau de la Fourcade sont liées à l'implantation de ganivelles entre 1977 et 1992. Le secteur de l'étang des Batayolles correspond à une zone de transition entre secteur en érosion à l'Ouest et zone en accrétion à l'Est, c'est-à-dire entre un secteur soumis à une quantité d'énergie transmise à la côte importante quelle que soit la direction de la houle du large à l'Ouest et une zone protégée de l'action de la houle par la présence de la flèche de Beauduc à l'Est.

Jusqu'en 1977, la **plage de Beauduc** s'étendait vers l'Est jusqu'au grau de la Dent sur une largeur plus importante. Elle se découpe désormais en une longue plage au niveau de la flèche de Beauduc (**ARLES-01**) et d'autres zones meubles sur le littoral Est de la pointe (**ARLES-02** à **ARLES-18**), séparés par 13 épis mis en place entre

1988 et 1990 pour réduire les phénomènes d'érosion sur cette portion de plage (Figure 3-12).

La plage de la flèche de Beauduc (**ARLES-01** ; Carte 11), plage de sable fin avec quelques débris de coquilles (tellines et coques), est plus large à l'extrémité de la pointe de Beauduc et tend à se réduire fortement à ses extrémités. Les variations de surface peuvent avoir pour origine les difficultés à distinguer dans les clichés en noir et blanc les zones sableuses des zones marécageuses en arrière plage. De même, la visite de terrain a mis en évidence, après un rétrécissement de la plage, une zone sableuse (**ARLES-39**) relativement immergée jusqu'à la station de pompage de Beauduc (zone difficilement observée sur les clichés et digitalisée après la visite de terrain). Sur la période 1992-2003, l'évolution de la plage **ARLES-01** met en évidence un élargissement de la plage au niveau du golfe de Beauduc et un rétrécissement de la zone meuble et une diminution de sa longueur à l'Est, probablement liés à la dérive littorale d'Est en Ouest quelle que soit la direction de la houle (Carte 9). La plage **ARLES-39** est marquée par une tendance globale à la stabilité.

A l'exception d'**ARLES-05** stable depuis 1992, les plages **ARLES-02** à **ARLES-11**, le long de l'étang de Sainte-Anne, semblent plutôt stables depuis 1998, après une tendance à l'érosion entre 1992 et 1998. Un brise-lames a également été construit à l'emplacement d'un épi au droit de la plage **ARLES-09** en 1995 (SUANEZ, 1997) entraînant ainsi la formation d'un tombolo (rattachement de la plage à la structure) en arrière de l'ouvrage : cette zone est en accrétion depuis 1992 (Figure 3-12). A l'exception des zones **ARLES-05** et **ARLES-09**, la tendance globale entre 1992 et 2003 est toutefois à l'érosion.

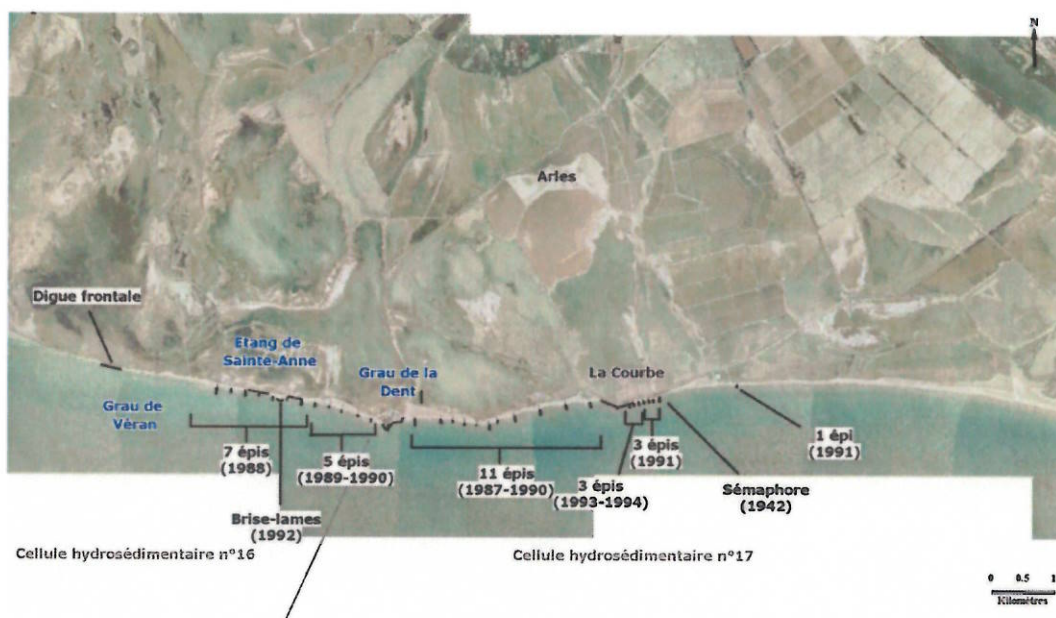


Figure 3-12 : Aménagements du littoral de la commune d'Arles (Source : SABATIER, 2001)

L'évolution des plages aménagées par des épis au niveau de l'étang de Sainte-Anne est probablement liée à :

- ♦ **l'action érosive de la houle**, les houles de secteur Sud-Est, les plus énergétiques, et les houles de secteur Sud concentrant leur énergie, suite à des phénomènes de réfraction avec la présence du lobe fossile du Bras de Fer (Carte 9), sur le secteur de l'étang de Sainte-Anne où elles génèrent une forte érosion (SABATIER, 2001) ;
- ♦ **la dérive littorale d'Est en Ouest**, quelle que soit la direction de la houle (Carte 9) ;
- ♦ **la présence des épis**, favorisant, dans un premier temps, lorsqu'ils sont bien dimensionnés, le blocage du transit sédimentaire et l'accumulation de matériaux dans le sens de la dérive littorale mais également la formation de courant de retour contribuant à un transport des sédiments vers le large ainsi que des phénomènes d'érosion à l'extrémité aval des épis ;
- ♦ **la présence d'un brise-lames**, induisant, par protection contre l'action de la houle, l'accumulation de sédiment en arrière de l'ouvrage et la formation d'un tombolo.

Les plages plus à l'Est (**ARLES-12** à **ARLES-18**) sont caractérisées par une tendance au recul de la limite basse entre 1998 et 2003 après avoir été soumises à une période d'accrétion entre 1992 et 1998. Sur la période 1992-2003, le bilan pour ces plages est plutôt à la stabilité, sauf pour **ARLES-13** où le bilan est à l'érosion.

Le littoral de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer a sensiblement été modifié par la construction du port et d'ouvrages de protection contre l'érosion (épis, brise-lames). Les ouvrages de protection contre l'érosion et la pratique de rechargement ont permis de limiter les phénomènes d'érosion liée à l'action de la houle, dont l'énergie générée à la côte est sensiblement importante sur ce secteur. Certaines plages en arrière de brise-lames, juste à l'Est de l'embouchure du Rhône (STEMAR-52 à STEMAR-54) et à l'Ouest du grau de la Fourcade (STEMAR-61 à STEMAR-63), sont marquées par une tendance à l'accrétion. Les autres plages sont plutôt caractérisées par des phénomènes de recul de leur limite basse sur les secteurs de plage qui ne se trouvent pas directement protégés de la houle par des ouvrages, ces phénomènes tendant à se réduire voire à s'inverser entre 1998 et 2003 (phénomènes d'accrétion ponctuels au pied des ouvrages).

A l'Est de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer, la longue plage STEMAR-65 présente un recul marqué du trait de côte sur la moitié Ouest et une tendance à l'accrétion au niveau du golfe de Beauduc, le secteur de l'étang des Batayolles correspondant à une zone de transition entre ces deux secteurs de dynamique hydrosédimentaire contraire. Cette dynamique est principalement liée à l'action de la houle, cette plage ne présentant pas d'ouvrages de protection contre l'érosion. La plage à l'Est de l'étang de Batayolles est protégée de

l'action de la houle par l'avancée que constitue la flèche de Beauduc, celle à l'Ouest étant directement soumise à l'action érosive de la houle, quelle que soit sa provenance.

La plage de Beauduc présente une tendance à l'accrétion au niveau de la flèche de Beauduc (ARLES-01), ce secteur étant protégé de l'action des houles susceptibles d'atteindre le littoral du delta du Rhône et tend à se réduire aussi bien en largeur qu'en longueur à son extrémité orientale, cette zone étant directement soumise à l'action de la houle en raison de son orientation.

Sur le littoral aménagé par des épis mis en place dans les années 90 pour limiter les phénomènes d'érosion à l'Ouest du grau de la Dent, les plages sont soumises à des variations notables et contraires sur les périodes 1992-1998 et 1998-2003, le bilan sur la période 1992-2003 étant à l'érosion à l'Ouest malgré la présence des épis et à la stabilité à l'Est, à l'exception de la seule zone en accrétion en arrière du brise-lames, celui-ci limitant les incidences de la houle en arrière de l'ouvrage et favorisant ainsi l'accumulation de sédiments (Carte 12). La tendance à l'érosion est liée à la dérive littorale d'Est en Ouest quelle que soit la direction de la houle et à l'action érosive des houles dont l'énergie générée à l'approche de l'étang de Sainte-Anne est conséquente par phénomène de réfraction.

La cellule hydrosédimentaire n°17

A l'Est du grau de la Dent, s'étendait en 1950 deux longues plages : les plages du littoral de Faraman le long de l'étang de la Galère (ARLES-19 à ARLES-26) ou de la Courbe (ARLES-27 à ARLES-34) et la plage d'Arles ou de Piémanson (ARLES-35 à ARLES-36), probablement reliées en 1942.

La plage à l'Est du grau de la Dent est dorénavant séparée en 8 zones meubles distinctes (ARLES-19 à ARLES-26) par la présence d'épis (au nombre de 11) construits entre 1987 et 1990 afin de limiter le recul du trait de côte (Figure 3-12). L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à l'érosion des plages sur la période 1992-2003, à l'exception des zones ARLES-20 et ARLES-21 (partie orientale) marquées par une tendance globale à la stabilité. Le phénomène d'érosion observé entre 1998 et 2003 est probablement amplifié par les conditions d'agitation lors de la prise de vue en 1998.

Des épis ont également été construits au niveau de la Courbe, à l'Ouest de la plage de Piémanson, en 1991 pour les 3 épis les plus à l'Est et en 1993-1995 pour les trois autres, afin de limiter les phénomènes d'érosion le long de la piste aménagée (Figure 3-12). La mise en place de ces structures lourdes permettra la création, puis la stabilisation sur 1998-2003, des zones les plus à l'Ouest (ARLES-27 à ARLES-30) et la stabilisation des plages à l'Est (ARLES-31 à ARLES-34).

L'évolution des plages aménagées de part et d'autre de la Courbe est probablement liée à l'action combinée de deux facteurs :

- ♦ **l'action érosive de la houle**, les houles de secteur Sud-Est, les plus énergétiques, et de secteur Sud concentrant leur énergie, suite à des phénomènes de réfraction avec la présence du lobe fossile du Bras de Fer (Carte 9), sur le secteur de l'étang de Sainte-Anne où elles génèrent une forte érosion (SABATIER, 2001). Les houles de secteur Sud-Ouest se déforment également sur le lobe fossile pour atteindre une concentration maximale sur le secteur de la Courbe ;
- ♦ **la présence des épis**, favorisant, lorsqu'ils sont bien dimensionnés, le blocage du transit sédimentaire et l'accumulation de matériaux dans le sens de la dérive littorale mais également la formation de courant de retour contribuant à un transport des sédiments vers le large ainsi que des phénomènes d'érosion à l'extrémité aval des épis.

La **plage de Piémanson** se trouve séparée en deux tronçons (**ARLES-35** et **ARLES-36** ; Carte 11) par la présence d'une digue construite en 1991 (Figure 3-12). Suite à une sur-fréquentation touristique en période estivale, des ganivelles ont été installées, entre 1998 et 2003, sur la partie Ouest de la plage pour canaliser le trafic des véhicules, engendrant de fortes variations au niveau de la limite haute de la plage. L'analyse des clichés sur la période 1992-2003 montre une tendance à l'érosion de la plage **ARLES-35** et de la moitié Ouest d'**ARLES-36**. Contrairement à la plage **ARLES-35** et à la moitié Ouest d'**ARLES-36**, la partie orientale de la plage **ARLES-36**, à l'exception de la zone la plus proche du Grand Rhône, est relativement stable, ceci en raison de la proximité de l'embouchure qui fournit à la fois les apports en sédiments ainsi qu'une position d'abri par rapport aux tempêtes de secteur Sud-Est, et à la forme concave du littoral qui diffracte les houles (SABATIER, 2001).

L'extrémité de la plage de Piémanson (**ARLES-36**) au niveau de l'embouchure du Grand Rhône varie sensiblement d'une année à l'autre. Elle est marquée par des phases successives d'avancée et de recul de sa limite basse probablement inhérents aux apports et aux conditions hydrologiques du fleuve (épisodes de crue). Elle est caractérisée par une perte surfacique importante entre 1992 et 2003.

Le littoral de Faraman est globalement soumis à des phénomènes d'érosion en raison de l'action de la houle, quelle que soit l'orientation de celle-ci (Sud-Est, Sud ou Sud-Ouest). La présence du lobe fossile du bras de Fer induit une concentration localisée de l'énergie des vagues sur les secteurs de l'étang de Sainte-Anne et de la Courbe, accentuant les phénomènes d'érosion. La mise en place des ouvrages sur le littoral de Faraman a permis de stabiliser le trait de côte au niveau de la Courbe, ainsi que pour quelques zones à l'Est du grau de la Fourcade, les autres zones meubles étant soumises à un recul de leur limite basse entre 1992 et 2003 malgré la présence des épis.

La plage de Piémanson est plutôt marquée par une tendance à l'érosion à l'Ouest et à la stabilité à l'Est, à l'exception de l'extrémité orientale soumise à de fortes fluctuations en fonction des apports et des épisodes de crue du Rhône. La stabilité de la plage orientale a pour origine la proximité de l'embouchure

qui fournit les apports en sédiments et une position d'abri par rapport aux tempêtes de secteur Sud-Est et à la forme concave du littoral qui diffracte les houles, réduisant ainsi l'énergie de la houle à la côte.

La cellule hydrosédimentaire n°18

La plage Napoléon prolongée par la flèche de la Gracieuse (**ARLES-37** ; Carte 11), plage étendue de sable fin s'étalant sur les communes d'Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône, est plus étroite au centre qu'aux extrémités. La flèche de la Gracieuse représente une protection naturelle contre la houle du large pour le golfe de Fos et a joué un rôle important dans la sélection du site du complexe industrialo-portuaire du Grand Port Maritime de Marseille dans le golfe dans les années 60 (SUANEZ, 1997).

Les années 1935 à 1950 sont plutôt marquées par une morphologie différente de la plage avec une plage moins étendue vers le Nord-Est, sensiblement plus large et plus excentrée vers le large.

Comme pour l'extrémité orientale de la plage **ARLES-36**, l'extrémité Ouest de la plage Napoléon est soumise à d'importantes fluctuations liées aux apports et aux conditions hydrologiques du Grand Rhône (épisodes de crue). On relève toutefois une tendance à l'élargissement de la zone meuble entre 1992 et 2003.

La partie centrale de la cellule hydrosédimentaire, relativement étroite, est sensiblement différente (recul important des limites basses et hautes) sur la période 1992-2003 qu'en 1935 et 1942. Entre 1992 et 1998, on relève un recul de la limite basse de l'ordre de 10-20 m, suivi d'une certaine stabilité entre 1998 et 2003. Ces variations ont pour origine l'action érosive de la houle, ce secteur étant un lieu de concentration de l'énergie des houles prédominantes de secteur Sud-Est, induisant des phénomènes d'érosion dans la partie centrale de la cellule hydrosédimentaire et une redistribution des sédiments érodés à la fois vers l'embouchure du Rhône et la flèche de la Gracieuse. Sur la plage Napoléon, il n'existe aucun ouvrage de protection.

Afin de circonscrire l'allongement et la translation de la flèche de la Gracieuse, trois types d'équipements ont été mis en place :

- ♦ la mise en place de trois séries d'épis formés d'épaves perpendiculairement au littoral à l'extrémité de la flèche entre 1962 et 1995 afin de remodeler la flèche et de ralentir l'avancée et l'épaississement de la pointe extrême en direction du chenal d'accès au golfe de Fos (SUANEZ, 1997). Cet aménagement empêche le colmatage du chenal d'accès au port maritime ;
- ♦ la réhabilitation, en 1989-1993, sur la partie centrale, du cordon dunaire par la mise en place d'un bourrelet sableux équipé de ganivelles afin de favoriser l'accumulation des sables à la base de l'ouvrage en remplacement du cordon dunaire naturel discontinu présentant de larges brèches,

favorisant le passage des eaux de submersion marine (SUANEZ, 1997) et fortement dégradé par la fréquentation du site (BRUZZI, 1999).

- ♦ Enfin, la commune a également mis en place une succession de pieux à l'Ouest et à l'Est de la plage et des blocs à l'Est pour définir la zone de passage des véhicules motorisés et limiter le camping sauvage (MOUCHENE, 2006).

L'analyse des photographies aériennes sur la période 1992-2003 met en évidence une tendance à la stabilité de la flèche de la Gracieuse dans sa globalité à l'exception de son extrémité soumise à une extension vers le Nord et un élargissement. Le tracé de la flèche de la Gracieuse à partir de la visite de terrain en 2008 (points GPS à la limite terre-mer) met en évidence sur la moitié Sud une certaine stabilité du trait de côte à l'Ouest et un recul de la limite basse à l'intérieur du golfe ainsi qu'une tendance à la translation vers le Nord-Ouest de l'ordre de 50 m de l'extrémité de la flèche, confirmant la tendance déjà observée entre 1992 et 2003 (Figure 3-13).



Figure 3-13 : Évolution du trait de côte de la flèche de la Gracieuse entre 1977 et 2008
(traits de côte entre 1977 et 2003 à partir des photographies aériennes et en 2008 à partir des relevés GPS en limite terre-mer lors de la visite de terrain effectuée le 31 juillet 2008 (Sources : IGN, 1977, 1992, 1998 et 2003, SAFEGE, 2008)

La cellule hydrosédimentaire n°18 est marquée par de fortes fluctuations (en termes de limites hautes et basses) jusqu'en 1950. La plage Napoléon et la flèche de la Gracieuse, notamment son extrémité, présentent depuis 1992 des variations plus faibles depuis la mise en place d'épaves à l'extrémité de la flèche et la réhabilitation du cordon dunaire (ganivelles) sur la partie centrale.

A partir de 1992, la partie centrale, la plus étroite, est plutôt marquée par des phénomènes de recul de sa limite basse (phénomène qui tend à s'estomper entre 1998 et 2003), ayant pour origine l'action érosive des houles de secteur Sud-Est qui, par réfraction, se déforment sur le prodelta de Pégoulie et atteignent ce secteur avec une concentration maximale de l'énergie. Les sédiments érodés sont ensuite redistribués vers la plage Napoléon et vers la flèche de la Gracieuse. L'extrémité occidentale de la plage Napoléon est caractérisée par une tendance à l'accrétion, probablement liée aux apports et aux épisodes de crue du Grand Rhône et à la dynamique d'Est en Ouest par houle de secteur Sud-Est. La flèche de la Gracieuse est relativement stable depuis 1992, à l'exception des fluctuations observées au niveau de l'extrémité de la flèche liées aux conditions océano-météorologiques (Carte 12).

3.3.1.2 Bilan surfacique

La surface globale des plages du delta du Rhône est de l'ordre de 10 514 471 m² (Annexe 4), la cellule hydrosédimentaire n°16, du Petit Rhône au grau de la Dent, regroupant près de 71 % des côtes meubles en termes de surface (Tableau 3-3).

Cellule hydrosédimentaire	Surface globale des zones meubles en 2003 (en m ²)
Cellule hydrosédimentaire n°15	321 653
Cellule hydrosédimentaire n°16	7 462 345
Cellule hydrosédimentaire n°17	1 212 527
Cellule hydrosédimentaire n°18	1 517 946
Total – Delta du Rhône	10 514 471

Tableau 3-3 : Surfaces des zones meubles à l'échelle du delta du Rhône

Le bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles est présenté à l'échelle du delta du Rhône dans le Tableau 3-4. Les années 1935, 1942 et 1950 étant incomplètes (Carte 2, Carte 3 & Carte 4), le bilan à l'échelle du delta du Rhône est seulement présenté entre 1977 et 2003. Le bilan à l'échelle des cellules hydrosédimentaires est fourni sur la période 1942-2003, en fonction de la disponibilité des photographies aériennes (Tableau 3-5).

L'analyse des variations de surface des plages (pertes et gains) à l'échelle du delta du Rhône met en évidence des bilans sensiblement négatifs quelle que soit la période considérée entre 1977 et 2003 (Tableau 3-4). Les surfaces de littoral perdues entre 1992 et 2003 sont moins importantes à l'échelle de la zone homogène qu'entre les années 1977 à 1992. En comparaison à la période 1992-1998, la période 1998-2003 est plutôt marquée par une tendance à la stabilité, avec un bilan légèrement négatif, représentant une perte surfacique inférieure à 1 % de la surface globale en 2003, alors que les pertes représentaient près de -29 % lors de la période précédente pour une durée sensiblement équivalente (5-6 ans).

Tableau 3-4 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1977-2003 à l'échelle du delta du Rhône (pas de photographies aériennes disponibles en 1927 et 1935 - années 1942 et 1950 incomplètes)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1977-1992	-2 634 746	92 471	-2 542 275	-24 %
1992-1998	-3 226 621	158 933	-3 067 688	-29 %
1998-2003	-349 072	342 372	-6 700	< -1 %
1977-1992	-2 634 746	92 471	-2 542 275	-24 %
1992-2003	-1 980 655	324 850	-1 655 805	-16 %
1977-2003	-4 304 218	104 654	-4 199 564	-40 %

L'étude des bilans des variations surfaciques des zones meubles montre à l'échelle des cellules hydrosédimentaires :

- ♦ un bilan négatif quelque soit le secteur étudié sur la période 1977-2003 ;
- ♦ un bilan surfacique sensiblement négatif pour la cellule hydrosédimentaire n°15, du canal du Rhône Vif à l'Ouest au Petit Rhône à l'Est, quelle que soit la période considérée, principalement lié à l'action érosive de la houle, ce secteur étant le lieu de concentration de l'énergie de la houle quelle que soit la direction de la houle au large et à la mise en œuvre des digues frontales en haut de plage induisant des pertes surfaciques. Ce bilan tend à diminuer, en valeur absolue, à partir de 1998 (bilan annuel de -18 100 m²) en comparaison à la période 1992-1998 (bilan annuel de -91 900 m²), probablement suite au rattachement de certains épis sous-dimensionnés et en mauvais état (formation de brèches) à la côte sur certains secteurs, ayant pour conséquence de limiter voire d'inverser la tendance au recul du trait de côte (STEMAR-07 à STEMAR-10, STEMAR-22 à STEMAR-23, la moitié Ouest de STEMAR-24, STEMAR-35 à STEMAR-43, STEMAR-46, STEMAR-47, STEMAR-49, STEMAR-50, etc.) ;

- ♦ un bilan négatif pour la cellule hydrosédimentaire n°16, du Petit Rhône à l'Ouest jusqu'au grau de la Dent à l'Est, à l'exception de la période 1998-2003, marquée par une tendance globale positive. Les fortes pertes surfaciques ont principalement pour origine les phénomènes d'érosion, sous l'action des houles prédominantes sur le delta du Rhône, de la plage à l'Est de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer (**STEMAR-65**) et de la partie orientale de la plage de Beauduc (**ARLES-01**). Ces pertes surfaciques sont compensées entre 1998 et 2003 par l'avancée conséquente de la limite basse de la plage de Beauduc (**ARLES-01**) au niveau de la flèche de Beauduc ;
- ♦ un bilan négatif pour la cellule hydrosédimentaire n°17, entre le grau de la Dent à l'Ouest et l'embouchure du Grand Rhône à l'Est, dont les fortes pertes surfaciques sont liées aux variations de la partie occidentale de plage de Piémanson (**ARLES-35** et **ARLES-36**) soumise à érosion sous l'action des houles du large. Le bilan positif entre 1977 et 1992 a pour origine la tendance à l'élargissement de la plage **ARLES-36** au niveau de l'embouchure du Grand Rhône ainsi que les fortes variations de la limite haute des plages **ARLES-19** à **ARLES-26** et **ARLES-31** à **ARLES-36** ;
- ♦ de fortes variations surfaciques au niveau de la cellule hydrosédimentaire n°18 (**plage Napoléon** et **flèche de la Gracieuse ARLES-37**) ayant pour origine :
 - l'action érosive des tempêtes de Sud-Est sur la partie centrale de la plage,
 - les fortes variations en termes de limite haute de la zone meuble notamment entre 1977 et 1992,
 - les phénomènes de recul et d'avancée de la limite basse à l'embouchure du Grand Rhône en fonction des apports et des conditions hydrologiques du fleuve,
 - les fluctuations de la flèche de la Gracieuse en fonction des conditions océano-météorologiques, variations qui tendent à se réduire depuis la mise en place d'épis formés d'épaves perpendiculairement au littoral à l'extrémité de la flèche et la réhabilitation du cordon dunaire par la mise en place d'un bourrelet sableux équipé de ganivelles.

Tableau 3-5 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1942-2003 à l'échelle des cellules hydrosédimentaires du delta du Rhône (année 1935 incomplète pour les cellules hydrosédimentaires n°15, n°16 et n°17, années 1942 et 1950 incomplètes pour la cellule hydrosédimentaire n°15)

Période	Cellule hydrosédimentaire n°15				Cellule hydrosédimentaire n°16				Cellule hydrosédimentaire n°17				Cellule hydrosédimentaire n°18			
	Bilan surfacique			Bilan par surface (*)	Bilan surfacique			Bilan par surface (*)	Bilan surfacique			Bilan par surface (*)	Bilan surfacique			Bilan par surface (*)
	Pertes (en m²)	Gains (en m²)	Bilan (en m²)		Pertes (en m²)	Gains (en m²)	Bilan (en m²)		Pertes (en m²)	Gains (en m²)	Bilan (en m²)		Pertes (en m²)	Gains (en m²)	Bilan (en m²)	
1942-1950	-	-	-	-	-635	8 328 182	8 327 547	112 %	-350 565	0	-350 565	-29 %	0	5 581	5 581	0 %
1950-1977	-	-	-	-	-9 102 292	202 811	-8 899 481	-119 %	-712 609	0	-712 609	-59 %	0	190 052	190 052	13 %
1977-1992	-679 000	0	-679 000	-211 %	-1 688 820	13 218	-1 675 602	-22 %	0	79 253	79 253	7 %	-266 926	0	-266 926	-18 %
1992-1998	-555 085	3 702	-551 383	-171 %	-598 556	143 837	-454 720	-6 %	-423 875	11 395	-412 480	-34 %	-164 9104	0	-1 649 104	-109 %
1998-2003	-98 166	7 637	-90 529	-28 %	-81 799	274 155	192 356	3 %	-169 106	11 993	-157 113	-13 %	0	48 588	48 588	3 %
1977-1992	-679 000	0	-679 000	-211 %	-1 688 820	13 218	-1 675 602	-22 %	0	79 253	79 253	7 %	-266 926	0	-266 926	-18 %
1992-2003	0	-641 912	-641 912	-200 %	-586 141	136 044	-450 097	-6 %	-570 666	188 806	-381 860	-31 %	-181 935	0	-181 935	-12 %
1977-2003	0	-1 320 913	-1 320 913	-411 %	-2043523	104 654	-1 938 869	-26 %	-490 920	0	-490 920	-40 %	-448 862	0	-448 862	-30 %

(*) Bilan par surface globale des zones meubles de la cellule hydrosédimentaire concernée en 2003 (en %)

Les variations de surface des zones meubles du delta du Rhône entre 1942 et 2003 ont pour origine :

- ♦ les phénomènes d'érosion sous l'action de la houle, notamment sur les secteurs entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'étang des Batayolles à l'Est (**STEMAR-01** à **STEMAR-64** et moitié occidentale de **STEMAR-65**), le littoral de Faraman (littoral oriental de **ARLES-01**, **ARLES-02** à **ARLES-35** et moitié occidentale de **ARLES-36**) et la partie la plus étroite de la plage Napoléon (**ARLES-37**). Certains secteurs sont naturellement protégés de l'action érosive de la houle, notamment le golfe de Beauduc, la flèche de Beauduc et l'embouchure du Grand Rhône ;
- ♦ la mise en place de nombreux ouvrages de protection contre l'érosion, tels que les épis, les brise-lames, des épis en « T », les tenons, notamment sur le littoral à l'Ouest de l'embouchure du Petit Rhône, le littoral urbanisé de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer et le littoral de Faraman. Ces aménagements ont globalement permis sur certains secteurs ponctuels de freiner, voire d'inverser, les phénomènes d'érosion par blocage du transit sédimentaire et accumulation de sédiments à proximité des épis ou en arrière des ouvrages longitudinaux. La mise en place de brises-lames a notamment induit l'accumulation de sables en arrière des ouvrages (**STEMAR-53**, **STEMAR-54** ou **ARLES-09**). Des épis formés d'épaves ont été mis en place perpendiculairement au littoral à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse afin de la remodeler et de ralentir l'avancée et l'épaississement de la pointe extrême en direction du chenal d'accès au golfe de Fos ;
- ♦ l'aménagement de digues en haut de plage sur la quasi totalité du littoral de la cellule hydrosédimentaire n°15 et le long de l'étang de Sainte-Anne, afin de protéger le littoral ou les marais salants en arrière-littoral contre les phénomènes d'érosion et de submersion marine. Ces constructions ont engendré une avancée de la limite haute de la zone meuble et par conséquent des pertes surfaciques de zones meubles (**STEMAR-04**, **STEMAR-05** et **STEMAR-06**, **STEMAR-05**, par exemple). Ces digues se trouvent parfois les pieds dans l'eau, signe d'une érosion importante ;
- ♦ l'endiguage de l'embouchure du Petit-Rhône, entraînant la disparition de la plage à l'extrémité Ouest de la cellule hydrosédimentaire (**STEMAR-69**).
- ♦ la construction du port des Saintes-Maries-de-la-Mer (Port Gardian), entraînant la réduction de la plage **STEMAR-56** ;
- ♦ les apports en sédiments et les conditions hydrologiques du Grand Rhône (épisodes de crue), qui sont à l'origine de fortes fluctuations des limites basses des zones meubles à proximité (**ARLES-36** à l'Ouest et **ARLES-37** à l'Est) ;
- ♦ des rechargements ou reprofilages sur les plages le long de la zone urbanisée des Saintes-Maries-de-la-Mer (**STEMAR-57** à **STEMAR-59**, **STEMAR-64** et **STEMAR-65**).

3.3.1.3 Synthèse

Le delta du Rhône, du canal du Rhône Vif à l'Ouest à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse à l'Est, était caractérisé à l'origine par des plages de sable fin relativement larges et étendues. Il présente désormais un littoral artificialisé par la présence de nombreux aménagements (épis, brise-lames ou digues frontales en haut de plage), notamment à l'Ouest de l'embouchure du Petit Rhône (cellule hydrosédimentaire n°15), le long du littoral urbanisé des Saintes-Maries-de-la-Mer (extrémité occidentale de la cellule hydrosédimentaire n°16) et à l'Ouest du littoral de Faraman (secteurs de l'étang de Sainte-Anne et de La Courbe, à l'Ouest de la cellule hydrosédimentaire n°17), la cellule hydrosédimentaire n°18 ayant fait l'objet d'immersion d'épaves à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse et de réhabilitation du cordon dunaire par la mise en place de ganivelles. Aucune côte rocheuse n'est présente le long du littoral du delta du Rhône.

L'analyse des variations de surface des plages (pertes et gains) met en évidence des bilans sensiblement négatifs entre 1977 et 2003, que ce soit à l'échelle du delta du Rhône (bilan de l'ordre de 4 200 000 m², représentant une perte surfacique de -40 % de la surface globale en 2003) ou à l'échelle des quatre cellules hydrosédimentaires.

L'évolution, sur la période 1942-2003, des zones meubles du delta du Rhône, Rhône, y compris la plage Napoléon et la flèche de la Gracieuse, est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- ◆ **l'action érosive de la houle**, dont la quantité d'énergie transmise à la côte varie en fonction du secteur concerné (orientation et bathymétrie) et de la direction de la houle. Les secteurs soumis à des phénomènes de concentration de l'énergie de la houle sont :
 - le littoral entre le canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'étang des Batayolles à l'Est, quelle que soit la direction de la houle au large (Sud-Est, Sud ou Sud-Ouest),
 - le secteur de l'étang de Sainte-Anne, suite à des phénomènes de réfraction sur le lobe fossile du Bras de Fer des houles de secteurs Sud-Est et Sud,
 - le secteur de la Courbe, par déformation sur le lobe fossile du Bras de Fer des houles de secteur Sud-Ouest,
 - la partie la plus étroite de la plage Napoléon, par réfraction sur le prodelta de Pégoulies des houles de secteur Sud-Est.
 - Certains secteurs se trouvent toutefois abrités de l'action érosive de la houle au niveau du golfe de Beauduc, de la flèche de Beauduc ou à l'Ouest de l'embouchure du Grand Rhône ;
- ◆ **la construction de nombreux aménagements** sur le littoral du delta du Rhône, avec notamment :
 - des épis ayant pour objectif de freiner l'érosion sur le littoral en bloquant le transit sédimentaire longitudinal, le long du littoral entre le

canal du Rhône Vif à l'Ouest et l'embouchure du Petit Rhône à l'Est, de l'étang de Sainte-Anne et à l'Est du grau de la Dent. Des phénomènes d'accumulation de sédiments sont parfois observés au pied des épis. De nombreux épis se retrouvent toutefois les « pieds dans l'eau », en raison d'un sous-dimensionnement de l'ouvrage, ou font l'objet de brèches, notamment à l'Ouest de la cellule hydrosédimentaire n°15, et ne peuvent plus remplir leur rôle de protection contre l'érosion. Le rattachement de ces digues à la côte ou aux digues frontales a parfois permis de ralentir voire d'inverser les phénomènes d'érosion,

- des brise-lames, induisant, par phénomène de protection contre l'action de la houle, une accumulation de sédiments en arrière de l'ouvrage, voire la formation d'un tombolo (rattachement de la plage à la structure),
 - les nombreux aménagements réalisés le long de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer afin de stabiliser le trait de côte et de protéger la digue frontale (brise-lames, digues, épi en « T » ou tenon). Des phénomènes d'accumulation sur les secteurs de plage protégés de l'action de la houle sont observés. Les autres plages, qui ne se trouvent pas directement protégées de la houle par des ouvrages, sont plutôt caractérisées par des phénomènes de recul de leur limite basse,
 - trois séries d'épis formés d'épaves perpendiculairement au littoral à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse afin de la remodeler et de ralentir l'avancée et l'épaississement de la pointe extrême en direction du chenal d'accès au golfe de Fos ;
- ♦ la **réduction ou la disparition de zones meubles** suite à la construction du port des Saintes-Maries-de-la-Mer (Port Gardian) ou de l'endiguage de l'embouchure du Petit-Rhône ;
 - ♦ les **apports en sédiments** et les **conditions hydrologiques** du Grand Rhône (épisodes de crue), qui sont à l'origine de fortes fluctuations des limites basses des plages à proximité (plage de Piémanson à l'Ouest, plage de Napoléon à l'Est) ;
 - ♦ la **pratique de rechargement ou de reprofilage** sur des plages le long de la zone urbanisée des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Les plages localisées dans des zones de concentration de l'énergie des houles sont globalement soumises à des phénomènes de recul du trait de côte, notamment (Carte 12) :

- ♦ à l'Ouest de l'embouchure du Petit Rhône (cellule hydrosédimentaire n°15), malgré la mise en place de nombreux épis sous-dimensionnés. Ces phénomènes d'érosion tendent toutefois à se réduire, certaines plages semblant même se stabiliser depuis 1998, suite au raccordement des épis aux digues frontales ;
- ♦ le long du littoral urbanisé de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer, à l'exception de zones meubles qui se trouvent désormais bien

protégées de l'action de la houle en arrière d'ouvrages longitudinaux (STEMAR-52 à STEMAR-54 et STEMAR-60 à STEMAR-63) ;

- ♦ la plage du golfe de Beauduc (moitié occidentale de STEMAR-65) jusqu'au niveau de l'étang des Batayolles et l'extrémité orientale de la plage de la flèche de Beauduc (ARLES-01) ;
- ♦ le littoral aménagé par des épis au niveau de l'étang de Sainte-Anne (ARLES-02 à ARLES-04, ARLES-06 à ARLES-08, ARLES-13, ARLES-19, ARLES-22 et ARLES-24 à ARLES-26), malgré la présence de ces épis, à l'exception de quelques zones meubles marquées par une tendance à la stabilité ;
- ♦ la plage de Piémanson (ARLES-35 et ARLES-36), à l'exception d'une faible portion relativement stable à l'Est, qui se trouve protégée de l'action de la houle par l'embouchure du Grand Rhône ;
- ♦ au niveau de la partie centrale, la plus étroite, de la plage Napoléon (ARLES-37, cellule hydrosédimentaire n°18). Ce phénomène d'érosion tend toutefois à s'estomper depuis 1998.

Certains secteurs sont toutefois marqués par une tendance à la stabilité :

- ♦ à proximité du canal du Rhône Vif (STEMAR-01 et STEMAR-03 à STEMAR-06) ou au niveau des Quatre-Maries (STEMAR-24 à STEMAR-26), secteurs protégés par des épis rattachés à la côte ;
- ♦ au niveau de l'étang des Batayolles (STEMAR-65), au fond du golfe de Beauduc (ARLES-39 et extrémité de ARLES-01) et à l'Est de la plage de Piémanson (ARLES-36), secteurs naturellement protégés par la flèche de Beauduc ou l'embouchure du Grand Rhône ;
- ♦ au niveau de l'étang de Sainte-Anne et du secteur de La Courbe (ARLES-05, ARLES-10 à ARLES-12, ARLES-14 à ARLES-18, ARLES-20, ARLES-23 et ARLES-32 à ARLES-34), secteurs aménagés par des épis ;
- ♦ à l'extrémité de la flèche de la Gracieuse (ARLES-37), suite à la mise en place des épis formés d'épaves.

Certaines plages sont également marquées par une tendance à l'accrétion, notamment :

- ♦ les zones meubles en arrière de brise-lames entre l'embouchure du Rhône et le Port Gardian (STEMAR-52 à STEMAR-54), à l'Ouest du grau de la Fourcade (STEMAR-61 à STEMAR-63) ou à l'Ouest du grau de la Dent (ARLES-09) ;
- ♦ au niveau du golfe de Beauduc (moitié orientale de la plage STEMAR-65) et de la flèche de Beauduc (moitié occidentale d'ARLES-01), secteurs naturellement protégés de l'action de la houle par la présence de la flèche de Beauduc ;

- ♦ à l'Est du secteur de La Courbe (ARLES-27 à 31), zones meubles aménagées par des épis bien dimensionnés ;
- ♦ au niveau de l'extrémité occidentale de la plage Napoléon, probablement suite aux apports du Grand Rhône.

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

Le littoral du golfe de Fos se divise en deux secteurs (Carte 13) :

- ♦ 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.

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.

3.3.2.1 Côtes meubles

Le littoral du golfe de Fos regroupe, en 2003, 70 zones meubles distinctes réparties sur les communes de Port-Saint-Louis-du-Rhône (à l'exception de la **plage Napoléon**, nommée **ARLES-37**), Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc et Martigues (Carte 13 & Carte 14).

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).

L'album photographique en Carte 15 présente la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral du golfe de Fos.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 5.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

L'étude de l'évolution des surfaces meubles du golfe de Fos, à l'exception de la **plage Napoléon (ARLES-37)**, sera entreprise à l'échelle des communes d'Ouest en Est.

Le littoral de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône

Le littoral de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône comprend dans le golfe de Fos, à l'exception de la flèche de la Gracieuse (**plage Napoléon** ou moitié Nord de **ARLES-37**) dont l'évolution est présentée dans l'étude de la zone homogène n°15 (Carte 14) :

- ♦ la plage de Carteau (**PLOUIS-17 à PLOUIS-19 et PLOUIS-31**) au Sud de l'embouchure du canal Saint-Louis, zone meuble en milieu humide, relativement large en 2003, et lors de la visite de terrain, ayant tendance à s'élargir depuis 1992 ;
- ♦ la plage Olga ou plage Nord (**PLOUIS-01**) au Nord de l'embouchure du canal Saint-Louis, plage de sable fin réaménagée suite à la construction de l'abri de la plage Nord entre 1977 et 1992 (Carte 15). Cette zone meuble a tendance à se creuser au centre en arrière de l'épi central qui se trouve dorénavant les pieds dans l'eau (séparé de la plage de plusieurs mètres d'après la visite de terrain). L'analyse des photographies aériennes confirme ce phénomène d'érosion de la plage (digue rattachée à la plage à l'origine), qui semble s'être accentué entre 2003 et 2008. La dune est également quasiment détruite par le passage des personnes et ne bénéficie pas de protection ;
- ♦ la zone **PLOUIS-02**, formée suite à l'aménagement de la Darse n°3 (inaccessible lors de la visite de terrain) et stable sur la période 1998-2003.

Des plages ont disparu suite à des aménagements sur le littoral (Carte 14) :

- ♦ **PLOUIS-08, PLOUIS-09, PLOUIS-10, PLOUIS-11, PLOUIS-12, PLOUIS-13, PLOUIS-14, PLOUIS-15 et PLOUIS-16** : remblaiement au Sud du bassin des Tellines après 1947 ;
- ♦ **PLOUIS-21, PLOUIS-22 et PLOUIS-32** : construction de l'abri et de la plage du Carteau ;
- ♦ les zones meubles, susceptibles d'être immergées, parfois observées au niveau du they de l'Annibal, du they de la Tartane, du they du Mort, du they du Pegoulie et du they de la Gracieuse dans les années 1935 à 1992 (**PLOUIS-03, PLOUIS-04, PLOUIS-23, PLOUIS-24, PLOUIS-25, PLOUIS-26, PLOUIS-27, PLOUIS-28, PLOUIS-29, PLOUIS-33 et PLOUIS-34**) et le long de la zone des cabanes de Carteau (**PLOUIS-05, PLOUIS-06, PLOUIS-07 et PLOUIS-30**).

Le littoral de la commune de Fos-sur-Mer

Le littoral de la commune de Fos-sur-Mer, principalement entre **FOSMER-01** et **FOSMER-15**, a été sensiblement modifié par la construction du complexe industriel de Fos-sur-Mer : une large plage longeait le littoral d'après les clichés de 1942 et 1950.

Des zones meubles, non accessibles lors de la visite de terrain (zones industrielles) et dont l'existence n'a pu être validée, sont observées en bordure du complexe (Carte 14) :

- ♦ au niveau de la Darse n°1 :
 - à l'Ouest de la darse : FOSMER-01, FOSMER-02 et FOSMER-03, relativement stables,
 - à l'Est de la darse : FOSMER-04, relativement stable, FOSMER-06, FOSMER-07, FOSMER-08, petites plages en 2003 disparues entre 1977 et 1998 et FOSMER-09 non visible en 1998 ;
- ♦ au niveau de la Darse n°2 : **FOSMER-30 à FOSMER-31, FOSMER-44 a, FOSMER-44 b, FOSMER-36, FOSMER-37 à FOSMER-38, FOSMER-39 à FOSMER-40, FOSMER-41, FOSMER-42 et FOSMER-43**, dont l'évolution naturelle stable, est difficilement mise en évidence (variations de **FOSMER-30 à FOSMER-31** entre 1992 et 1998 probablement liées au remblaiement du quai en fond de darse) ;
- ♦ à l'intérieur du bassin d'apportement au niveau de la zone industrielle de la Darse Sud : **FOSMER-10 et FOSMER-11**, marquées par une tendance à l'érosion d'après l'analyse des photos aériennes (séparation des zones meubles à partir de 2003) ;
- ♦ à l'intérieur du port de service de Gloria (**FOSMER-29**), zone meuble en milieu humide marquée par une tendance à l'accrétion entre 1992 et 2003.

Des zones meubles identifiées à partir des photographies aériennes ont disparu suite à des aménagements sur le littoral (Carte 14) :

- ♦ **FOSMER-05** : aménagement au niveau de la Darse n°1 ;
- ♦ **FOSMER-27 et FOSMER-28** : enrochement du Môle Graveleau au niveau de la Darse n°3 ;
- ♦ **FOSMER-33** : aménagement de la Darse n°2 entre 1950 et 1977.

A l'Est du bassin d'apportement du complexe industriel, s'étendait jusqu'en 1977 une longue plage, **FOSMER-12 à FOSMER-16**, découpée en 2003 en 4 zones meubles distinctes :

- ♦ **FOSMER-12**, inaccessible lors de la visite de terrain, relativement stable entre 1998 et 2003 ;
- ♦ **FOSMER-13**, plage étendue de galets, délimitée par des épis en enrochements au Sud (mis en place avant 1977), soumise à érosion d'après l'étude des photographies aériennes et la visite de terrain (présence d'enrochements, construits entre 1977 et 1992, se retrouvant les « pieds dans l'eau »), avec un recul de certaines portions de la plage entre 1992 et 1998. La plage est relativement stable sur la période 1998-2003 ;
- ♦ la plage du Cavaou (**FOSMER-15**), longue plage de sables, graviers et galets, plus étroite à l'Ouest qu'à l'Est où elle est plus naturelle. Des travaux

de reformatage de la plage et du cordon ont été effectués il y a 15 ans environ (commune de Fos-sur-Mer, entretien du 26 mars 2008). Ils ont été arrêtés depuis en raison de leur inefficacité. Elle ne présente pas de tendance particulière depuis 1977. L'accès de la plage du Cavaou sera prochainement fermé au public (extension du périmètre réglementé SEVESO) ;

- ♦ **FOSMER-16**, séparée de la plage précédente par des épis en enrochements aménagés entre 1977 et 1992. Cette plage de sables fins et de galets, plus large à l'Est qu'à l'Ouest, comprend un épi en milieu de plage construit entre 1977 et 1992. Elle ne présente pas de tendance particulière sur la période 1977-2003, à l'exception d'une légère accrétion à l'Ouest de l'épi central et d'une érosion à l'extrémité Est, liées à la dynamique sédimentaire d'Est en Ouest le long de la plage. Les variations surfaciques entre 1992 et 1998 (de l'ordre de $-2\ 000\text{ m}^2$) sont liées à la mise en place d'enrochements à l'Ouest en milieu de plage.

A l'Est de la plage précédente, on observe, jusqu'au port de Saint-Gervais, des plages, séparées par des épis construits entre 1977 et 1992, avec du Nord-Ouest au Sud-Est (Carte 14) :

- ♦ **FOSMER-17**, plage de sables en bas de plage et de galets en arrière des enrochements en haut de plage, plus large à l'Ouest qu'à l'Est, relativement stable sur la période 1977-2003 ;
- ♦ **FOSMER-18 à FOSMER-21**, plages de sables grossiers et de galets, le long de la digue entre les épis. **FOSMER-20**, **FOSMER-21** et **FOSMER-22** formaient une seule plage en 1950. Ce sont désormais des petites plages seulement attenantes à l'un des deux épis, à l'extrémité Ouest pour les zones les plus à l'Ouest (**FOSMER-18** et **FOSMER-19**) et à l'Est pour les deux autres zones. Ces plages se trouvent relativement stables sur la période 1998-2003 après une tendance à l'érosion entre 1992 et 1998. Leur bilan en termes de dynamique sédimentaire entre 1992 et 2003 est plutôt à l'érosion ;
- ♦ **FOSMER-22**, plage de sable plus large que les précédentes, relativement stable, délimitée par des enrochements de part et d'autre et par des habitations en haut de plage ;
- ♦ **FOSMER-23** (Carte 15), plage de sables fin à moyen, à l'Est du dernier épi, plus étroite et moins longue en 1998 par rapport à 1992 et 2003. Cette zone meuble est caractérisée par une stabilité de sa limite basse, l'évolution de 1998 étant probablement imputable à l'angle de prise de vue. Des signes d'érosion sont mis en évidence aux extrémités de la zone de plage d'après visite de terrain ;
- ♦ **FOSMER-24**, plage de graviers et de galets, avec la présence de matériaux plus grossiers au Nord, protégée au Nord par une digue et au Sud par le bassin Ouest du port de Saint-Gervais, mis en place entre 1992 et 1998. Les fortes variations relevées entre 1977 et 1992 sont inhérentes aux aménagements mis en place (digue sur laquelle s'appuiera le port). L'analyse des photographies aériennes met en évidence des signes

d'accrétion notamment au Sud entre 1998 et 2003, période sans aménagement.

La construction du bassin Est du port de Saint-Gervais, entre 1977 et 1992, a entraîné la diminution de la plage **FOSMER-24** (disparition de la plage au niveau du port **FOSMER-24 b**), déjà séparée de la plage de l'anse de Saint-Gervais à l'Est par la construction d'une digue entre 1950 et 1977.

La **Grande Plage (FOSMER-25 et FOSMER-26)**, dans l'anse de Saint-Gervais, est dorénavant scindée en deux parties depuis l'aménagement des enrochements au centre de l'anse (plages rattachées en 1950, par exemple). **FOSMER-25**, plage de sables fin à grossier de largeur variable (entre 20 m à l'Est à 50 m au centre) est marquée par une tendance à l'érosion à l'Est sur la période 1977-2003. **FOSMER-26** (Carte 15), peut se décomposer en trois zones de matériaux distincts : deux plages de sables fin à grossier et de galets aux extrémités et une zone de galets plus grossiers et de rochers issus de l'effondrement des falaises sur la partie centrale, relativement stable. Au Nord, la zone meuble est entourée de falaises en éboulements et d'enrochements artificiels de protection de la route en arrière-plage (plage encore existante en 1950). Cette portion de plage en bordure de la digue présente un recul de la limite inférieure entre 1992 et 1998 et une avancée jusqu'en 2003. Au Sud-Est, la plage était plus longue avant la construction de l'abri de la plage de Bottaï, entre 1977 et 1992. Des phénomènes d'accumulation de sédiments sont observés en bordure de la digue de l'abri. **FOSMER-26** est globalement stable entre 1992 et 2003 à l'exception de sa partie occidentale.

Le littoral de la commune de Port-de-Bouc

Au Sud de l'abri de la plage de Bottaï, se trouvent les plages de la commune de Port-de-Bouc (Carte 14) :

- ♦ la **plage de Bottaï (PBOUC-03)**, plage de sables moyen à grossier et de galets, à l'origine rattachée aux plages précédentes (**FOSMER-24**, **FOSMER-25** et **FOSMER-26**), relativement stable depuis 1998. Cette plage ne présente pas de signes d'érosion d'après la visite de terrain. Des enrochements sont mis en place entre la dune et la plage sur la quasi-totalité de la longueur de la plage. 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 (commune de Port-de-Bouc, entretien du 26 mars 2008). Un rechargement était prévu au printemps 2008 sur la plage du Bottaï (environ 100 m³ de sable). Au nord de cette plage, se situe une zone de platier rocheux, **PBOUC-15**, non visible en 2003 et partiellement recouverte de sables d'après la visite de terrain ;
- ♦ **PBOUC-04**, plage de matériaux hétérogènes (sables, graviers, galets, coquilles et blocs rocheux) protégée de l'action de la houle par une digue en enrochements au Nord. Cette plage ne présente pas d'évolution particulière ;

- ♦ **PBOUC-05**, plage de galets, comprise entre des blocs rocheux naturels au Nord et artificiels au Sud. Cette plage ne présente pas de tendance particulière ;
- ♦ **PBOUC-06**, la **plage des Ours** (Carte 15), plage de galets et de graviers, en pied de côte rocheuse, sensiblement plus large au Nord en arrière de blocs rocheux naturels qu'au Sud le long de la falaise. Cette plage est relativement stable. Les galets de la plage des Ours sont régulièrement repositionnés au moyen d'un bulldozer, ce qui peut expliquer la tendance à la stabilité ;
- ♦ **PBOUC-07** et **PBOUC-08**, constitués de galets issus de l'effondrement des falaises en arrière-plage, ne formaient auparavant qu'une seule plage. **PBOUC-08** est, d'après la visite de terrain, actuellement séparée en deux segments par un rocher. Ces zones présentent des signes d'érosion non constatés dans l'analyse des photographies aériennes (zones difficilement observables en 1992 en raison de l'absence de contrastes marqués entre la zone de falaise et la plage) ;
- ♦ **PBOUC-09**, **plage des Combattants** (Carte 15), protégée par deux murs de soutènement : un mur en milieu de plage protégeant de la houle la plage située en hauteur (dénivelé de l'ordre de 1 m entre les deux plages) et un mur en haut de plage limitant l'effondrement de la falaise construit dans les années 50. Du sable puis des gravillons (environ 25 tonnes en 2006) ont été déposés sur la plage des Galets ont été déposés entre ces 2 murs. Les évolutions de surface de la plage (pertes surfaciques de 760 m² environ) sont liées aux aménagements (construction du mur en milieu de plage non visible ou non construit avant 2003). Une érosion se produit sur la partie sud de la plage où il ne reste presque que le muret face à la mer ;
- ♦ **PBOUC-10**, plage plus large au Nord qu'au Sud, constituée de graviers issus de la falaise et de blocs rocheux noirs, montrant des signes d'érosion ;
- ♦ **PBOUC-11**, plage de galets en pied de falaise entourée de blocs rocheux. La visite de terrain a mis en évidence des signes d'effondrement de la falaise sur la zone de plage. Cette zone meuble est relativement stable ;
- ♦ **PBOUC-12**, **plage des Aigues Douces** (Carte 15), plage aménagée et agrandie entre 1950 et 1992, après la destruction de l'usine Saint-Gobain dont les déblais avaient été déposés sur le littoral (surface multipliée par 6). Elle est composée de galets grossiers en bas de plage et d'un mélange de galets et de graviers en milieu et haut de plage. 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. Cette zone est sensiblement plus large au centre qu'aux extrémités protégées par des enrochements. Cette plage est stable sur la période 1998-2003 (des signes d'érosion sont toutefois visibles au pied des enrochements) ;
- ♦ la **plage de la Lecque** (**PBOUC-13** et **PBOUC-14**), plage naturelle constituée de graviers, galets et coquilles, séparées depuis 1992 par des platiers rocheux mis à nu. Des signes d'érosion sont visibles au niveau de

PBOUC-13, plage en bordure d'enrochements quasiment inexistante (largeur inférieure à 2 m) et non visible en 1998 et au niveau des enrochements à l'Est de **PBOUC-14**. L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à la stabilité de la limite basse entre 1992 et 2003 pour **PBOUC-14**.

Le littoral de la commune de Martigues

Le littoral de la commune de Martigues, en zone homogène n°16, comprend de nombreuses zones meubles (Carte 14) :

- ♦ une zone meuble dénommée **MARTIG-01** est observée en 2003 en bordure du port de Lavera, son existence n'a pas pu être validée lors de la visite de terrain (propriété privée) ;
- ♦ **MARTIG-02, plage du Fort**, plage de sables grossiers, de graviers et de blocs rocheux, réaménagée suite à la construction du port de Lavéra, sans évolution marquée en termes de limite basse ;
- ♦ **MARTIG-03, plage du Canal Vieil**, plage en fond de baie de sables grossiers et de coquilles, probablement formée suite à l'accumulation de sédiments à l'embouchure du cours d'eau, non visible ou inexistante en 1992 ;
- ♦ **MARTIG-04**, plage de graviers et de blocs rocheux, entre des enrochements en béton. Des signes d'érosion sont visibles de part et d'autre du bloc rocheux central. L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à la réduction de la longueur de la zone meuble ;
- ♦ **MARTIG-05**, zone stable non accessible lors de la visite de terrain (propriété privée) ;
- ♦ les **plages de Ponteau (MARTIG-06, MARTIG-07 et MARTIG-08)**, avec notamment :
 - **MARTIG-06** (Carte 15), plage de sable, graviers et galets, dont la largeur varie entre 1 et 10 m. Cette plage, longée par des habitations, est soumise à des phénomènes d'érosion en pied de mur ou d'escalier. Des signes d'érosion sont également visibles de part et d'autre de l'épi construit perpendiculairement à l'Ouest de la plage,
 - **MARTIG-07 et MARTIG-08**, plages de sables, graviers et cailloux séparées par une habitation et marquées par des signes d'érosion visibles au niveau de l'habitation entre les deux plages (absence de plage) et de la cale de mise à l'eau située sur **MARTIG-07** ;
- ♦ **MARTIG-42**, plage encaissée relativement stable (difficilement accessible lors de la visite de terrain) ;
- ♦ **MARTIG-09**, plage de sables grossiers et de galets, en fond de baie, sans évolution particulière ;

- ♦ **MARTIG-10**, plage de sables grossiers en fond de calanque des Renaïres, protégée par l'abri aménagé entre 1977 et 1992, relativement stable sur la face Nord mais assez variable en fond de baie (variations liées aux aménagements portuaires). L'évolution de la plage est difficilement définie à partir de l'analyse des photographies aériennes : érosion entre 1992 et 1998 mais accrétion au centre entre 1998 et 2003 ;
- ♦ **les plages de l'anse des Laurons, MARTIG-11 et MARTIG-12 :**
 - **MARTIG-11** (Carte 15), plage de sable relativement stable, les variations de surface entre 1977 et 1992 (pertes de 1 000 m² environ) étant liées à l'aménagement d'un terre-plein avec enrochements à l'extrémité Nord,
 - **MARTIG-12**, plage de graviers, plus large à l'Ouest qu'à l'Est, délimitée par des enrochements et relativement stable ;
- ♦ **MARTIG-13**, plage de sables grossiers et de graviers, encaissée entre des enrochements artificiels. Cette plage, bien protégée de l'action de la houle, est stable ;
- ♦ **les plages de l'anse de Bonnieu (MARTIG-14, MARTIG-15 et MARTIG-16) :**
 - **MARTIG-14**, plage de graviers, relativement stable entre 1998 et 2003 et dont l'évolution est principalement liée à la construction, avant 1998, d'habitations en haut de plage,
 - **MARTIG-15**, plage de sables fin à grossier, soumise à un recul de la limite inférieure entre 1992 et 2003 à l'Est de la plage,
 - **MARTIG-16**, plage de sables moyen à grossier, sans tendance mise en évidence entre 1992 et 2003 ;
- ♦ **MARTIG-17**, petite plage de galets sur rochers en fond de crique, sans évolution particulière ;
- ♦ **MARTIG-18**, plage en fond de crique, peu accessible et bien protégée de l'action de la houle. Cette zone meuble est stable entre 1998 et 2003 (forme différente en 1992 probablement inhérente à l'absence de contrastes en milieu rocheux) ;
- ♦ **MARTIG-19, plage du port de Carro**, plage de sables moyens et de galets, en fond de crique bien protégée de l'action de la houle en arrière du port de Carro, relativement stable mais présentant des signes d'érosion à l'Est ;
- ♦ **MARTIG-20**, zone meuble de sable, dont la limite basse est stable, les variations de la limite supérieure étant liées à la végétalisation de l'arrière-plage ;
- ♦ **MARTIG-21, plage de l'anse du Verdon** (Carte 15), plage de sables moyens en fond de crique, de limite basse relativement stable de 1977 à 2003, à l'exception d'un recul en 1998 (pas de rechargement d'après la commune de Martigues, entretien du 25 mars 2008).

Certaines plages ont disparu suite à la mise en place d'aménagements (Carte 14) :

- ♦ **MARTIG-44, MARTIG-45, MARTIG-48 et MARTIG-49** : construction du port de Lavéra ;
- ♦ **MARTIG-46** : aménagement du terre-plein au niveau du complexe pétrochimique de Lavera ;
- ♦ **MARTIG-47** : aménagement de la station d'épuration entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARTIG-52 et MARTIG-54** : construction de la centrale électrique de Martigues-Ponteau entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARTIG-53** : construction du port de Carro entre 1927 et 1950.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles du golfe de Fos, à l'exception de la flèche de la Gracieuse (**ARLES-37**), est de l'ordre de 423 205 m² (Annexe 5). Les surfaces des zones meubles varient entre 47 m² pour la zone meuble **FOSMER-20** et 22 170 m² pour la **plage de l'anse du Verdon (MARTIG-21)**.

Le calcul de l'évolution des surfaces des plages à l'échelle du golfe de Fos met en évidence un bilan surfacique négatif sur la période 1950-2003, avec une perte globale de l'ordre -73 % entre 1950 et 2003, ainsi que sur les périodes 1950-1977 et 1992-1998 (Tableau 3-6). Seules les périodes 1977-1992 et 1998-2003 sont marquées par des bilans positifs.

Tableau 3-6 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1950-2003 à l'échelle du golfe de Fos (années 1927, 1935 et 1942 incomplètes)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1950-1977	-563 820	272 460	-291 360	-69 %
1977-1992	-98 385	207 258	108 873	26 %
1992-1998	-296 832	26 091	-270 741	-64 %
1998-2003	-12 156	170 794	158 638	37 %
1950-1992	-594 116	405 554	-188 562	-45 %
1992-2003	-257 427	135 313	-122 114	-29 %
1950-2003	-623 326	316 243	-307 083	-73 %

Les variations de surface observées entre 1950 et 2003 (pertes et gains surfaciques) ont pour origine :

- ♦ l'aménagement du complexe industriel de Fos-sur-Mer engendrant :
 - soit la formation de zones meubles au niveau de la Darse n°1 (FOSMER-01 à FOSMER-04 et FOSMER-06 à FOSMER-09), de la Darse n°2 (FOSMER-30 à FOSMER-31, FOSMER-44 a, FOSMER-44 b, FOSMER-36, FOSMER-37 à FOSMER-38, FOSMER-39 à FOSMER-40, FOSMER-41, FOSMER-42 et FOSMER-43) et de la Darse n°3 (PLOUIS-02), à l'intérieur du bassin d'apportement (FOSMER-10 et FOSMER-11) et dans le port de service de Gloria (FOSMER-29), ce qui représenterait un gain surfacique de l'ordre de 109 000 m², soit près d'un quart de la surface actuelle globale des zones meubles. Ces variations de surface doivent être considérées avec précaution étant donné que l'existence de la plupart de ces zones meubles n'a pu être validée lors des visites de terrain (propriété privée),
 - soit la disparition de zones meubles (FOSMER-05 au niveau de la Darse n°1, FOSMER-33 au niveau de la Darse n°2, FOSMER-27 et FOSMER-28 au niveau de la Darse n°3), ce qui représenterait une perte surfacique globale de l'ordre de 417 000 m², essentiellement liée à la disparition supposée de la zone meuble FOSMER-33 ;
- ♦ la construction d'abris portuaires entraînant l'aménagement de nouvelles zones meubles, tels que l'abri de la plage Nord au niveau de la **plage de Carteau** (PLOUIS-01, PLOUIS-17 à PLOUIS-19 et PLOUIS-31) ;

- ♦ des aménagements sur le littoral entraînant la disparition de surfaces meubles, notamment :
 - le remblaiement au Sud du bassin des Tellines (**PLOUIS-08, PLOUIS-09, PLOUIS-10, PLOUIS-11, PLOUIS-12, PLOUIS-13, PLOUIS-14, PLOUIS-15 et PLOUIS-16**),
 - la construction de l'abri au niveau de la plage de Carteau (**PLOUIS-21, PLOUIS-22 et PLOUIS-32**),
 - l'aménagement du port et du complexe pétrochimique de Lavéra (**MARTIG-01, MARTIG-02, MARTIG-44, MARTIG-45, MARTIG-46, MARTIG-48 et MARTIG-49**),
 - l'installation de la station d'épuration de la commune de Martigues (**MARTIG-47**),
 - la construction de la centrale électrique de Martigues-Ponteau (**MARTIG-52 et MARTIG-54**),
 - la construction du port de Carro (**MARTIG-53**) ;
- ♦ la construction d'aménagements directement sur la surface meuble induisant la diminution ou la disparition de plages : cale de mise à l'eau (**MARTIG-08**), digue (**FOSMER-24**), ouvrages portuaires (**FOSMER-24, FOSMER-26**), mur de protection contre la houle en milieu de plage (plage des Combattants nommée **PBOUC-09**), habitations en haut de plage (**MARTIG-07 et MARTIG-14**), terre-plein (**MARTIG-11**) ;
- ♦ l'aménagement et l'agrandissement de zones meubles (**plage des Aigues Douces** ou **PBOUC-12**) ;
- ♦ l'accumulation de sédiments à l'embouchure de cours d'eau (**MARTIG-03, plage du Canal Vieil**) ;
- ♦ des phénomènes d'érosion ponctuelle à proximité d'ouvrages de protection, tels que les épis ou les enrochements longitudinaux (**plage Olga** ou **plage Nord** nommée **PLOUIS-01**) ;
- ♦ des modifications de la dynamique naturelle suite à la construction d'épis bloquant le transit sédimentaire et les apports de sédiments sur les zones meubles (**FOSMER-20, FOSMER-21 et FOSMER-22**) ;
- ♦ des phénomènes naturels de recul de la limite basse des zones meubles susceptibles d'être immergées au niveau du they de l'Annibal, du they de la Tartane, du they du Mort, du they du Pégoulie et de la flèche de la Gracieuse (**PLOUIS-03, PLOUIS-04, PLOUIS-23, PLOUIS-24, PLOUIS-25, PLOUIS-26, PLOUIS-27, PLOUIS-28, PLOUIS-29, PLOUIS-33 et PLOUIS-34**) et le long de la zone des cabanes de Carteau (**PLOUIS-05, PLOUIS-06, PLOUIS-07 et PLOUIS-30**) ;
- ♦ l'érosion naturelle au niveau de la **plage de la Lecque** (**PBOUC-13 et PBOUC-14**) et de la **plage de l'Anse du Verdon** (**MARTIG-21**), par exemple.

3.3.2.2 Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses présentes dans le golfe de Fos sont situées sur sa façade orientale (Carte 13).

L'album photographique en Carte 16 présente la morphologie de quelques secteurs de falaises caractéristiques du littoral du golfe de Fos.

Les secteurs de côte rocheuse en érosion sont localisées (Carte 17) :

- ♦ **au Nord du canal de Caronte**, sur les communes de Port-de-Bouc et de Fos-sur-Mer (Carte 16). Ces falaises d'une quinzaine de mètres de haut sont taillées dans de la roche friable (poudingue). Deux zones sont particulièrement concernées par les phénomènes d'érosion : le secteur près de la base nautique de Port-de-Bouc et surtout, le secteur situé au niveau du collège F. Mistral (Carte 16), au Sud de la **plage des Ours**, nommée **PBOUC-06** (commune de Port-de-Bouc, entretien du 26 mars 2008). 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. La protection des falaises de la commune de Fos-sur-Mer (de roche friable) de 15 m de hauteur environ est assurée depuis 15 ans par des barrières. Les problèmes d'érosion ne sont plus d'actualité sur ce secteur depuis leur mise en place ;
- ♦ **au Sud du canal de Caronte**, sur la commune de Martigues, de la pointe de Bonnieu (anse des Laurons) au cap Couronne (anse de Verdon). Les caps les plus marqués de cette côte rocheuse calcaire (pointe de Bonnieu et cap Couronne) sont le lieu de concentration de l'énergie de la houle et présentent des signes d'érosion significatifs (Cabinet RAMADE A./GERIM, 1999). 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 16) dus au sous-cavage et à l'érosion différentielle entraînant la déstabilisation des niveaux calcaires (BRGM, 2005).

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités est de l'ordre de 3 070 m, ce qui représente près de 3 % du linéaire global du trait de côte (zones meubles, côtes rocheuses et littoral aménagé).

3.3.2.3 Synthèse

Le littoral du golfe de Fos, hors flèche de la Gracieuse (cellule hydrosédimentaire n°18), se compose :

- ♦ d'une zone d'estuaire (embouchure du Rhône) à l'Est du golfe où la côte est linéaire, basse et sablonneuse avec des plages réaménagées à proximité de zones portuaires ;
- ♦ du complexe industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer, avec des zones supposées meubles le long des darses ;
- ♦ de longues plages naturelles ou aménagées par des épis au niveau de l'Anse de Saint-Gervais ;
- ♦ d'une côte rocheuse parsemée de plages étroites de Port-de-Bouc au cap Couronne, qui correspond à la partie occidentale de la chaîne de la Nerthe.

Le bilan de l'évolution des surfaces meubles met en évidence, à l'échelle du golfe de Fos, des pertes surfaciques relativement importantes sur la période 1950-2003 (bilan surfacique de -307 083 m² environ).

L'évolution des zones meubles (pertes ou gains en termes de surface) du golfe de Fos, sur la période 1950-2003, est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- ♦ la **construction de nombreux aménagements sur le littoral** (complexes industrialo-portuaires de Fos-sur-Mer et de Lavéra, ports, abris, remblaiement de zones marécageuses, station d'épuration, centrale électrique, etc.) ayant engendré soit la disparition des zones meubles situées à l'emplacement des constructions soit la formation, d'origine naturelle ou anthropique (rechargement), de nouvelles surfaces meubles ;
- ♦ la **construction d'aménagements directement sur la surface meuble** (cale de mise à l'eau, digue, habitations en haut de plage, terre-plein, etc.) induisant la diminution ou la disparition de plages. Des phénomènes ponctuels d'érosion sont également observés au pied de ces ouvrages ou habitations en haut de plage ;
- ♦ l'**accumulation de sédiments** à l'embouchure de cours d'eau ;
- ♦ l'**aménagement et l'agrandissement de zones meubles** ;
- ♦ la **présence d'ouvrages de protection contre les phénomènes d'érosion** (épis ou enrochements longitudinaux) ou d'ouvrages portuaires, modifiant la dynamique sédimentaire (blocage des sédiments ou modification du transit sédimentaire local) et induisant des phénomènes d'érosion suivant le transit des sédiments. Des signes ponctuels d'érosion sont également observés à proximité de ces ouvrages ;
- ♦ des phénomènes d'érosion liée à la **dynamique naturelle** dans le golfe de Fos (action érosive de la houle).

Le littoral du golfe de Fos est caractérisé par une tendance à la stabilité depuis

la mise en place des nombreux aménagements, ayant modifié significativement la morphologie de la zone.

Des secteurs à l'Ouest du golfe, dont la plage de Carteau (PLOUIS-17 à 19 et PLOUIS-31), protégée de l'action de la houle par la flèche de la Gracieuse ainsi que deux zones situées à l'abri d'ouvrages portuaires, au niveau du Môle Graveleau (FOSMER-29) et du port de Saint-Gervais (FOSMER-24), sont marqués par des phénomènes d'accrétion (Carte 17).

Quelques secteurs présentent toutefois des signes d'érosion, notamment (Carte 17) :

- ♦ **la plage Olga au Nord de l'abri Plage Nord (PLOUIS-01), malgré les épis en place ;**
- ♦ **les zones meubles à l'intérieur du bassin d'apportement (FOSMER-10 et FOSMER-11) ou à l'extrémité de la Darse n°1 (FOSMER-09), non protégées de l'action de la houle par la flèche de la Gracieuse ;**
- ♦ **des secteurs en pied de mur longitudinal (partie orientale de FOSMER-25 et FOSMER-26), en pied d'habitations (MARTIG-06 à MARTIG-08) ou d'enrochements (MARTIG-04) en raison de l'augmentation de la réflexion de la houle ;**
- ♦ **des plages au niveau de l'anse de Saint-Gervais (FOSMER-13, FOSMER-19 à FOSMER-21) délimitées par des épis bloquant à l'extérieur les apports sédimentaires et favorisant les courants de retour à l'origine de déplacement de sédiments vers le large ;**
- ♦ **la plage de sables fins, facilement remobilisables sous l'action de la houle, MARTIG-15.**

Les côtes rocheuses localisées, sur la façade orientale du golfe de Fos, au Nord du canal de Caronte sur la commune de Port-de-Bouc, au niveau de la pointe de Bonnieu et de part et d'autre de l'anse de Verdon présentent des signes d'instabilité significatifs (sous-cavage, éboulements et érosion différentielle). Certains secteurs de falaise en érosion sur la commune de Port-de-Bouc au niveau de la plage des Ours sont interdits d'accès et pose des problèmes de sécurité.

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

Les rives de l'étang de Berre présentent une grande diversité, avec une alternance de côtes rocheuses, marécageuses, sableuses ou urbanisées (Carte 18).

3.3.3.1 Côtes meubles

Le pourtour de l'étang de Berre regroupe, en 2003, 184 zones meubles distinctes réparties sur les communes de Châteauneuf-les-Martigues, Marignane, Martigues, Saint-Mitre-les-Remparts, Istres, Miramas, Saint-Chamas, Berre-l'étang, Rognac et Vitrolles (Carte 18 & Carte 19).

Dans le cadre de cette analyse, le littoral de l'étang de Berre est divisé en différents secteurs en fonction de la présence de cours d'eau (Touloubre ou Arc), d'infrastructures industrielles importantes (aéroport de Marignane et port de la Pointe), de la morphologie principale de la zone (zone de falaise avec plages de poche ou cordon dunaire du Jaï) et de la configuration de l'étang (anse de Saint-Chamas et étang de Vaïne). L'étude de l'évolution des zones meubles portera donc sur les secteurs suivants :

- ♦ le pourtour de l'étang au Sud, avec le littoral du canal de Caronte au cordon du Jaï, le cordon dunaire du Jaï et le littoral de l'aéroport de Marignane ;
- ♦ et du Sud-Ouest au Sud-Est en longeant le pourtour au Nord de l'étang, le littoral :
 - du canal de Caronte à l'anse de Saint-Chamas,
 - de l'anse de Saint-Chamas,
 - du delta de la Touloubre,
 - entre le delta de la Touloubre et le delta de l'Arc,
 - du delta de l'Arc et des salins de Berre,
 - de la pointe de Berre,
 - et de l'étang de Vaïne.

L'album photographique en Carte 20 présente la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral de l'étang de Berre.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 6.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

Le littoral du cordon du Jaï et ses alentours

Sur le littoral de la commune de Châteauneuf-les-Martigues, se trouvent, à l'exception des zones sableuses du cordon dunaire du Jaï, les plages de l'Ile des Trois Frères (**CHATMAR-01** et **CHATMAR-02**), inaccessibles à pied. Ces zones meubles sont relativement stables, les variations observées entre 1998 et 2003 étant probablement liées aux conditions hydrodynamiques lors de la prise de vue en 1998 (forte agitation).

Le **cordon dunaire du Jaï** se découpe en plusieurs tronçons avec, du Sud-Ouest au Nord-Est :

- ♦ la plage Jaï Sud, au Sud de la bourdigue de Châteauneuf, avec, d'Ouest en Est, 8 zones meubles distinctes : **CHATMAR-03**, **CHATMAR-04**, **CHATMAR-15**, **CHATMAR-05**, **CHATMAR-06**, **CHATMAR-07**, **CHATMAR-08** et **CHATMAR-09** ;
- ♦ les zones meubles entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue : **CHATMAR-10**, **CHATMAR-13**, **CHATMAR-11** et **CHATMAR-12** ;
- ♦ la plage située entre la grande bourdigue et la petite bourdigue, nommée **MARIGN-01** ;
- ♦ la plage Jaï Nord, à partir de la petite bourdigue, décomposée en plusieurs tronçons : **MARIGN-02**, **MARIGN-03**, **MARIGN-04**, **MARIGN-05**, **MARIGN-06** et **MARIGN-07** ou **plage Motte Piquet**.

Les zones meubles de la **plage Jaï Sud** sont séparées par des épis construits sur la moitié Ouest du cordon dunaire en 1959 pour le premier épi à l'extrémité Ouest et entre 1992 et 1998 pour l'épi le plus à l'Est. Avant la construction des digues, ces plages ne formaient qu'une seule entité, comme observé en 1935. En 1956, un ouvrage de protection de 500 m de longueur a également été mis en place en arrière des plages **CHATMAR-03** à **CHATMAR-06**. En 1995-1998, afin de réduire les phénomènes de dégradation des berges menaçant la disparition du cordon dunaire, l'arrière plage a été reconstitué avec des galets et blocs de roche sur la moitié Ouest de la plage Sud.

A l'Ouest du premier épi, se trouvait avant 1998 une plage **CHATMAR-14**, zone de végétation en 1998 et 2003.

Les plages localisées entre les épis, **CHATMAR-03** à **CHATMAR-08**, sont constituées en limite basse de sable fin mélangé à des petits galets ou des débris de coquilles et en haut de plage de galets plus grossiers (mis en place artificiellement sur la période 1995-1998), à l'exception de la plage **CHATMAR-04** essentiellement composée de sable fin. De manière générale, la plage est plus large de part et d'autre des épis, à l'exception de **CHATMAR-15**, marquée par la disparition de la zone meuble sur la moitié Ouest, laissant les enrochements les pieds dans l'eau. A l'Est du dernier épi, la longue plage **CHATMAR-09**, plutôt constituée à l'Ouest de sable fin

et de galets, au centre de sable fin et à l'Est de sable moyen et de galets, s'étend jusqu'à la Bourdigue de Châteauneuf. Cette plage, plus large que les précédentes, est caractérisée par une largeur plus importante à l'extrémité Ouest qu'à l'Est, suivant le transit sédimentaire littoral qui 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.

A l'exception de **CHATMAR-15** marquée par une tendance à l'érosion, l'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à la stabilité des plages sur la période 1992-2003, voire à l'accrétion de la plage **CHATMAR-09**. En effet, peu à peu, sous l'effet des transports sédimentaires naturels, les épis, qui se sont retrouvés détachés de la côte par phénomène d'érosion du littoral du cordon dunaire du Jaï, en particulier par Mistral fort, ont été reconnectés au littoral par une bande de matériel sédimentaire (SIBOJAÏ, entretien du 17 avril 2008). La tendance à l'érosion observée en 1998 est probablement liée à la présence d'une forte agitation lors de la prise de vue en 1998. La visite de terrain confirme la présence de zones meubles semblables à celles observées sur les photographies aériennes de 2003 sur la plage Jaï Sud. La comparaison des clichés de 1935 et 2003 met en évidence une tendance au recul de la limite basse sur les zones pour **CHATMAR-03** à **CHATMAR-08**, les limites basses de **CHATMAR-09** en 1935 et 2003 étant comparables.

Les zones meubles entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue (**CHATMAR-10**, **CHATMAR-13**, **CHATMAR-11** et **CHATMAR-12**) sont séparées par deux épis construits entre 1992 et 1998 :

- ♦ **CHATMAR-10** et **CHATMAR-13**, deux plages de sable fin en bas de plage et de coquilles en haut de plage, désormais séparées (absence de plage au droit des enrochements de protection de la route). La largeur de plage est plus importante à l'Ouest qu'à l'Est laissant supposer une agitation plus faible à l'Ouest. Cette plage est soumise à des phénomènes d'érosion confirmée par l'étude des photographies aériennes. L'érosion du secteur est probablement liée à la présence de la bourdigue étendue vers le large qui capte une partie du transit sédimentaire du Sud-Ouest vers le Nord-Est, privant les secteurs directement en aval de la dérive d'alimentation en sédiment ;
- ♦ **CHATMAR-11** (Carte 20), plage de sable fin, de galets et de coquilles, homogène en largeur sur toute sa longueur, avec des enrochements en arrière plage (protection de la route). Cette zone meuble est stable ;
- ♦ **CHATMAR-12** (Carte 20), plage étendue de sable fin à moyen et de galets présentant des signes d'érosion lors de la visite de terrain (tamaris les « pieds dans l'eau »). L'analyse des photographies aériennes met également en évidence sur la période 1992-2003 une tendance au recul de la plage notamment sur la moitié Ouest de la zone meuble et à l'accrétion sur l'autre moitié.

L'analyse des photographies aériennes montre un rétrécissement et un recul de la limite basse importants entre 1935 et 1977 sur près de la moitié Ouest de la zone meuble. A proximité de la grande bourdigue, on observe une tendance inversée, avec

une avancée de la limite basse mais un rétrécissement de la plage et de la dune en arrière plage. La tendance à l'érosion observée à l'Ouest en 1998 est probablement liée à la présence d'une forte agitation lors de la prise de vue en 1998. Les fortes variations en termes de surface sont principalement liées à la digitalisation du trait de côte en arrière plage (faibles contrastes entre la zone de plage et la dune).

La zone meuble située entre la grande bourdigue et la petite bourdigue (**MARIGN-01**) est une plage de sable moyen, de galets et de coquillages, avec étagement sédimentaire de la limite basse à la limite haute de la plage. L'analyse des photographies aériennes et la visite de terrain laissent supposer une certaine stabilité de la plage. La tendance à l'érosion observée en 1998 est probablement liée à la présence d'une forte agitation lors de la prise de vue en 1998. La plage est désormais séparée de la dune ou piste en arrière-plage par des enrochements, dune difficilement distinguée de la zone de plage sur les clichés noir et blanc de 1977 et 1992, entraînant de fortes variations de surface. Cette zone meuble est caractérisée par une tendance à l'accrétion entre 1935 et 1992.

La **plage Jaï Nord**, à partir de la petite bourdigue, est décomposée en plusieurs tronçons (**MARIGN-02**, **MARIGN-03**, **MARIGN-04**, **MARIGN-05**, **MARIGN-06** et **MARIGN-07** ou **plage Motte Piquet**) depuis l'installation des épis dans le début des années 90 (commune de Marignane, entretien du 20 mars 2008). **MARIGN-07** est délimitée à l'Est par l'abri de l'aéroport de Marignane. Depuis leur mise en place, ces plages sont relativement stables d'après les visites de terrain et l'analyse des photographies aériennes, en considérant que la tendance à l'érosion observée en 1998 est probablement liée à la présence d'une forte agitation lors de la prise de vue en 1998. La plage **MARIGN-07** est toutefois soumise à une tendance à l'érosion entre 1998 et 2003 à proximité du port. Sur la période 1935-2003, la plage est relativement stable à l'exception d'une avancée des limites basses et hautes de la zone meuble à l'Est (**MARIGN-07**). Ces plages sont composées de sable fin et de débris de coquillages, à l'exception de la plage **MARIGN-07** rechargée en partie par des matériaux concassés (rechargement expérimental effectué pour la première fois en 2008) et constituée à l'Est d'un mélange de sable et de galets. Les plages **MARIGN-02** et **MARIGN-07** sont plus larges et plus étendues que les plages situées entre les épis. Les plages **MARIGN-03**, **MARIGN-04**, **MARIGN-05**, **MARIGN-06**, sont plus larges à proximité des épis qu'au centre et légèrement plus larges à l'Est qu'à l'Ouest. La dune végétalisée est plus étroite que sur la plage précédente et se trouve parfois bétonnée.

L'érosion du cordon dunaire du Jaï, à l'origine liée à la dynamique marine avec, en particulier par Mistral fort, la formation d'un talus d'érosion en haut de plage, semble dorénavant davantage liée à la présence d'une piste passant dans la partie centrale du cordon et reliant les deux extrémités urbanisées (absence d'apports et d'échanges de sables entre les cordons dunaire de part et d'autre de la piste), au passage et au parking des véhicules motorisés et à la pratique d'activités sur le cordon dunaire (quad, moto, planche à voile et kyte-surf). De nos jours les coquilles déposées sur la plage ont tendance à protéger cette partie du cordon de la dynamique venue de l'étang (SIBOJAÏ, entretien du 17 avril 2008).

A l'Est du port, se trouvait en 1935 une longue plage de galets s'étendant jusqu'à la piste de l'aéroport actuelle (**MARIGN-08 à MARIGN-11 et MARIGN-22**). Il ne reste désormais que quelques portions étroites de zones meubles (**MARIGN-08, MARIGN-16, MARIGN-17, MARIGN-09, MARIGN-10, MARIGN-11, et MARIGN-18**) dont l'existence n'a pas pu être vérifiée lors de la visite de terrain (propriété de l'aéroport de Marignane), à l'exception de la plage étroite **MARIGN-08** (Carte 20), plage de débris de coquilles adossée à la digue portuaire et **MARIGN-09**, délimitée par des enrochements, toutes deux soumises à un faible recul du trait de côte. Aucune tendance particulière n'est observée pour les autres zones meubles, à l'exception des zones **MARIGN-16 et MARIGN-17** seulement observées en 1998 et de **MARIGN-18** soumise à érosion.

Le littoral à l'Est de la piste aéroportuaire comprend des zones meubles avec d'Ouest en Est :

- ◆ **MARIGN-19**, seulement observée en 1998 ;
- ◆ **MARIGN-20**, zone meuble relativement stable en 1998-2003 ;
- ◆ **MARIGN-21**, zone meuble relativement stable en 1998-2003 ;
- ◆ **MARIGN-12**, zone meuble plus étendue relativement stable sur la période 1992-2003 ;
- ◆ **MARIGN-13, MARIGN-14 et MARIGN-15**, plages de galets formant une seule zone meuble en 1977 et séparées par des fossés. La limite basse de ces zones meubles est relativement stable sur la période 1992-2003.

Le littoral du canal de Caronte à l'anse de Saint-Chamas

Le littoral du canal de Caronte à la chaîne de la Fare se compose du Sud vers le Nord :

- ◆ de la **plage des Ferrières (MARTIG-41)**, plage composée de sable, graviers, galets et coquilles, dont les variations de surface sont principalement liées à la végétalisation en haut de plage. Cette zone meuble présente une tendance à l'érosion au Sud à proximité des enrochements ;
- ◆ des plages de Tholon, de **MARTIG-40 à MARTIG-34**, avec :
 - les plages **MARTIG-40 et MARTIG-39**, zones meubles encaissées entre des blocs rocheux et les murs des propriétés privées, inaccessibles lors de la visite de terrain (propriété privée). Ces zones n'étaient pas discernables en 1998 et ont probablement fait l'objet de rechargement entre 1998 et 2003,
 - **MARTIG-38**, plage de sable fin à moyen et galets avec d'importantes accumulations de coquilles au Nord relativement stable.

Les zones meubles **MARTIG-38**, **MARTIG-39** et **MARTIG-40** ne formaient qu'une seule plage avant la construction des habitations (comme observé en 1935),

- **MARTIG-37**, zone constituée de sable, galets et coquilles, délimitée de part et d'autre par des blocs rocheux. Cette plage présente une tendance à l'élargissement entre 1998 et 2003,
- les plages de sable, galets et coquilles **MARTIG-36** et **MARTIG-35** ne formaient qu'une seule plage jusqu'en 1998, elles se trouvent désormais séparées par des enrochements probablement mis en place suite à des phénomènes d'érosion. Ces zones présentent entre 1998 et 2003 de fortes accrétions peut être liées à des rechargements,
- **MARTIG-34** présente des signes d'érosion au Sud et une tendance à l'accumulation de sédiments en arrière de la digue de la base nautique aménagée entre 1992 et 1998 ;
- ♦ de la plage de galets et de coquilles de la base nautique municipale (remblayée avant 1977) **MARTIG-33** dont l'analyse des photographies aériennes ou la visite terrain ne permettent pas de caractériser facilement son évolution (présence d'une cale de mise à l'eau en béton et de nombreux ouvrages (épi, enrochements et exutoires pluviaux) : le bilan sur 1992-2003 est à l'accrétion sur la moitié Nord et stable au Sud ;
- ♦ et de la **plage de Figuerolles (MARTIG-56 ; Carte 20)**, plage de sable fin, galets et coquilles (entières et débris) s'étendant sur les communes de Saint-Mitre-les-Remparts et Martigues, ne présente pas de dynamique particulière. Cette plage n'est pas accessible au public (Commune de Martigues, entretien du 25 mars 2008).

Le littoral de la commune de Saint-Mitre-les-Remparts se compose essentiellement de plages à dominante sableuse avec des coquilles ou débris de coquilles et parfois des galets (**STMITRE-02** et **STMITRE-07**) : l'analyse des photographies aériennes ne met pas en évidence de dynamique particulière quelle que soit la plage considérée, avec d'Est en Ouest :

- ♦ la **plage des Patorgues (STMITRE-04)** et la zone meuble **STMITRE-05** (inaccessibles lors de la visite de terrain) sont encaissées ;
- ♦ la **plage d'Arthur (STMITRE-07)** est plus étroite à l'Est qu'à l'Ouest, laissant supposer une dérive dominante vers l'Est. Cette zone meuble est délimitée de part et d'autre par des enrochements et par un muret en haut de plage la séparant de la route ;
- ♦ des remblaiements ont été effectués ces dernières années le long de la plage de Massane (**STMITRE-03 ; Carte 20**) afin d'en augmenter la largeur. Ces opérations ont toutefois été stoppées par l'Arrondissement Maritime (Commune de Saint-Mitre-les-Remparts, entretien du 25 mars 2008) ;
- ♦ la **plage de Calieux (STMITRE-02)**, relativement étroite, a été enrochée afin de la protéger de l'érosion. Les opérations d'enrochements ont

néanmoins été interrompues par l'Arrondissement Maritime (Commune de Saint-Mitre-les-Remparts, entretien du 25 mars 2008).

La zone meuble **STMITRE-08**, observée en 1933-1935, a depuis disparu suite au réaménagement du littoral (construction d'habitations).

Sur le littoral de la commune d'Istres, se trouvent du Sud vers le Nord, les zones meubles suivantes :

- ♦ la **plage de Varage (ISTRES-22)**, constituée de sable gris et de coquilles, se caractérise par une tendance à l'érosion à l'Ouest, où les enrochements se retrouvaient les « pieds dans l'eau » lors de la visite de terrain ;
- ♦ **ISTRES-24**, constituée de sable gris et de coquilles, formée en arrière de la cale de mise à l'eau mise en place entre 1977 et 1992, relativement stable ;
- ♦ **ISTRES-21**, plage de galets et coquilles ne présente pas d'évolution particulière ;
- ♦ **ISTRES-20**, plage de galets et coquilles est seulement visible en 2003 ;
- ♦ les plages des pêcheries de Ranquet (**ISTRES-19** et **ISTRES-18**), délimitées par des enrochements, soumises à un faible recul de la limite basse sur la période 1992-2003. La visite de terrain a mis en évidence la disparition de la plage de sable fin, galets et coquilles **ISTRES-19** au centre au pied des enrochements en bordure de route. La zone de sable et de fragments de coquilles **ISTRES-18** se trouve toutefois plus étroite au droit du restaurant situé sur la plage du fait de la dynamique marine ;
- ♦ **ISTRES-17**, petite plage étroite de sable gris et de coquilles, située entre des rochers au pied de propriétés privées, n'est pas visible en 1992 et 1998 (angle de prise de vue et présence d'arbres) ;
- ♦ la plage de Bois Ranquet **ISTRES-16**, plage de sable et coquilles en pied de falaise est relativement stable ;
- ♦ **ISTRES-15**, plage de sable et de débris de coquilles, avec des blocs rocheux écroulés de part et d'autre de la plage et même au droit de la plage : cette plage est seulement visible en 2003 ;
- ♦ la plage des Heures Claires (**ISTRES-14**) au Nord du port du même nom sert de point de mise à l'eau pour la pratique des activités nautiques. Un rechargement ponctuel de la petite plage est effectué environ 1 fois par an (10 à 15 tonnes de sable de carrière de 0,2 mm de diamètre) afin de permettre une mise à l'eau plus « confortable » des embarcations. Ce rechargement s'effectue à peu près depuis 25 ans, date de la création de la base nautique ;
- ♦ **ISTRES-13**, plage hétérogène (sable, graviers, galets et affleurements de substrat rocheux) au Nord de la base nautique, se trouve protégée de l'action de la houle de part et d'autre par des avancées rocheuses. Cette zone meuble est stable ;

- ♦ **ISTRES-12**, plage d'éboulement de blocs rocheux et d'accumulation de matériaux hétérogènes (sable, graviers, galets et débris de coquilles) en arrière des blocs est seulement observée en 2003 et lors de la visite de terrain (formation de la plage après 1998 ou plage invisible avant 2003 en raison de la qualité des clichés) ;
- ♦ **ISTRES-11**, inaccessible lors de la visite de terrain, ne présente pas d'évolution particulière ;
- ♦ la **plage de Romaniquette**, de part et d'autre de l'embouchure endiguée du canal de communication entre l'étang de l'Olivier et l'étang de Berre, avec au Sud la plage **ISTRES-10** et au Nord une zone meuble découpée en 4 tronçons (**ISTRES-09**, **ISTRES-08**, **ISTRES-07**, **ISTRES-06**) probablement séparés par la végétation (**ISTRES-09** à **ISTRES-07** difficilement accessibles à pied). Ces plages constituées de sable et de débris de coquillages sont relativement stables car protégées du Mistral (commune d'Istres, entretien du 3 février 2008) ;
- ♦ **ISTRES-05**, plage inaccessible lors de la visite de terrain, ne présentant pas d'évolution particulière ;
- ♦ **ISTRES-04**, plage de sable fin et de coquilles au pied d'une petite falaise calcaire non visible à partir des photographies aériennes (pas de dégradé de couleur) : elle ne présente pas de dynamique particulière.
- ♦ la **plage de Quinsane ISTRES-03**, plage de débris de coquillages d'accès difficile, est plus large au Nord qu'au Sud laissant supposer une dynamique Sud-Nord. Cette zone encaissée entre des côtes rocheuses est stable.

Le littoral de l'anse de Saint-Chamas

Les plages **ISTRES-02** et **ISTRES-01**, inaccessibles lors de la visite de terrain (propriétés privées), ne présentent pas d'évolution particulière.

Le littoral peu étendu de la commune de Miramas compte deux zones de plages avec d'Ouest en Est **MIRAMA-02** et **MIRAMA-01**, les zones **MIRAMA-03** et **MIRAMA-04** étant seulement observées en 1947. Jusqu'en 1977, ces deux zones ne formaient qu'une seule entité. Depuis leur séparation par un cours d'eau, la plage **MIRAMA-01** tend à s'élargir à l'Ouest et la zone **MIRAMA-02** reste stable. Ces zones inaccessibles (pas d'accès) n'ont pu être observées lors de la visite de terrain.

Le littoral urbanisé de la commune de Saint-Chamas comprend de nombreuses zones meubles :

- ♦ **CHAMAS-21**, inaccessible lors de la visite de terrain (pas de chemin d'accès) est relativement stable depuis 1977 ;
- ♦ **CHAMAS-20** (Carte 20), probablement une plage artificialisée avec des éléments grossiers (graviers, galets et blocs rocheux) suite aux

aménagements du port de Saint-Chamas entre 1950 et 1977. Quelques coquilles sont présentes au Nord de la zone. Cette zone est plutôt stable ;

- ♦ la plage étroite exclusivement composée de coquilles **CHAMAS-19** et relativement végétalisée. L'analyse des photographies aériennes montre des variations de surface notables probablement liées à la qualité des clichés et à la présence de végétation en haut de plage ;
- ♦ **CHAMAS-18 (plage de la Digue)**, plage de sable fin à grossier, graviers et galets, artificialisée par des enrochements en bout de plage et de part et d'autre du chemin d'accès à la plage, qui sert de cale de mise à l'eau. Cette petite plage est stable et aucun rechargement n'y est nécessaire (commune de Saint-Chamas, entretien du 27 mars 2008) ;
- ♦ les plages **CHAMAS-17**, **CHAMAS-16**, **CHAMAS-15**, **CHAMAS-14**, **CHAMAS-13** et **CHAMAS-12** ne formaient qu'une seule plage dans les années 50. Les plages **CHAMAS-17** et **CHAMAS-16** (plage de l'école de Voile), séparées depuis la construction, entre 1950 et 1977, de la cale de mise à l'eau de l'école de voile, sont composées d'un mélange de sable, graviers et débris de coquilles. Ces deux plages sont plus larges au niveau de l'ouvrage. Cependant, la plage **CHAMAS-16**, stable entre 1992 et 2003 en termes de limite basse, est sensiblement plus large que la plage au Nord de la cale, laissant supposer une dynamique sédimentaire principale du Sud vers le Nord. La plage **CHAMAS-17** est marquée par une tendance à l'érosion au Nord d'après l'analyse des photographies aériennes. La **plage du Lavoir (CHAMAS-15 ; Carte 20)**, rattachée jusqu'en 1998 à la zone précédente, montre des signes d'érosion (réduction de la largeur de la plage). Le lavoir se retrouve désormais au bord de l'eau et les enrochements probablement mis en place pour protéger la construction et la plage se trouvent actuellement quasiment détachés de la plage. Au Nord-Ouest de la digue, la plage se prolonge jusqu'à la digue sur une faible largeur. Cette plage est composée de sable fin à grossier, de graviers, de galets et de coquilles.
- ♦ à partir de la station d'épuration, de la longue plage quasi continue qui s'étendait jusqu'à la pointe de Saint-Chamas, il ne reste que quelques tronçons, signe d'une érosion marquée sur cette portion du littoral et confirmée par les visites de terrain :
 - **CHAMAS-14** et **CHAMAS-13**, composés de sable fin à grossier, graviers et galets, formaient une seule plage jusqu'en 1992,
 - **CHAMAS-25**, d'accès difficile lors de la visite de terrain et **CHAMAS-12** inaccessible (propriété privée).

La plage **CHAMAS-26**, seulement observée en 1950, n'est plus visible et des habitations remplacent la zone **CHAMAS-32**.

Le littoral du delta de la Touloubre

La plage de la Pointe de Saint-Chamas, continue entre 1977 et 1992, se décompose désormais en trois tronçons distincts (**CHAMAS-11**, **CHAMAS-10** et **CHAMAS-09**, d'Ouest en Est), laissant supposer une tendance à l'érosion de la plage :

- ♦ **CHAMAS-11** et **CHAMAS-10**, au Nord de la pointe, étaient inaccessibles lors de la visite de terrain (zone gérée par le Conservatoire du Littoral et interdite jusqu'à fin juin pour présence d'oiseaux nicheurs au sol). L'analyse des photographies aériennes met en évidence une certaine stabilité des limites basses des plages entre 1998 et 2003 après un recul entre 1992 et 1998, les fortes variations de surface de **CHAMAS-11** étant liées à une végétalisation de l'arrière-plage ;
- ♦ **CHAMAS-09**, au Sud de la Pointe, composée d'un amas de sable boueux et de coquilles et délimitée à l'Est par l'embouchure de la Touloubre, est soumise à de fortes fluctuations. Les limites de la zone meuble tendent à progresser vers le large entre 1977 et 2003, à l'exception de son extrémité Ouest qui tend à régresser. D'après la visite de terrain, des phénomènes d'érosion sont relevés à son extrémité Ouest : des enrochements ont été placés au devant d'un cabanon en bord de plage.

Avant l'aménagement de l'embouchure de la Touloubre, la photographie aérienne de 1935 met en évidence au Nord de la Pointe deux petites plages séparées par des zones marécageuses et un petit tronçon de plage au niveau de l'embouchure (**CHAMAS-31**). L'analyse des photographies aérienne montre de fortes modifications de la pointe de Saint-Chamas avec, le long du littoral, une augmentation des surfaces meubles et une diminution des zones vaseuses.

A l'Est de l'embouchure de la Touloubre et de la digue EDF, la plage de la Petite Camargue (**CHAMAS-07**, **CHAMAS-08** et **CHAMAS-24**, seulement observée en 1998), composée de coquilles, s'étendait jusqu'en 1998 jusqu'à la digue en arrière des plages visibles en 2003 (avancée de la plage entre 1998 et 2003). La zone est soumise, sur la période 1992-2003, à une avancée de l'arrière littoral marécageux. L'extrémité Ouest correspond désormais à une zone marécageuse sans zone meuble marquée. La zone **CHAMAS-06**, d'après la visite de terrain ne correspond pas vraiment à une plage mais plutôt à un littoral bas marécageux (plage de boue et de coquilles).

Le littoral du delta de la Touloubre au delta de l'Arc

Le littoral entre les deltas de la Touloubre et de l'Arc regroupe les plages suivantes :

- ♦ les zones **CHAMAS-05** et **CHAMAS-23** (inaccessibles lors de la visite de terrain), situées à l'Est du port de Beau Rivage. La plage **CHAMAS-23**, relativement stable sur la période 1998-2003, s'est formée suite à la construction du port entre 1935 et 1977. L'analyse des photographies

aériennes met en évidence une tendance au rétrécissement et à la disparition de l'extrémité Est de la plage **CHAMAS-05** ;

- ♦ la zone **CHAMAS-04**, non accessible lors de la visite de terrain (propriété privée), est caractérisée par une tendance à l'érosion entre 1992 et 2003 à l'extrémité Ouest ;
- ♦ la **plage Merveille (CHAMAS-03)**, plage de sable, graviers, galets et coquilles, est stable sur la période 1998-2003, après une tendance à l'érosion entre 1992 et 1998. Les variations surfaciques sont imputables à la présence d'arbres en haut de zone meuble (entraînant suivant la période de prise de vue une avancée du trait de côte en haut de plage) ;
- ♦ la plage de la station d'épuration **CHAMAS-02**, plage de sable, galets et débris coquilliers et la zone meuble **CHAMAS-22** tendent à rétrécir au Nord ;
- ♦ la **plage de Sagnas (CHAMAS-01)**, plage de sable et de galets, est caractérisée par une tendance à l'érosion sur sa partie Nord avec une diminution importante de la longueur de la plage. Avant la construction du port de marais du Sagnas, en 1935, la plage s'étendait davantage vers le Sud.

Certaines plages ne sont plus visibles sur la photographie aérienne de 2003 :

- ♦ **CHAMAS-28**, non visible après 1992, suite à l'aménagement de la station d'épuration ;
- ♦ **CHAMAS-29**, disparue au droit des habitations après 1977 ;
- ♦ **CHAMAS-30**, seulement observée sur la photographie aérienne de 1935.

Le littoral du delta de l'Arc et des salins de Berre

Au nord de l'embouchure de l'Arc, la **plage de Champigny (BERRE-60)**, plage de sable et de coquilles au Nord et de galets, de graviers et de coquilles au Sud (zone de remblaiement), est délimitée au Nord par les enrochements du port du Marais du Sagnas. Elle ne présente pas de tendance particulière depuis son remblaiement au Sud.

Au niveau du delta de l'Arc, non accessible lors de la visite de terrain, la plage **BERRE-59** se trouve relativement stable depuis 1977 avec une légère tendance à l'accrétion au Sud et la zone meuble **BERRE-65**, est variable suivant l'année considérée, probablement en fonction des apports de l'Arc.

Le littoral au Sud du delta de l'Arc jusqu'aux salins de Berre (de **BERRE-58** au Nord à **BERRE-36** au Sud) a fortement été modifié entre 1935 et 2003. L'analyse des photographies aériennes met, par exemple, en évidence un recul important du littoral entre 1935 et 1977, de l'ordre de 100 m environ entre **BERRE-54** à **BERRE-58**, 40 m environ au niveau de **BERRE-51** à **BERRE-52**, 100-130 m pour **BERRE-**

46 à **BERRE-49** et jusqu'à 100 m pour la zone comprise entre **BERRE-35** à **BERRE-31**.

Le littoral de **BERRE-58** à **BERRE-40** formait en 1977 une seule plage. Cette plage soumise à une tendance au recul vers l'intérieur des terres entre 1977 et 1992 se trouve dorénavant séparée suite à des phénomènes d'érosion :

- ♦ **BERRE-58**, à l'embouchure Sud de l'Arc, plage de galets, sable et coquilles avec des blocs rocheux au niveau de la digue à l'embouchure, se trouve plus large au Nord qu'au Sud. Cette plage est stable sur la période 1992-2003 ;
- ♦ **BERRE-57**, plage de sable et coquilles, est stable sur 1992-2003. Cependant, des signes d'érosion sont mis en évidence lors de la visite de terrain : il n'existe plus de plage au droit des palplanches de protection des cabanons et des cabanons se trouvent désormais dans l'eau ;
- ♦ **BERRE-56**, plage de sable, galets et coquilles, est marquée par une tendance au recul vers l'intérieur des terres sur la période 1992-2003. Ce recul est plus important au Nord qu'au Sud (de l'ordre de 20 m). Des signes d'érosion sont observés au niveau des cabanons ;
- ♦ **BERRE-55**, plage de sable, galets et coquilles, est marquée par une tendance à l'érosion sur la période 1998-2003 au centre de la zone, confirmée par la visite de terrain en 2008 (végétation les « pieds dans l'eau ») ;
- ♦ **BERRE-54** et **BERRE-53**, plages de sable et galets, ne présentent pas d'évolution particulière sur la période 1992-2003 ;
- ♦ **BERRE-52**, **BERRE-51** et **BERRE-50 (plage du Bouquet)** formaient encore une seule plage de galets, graviers et sable fin en 1992. **BERRE-52** et **BERRE-51** sont soumises à des phénomènes d'érosion au centre de la plage entre 1992 et 2003 avec un recul des limites inférieure et supérieure de la plage de l'ordre de 20 m pour **BERRE-52** et 30 m pour **BERRE-51**. **BERRE-50** est soumise à un recul de la plage moins important entre 1992 et 1998 (10 m environ), cette plage étant relativement stable entre 1998 et 2003 ;
- ♦ **BERRE-49**, plage étroite de sable et coquilles, soumise à un recul des limites de la zone meuble au Sud entre 1992 et 1998, la plage au Nord restant stable sur la période 1992-2003, contrairement à **BERRE-48**, plage de sable et coquilles, stable sur 1992-2003 sur la moitié Sud mais soumise à un recul sur la moitié Nord entre 1992 et 1998 ;
- ♦ **BERRE-47**, petite plage étroite et stable de sable et coquilles ;
- ♦ **BERRE-46**, longue plage étroite de galets, sable et coquilles, relativement stable sur la période 1992-2003, à l'exception de l'extrémité Sud ;
- ♦ **BERRE-45**, **BERRE-44** et **BERRE-43**, inaccessibles lors de la visite de terrain, marquées par une tendance au recul des limites de la zone meuble

entre 1992 et 2003 de l'ordre de 10 m pour les deux premières zones et plus faible pour celle la plus au Sud ;

- ♦ **BERRE-42, BERRE-41 et BERRE-40** (Carte 20), plages caractérisées par une importante épaisseur de coquilles et marquées par un recul du trait de côte entre 1992 et 2003.

Le littoral de **BERRE-39 à BERRE-32** a également été fortement modifié suite à des phénomènes d'érosion, plus marqués entre 1992 et 1998, engendrant notamment la séparation de certaines plages en deux zones distinctes (par exemple, **BERRE-32** et **BERRE-33, BERRE-35 et BERRE-36, BERRE-37**) :

- ♦ **BERRE-39 et BERRE-38**, sont relativement stables sur la période 1998-2003 après une tendance à l'érosion au centre des zones meubles entre 1992 et 1998 ;
- ♦ **BERRE-37 à BERRE-34**, formaient une seule plage en 1998. Cette zone meuble est depuis séparée en plusieurs morceaux par des enrochements se trouvant les « pieds dans l'eau » :
 - **BERRE-37** : plage plus large au Nord et soumise à réduction au Sud au niveau des enrochements,
 - **BERRE-36 et BERRE-35**, petites plages de coquilles, sable et galets au pied d'enrochements et de part et d'autre d'un canal ne débouchant plus dans l'étang. Les plages en 2003 sont sensiblement plus petites que celles observées les années antérieures,
 - **BERRE-34**, plage de sable, galets et coquilles présentant une avancée de la limite basse entre 1998 et 2003 à l'exception des phénomènes d'érosion à l'extrémité Nord au niveau des enrochements.

Le littoral des salins de Berre (**BERRE-33 à BERRE-24**), constituées de diverses plages de sable et de coquilles, est également soumis à des phénomènes d'érosion :

- ♦ **BERRE-33 et BERRE-32**, formaient une seule plage jusqu'en 1992. Un mur a été construit pour protéger les salins et pistes d'accès entre 1992 et 1998, la plage a depuis complètement disparu au pied de ce mur. **BERRE-33** est quasiment inexistante en 1998 et **BERRE-32** est relativement stable depuis 1998 ;
- ♦ **BERRE-31** : des enrochements ont été mis en place en milieu de plage et ont tendance à se retrouver les « pieds dans l'eau » ; Au Sud de la plage, une zone meuble **BERRE-69** était visible sur les photographies aériennes de 1977 et 1992 et a depuis disparu ;
- ♦ **BERRE-30** ne présentent pas de tendance particulière sur la période 1992-2003 ;
- ♦ **BERRE-29 à BERRE-24** formaient une seule plage en 1992, elles se trouvent désormais séparées par des enrochements aux extrémités des pistes des salins. Les zones meubles **BERRE-24 à BERRE-28** restent plutôt stables entre 1998 et 2003. Un mur de protection a été construit entre 1992

et 1998 entre **BERRE-28** et **BERRE-29**, il ne reste plus de zone sableuse au pied du mur.

Le littoral de la pointe de Berre

Au niveau de la pointe de Berre, se trouvent quelques zones meubles, avec :

- ♦ à l'Ouest de la pointe, des zones inaccessibles lors de la visite de terrain (propriété du complexe industriel de la pointe de Berre) :
 - **BERRE-23**, zone relativement stable sur la période 1992-2003, les fortes pertes surfaciques relevées entre 1998 et 2003 étant liées à la présence de végétation en haut de plage ;
 - **BERRE-22**, inaccessible lors de la visite de terrain (propriété du complexe industriel de la pointe de Berre), zone d'accumulation de débris de coquilles à l'intérieur du port de la Pointe notamment lors des grands coups d'Est,
 - **BERRE-21**, inaccessible lors de la visite de terrain (propriété du complexe industriel de la pointe de Berre), ne présentant pas d'évolution particulière,
 - **BERRE-20**, zone meuble relativement stable constituée de sable et de coquilles ;
- ♦ à l'Est de la pointe, des plages de sable et de coquilles peu protégées et soumises à de fortes fluctuations (plages sensiblement différentes en 1977) :
 - **BERRE-19** : plage relativement stable sur la période 1992-2003 dont les variations de surface entre 1998 et 2003 sont liées à la végétalisation en arrière-plage,
 - **BERRE-18**, zone soumise à érosion au Sud et à accrétion au Nord entre 1998 et 2003 et à érosion à la pointe et accrétion au Nord sur 1992-2003 ;
- ♦ au niveau de l'étang Bastidou, on observe :
 - sur la digue aménagée, des zones meubles soumises à de fortes variations en fonction des conditions météorologiques sur la période étudiée (extension vers le large ou rétrécissement) : **BERRE-17** au Sud et **BERRE-64** au Nord. Lors de la visite de terrain, la langue de sable perpendiculaire à la plage **BERRE-17** observée en 1977 et 1992 n'était pas visible. L'analyse des photographies aériennes met en évidence un allongement de la zone **BERRE-64** le long de la piste aménagée (probablement lié à la qualité des photographies aériennes),
 - à l'intérieur de l'étang, on observe :
 - un petit îlot (**BERRE-14**) plus ou moins submergé suivant les conditions météorologiques, dont l'évolution n'est pas identifiable à partir de l'analyse des clichés,

- une plage de sable et de débris de coquilles seulement visible en 2003 et ne présentant pas de signes d'érosion d'après la visite de terrain,
- le long de la côte, **BERRE-15** et **BERRE-16** correspondent à des zones meubles de sable formées entre 1998 et 2003 au milieu de zones de végétation. Une longue plage longeait la côte en 1933-1935. Des enrochements ont depuis été mis en place en bordure de route.

Le littoral de l'étang de Vaïne

Entre le complexe industriel du port de la Pointe et le port de Passet, se trouvent des plages de sable et de coquillages séparées soit par des épis (**BERRE-10**, **BERRE-11**, **BERRE-12** et **BERRE-13**) soit par des embouchures de canal (entre **BERRE-07** et **BERRE-08** et entre **BERRE-08** et **BERRE-09**). L'analyse des photographies aériennes met en évidence du Sud vers le Nord :

- ♦ **BERRE-13**, **BERRE-12**, **BERRE-11**, **BERRE-10** et **BERRE-09**, marquées par une largeur plus importante au Nord qu'au Sud, signe d'une dynamique sédimentaire Sud-Nord (sauf **BERRE-12**) et ne présentant pas d'évolution particulière sur la période 1977-2003, à l'exception de **BERRE-10** marquée par un recul de la limite basse entre 1977 et 1998 suivi d'une tendance à la stabilité. **BERRE-09**, **BERRE-10** et **BERRE-11** formaient une seule plage en 1933-35 avant la construction des épis ;
- ♦ **BERRE-08**, plus large aux extrémités à proximité des ouvrages qu'au centre et relativement stable sur la période 1992-2003 ;
- ♦ **BERRE-07**, plage du Port du Passet, comprise entre l'embouchure endiguée d'un canal à l'Ouest (aménagé après 1936) et le port de Passet à l'Est. Plus large à l'Est qu'à l'Ouest, cette plage fait l'objet d'un dépôt d'ulves important et ne se caractérise pas par des signes d'érosion ou d'accrétion.

Suite à l'aménagement des terre-pleins extérieurs du port de Passet, des zones meubles observées en 1935 (**BERRE-66** et **BERRE-67**) et en 1977 (**BERRE-70**) ne sont plus visibles.

Au Nord du port du Passet, **BERRE-05** et **BERRE-06**, observées à partir de 1998 ou de 1992, respectivement, correspondent à des zones de dépôt relativement stable de galets et de coquillages à proximité de cales de mise à l'eau.

Le long du complexe pétrochimique au Nord, **BERRE-03** et **BERRE-04**, les petites plages de sable, graviers et coquillages, délimitées par un blockhaus les pieds dans l'eau et des enrochements, ne présentent pas d'évolution particulière. **BERRE-02**, plage de sable, graviers et coquillages est plus large à l'Est en arrière de la digue et étroite en allant vers l'Ouest. Elle tend à s'avancer vers le large et à se végétaliser en arrière-plage entre 1998 et 2003 aussi bien au niveau de la digue qu'à l'Est. De l'autre côté du complexe, le long de la côte rocheuse, persisteraient des zones

meubles (**BERRE-01**, **BERRE-63**, **BERRE-62** et **BERRE-61**) sans dynamique particulière, sauf en limite haute avec la présence de végétation).

Le littoral de la commune de Rognac se compose d'Ouest en Est :

- ♦ des petites plages **ROGNAC-14** et **ROGNAC-13**, non accessibles lors de la visite de terrain et relativement stables ;
- ♦ des plages de la Tête Noire Nord (**ROGNAC-12** et **ROGNAC-11**, plages de débris de coquillages en majorité et **ROGNAC-10**, plage de sable moyen à grossier, de galets et de coquilles,). **ROGNAC-12** et **ROGNAC-11** sont, respectivement, caractérisées entre 1998 et 2003, après la construction de la route (entre 1992 et 1998), par un littoral stable et une tendance à l'accrétion. **ROGNAC-10** est marquée par une érosion à l'Est entre 1992 et 2003,
- ♦ des petites plages, non accessibles lors de la visite de terrain, **ROGNAC-09**, **ROGNAC-08**, relativement stables et **ROGNAC-07** en érosion. Les variations surfaciques de **ROGNAC-09** sont imputables à la présence de végétation en haut de plage ;
- ♦ des plages de la Tête Noire (**ROGNAC-06** et **ROGNAC-05**, seulement observée en 2003), plages de sable grossier et de coquilles de part et d'autre d'un valat. La zone meuble **ROGNAC-06** est marquée par des évolutions variables en fonction des années sur la période 1992-2003 (érosion entre 1992 et 1998 puis accrétion entre 1998 et 2003, mais tendance globale à l'érosion entre 1992 et 2003) ;
- ♦ de la petite plage, non accessible lors de la visite de terrain **ROGNAC-04**, seulement visible en 2003 ;
- ♦ de la plage composée de sable fin à grossier, de graviers et de coquilles, entretenue par l'hôtel Royal Provence (**ROGNAC-02** à **ROGNAC-03**). D'après l'analyse de la photographie aérienne en 2003, les plages semblaient séparées par une digue. Cependant la visite de terrain a montré que ces zones ne formaient qu'une seule plage (appontement sur pieux). Cette plage est soumise à une réduction de sa longueur au Nord ;
- ♦ de la plage de Rognac (**ROGNAC-01** ; Carte 20), plage composée de sable fin à grossier, de graviers et de coquilles, marquée par un recul de la limite basse entre 1992 et 2003. La visite de terrain a mis en évidence une légère tendance à l'érosion au niveau du ponton et de la cale de mise à l'eau (plage plus étroite) et au Sud d'après la visite de terrain.

Les zones meubles observées sur le littoral de la commune de Vitrolles sont du Nord au Sud :

- ♦ les zones, non accessibles lors de la visite de terrain (propriétés privées) et sans tendance particulière en termes de trait de côte, **VITROL-09** (probablement une cale de mise à l'eau) et **VITROL-08**, dont les variations sont liées à la présence de végétation en l'arrière littoral, surtout entre 1990 et 1998 n'affichant pas de tendance particulière,

- ♦ la plage du Camping Marina Plage (**VITROL-07** et **VITROL-06** séparées par un épi en enrochements) de sable fin à grossier, galets et coquilles avec des graviers et des blocs rocheux également sur **VITROL-06**. **VITROL-07** (Carte 20) est caractérisée, d'après l'analyse des photographies aériennes par une dynamique du Nord vers le Sud, avec une tendance à la diminution de la plage au Nord (ou végétalisation du littoral) et à l'accrétion en bordure de l'épi à l'extrémité Sud, confirmant le transit sédimentaire dominant, lié aux houles formées par le Mistral, globalement orienté du Nord vers le Sud. La plage **VITROL-06**, plutôt en recul entre 1992 et 1998 puis stable d'après l'analyse des photographies aériennes, présente des signes d'érosion au Nord (éléments grossiers mis à nu) et une accumulation au Sud d'après la visite de terrain ;
- ♦ **VITROL-05**, plage de sable moyen à grossier, galets et coquilles est caractérisée par une tendance à l'érosion. D'après la visite de terrain, le littoral devant le camping semble avoir été remblayé en prenant appui sur des enrochements en mauvais état ;
- ♦ **VITROL-04**, plage de sable et galets, caractérisée par une tendance à la stabilité (différences liées à la présence de végétation abondante au Nord) ;
- ♦ la **plage des Marettes (VITROL-03)**, zone de sable grossier, galets, coquilles et blocs rocheux à l'extrémité Sud, est plus étroite au Nord qu'au Sud. Cette plage relativement stable ;
- ♦ les plages des salins du Lion (**VITROL-02** et **VITROL-01**) :
 - **VITROL-02**, plage de graviers et blocs rocheux (dépôts artificiels de blocs rocheux en bas de plage) est relativement stable,
 - **VITROL-01**, zone de sable grossier et graviers, délimitée par des enrochements, est relativement stable. Des phénomènes d'accumulation sont observés à l'extrémité Sud-Ouest au pied des enrochements.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles du pourtour de l'étang de Berre est de l'ordre de 228 800 m² (Annexe 6). Les surfaces des zones meubles varient entre 39 m² pour la zone meuble **MARIGN-20** et 19 521 m² pour la plage **CHATMAR-12** du cordon dunaire du Jaï.

L'étude des variations des surfaces des plages met en évidence un bilan négatif à l'échelle de l'étang de Berre sur la période 1977-2003 (Tableau 3-7). Les pertes surfaciques les plus importantes sont observées le long du littoral de Berre-l'Etang (secteur des salins) et du cordon dunaire du Jaï.

La période 1992-1998 est marquée par un bilan négatif important, de l'ordre de -65 % de la surface totale des zones meubles en 2003 sur une période de 6 ans seulement. Cette tendance à l'érosion entre 1992 et 1998 est probablement amplifiée par les conditions d'agitation observées lors des prises de vue en 1998, notamment

au niveau du cordon dunaire du Jaï, caractérisé par des pertes surfacique de l'ordre de $-65\,000\text{ m}^2$, soit près de la moitié des pertes relevées entre 1992 et 1998.

La période 1998-2003 est ensuite marquée par une augmentation de la surface globale de la zone homogène de l'ordre de 25 %, malgré des pertes surfaciques de l'ordre de 10 % de la surface globale des zones meubles en 2003. La majorité des plages, y compris le cordon dunaire du Jaï, est caractérisée par un bilan surfacique positif entre 1998 et 2003. Seules quelques plages présentent des diminutions de surface, les plus importantes concernant le secteur de la pointe du Toit (delta de la Touloubre), dont l'allure dépend fortement des tempêtes qui l'atteignent et de la pointe de Berre dont les fortes variations sont liées à la présence de végétation en haut de plage. Cette tendance à l'augmentation des surfaces des plages entre 1998 et 2003 doit cependant être minimisée en raison des conditions d'agitation observées en 1998 qui tendent à réduire fortement les zones meubles (recul important du trait de côte sur certains secteurs, dont le cordon dunaire du Jaï).

Il faut noter que le bilan surfacique calculé entre 1977 et 2003 (défini à partir des traits de côte digitalisés en 1977 et 2003) ne tient pas compte de la tendance au recul du trait de côte, accompagné de fortes pertes surfaciques entre 1992 et 1998, suivies de gains surfaciques relativement importants entre 1998 et 2003, inhérent aux mauvaises conditions météorologiques observées en 1998, ce recul du trait de côte n'étant pas confirmé dans les clichés de 2003.

Tableau 3-7 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1977-2003 à l'échelle de l'étang de Berre (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942 - années 1927 et 1950 incomplètes)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1977-1992	-75 219	86 061	10 841	5 %
1992-1998	-168 874	19 612	-149 262	-65 %
1998-2003	-21 918	78 369	56 451	25 %
1977-1992	-75 219	86 061	10 841	5 %
1992-2003	-132 449	23 411	-109 039	-48 %
1977-2003	-124 381	46 255	-78 126	-34 %

Les variations en termes de surface observées entre 1977 et 2003 ont pour origine :

- ♦ la formation de zones meubles suite à la construction de zones portuaires (**CHAMAS-23**) ;
- ♦ la diminution de zones meubles suite à la création de ports (**plage de Sagnas CHAMAS-01**) ;
- ♦ la disparition de zones meubles suite à des aménagements sur le littoral : station d'épuration (**CHAMAS-28**), ouvrages portuaires (**BERRE-66, BERRE-67, BERRE-70**) ;
- ♦ la disparition ou la diminution des surfaces meubles suite à la construction d'aménagements en haut de plage (enrochements) ou d'habitations (**MARIGN-01, MARTIG-38, MARTIG-39, MARTIG-40** et **STMITRE-08**) ;
- ♦ la présence d'ouvrages le long du littoral (épis, ouvrages portuaires, bourdigues, cales de mise à l'eau) induisant des pertes surfaciques au niveau de l'emplacement de l'ouvrage et modifiant la dynamique sédimentaire naturelle (blocage des sédiments en amont du transit sédimentaire littoral et érosion en aval ; **plage Jaï Sud CHATMAR-03** à **CHATMAR-06, VITROL-01, CHATMAR-09, CHATMAR-13, CHAMAS-17** et **CHAMAS-16**). Des phénomènes d'accumulation ou d'érosion peuvent être observés de part et d'autre des ouvrages (**VITROL-01, MARTIG-34**) ;
- ♦ la mise en place d'enrochements le long du littoral afin de protéger l'arrière-littoral (salins, habitations, routes et pistes d'accès) générant, par phénomène de réflexion, la remise en suspension et le transport des sédiments vers le large (**plage des Ferrières MARTIG-41, BERRE-33**,

BERRE-32, BERRE-31, BERRE-28, BERRE-29, plage de Varage ISTRES-22, plage du Lavoir CHAMAS-15) ;

- ♦ les conditions hydrodynamiques lors de la prise de vue (forte agitation) amplifiant les tendances au recul de la limite basse des zones meubles notamment en 1998 (**CHATMAR-01, CHATMAR-02, MARIGN-01, MARIGN-02, MARIGN-03, MARIGN-04, MARIGN-05, MARIGN-06 et plage Motte Piquet MARIGN-07**) ;
- ♦ les difficultés de la digitalisation du trait de côte en arrière plage (faibles contrastes entre la zone de plage et la dune, par exemple ; **CHATMAR-10, CHATMAR-13, CHATMAR-11 et CHATMAR-12**) ;
- ♦ la propagation de la végétation en haut de plage (**plage des Ferrières CHATMAR-14, MARTIG-41, CHAMAS-19, BERRE-19, ROGNAC-09, VITROL-04, BERRE-01, BERRE-63, BERRE-62 et BERRE-61**) ou la présence d'arbres en haut de zone meuble, entraînant, suivant la période de prise de vue, une avancée du trait de côte en haut de plage (**plage Merveille CHAMAS-03**) ;
- ♦ l'action érosive de l'agitation générée par les régimes de vent (**BERRE-17, BERRE-64 et BERRE-14**). Certaines plages sont toutefois protégées de l'effet de la houle en raison de leur situation encaissée ou de la présence d'avancées rocheuses (**plage des Patorgues STMITRE-04, STMITRE-05, ISTRES-13**) ;
- ♦ la pratique de rechargements annuels (**plage des Heures Claires ISTRES-14**) ou lors de l'aménagement de zones meubles (**CHAMAS-20, plage de Champigny BERRE-60**) ;
- ♦ les apports et les aménagements des cours d'eau, dont notamment l'Arc et la Touloubre (**CHAMAS-09, CHAMAS-31, CHAMAS-06 et BERRE-65**). L'aménagement de l'embouchure de l'Arc en 2 branches a probablement contribué au piégeage sédimentaire dans le chenal aux dépends d'une répartition sur le littoral ;
- ♦ la présence de cabanons et le creusement d'étangs artificiels à proximité du littoral, qui modifient les équilibres naturels et favorisent les phénomènes d'érosion (**BERRE-54 à BERRE-58, BERRE-51, BERRE-52, BERRE-46 à BERRE-49, BERRE-31 à BERRE-35**).

3.3.3.2 Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses sont essentiellement situées sur la rive Ouest et sur la rive Nord du Grand Etang. Le linéaire de côte rocheuse sur les rives de l'étang de Berre est d'environ 15 500 m, ce qui représente près de 24 % du linéaire global du trait de côte (zones meubles, côtes rocheuses et littoral aménagé).

L'album photographique en Carte 21 présente la morphologie de quelques secteurs de côtes rocheuses caractéristiques du pourtour de l'étang de Berre.

Le littoral occidental de l'étang est concerné par des phénomènes d'érosion de ses côtes rocheuses (Carte 22), avec notamment (BRGM, 2005 ; Carte 21) :

- ♦ au **Nord de Martigues**, des phénomènes tels que le basculement de blocs suite au ravinement et au glissement ;
- ♦ à **Saint-Mitre-les-Remparts**, au niveau du massif de Caderaou, des phénomènes d'érosion importante des marnes déstabilisant fortement les niveaux gréseux très fracturés et produisant alors des blocs pouvant chuter ;
- ♦ sur **le littoral de la commune d'Istres**, des secteurs très touchés par des phénomènes d'érosion :
 - dans le fond de l'anse du Ranquet, avec quelques chutes de pierres et de blocs issus de la falaise en amont,
 - au niveau des Heures Claires, 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).

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités est de l'ordre de 8 500 m, ce qui représente 13 % environ du linéaire du pourtour de l'étang de Berre (BRGM, 2005).

3.3.3.3 Synthèses

A- Synthèse générale

Le littoral de l'étang de Berre se compose essentiellement :

- ♦ des longues plages de sable fin et de débris de coquillages du cordon dunaire du Jaï au Sud de l'étang, aménagées par de nombreux épis, des bourdigues et des blocs rocheux en haut de plage ;
- ♦ d'une alternance de côtes rocheuses et de zones meubles, encaissées entre des côtes rocheuses ou en milieu urbain, le long de la façade occidentale ;
- ♦ d'un littoral relativement marécageux au niveau du delta de la Touloubre ;
- ♦ de zones meubles entre le delta de l'Arc et la pointe de Berre, désormais aménagées par des murs en haut de plage et des enrochements afin de protéger les salins en arrière-littoral ;
- ♦ et d'un littoral relativement artificialisé (urbanisation, zones industrielles, portuaires et aéroportuaire) au niveau de la pointe de Berre et de l'étang de Vaïne.

L'étude de l'évolution des surfaces des plages à l'échelle de l'étang de Berre met en évidence des variations importantes en termes de surface sur la période 1977-2003 et un bilan négatif (-83 668 m²).

L'évolution des zones meubles de l'étang de Berre, sur la période 1977-2003, est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- ◆ la **présence d'ouvrages** (épis, ouvrages portuaires, bourdigues, cale de mise à l'eau) le long du littoral, induisant des pertes surfaciques à l'emplacement de l'ouvrage et modifiant la dynamique sédimentaire naturelle. Des phénomènes d'accumulation ou d'érosion peuvent être observés de part et d'autre des ouvrages en fonction de la dérive littorale dominante ;
- ◆ la **présence d'enrochements de protection de l'arrière-littoral** (salins, habitations, routes et pistes d'accès), générant une accentuation de la réflexion de la houle au pied de l'ouvrage et le transport des sédiments vers le large ;
- ◆ la **présence de cabanons** et le **creusement d'étangs artificiels** à proximité du littoral modifiant sensiblement les équilibres naturels et favorisant les phénomènes d'érosion ;
- ◆ les **conditions hydrodynamiques** lors des prises de vue (forte agitation) amplifiant les tendances au recul de la limite basse des zones meubles, notamment en 1998 ;
- ◆ la **présence de végétation en haut de plage** (touffes, arbres) rendant difficile le travail de digitalisation de la limite haute des surfaces meubles et induisant, suivant la saison des prises de vue, des variations du trait de côte en haut de plage ;
- ◆ l'**action érosive des mers de vent**. Certaines plages sont toutefois protégées de l'effet de la houle en raison de leur situation encaissée ou de la présence d'avancées rocheuses ;
- ◆ les **apports en sédiments** et l'**aménagement des cours d'eau** ;
- ◆ la **pratique de rechargement**.

Les plages du littoral de l'étang de Berre sont marquées par des dynamiques variables (stabilité, accrétion ou érosion) suivant leur morphologie, leur orientation vis-à-vis des courants et des mers du vent, leur position encaissée, la présence d'ouvrages de protection contre l'érosion ou d'aménagements directement sur la zone meuble ou en haut de plage, etc.

La moitié Sud de la plage Jaï Sud (CHATMAR-03 à CHATMAR-08, à l'exception de CHATMAR-15) et l'extrémité Ouest de la plage Jaï Nord (MARIGN-01 à MARIGN-07), les plages de la côte orientée Ouest-Est au niveau de l'anse de Ranquet (STMITRE-01 à STMITRE-06), au Nord de la commune d'Istres (ISTRES-03 à ISTRES-17, à l'exception de ISTRES-14), sur la façade occidentale et en fond de l'Anse de Saint-Chamas (ISTRES-01, ISTRES-02 et

MIRAMA-01), au niveau de la pointe de Berre (BERRE-07 à BERRE-23, à l'exception de BERRE-16 à BERRE-18) ainsi que les côtes orientées Est-Ouest de l'étang de Vaïne (ROGNAC-12 à ROGNAC-14, BERRE-01 à BERRE-06, VITROL-01 à VITROL-04 et MARIGN-12 à MARIGN-15) sont relativement stables.

Des plages présentent même des signes d'accrétion notamment sur les moitiés Ouest de la plage Jaï Sud (CHATMAR-09) et de la plage située entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue (CHATMAR-12), suivant la dérive littorale dominante du Sud-Ouest vers le Nord-Est ainsi que sur le littoral orienté Ouest-Est du delta de la Touloubre (CHAMAS-06 à CHAMAS-09) en fonction des apports du cours d'eau.

Des secteurs en érosion sont toutefois présents sur :

- ♦ **la moitié Est de la plage localisée entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue du cordon dunaire du Jaï (CHATMAR-12 et CHATMAR-13), probablement par la présence de la bourdigue étendue vers le large à l'Ouest qui capte une partie du transit sédimentaire du Sud-Ouest vers le Nord-Est, privant les secteurs directement en aval de la dérive d'apports en sédiments ;**
- ♦ **les plages de la commune de Martigues dont les habitations en arrière-littoral sont protégées par des murs et enrochements favorisant les phénomènes d'érosion (MARTIG-35, MARTIG-36 et MARTIG-39) ;**
- ♦ **les côtes orientées suivant la dérive littorale importante du Nord vers le Sud, par temps de Mistral, au niveau de l'anse de Ranquet (ISTRES-18 à ISTRES-22), de la façade orientale de l'Anse de Saint-Chamas (CHAMAS-11 à CHAMAS-17) et de la commune de Saint-Chamas au Nord du delta de l'Arc (CHAMAS-01 et CHAMAS-22) ;**
- ♦ **le littoral orienté Est-Ouest de la commune de Saint-Chamas, notamment au niveau des secteurs aménagés par des ouvrages (CHAMAS-03 à CHAMAS-05) ;**
- ♦ **le littoral des salins de Berre en raison de son orientation suivant la dérive littorale dominante du Nord vers le Sud, de la présence de cabanons et du creusement d'étangs pour la pratique de la chasse, favorisant le recul du trait de côte (globalement de BERRE-25 à BERRE-56) ;**
- ♦ **de nombreuses plages en fond de l'étang de Vaïne, en raison du transit sédimentaire dominant, lié aux houles formées par le Mistral, globalement orienté du Nord vers le Sud et de la présence d'aménagements favorisant les phénomènes d'érosion en aval du transit (ROGNAC-01, ROGNAC-02 à 03, ROGNAC-07, ROGNAC-09, VITROL-05 à VITROL-07).**

L'allure du littoral du delta de la Touloubre (pointe du Toit ; CHAMAS-07 à CHAMAS-11) et de la pointe de Berre (BERRE-14 à BERRE-19, BERRE-64 et

BERRE-66) est très variable en fonction des tempêtes qui les atteignent et les déforment.

Les côtes rocheuses du littoral occidental de l'étang de Berre sont soumises à des phénomènes d'érosion du type érosion différentielle, sous-cavage, chute de blocs suite au ravinement et au glissement sur près de 13 % du linéaire rocheux du pourtour de l'étang de Berre (BRGM, 2005).

B- Synthèse par gestionnaires

(Pour les gestionnaires autres que GIPREB)

1 - Sibojai et Syndicat de la Cadière et du Raumartin :

Sur le secteur du Jaï, le littoral de l'étang de Berre se compose essentiellement des longues plages de sable fin et de débris de coquillages (cordon dunaire du Jaï au Sud de l'étang), aménagées par de nombreux épis, des bourdigues et des blocs rocheux en haut de plage.

La moitié Sud de la plage Jaï Sud (**CHATMAR-03** à **CHATMAR-08**, à l'exception de **CHATMAR-15**) et l'extrémité Ouest de la plage Jaï Nord (**MARIGN-01** à **MARIGN-07**) est relativement stables.

Des plages présentent même des signes d'accrétion notamment sur les moitiés Ouest de la plage Jaï Sud (**CHATMAR-09**).

Des secteurs en érosion sont toutefois présents sur la moitié Est de la plage localisée entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue du cordon dunaire du Jaï (**CHATMAR-12** et **CHATMAR-13**), probablement par la présence de la bourdigue étendue vers le large à l'Ouest qui capte une partie du transit sédimentaire du Sud-Ouest vers le Nord-Est, privant les secteurs directement en aval de la dérive d'apports en sédiments.

2 – Le Syndicat d'Aménagement du Bassin de l'Arc :

Les zones meubles entre le delta de l'Arc et la pointe de Berre sont désormais aménagées par des murs en haut de plage et des enrochements afin de protéger les salins en arrière-littoral.

Les secteurs en érosion sont toutefois présents :

- ♦ sur les côtes orientées suivant la dérive littorale importante du Nord vers le Sud, par temps de Mistral, au niveau de la commune de Saint-Chamas au Nord du delta de l'Arc (**CHAMAS-01** et **CHAMAS-22**) ;
- ♦ sur le littoral des salins de Berre en raison de son orientation suivant la dérive littorale dominante du Nord vers le Sud, de la présence de cabanons et du creusement d'étangs pour la pratique de la chasse, favorisant le recul du trait de côte (globalement de **BERRE-25** à **BERRE-56**).

L'allure du littoral du delta de la Touloubre (pointe du Toit ; **CHAMAS-07** à **CHAMAS-11**) et de la pointe de Berre (**BERRE-14** à **BERRE-19**, **BERRE-64** et **BERRE-66**) est très variable en fonction des tempêtes qui les atteignent et les déforment.

3 – Le Syndicat d'Aménagement de la Touloubre :

Le littoral de l'étang de Berre est relativement marécageux au niveau du delta de la Touloubre.

Des plages présentent des signes d'accrétion sur le littoral orienté Ouest-Est du delta de la Touloubre (**CHAMAS-06** à **CHAMAS-09**) en fonction des apports du cours d'eau.

Des secteurs en érosion sont toutefois présents sur :

- ♦ les côtes orientées suivant la dérive littorale importante du Nord vers le Sud, par temps de Mistral, au niveau de la façade orientale de l'Anse de Saint-Chamas (**CHAMAS-11** à **CHAMAS-17**) ;
- ♦ le littoral orienté Est-Ouest de la commune de Saint-Chamas, notamment au niveau des secteurs aménagés par des ouvrages (**CHAMAS-03** à **CHAMAS-05**) ;

L'allure du littoral du delta de la Touloubre (pointe du Toit ; **CHAMAS-07** à **CHAMAS-11**) et de la pointe de Berre (**BERRE-14** à **BERRE-19**, **BERRE-64** et **BERRE-66**) est très variable en fonction des tempêtes qui les atteignent et les déforment.

3.3.4 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 23).

3.3.4.1 Côtes meubles

Le littoral de la Côte Bleue regroupe, en 2003, 61 zones meubles distinctes réparties, d'Ouest en Est, sur les communes de Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne, le Rove et Marseille (Carte 23 & Carte 24).

Les plages de la Côte Bleue sont relativement petites et situées en fond de calanques, d'anses rocheuses ou de criques, à l'exception des plages artificielles du littoral de la commune de Marseille.

L'album photographique en Carte 25 présente la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral de la Côte Bleue.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 7.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

Le littoral de la commune de Martigues

Les plages du littoral de la commune de Martigues dans la zone homogène n°18 sont essentiellement des plages en fond d'anses rocheuses ou en pied de falaise.

L'analyse des photographies aériennes et les visites de terrain mettent en évidence, en raison de leur configuration (zones situées dans des anses rocheuses offrant une protection contre l'action des houles) et de leurs caractéristiques granulométriques (matériaux grossiers), l'absence de dynamique particulière et une certaine stabilité des plages de poche suivantes :

- ♦ la **plage du sémaphore (MARTIG-22)**, plage essentiellement composée de sable grossier et de graviers. Les variations de surface mises en évidence dans l'analyse des photographies aériennes proviennent des limites de la méthode (difficulté à définir les limites hautes des zones meubles en bordure de côte rocheuse en raison de l'absence de contrastes significatifs) notamment en 1992. La visite de terrain a mis en évidence la présence de végétation sur la zone meuble ;

- ♦ la zone nommée **MARTIG-24** (Carte 25), plutôt caractérisée par un mélange de galets et de blocs rocheux ;
- ♦ la **plage de l'anse de la Beaumaderie (MARTIG-25)**, plage de graviers, se forme par érosion de la falaise en arrière-plage. Des pans de falaise se décrochent et recouvrent désormais quasi-totalement la plage.
- ♦ la **plage de galets et de blocs de l'anse Boumandariel (MARTIG-29)** et la zone **MARTIG-30**, plage en pied de côte rocheuse de graviers, galets, et blocs rocheux, non discernables sur les photographies aériennes jusqu'en 1977, semblent relativement stables depuis 1998 ;
- ♦ la plage de graviers, galets et blocs rocheux **MARTIG-31**, située en fond d'anse rocheuse soumise à érosion.

La **plage de l'anse de la Couronne Vieille (MARTIG-23)**, composée de sable grossier, graviers et galets, à l'intérieur d'une anse est soumise à une dynamique sédimentaire d'Ouest en Est d'après la visite de terrain, avec une tendance à l'accumulation des sédiments à l'Est de l'épi en milieu de plage et une tendance à l'érosion à l'Ouest. La limite basse du trait de côte est relativement stable d'après l'étude des photographies aériennes. L'évolution des surfaces entre 1998 et 2003 (perte) est probablement liée à la présence de la cale de mise à l'eau bétonnée à l'Ouest (non visible ou inexistante en 1998).

La **plage de la Saulce (MARTIG-26)** et la **plage de Sainte-Croix (MARTIG-27)**, Carte 25), plages de sable fin, respectivement en fond d'anse rocheuse ou en pied de falaise, sont caractérisées par une certaine stabilité hydro-sédimentaire, voire une tendance à l'accrétion entre 1998 et 2003 (avancée du trait de côte vers la mer), d'après l'analyse des photographies aériennes (pas de rechargement d'après l'entretien du 25 mars 2008 avec la commune de Martigues).

La zone **MARTIG-28**, en arrière de l'abri des Tamaris, est soumise à une diminution de sa surface depuis 1927, principalement à son extrémité occidentale probablement suite à la construction des aménagements portuaires et au confortement de la route longeant le site (enrochements). Depuis 1998, cette plage est quasiment inexistante et ne dépasse pas 1 m de largeur sur une petite portion à l'Est de la cale de mise à l'eau.

La **plage du grand Vallat (MARTIG-32)**, zone de sable et de graviers (voire de blocs rocheux à l'extrémité Ouest), située en aval d'une roselière, est marquée par une tendance à la végétalisation de son arrière-plage, à l'origine des fortes diminutions de surface entre 1998 et 2003 et au recul de la limite basse entre 1992 et 1998. Cette plage était interdite à la baignade en 2008 pour cause de pollution des eaux (rejet de la station d'épuration des communes de Carry-le-Rouet et Sausset-les-Pins).

Le littoral de la commune de Sausset-les-Pins

Le littoral de la commune de Sausset-les-Pins est caractérisé, d'Ouest en Est, par :

- ♦ des plages de poche, en fond d'anse rocheuse à l'Ouest du port de Sausset-les-Pins (SAUSSET-01, SAUSSET-02 et SAUSSET-03) ;
- ♦ des plages aménagées entre des épis en enrochements à l'Est du port de Sausset-les-Pins (SAUSSET-04, SAUSSET-05 et SAUSSET-06) ;
- ♦ des plages de poche, en fond d'anse rocheuse à l'Est du port (SAUSSET-07, SAUSSET-08, SAUSSET-09 et SAUSSET-10) ;
- ♦ des plages de sable et de graviers (SAUSSET-11 et SAUSSET-12) à l'extrémité orientale de la commune.

Des zones meubles ont disparu suite à la construction du port de Sausset-les-Pins (SAUSSET-13, SAUSSET-14 et SAUSSET-15). Ces plages, situées à l'emplacement du port actuel, ne sont plus visibles après 1977.

Les plages de poche situées sur la partie occidentale du littoral de la commune (SAUSSET-01, **plage de l'anse du Grand Nid** nommée SAUSSET-02 et **plagette du Petit nid** SAUSSET-03) sont caractérisées par des matériaux grossiers (graviers et galets, voire blocs rocheux pour la zone SAUSSET-02). Les plages sont relativement protégées de l'action de la houle et semblent stables. La **plagette du Petit nid** (SAUSSET-03) a toutefois fait l'objet de rechargements et reste stable depuis (commune de Sausset-les-Pins, entretien du 28 avril 2008).

Les plages SAUSSET-04, SAUSSET-05 (Carte 25) et SAUSSET-06, composées de graviers et de galets, ont été formées par rechargement après la construction des trois épis perpendiculaires à la côte en enrochements (inexistants en 1927). Nous ne disposons pas d'informations précises concernant ces opérations de rechargement. Ces zones sont relativement stables depuis ces rechargements, les transits sédimentaires longitudinaux étant bloqués par la présence des digues de part et d'autre et de la cale de mise à l'eau à l'Ouest de la zone SAUSSET-04. Les variations en termes de surface de SAUSSET-04 entre 1998 et 2003 sont liées aux erreurs de la digitalisation du trait de côte au niveau des enrochements à l'Ouest de la cale de mise à l'eau. Ces plages sont toutefois soumises à un étranglement au centre (probablement lié à la formation de courants de retour entraînant les sables vers le large) et une accumulation de sédiments à proximité des enrochements.

Les plages de poche SAUSSET-07 (**plage de l'anse du Petit Rouveau**), SAUSSET-08 (**Plage de l'anse du Grand Rouveau**), SAUSSET-09 (inaccessible lors de la visite de terrain) et SAUSSET-10 (également inaccessible lors de la visite de terrain) ne présentent pas d'évolution marquée. Les variations de surface relevées notamment pour la **plage de l'anse du Grand Rouveau** (SAUSSET-08) entre 1998 et 2003 sont liées à la mise en place d'enrochements à l'Ouest et à l'Est de la zone meuble sur cette période.

Les plages SAUSSET-11 et SAUSSET-12 (Carte 25), séparées par une digue construite entre 1950 et 1977 et constituées de sable fin à grossier et de graviers, sont

caractérisées par une certaine stabilité depuis 1977. Entre 1950 et 1977, la plage **SAUSSET-12** a quasiment doublé de surface (avancée sur la mer probablement liée à un rechargement).

Le littoral de la commune de Carry-le-Rouet

Le littoral de la commune de Carry-le-Rouet regroupe des plages en fond d'anse ou en pied de côte rocheuse, des plages aménagées et des plages en milieu portuaire.

Les plages les plus importantes de Carry-le-Rouet sont toutes plus ou moins artificielles (dépôt initial de matériel sédimentaire). La création de ces plages par dépôt de matériel sédimentaire avait initialement pour objet de protéger les aménagements situés en arrière de la plage et non de créer des zones de baignade. En revanche, elles ne font pas l'objet de rechargements réguliers depuis leur création, à l'exception de la plage du Rouet (**CARRY-10** et **CARRY-11**).

La plage de la Tuilière (**CARRY-01**), plage de galets, est marquée par une perte surfacique depuis 1977, probablement suite à l'aménagement de l'arrière-plage. Des signes d'érosion sont visibles en pied de mur de soutènement du parking en arrière-plage. Cette plage est, d'après la visite de terrain, divisée en deux sections de part et d'autre de la cale mise à l'eau suite à l'érosion de la plage. Cette plage tend à disparaître car elle n'est plus rechargée.

A l'Est de cette plage, on observe deux plages réduites de graviers et de galets (**CARRY-02** et **CARRY-03**) situées entre des avancées rocheuses. L'analyse des photographies aériennes ne met pas en évidence de tendances particulières.

Les zones meubles **CARRY-19** et **CARRY-20** ont disparu suite à l'agrandissement du Port de Carry-le-Rouet. Ces zones, localisées à l'emplacement du port actuel, ne sont plus observées après 1950 sur la zone la plus à l'Est (**CARRY-20**) et après 1977 pour la zone **CARRY-19**.

Par contre, les plages **CARRY-04** (plage Fernandel), **CARRY-05** (plage du Port), **CARRY-06**, **CARRY-15** et **CARRY-16** doivent leur existence à la modification du bassin portuaire de Carry-le-Rouet. Les plages de Fernandel et du Port (**CARRY-04** et **CARRY-05**) à l'Ouest du port, constituées de graviers et de galets, ne formaient qu'une seule plage entre 1977 et 1998. Suite au recul de la limite basse de la zone de plage, celle-ci s'est retrouvée divisée en deux parties en 2003. Un épi en enrochements sépare dorénavant les deux zones. La zone **CARRY-06** est soumise à une perte de sa surface sur la période 1992-2003 avec une tendance à l'érosion au Sud de la digue. Concernant les zones **CARRY-15** et **CARRY-16**, la visite de terrain a montré que ces zones correspondaient en 2008 à des aménagements en dur (cale de mise à l'eau par exemple à l'emplacement de **CARRY-15**). Ces zones identifiées comme des zones meubles jusqu'en 2003, n'étaient peut être pas réellement des zones de plage. Cette erreur est inhérente aux limites de la méthode (faible contraste de couleurs entre les cales de mise à l'eau et les zones meubles).

La plage de la Calanque du Cap Rousset (**CARRY-07** ; Carte 25), plage de graviers, est protégée par une digue à l'Est de la calanque (construite entre 1950 et

1977 et entraînant une diminution de l'emprise de la plage à l'Est de l'anse). La zone meuble présente une tendance à la stabilité.

L'analyse des photographies aériennes des zones **CARRY-17**, (seulement observée sur les photographies aériennes de 1998 et 2003), **CARRY-08** et **CARRY-09**, inaccessibles lors de la visite de terrain (propriétés privées), ne met pas en évidence de tendance particulière. Les variations en termes de surface de **CARRY-09** entre 1998 et 2003 sont imputables à la mise en place des enrochements le long de la côte.

La **plage du Rouet (CARRY-10 et CARRY-11)** s'étendait à l'origine sur l'ensemble de la baie jusqu'en 1950 ; elle était alors rattachée aux plages **CARRY-12** et **CARRY-13**. Ces plages ont été formées artificiellement par l'apport de sable il y a environ 30 ans (Commune de Carry-le-Rouet, entretien du 28 avril 2008). A partir de 1977, la plage du Rouet commence à se diviser en plusieurs tronçons suite à l'aménagement de l'arrière-plage et à la mise en place de digues. Le tronçon **CARRY-10** de la plage du Rouet est actuellement constitué de sable fin à moyen. La zone meuble **CARRY-11** (Carte 25) est plutôt constituée d'un mélange de sable moyen en haut de plage et de galets issus d'un rechargement en 1999 (supérieur à 500 tonnes) en bas de 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 (commune de Carry-le-Rouet, entretien du 28 avril 2008). Un épi sépare désormais les deux zones meubles, il a été positionné à l'Est du port, afin de limiter le désensablement de la partie orientale et, par conséquent, l'ensablement du port. La visite de terrain et l'analyse des photographies aériennes mettent en évidence une largeur de plage pour les deux zones qui tend à augmenter à l'Ouest, le long du port ou de l'épi, et à rétrécir à l'Est, confirmant la dynamique sédimentaire d'Est en Ouest. Entre 1998 et 2003, à l'exception d'une séparation définitive des deux plages par l'épi, les deux zones de plage sont plutôt stables, voire en agrandissement pour la plage **CARRY-11**, ayant pour origine plusieurs facteurs :

- ◆ la présence de l'épi bloquant les sédiments transitant d'Est en Ouest ;
- ◆ le rechargement en galets grossiers en 1999, probablement pour limiter l'ensablement du port ;
- ◆ le reprofilage de la plage par les services communaux de la manière suivante :
 - en début de période hivernale, les galets composant la plage sont concentrés en haut de plage de manière à réduire la largeur de plage et à 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) ;
- ◆ et la période de prise de vue des clichés (avant ou après le reprofilage de la plage).

Les plages **CARRY-12** et **CARRY-13**, plages de galets, sont séparées depuis 2003 par la mise en place d'un épi. Le transit sédimentaire s'effectuant d'Est en Ouest, les sédiments bloqués par l'épi tendent à s'accumuler sur la zone meuble nommée

CARRY-13. La largeur de la plage **CARRY-13** tend à diminuer en allant vers la cale de mise à l'eau à l'Est de la plage, cale bétonnée d'après la visite de terrain (aménagement à l'origine des pertes surfaciques de la zone meuble entre 1998 et 2003).

La **plage des Eaux Salées (CARRY-14)**, plage de galets au pied du village de vacances, présente une légère tendance au recul de la plage à l'Est à proximité de la falaise côtière.

Le littoral de la commune d'Ensuès-la-Redonne

Le littoral de la commune d'Ensuès-la-Redonne se compose de petites plages en fond d'anse rocheuse ou de calanque, dont la plage naturelle de sable (**ENSUES-01**) et de zones meubles en milieu portuaire.

La zone en fond de l'abri de la Madrague de Gignac (**ENSUES-10**), construit entre 1977 et 1992, présente une tendance à la stabilité, les variations de surface étant liées à la digitalisation du trait de côte en haut de zone meuble (qualité des clichés).

La **plage de la Dugue (ENSUES-01 ; Carte 25)**, plage de sable naturelle, change d'aspect avec les saisons : en hiver, sous l'action des houles de tempête, la plage se réduit et en été, sous l'action des vagues de plus faibles amplitudes, la plage se reforme sous le dépôt de sable (commune d'Ensuès-la-Redonne, panneau d'affichage). L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à la stabilité de la zone meuble encaissée.

La **plage du port de la Redonne (ENSUES-02)**, plage de galets et de blocs rocheux, entourée de côtes rocheuses, présente une tendance à la stabilité. La construction du port de la Redonne entre 1927 et 1950 a engendré la disparition de la zone supposée meuble **ENSUES-15**.

Les **plages de la calanque des Anthénors (ENSUES-03 et ENSUES-04)**, constituées de galets et de blocs rocheux issus de l'effondrement des falaises, se trouvent désormais séparées par des blocs rocheux suite à la réduction de la largeur de plage (érosion). Les fortes variations de surface entre la période 1927-1977 et 1998-2003 sont probablement liées à la différence de qualité des photographies aériennes entre ces deux périodes (pas de distinction de la zone occidentale avant 1998).

La zone dénommée **ENSUES-11**, inaccessible lors de la visite de terrain, n'est pas visible avant 1992. Cette zone présente des variations, notamment en haut de plage, qui proviennent de la méthode de digitalisation du trait de côte (qualité des photographies en noir et blanc avant 1998, angle de prise de vue susceptible de faire varier les ombres et la perception de la largeur de la plage, etc.).

Les **plages de la calanque des Figuières (ENSUES-05, ENSUES-12 et ENSUES-06)**, localisées de part et d'autre de l'abri de la calanque, sont constituées d'un

mélange de graviers et de galets pour **ENSUES-05** et de galets seulement pour **ENSUES-06**. La perte de surface sur l'extrémité Nord d'**ENSUES-05** est inhérente à la construction de l'abri entre 1950 et 1977 puis à son agrandissement vers l'Ouest (mise en place d'enrochements) entre 1977 et 1992. Le mur en arrière-plage est fortement érodé (détachement des pierres). Cette plage est stable sur la période 1998-2003. La plage de poche **ENSUES-06** semble également stable, les variations entre 1977 et 1992 étant liées à la qualité des clichés en noir et blanc. La zone **ENSUES-12**, en fond de l'abri de la calanque des Figuières s'est avérée être une cale de mise à l'eau lors de la visite de terrain. Il n'est pas possible de certifier, à partir des photographies aériennes, que le site était bien une zone meuble sur la période 1998-2003 (distinction difficile des zones meubles et des cales de mise à l'eau en milieu portuaire liée à l'absence de contraste significatif). La limite basse de la zone **ENSUES-12** est stable sur la période 1998-2003.

La zone dénommée **ENSUES-07**, inaccessible à pied, est seulement observée en 2003. Son existence n'a pas pu être validée par la visite de terrain. Cela correspondrait à une plage de poche de faible surface en fond de crique rocheuse.

La construction du port de Méjean entre 1950 et 1992 (pas de photographie en 1977) a entraîné la disparition de la zones meuble **ENSUES-16** au niveau du bassin Ouest du port construit entre 1977 et 1992, et des zones dénommées **ENSUES-13** et **ENSUES-14** (cale de mise à l'eau d'après la visite de terrain) mais est à l'origine de la formation de la zone meuble dénommée **ENSUES-08 (plage de Méjean)** observée depuis 1998 et de limite basse stable. Entre 1998 et 2003, il n'est pas possible de certifier que les zones **ENSUES-13** et **ENSUES-14**, observées en 1927 et 1950, sont des zones meubles ou déjà des cales de mise à l'eau.

La zone **ENSUES-09**, difficilement accessible lors de la visite de terrain, est relativement stable entre 1998 et 2003. Les variations de surface observées les années précédentes sont probablement liées à la mauvaise qualité des clichés en noir et blanc (faibles contrastes entre la zone meuble et la côte rocheuse).

Le littoral de la commune du Rove

Le littoral de la commune du Rove regroupe deux plages communales, la plage de Niolon (**LEROVE-01**) et la plage de la Vesse (**LEROVE-02**) ainsi que des plages de poche inaccessibles à pied (hors grande randonnée) au pied de la ligne de chemin de fer (**LEROVE-03**, **LEROVE-04**, **LEROVE-05** et **LEROVE-06**, invisible en 2003).

La **plage de Niolon (LEROVE-01 ; Carte 25)**, plage de graviers et de galets localisée au fond du port de Niolon et en pied de côte rocheuse est protégée de la houle par les digues portuaires. Cette zone meuble ne présente pas d'évolution particulière sur la période étudiée. D'autres zones étaient visibles jusqu'en 1998 à l'intérieur du bassin portuaire (**LEROVE-08**, à l'emplacement de la cale de mise à l'eau) et à l'entrée du port (**LEROVE-07**, zone en enrochements).

La **plage de la Vesse (LEROVE-02)**, plage de graviers et de galets, présente des pertes surfaciques importantes (réduction) entre 1998 et 2003, provenant principalement des aménagements en haut de plage (terre-plein bétonné) non discernables en 1998.

La zone meuble existant jusqu'en 1992 au Sud de la plage de la Vesse (**LEROVE-09**) a probablement disparu suite à l'aménagement de la digue.

La **plage de Figuerolles LEROVE-03, LEROVE-04, LEROVE-05 et LEROVE-06**, plages de poche en dessous du chemin de fer, présentent des variations surfaciques imputables à leur position encaissée dans la côte rocheuse favorisant les erreurs liées à la méthode (distinction zone meuble et zone rocheuse, qualité des photos et, notamment pour les clichés de 1998, angle de prise de vue ne permettant pas de visualiser la plage sous le chemin de fer). La zone meuble **LEROVE-06** n'est plus observée en 2003, soit par phénomène d'érosion soit en raison de l'angle de prise de vue.

Le littoral de la commune de Marseille

A l'extrémité occidentale de la commune de Marseille, à l'Ouest du tunnel du Rove, la zone homogène n°18 comprend la plage artificielle de Corbière protégée par la digue du port de Corbière : **MARSEIL-01 (Fortin), MARSEIL-02 (la Batterie) et MARSEIL-03 (la Lave)**.

MARSEIL-01 et MARSEIL-02, ont été créées suite à modification de la digue entre 1977 et 1992. Ces plages sont séparées par des enrochements et un terre-plein aménagé.

MARSEIL-01 (Carte 25), plage de galets et de blocs rocheux à l'extérieur du port de Corbière, présente une tendance à la stabilité sur la période 1992-2003. La digue protège la zone meuble de l'action de la houle et des mouvements sédimentaires.

MARSEIL-02, plage artificielle de sable fin à moyen localisée à l'intérieur du bassin portuaire, présente une tendance à l'accrétion plus marquée à l'extrémité Nord laissant supposer une dynamique du Sud vers le Nord à l'intérieur du bassin.

La zone meuble **MARSEIL-03** existait déjà en 1927 en arrière de la digue de protection du bassin portuaire. Elle a ensuite été déplacée (remplacement de l'ancienne zone meuble par un terre-plein) et se trouve désormais encaissée entre des enrochements et protégée de l'action de la houle par la digue. Les fortes variations relevées entre 1977 et 1992 sont probablement imputables à des rechargements (pas de données disponibles). Cette plage de sable fin présente de faibles variations sur la période 1992-2003 mais reste globalement stable.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles de la Côte Bleue est de l'ordre de 54 361 m² (Annexe 7). Les surfaces des zones meubles varient entre 62 m² au niveau de la Plage de la Vesse (**LEROVE-02**) et 5 707 m² pour la Plage de la Saulce **calanque d'En-Vau (MARTIG-26)**.

L'étude des variations de surface des plages à l'échelle de la Côte Bleue met en évidence un bilan légèrement négatif, voire à la stabilité, sur la période 1927-2003 (bilan de -336 m², représentant -1 % de la surface globale des zones meubles en 2003), malgré de fortes pertes et gains surfaciques (Tableau 3-8).

La zone homogène est plutôt marquée par un bilan légèrement positif sur la période 1927-1992, suivi d'un bilan négatif entre 1992 et 2003. Le bilan sur la période 1998-2003 est également négatif. Les fortes pertes surfaciques observées entre 1992 et 2003 sont inhérentes aux variations naturelles des zones meubles, mais également à la mise en place d'aménagements directement sur la zone meuble ou en haut de plage, à la présence de végétation se propageant sur les zones meubles ainsi qu'aux erreurs de digitalisation du trait de côte en haut de plage (limite haute) en présence d'embrochements ou en pied de côte rocheuse.

Tableau 3-8 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle de la Côte Bleue (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1927-1950	-5 582	13 857	8 275	15 %
1950-1977	-8 803	17 864	9 061	17 %
1977-1992	-17 960	19 343	1 383	3 %
1992-1998	-17 442	8 067	-9 375	-17 %
1998-2003	-13 165	8 465	-4 700	-9 %
1927-1992	-11 358	12 920	1 562	3 %
1992-2003	-22 876	8 095	-14 781	-27 %
1927-2003	-14 750	14 414	-336	-1 %

Les variations en termes de surface observées entre 1927 et 2003 ont pour origine :

- ♦ la formation de zones meubles suite à la création ou l'aménagement de zones portuaires sur les communes d'Ensues-la-Redonne, Carry-le-Rouet ou Marseille (**ENSUES-08**, **plage Fernandel CARRY-04**, **plage du Port**

CARRY-05, CARRY-06, CARRY-15, CARRY-16, MARSEIL-01, MARSEIL-02 et MARSEIL-03) ;

- ♦ la diminution de surfaces meubles suite à des aménagements en haut de plage, tels que les terres-pleins bétonnés ou les murs de soutènement (**plage de la Vesse LEROVE-02, CARRY-01**)
- ♦ la disparition de zones meubles ou des pertes surfaciques suite à des aménagements directement sur la plage : digues (**LEROVE-09, CARRY-07, CARRY-12, CARRY-13, SAUSSET-04, SAUSSET-05 et SAUSSET-06**), cales de mise à l'eau (**LEROVE-08, ENSUES-13, et ENSUES-14, plage de l'anse de la Couronne Vieille CARRY-13 et MARTIG-23**), enrochements (**LEROVE-07, CARRY-09, plage de l'anse du Grand Rouveau SAUSSET-08**), construction ou agrandissement de bassin portuaire (**ENSUES-05, ENSUES-16, ENSUES-15, CARRY-19, CARRY-20, MARTIG-28, SAUSSET-13, SAUSSET-14 et SAUSSET-15**) ;
- ♦ la mise en place d'enrochements de protection de l'arrière-plage (route), induisant, par augmentation de la réflexion des houles, des phénomènes d'érosion en pied d'ouvrage (**MARTIG-28**) ;
- ♦ la présence d'ouvrages de protection contre les phénomènes d'érosion (épis) ou d'ouvrages portuaires, modifiant la dynamique sédimentaire naturelle (blocage des sédiments). Des phénomènes d'accumulation de sédiments à proximité des épis et d'étranglement au centre de la plage peuvent être observés (**SAUSSET-04, SAUSSET-05 et SAUSSET-06**). Certaines plages peuvent présenter, en fonction du transit sédimentaire principal, des phénomènes d'érosion et d'accrétion de part et d'autre des épis (**plage de l'anse de la Couronne Vieille MARTIG-23**) ;
- ♦ la pratique de rechargement (**MARSEIL-03 et SAUSSET-12**) ou de reprofilage (**CARRY-11**) ;
- ♦ les erreurs de digitalisation de la limite haute des zones meubles en présence d'enrochements (**SAUSSET-04**) ou en pied de côte rocheuse (**LEROVE-03, LEROVE-04, LEROVE-05, LEROVE-06, ENSUES-09, ENSUES-06, ENSUES-11, ENSUES-03 et ENSUES-04**), inhérentes à la mauvaise qualité des photographies aériennes, aux défauts des clichés au niveau des côtes rocheuses, à la présence d'ombres laissant supposer l'existence de zone meuble plus importante ou plus réduite qu'en réalité, à l'angle de prise de vue susceptible de faire varier les ombres et la perception de la largeur de la plage, etc. ;
- ♦ la présence de végétation en haut de plage, qui peut induire des variations surfaciques lorsque celle-ci tend à se propager sur la zone meuble (**plage du grand Vallat MARTIG-32**) ;
- ♦ les conditions de vent et d'agitation, qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosion ou d'accrétion. Les zones meubles situées dans des anses rocheuses bénéficient toutefois d'une protection naturelle contre l'action des houles (**plage du sémaphore MARTIG-22, MARTIG-24, plage de l'anse**

de la Beaumaderie MARTIG-25, plage de l'anse Boumandariel MARTIG-29 et MARTIG-30, SAUSSET-01, plage de l'anse du Grand Nid SAUSSET-02 et plaquette du Petit nid SAUSSET-03).

3.3.4.2 Côtes rocheuses

Le relief de la Côte Bleue est marqué par de nombreuses falaises et caps (Carte 23). Le linéaire de côte rocheuse sur la zone d'étude est d'environ 25 330 m, ce qui représente près de 83 % du linéaire global du trait de côte (zones meubles, côtes rocheuses et littoral aménagé).

La morphologie de quelques secteurs de falaises caractéristiques du littoral de la Côte Bleue est illustrée dans l'album photographique en Carte 26.

La côte rocheuse de la Côte Bleue est affectée de plusieurs types d'instabilité (BRGM, 2005 ; Carte 26 & Carte 27) :

- ◆ des instabilités liées à la formation de réseaux de fracturation (karstification) menant à la déstabilisation du calcaire en surplomb et localement de glissement banc sur banc, notamment à l'Ouest de la zone homogène, de l'anse de la Couronne Vieille à celle de la Beaumaderie. Au niveau de la **plage de l'anse de la Beaumaderie (MARTIG-25)**, des pans de falaise se décrochent et recouvrent désormais quasi-totalement la plage (Carte 26) ;
- ◆ des phénomènes d'érosion différentielle des niveaux plus tendres (sables, par exemple). Elle peut être accompagnée de chutes de blocs provoquées par la déstabilisation de ces derniers, au niveau des anses du Petit et du Grand Rouveau sur la commune de Sausset-les-Pins par exemple. D'autres secteurs, tels que le Moulin à Carry-le-Rouet ne subissent pas de fracturation ;
- ◆ des éboulements, notamment sur :
 - les barres calcaires situées notamment au niveau de l'anse de Boumandariel (commune de Sausset-les-Pins). Le glissement de ces blocs est localement ralenti par la végétation ou des zones de replats topographiques,
 - la commune d'Ensues-la-Redonne (extrémité Ouest de la commune et secteur du port et cap Méjean ; AGAM, 2000). Ce littoral est très concerné par les phénomènes d'érosion de falaises en particulier entre la Madrague de Gignac et le port de Méjean. Les phénomènes se produisant sont variés : chutes de blocs, éboulements en masse, sous-cavage, érosion différentielle,
 - les falaises de la commune de Carry-le-Rouet 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 événements de type mouvements de terrain se sont produits sur le territoire communal depuis 2005 avec notamment :

- un éboulement d'environ 5 m^3 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 m^3 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 m^3 en 2005 au niveau d'une falaise située à l'Ouest du port du Rouet ;
 - une coulée de boue a eu lieu en 2005 à l'Ouest du port de plaisance, sur la promenade piétonne.
- le littoral de la commune du Rove. 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.

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités est de l'ordre de 19 870 m, ce qui représente près de 63 % du linéaire du trait de côte de la Côte Bleue (BRGM, 2005).

3.3.4.3 Synthèse

Le littoral de la Côte se compose essentiellement de plages de poche, en fond d'anse rocheuse et de plages aménagées ainsi que de côtes rocheuses sur près de 83 % du linéaire global du trait de côte.

Le bilan de l'évolution des surfaces meubles met en évidence, à l'échelle de la Côte Bleue, une tendance globale à la stabilité sur la période 1927-2003 (bilan surfacique en termes de zones meubles de -336 m^2 environ), malgré d'importantes variations surfaciques suivant la période et les secteurs étudiés.

L'évolution des zones meubles de la Côte Bleue, sur la période 1927-2003, est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- ◆ la **mise en place d'enrochements de protection de l'arrière-plage** (route), induisant, par augmentation de la réflexion des houles, des phénomènes d'érosion en pied d'ouvrage ;
- ◆ la **présence d'ouvrages de protection contre les phénomènes d'érosion** (épis) ou d'ouvrages portuaires, modifiant la dynamique sédimentaire naturelle (blocage des sédiments). Des phénomènes d'accumulation ou d'érosion de sédiments sont observés à proximité des épis
- ◆ la pratique de rechargement ou de reprofilage ;
- ◆ les **conditions de vent et d'agitation**, qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosion ou d'accrétion. Les zones meubles situées en fond d'anses rocheuses bénéficient se trouvent toutefois naturellement protégées

de l'effet des houles.

Le littoral de la Côte Bleue est globalement marqué par une tendance à la stabilité, voire à l'accrétion, à l'exception de quelques zones meubles soumises à érosion sur les communes de Martigues, Carry-le-Rouet et Ensues-la-Redonne.

Les plages de sable fin de la Saulce (MARTIG-26) et de Sainte-Croix (MARTIG-27a, bien protégées de l'action de la houle en fond d'anse rocheuse ou en pied de falaise, la plage CARRY-13 délimitée par un épi bloquant le transit sédimentaire et induisant une accumulation des sédiments à proximité de l'ouvrage, la zone meuble ENSUES-07, secteur d'accumulation de sédiments en fond de crique rocheuse ainsi que la plage artificielle de la Batterie (MARSEIL-02), bien protégée de l'action de la houle à l'intérieur du bassin portuaire de Corbière, sont caractérisées par une tendance à l'accrétion.

Des phénomènes d'érosion sont toutefois observés pour 13 % des zones meubles de la Côte Bleue, dont notamment :

- ♦ une plage non protégée de l'effet de la houle et caractérisée par des sédiments fins facilement remobilisables (plage du grand Vallat MARTIG-32) ;
- ♦ des plages dont l'arrière littoral (route, parking) est protégée par des enrochements ou un mur de soutènement, par phénomène d'accentuation de la réflexion de la houle au pied des ouvrages (MARTIG-28 et plage de la Tuilière CARRY-01) ;
- ♦ des plages aménagées (épi, port), induisant une modification du transit sédimentaire local (blocage ou détournement du transit sédimentaire au pied des ouvrages) mais également la formation de courants de retour susceptibles de transporter les sédiments vers le large (plage Fernandel CARRY-04, plage du Port CARRY-05, CARRY-06) ;
- ♦ des plages en pied de falaise caractérisées par une accentuation de la réflexion de la houle en pied de parois rocheuses (plage des Eaux Salées CARRY-14 et plage de la calanque des Anthénors ENSUES-04).

Les côtes rocheuses de la Côte Bleue sont affectées de plusieurs types d'instabilité (fracturation, glissement banc sur banc, sous-cavage, érosion différentielle, éboulements) sur près de 63 % du linéaire de la zone homogène (Carte 27).

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

La rade de Marseille, encaissée entre la chaîne de la Nerthe à l'Ouest et le massif des Calanques au Sud, est caractérisée par une bande littorale urbanisée (Carte 28). La moitié nord de la rade, entre le tunnel du Rove et le Fort Saint-Nicolas, est presque totalement artificialisée par les infrastructures portuaires du Grand Port Maritime de Marseille et du Vieux-Port. Au sud, le littoral est tour à tour rocheux, au Nord et au Sud, sableux (plages artificielles, plages de poche dans les petites criques des côtes rocheuses) et artificialisé au niveau des petits ports et abris.

3.3.5.1 Côtes meubles

La rade de Marseille regroupe sur son littoral, en 2003, 30 zones meubles distinctes (Carte 29).

Le littoral de la rade de Marseille se compose principalement de grandes plages artificielles, de plages de poche dans les petites criques des côtes rocheuses et de plages en milieu portuaire.

La morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral de la commune de Marseille est présentée en Carte 30.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 8.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

De nombreuses plages ont disparu le long du littoral de la zone homogène n°20 suite à la construction d'aménagements portuaires (Carte 29) :

- ♦ **MARSEIL-65** et **MARSEIL-66** : construction du port de la Lave entre 1927 et 1950 ;
- ♦ **MARSEIL-67** : aménagement du port de l'Estaque entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARSEIL-68**, **MARSEIL-69** et **MARSEIL-70** : agrandissement du port de Saumaty entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARSEIL-71** et **MARSEIL-72** : construction du Grand Port Maritime entre 1927 et 1950 ;
- ♦ **MARSEIL-50** et **MARSEIL-51** : aménagements terrestres de l'abri de l'anse du Pharo ;

- ♦ **MARSEIL-61**, aménagement intérieur de l'abri Anse de la Fausse Monnaie ;
- ♦ **MARSEIL-73** : agrandissement du port du Prado entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARSEIL-76** : création du port de la Pointe Rouge entre 1950 et 1977 ;
- ♦ **MARSEIL-79** : construction du port de la Madrague entre 1927 et 1950 ;
- ♦ **MARSEIL-82** : aménagement du port des Goudes entre 1950 et 1977.

D'autres plages de poche ont également disparu sous l'action de l'érosion naturelle (**MARSEIL-52**, **MARSEIL-53**, **MARSEIL-54**, **MARSEIL-57** et **MARSEIL-58**) ou d'aménagements du littoral terrestre (**MARSEIL-60** et **MARSEIL-49**).

MARSEIL-04, inaccessible lors de la visite de terrain (localisée à l'intérieur de la zone du Grand Port Maritime de Marseille), plus large dans la zone protégée par la digue portuaire autonome, n'est pas caractérisée par une tendance particulière.

La **plage des Catalans** (**MARSEIL-05** ; Carte 30), plage de sable fin, sensiblement plus large en 2003 qu'en 1927, ne présente pas de tendance particulière depuis 1950, les variations de surface (pertes globales de l'ordre de 200 m² entre 1950 et 2003) ayant pour origine les aménagements sur la plage (terrain de volley et restauration). D'après la commune de Marseille, cette plage est apparue naturellement, en lien avec la présence d'ouvrages à proximité et n'est pas rechargée (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008).

Les sites nommés **MARSEIL-06** et **MARSEIL-07**, localisés en zone militaire et, par conséquent, inaccessibles lors de la visite de terrain, sont globalement stables. Les variations surfaciques de la zone meuble **MARSEIL-07** entre 1998 et 2003 (gain de l'ordre de 73 m²) liées à l'avancée de la limite basse, sont imputables aux conditions d'agitation relevées en 1998 réduisant la plage.

MARSEIL-59, est une petite plage coincée entre des avancées rocheuses, de limite basse relativement stable entre 1992 et 2003.

La **plage Maldormant**, est composée de deux parties (**MARSEIL-08** et **MARSEIL-09**) de part et d'autre de blocs rocheux. Ces plages de galets ne présentent pas d'évolution particulière de leur limite basse.

La **plage du Prophète** (**MARSEIL-10** ; Carte 30), constituée de sables fins, est apparue naturellement, suite à la construction d'ouvrages (digue parallèle à la côte construite avant 1927 et escalier protégé par des enrochements au Sud de la plage). Cette plage n'est pas rechargée (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008). La **plage du Prophète** varie en fonction des conditions météorologiques (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008). La visite de terrain et l'analyse des photographies aériennes confirment cette tendance et mettent en évidence de fortes variations de la plage au Sud et le long de la digue de protection (en 2008, la zone meuble est seulement rattachée à la digue sur une faible longueur contrairement au cliché de 2003). Sur la période 1992-2003, l'analyse des clichés montre une accrétion sur le secteur Nord-Ouest de la plage et le long de la moitié Nord de la

digue (avec rattachement de la plage à la digue sur un linéaire plus important entre 1998 et 2003). Les fortes variations de surface de la plage entre 1992 et 1998 (pertes de l'ordre de 2000 m²) peuvent avoir pour origine les différences de qualité des photographies aériennes notamment le long de la route (limite supérieure de la zone meuble difficilement observée dans le cliché noir et blanc de 1992) et la mise en place d'enrochements au Sud (esplanade au pied de l'escalier). Le bilan surfacique entre 1992 et 2003 est positif au Nord et stable sur la moitié Sud.

La **plage de l'hôtel Pullman (MARSEIL-11)** s'est formée petit à petit en arrière d'une digue de protection en enrochements construite entre 1977 et 1998 dans l'objectif de réduire l'agitation dans le bassin portuaire et de protéger de l'action de la houle l'esplanade de l'hôtel. Cette plage de sable fin, de formation récente, est seulement visible en 2003. Lors de la visite de terrain, cette plage était soumise à un dépôt important de posidonies recouvrant la totalité de la zone meuble.

La **plage du centre nautique et des plages (MARSEIL-12)**, plage de sable grossier et de graviers, située à l'intérieur du port du Prado, est sensiblement plus petite entre 1950 et 1977 (pertes de l'ordre de 3100 m²), probablement suite aux modifications du port du Prado (destruction des digues de part et d'autre de la plage et agrandissement du bassin portuaire vers le large). Depuis, cette plage ne présente pas de dynamique sédimentaire particulière sur la période 1977-2003, à l'exception d'une tendance à l'accrétion de la limite basse entre 1998 et 2003.

La **plage du Prado** se compose de 6 secteurs indépendants, séparés par des digues (avec, du Nord au Sud, **MARSEIL-13**, **MARSEIL-14**, **MARSEIL-15**, **MARSEIL-16**, **MARSEIL-17** et **MARSEIL-18**). A l'origine, une zone étroite supposée meuble longeait le littoral (**MARSEIL-74** au Nord et **MARSEIL-75** au Sud). A l'exception de la plage **MARSEIL-16**, toutes les plages actuelles ont été artificiellement formées en arrière de digue de protection en plusieurs étapes :

- ♦ les plages de graviers **MARSEIL-13**, **MARSEIL-14** (Carte 30) et **MARSEIL-15** au Nord de l'embouchure de l'Huveaune, mises en place entre 1950 et 1977 ;
- ♦ les plages **MARSEIL-17** et **MARSEIL-18**, composées d'un mélange de sables fins ou grossiers, de graviers et de galets, modelées entre 1977 et 1992.

Seule la plage de sable fin **MARSEIL-16** correspond à la plage d'origine. Cette plage est toutefois comprise entre la digue à l'embouchure de l'Huveaune au Nord et une digue la séparant de la zone **MARSEIL-17** au Sud.

Depuis leur création, les plages au Nord de l'embouchure de l'Huveaune (**MARSEIL-13**, **MARSEIL-14** et **MARSEIL-15**) sont relativement stables et ne montrent pas de signes d'érosion sur la période 1992-2003. Ces plages font toutefois l'objet de reprofilage (16 000 tonnes de matériel sont déplacées annuellement pour le reprofilage de la plage en vue d'obtenir sa forme initiale).

La plage **MARSEIL-16** est caractérisée par une largeur plus importante (jusqu'à 60 m environ en bordure de digue) au Nord, laissant supposer une dynamique

principale du Sud vers le Nord et une portion de plage très étroite (inférieure à 4 m lors de la visite de terrain). Plus au Sud, cette zone n'est probablement pas protégée de l'action de la houle par les digues localisées de part et d'autre de la plage. Sur la partie Sud de cette plage, des enrochements ont notamment été mis en place en haut de plage afin de protéger l'esplanade. L'analyse des photographies aériennes confirme le phénomène d'érosion au Sud de la plage, plus important entre 1992 et 1998.

La plage **MARSEIL-17** est marquée par une largeur moins importante au centre de la zone qu'au pied des digues situées de part et d'autre. L'analyse des photographies aériennes met en évidence un recul de la limite basse sur la moitié Nord de la plage, phénomène qui tend à s'estomper entre 1998 et 2003 (accrétion).

La largeur de la plage **MARSEIL-18**, située plus au Sud, est plus grande qu'au Nord. Cette plage, mieux protégée que la précédente par deux brise-lames rattachés aux digues en extrémité de plage, se caractérise par une largeur plus importante. La partie centrale de cette plage est toutefois soumise à un rétrécissement, plus marqué entre 1992 et 1998 qu'entre 1998 et 2003.

La plage de l'anse de la Vieille Chapelle (**MARSEIL-19**) est une plage artificielle de graviers et de galets créée entre 1977 et 1992 en remplacement de la plage nommée **MARSEIL-85**, seulement observée en 1977. Cette plage est marquée par une faible largeur et a tendance à disparaître au Sud d'après l'analyse des photographies aériennes sur la période 1992-2003. En 1992, la plage s'étendait jusqu'à la digue à l'extrémité Sud de l'esplanade sur une distance de l'ordre de 550 m alors qu'en 2003 celle-ci n'était observée que sur une longueur inférieure à 200 m. La plage n'est désormais présente que dans la zone protégée de l'action de la houle par le brise-lames sur une surface environ 4,5 fois plus petite qu'en 1992 (visite de terrain).

La zone meuble **MARSEIL-63**, observée en arrière de la digue à l'extrémité Sud de la plage précédente entre 1977 et 1998, n'existe plus désormais suite à des phénomènes d'érosion. Les pertes surfaciques entre 1992 et 1998 (de l'ordre de -900 m^2) sont liées à la mise en place d'aménagements en haut de plage.

La plage de la Pointe Rouge (**MARSEIL-20**), protégée de l'action de la houle par la digue du port de la Pointe Rouge et prolongée lors de la création du port entre 1950 et 1977, a fortement augmenté en termes de surface entre 1950 et 1977, probablement suite à des rechargements (gain de l'ordre de $4\,400 \text{ m}^2$) et se trouve relativement stable depuis 1992. Les variations de surface sont liées aux aménagements réalisés en haut de plage (restauration). La commune de Marseille précise que le comportement de la plage varie en fonction des conditions météorologiques (entretien du 3 juin 2008).

La plage de graviers et de galets **MARSEIL-21**, localisée à l'Est de la passe d'entrée du port de la Pointe Rouge, a été formée probablement par rechargement entre 1950 et 1977 (gain de $2\,100 \text{ m}^2$) suite à la création du port. Cette plage, encadrée par des enrochements, est relativement stable depuis 1992. La perte surfacique relevée entre

1977 et 1998 (d'environ 84 %) est probablement imputable aux aménagements terrestres connexes.

De l'autre côté du port de la Pointe Rouge, la **plage de Montredon (MARSEIL-22)**, plage de sables grossiers et de galets, présente des signes d'érosion d'après la visite de terrain mais se caractérise par une tendance à la stabilité entre 1998 et 2003. Les fortes variations sur la période 1927-1992 sont imputables à la construction d'habitations en haut de plage et d'enrochements de protection de ces aménagements en bordure de plage.

Au Sud du port, le littoral est parsemé de nombreuses plages de poche, situées en pied de côte rocheuse, plus ou moins aménagées en haut de plage (construction d'habitations, de cabanons ou de restaurants) depuis 1927 :

- ◆ **MARSEIL-23**, constituée de sables grossiers et de galets ;
- ◆ **MARSEIL-24**, plage de sables moyens ;
- ◆ **MARSEIL-25** (Carte 30), composée de sables grossiers et de galets ;
- ◆ la **plage de la Verrerie (MARSEIL-26)**, plage de sables moyen à grossier et de galets.

L'analyse des photographies aériennes montre une réduction de la largeur voire une disparition de ces plages, toutes orientées Nord-Sud, à leur extrémité Sud, laissant supposer une agitation plus importante provenant du Nord-Ouest. La présence de constructions bétonnées sur ces plages favorise également la réflexion des houles, ce qui peut entraîner leur érosion.

D'autres plages de poche situées plus au Sud (**MARSEIL-77** et **MARSEIL-78**), seulement visibles en 1927 et 1950 ont depuis disparu.

La **plage de la Madrague (MARSEIL-27)**, plage déjà observée en 1927, constituée de galets et de blocs rocheux, est caractérisée par une faible largeur, plus étroite à l'extrémité Nord-Est qu'à l'extrémité Sud-Ouest. La largeur de la zone meuble, non protégée de l'action de la houle, au Nord-Ouest varie fortement sur la période étudiée, probablement en fonction des conditions océano-météorologiques.

La **plage du port de la Madrague (MARSEIL-28)**, a largement été réduite sur la période 1927-1977 (pertes surfaciques d'environ 1 000 m²), suite à la création du port, entre 1927 et 1950 et à son réaménagement entre 1950 et 1977. En fond de port et protégée de l'action de la houle, cette zone meuble de sables fin à grossier et de graviers, est depuis relativement stable.

La **plage de la calanque de la Samena (MARSEIL-29)**, petite plage de galets en fond de calanque, est protégée de l'action de la houle et se trouve relativement stable depuis 1992. Cette plage présente des variations surfaciques imputables à sa position encaissée dans la côte rocheuse favorisant les erreurs de digitalisation (faibles contrastes entre les zones meubles et les côtes rocheuses).

La petite plage de poche **MARSEIL-64** au Sud de l'abri de la calanque de l'Escalette, plage de graviers, semble soumise à une tendance à l'érosion jusqu'en 1992. En 2003, la zone meuble en pied de falaise n'était pas visible en raison de la présence de vagues. Elle est depuis relativement stable.

La **plage des Goudes (MARSEIL-30)**, artificiellement créée à l'intérieur du port des Goudes, réaménagé entre 1950 et 1977, est constituée de sables fins et de graviers et marquée par la présence de blocs rocheux. Cette plage ne présente pas de tendance sédimentaire particulière en termes de limite basse.

La **plage de la Maronaise (MARSEIL-31)**, plage de sables fins et de graviers, protégée de l'agitation en fond de calanque, ne montre pas de signes particuliers d'érosion.

La **plage du cap Croisette ou de la baie des Singes (MARSEIL-32)** est une petite plage de sable fin et de graviers, en fond de l'abri du Cap Croisette (Carte 30). La surface de cette zone meuble diminue en fonction des conditions de vent et d'agitation. La présence d'un vivier avec environ 50 cm d'eau lors de la visite de terrain (le 21 mai 2008) et se trouvant à proximité de la zone meuble en 2003 (contrairement à 1998) confirme l'influence des conditions océano-météorologiques sur la plage. Les enrochements au Sud de la plage, en mauvais état, ne protègent pas suffisamment la plage de l'action de la houle. La plage présente de faibles variations (avancées et reculs) de la limite basse mais reste globalement stable sur la période étudiée.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles de la rade de Marseille est de l'ordre de 97 260 m² (Annexe 8). Les surfaces des zones meubles varient entre 41 m² au niveau de la plage Maldormant (**MARSEIL-09**) et 18 682 m² pour la **plage du Prado (MARSEIL-14)**.

Le bilan des surfaces des plages à l'échelle de la rade de Marseille met en évidence une nette tendance à l'augmentation des surfaces meubles sur la période 1927-2003 (Tableau 3-9).

La période 1927-1992 est marquée par un bilan positif, malgré des pertes surfaciques avant 1977, majoritairement liées à la disparition des zones meubles suite à la construction d'aménagements portuaires. Au cours de cette période, de nombreuses zones meubles ont été créées, dont notamment les plages du Prado (**MARSEIL-13** à **MARSEIL-18**), dont l'aménagement a généré un gain surfacique de l'ordre de 71 000 m², ce qui représente près de 67 % des gains de surface sur la période 1927-1992.

La période 1992-2003 est, au contraire, caractérisée par un bilan de l'évolution des surfaces négatif. Ces pertes surfaciques sont principalement observées entre 1992 et 1998, période pour laquelle le bilan est négatif en raison des fortes pertes surfaciques des **plages du Prado (MARSEIL-13 à MARSEIL-18)** et de **l'anse de la Vieille**

Chapelle (MARSEIL-19). Ces plages présentent une tendance à la stabilité sur la période 1998-2003, à l'exception de la **plage de l'anse de la Vieille Chapelle**, encore soumise au recul de sa limite basse.

Entre 1998 et 2003, le bilan surfacique est positif. Des plages sont toutefois marquées par une tendance à la perte surfacique, dont notamment la **plage de l'anse de la Vieille Chapelle (MARSEIL-19)** ainsi que les plages **MARSEIL-24** et **MARSEIL-25**.

Tableau 3-9 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle de la rade de Marseille (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1927-1950	-9 960	28 092	18 132	19 %
1950-1977	-22 686	50 789	28 103	29 %
1977-1992	-10 546	57 204	46 658	48 %
1992-1998	-30 396	1 715	-28 681	-29 %
1998-2003	-3 166	9 675	6 509	7 %
1927-1992	-44 215	105 917	61 702	63 %
1992-2003	-24 764	2 868	-21 896	-23 %
1927-2003	-46 956	86 397	39 441	41 %

Les variations en termes de surface observées entre 1927 et 2003 ont pour origine :

- ♦ la disparition de nombreuses plages le long du littoral suite à la construction d'aménagements portuaires avant 1977 (**MARSEIL-65, MARSEIL-66, MARSEIL-67, MARSEIL-68, MARSEIL-69, MARSEIL-70, MARSEIL-71, MARSEIL-72, MARSEIL-50 à MARSEIL-51, MARSEIL-61, MARSEIL-73, MARSEIL-76, MARSEIL-79, MARSEIL-82**), engendrant une perte surfacique de 18 583 m², soit près de 40 % des pertes relevées entre 1927 et 1992 ou entre 1927 et 2003 ;
- ♦ la mise en place d'aménagements réalisés directement sur les zones de plage (terrain de volley, restauration, ouvrages portuaires) ou en haut de plage (habitations, restauration enrochements de protection), réduisant ainsi la surface de la plage au niveau de la zone de construction des aménagements (**plage des Catalans MARSEIL-05, plage du port de la Madrague MARSEIL-28, MARSEIL-63, plage de la Pointe Rouge MARSEIL-20, MARSEIL-21, plage de Montredon MARSEIL-22, MARSEIL-23, MARSEIL-24 MARSEIL-25 et plage de la Verrerie MARSEIL-26**). La

présence de constructions bétonnées verticales favorise également la réflexion des houles, ce qui peut entraîner leur érosion (**MARSEIL-23, MARSEIL-24, MARSEIL-25 et plage de la Verrerie (MARSEIL-26)** ;

- ◆ la pratique de rechargement (**plage du Prado MARSEIL-13, MARSEIL-14 et MARSEIL-15, plage des Goudes MARSEIL-30**) ;
- ◆ les conditions d'agitation lors des prises de vue, à l'origine de variations (avancées ou reculs) de la limite basse des zones meubles (**MARSEIL-07 ou MARSEIL-64**) ;
- ◆ la formation de zones meubles suite à la construction d'ouvrages en milieu marin (digues, brise-lames) ou d'ouvrages portuaires de manière naturelle (**plage du Prophète MARSEIL-10, plage de l'hôtel Pullman MARSEIL-11**) ;
- ◆ les conditions de vent et d'agitation, qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosion ou d'accrétion (**plage du Prophète MARSEIL-10, plage de la Madrague MARSEIL-27, plage du cap Croisette ou de la baie des Singes MARSEIL-32**). Des phénomènes d'érosion sous l'action de la houle sont observés au niveau des secteurs de plage qui ne sont pas protégés par les ouvrages en place sur les zones meubles (**plage du Prado MARSEIL-16, MARSEIL-17 et MARSEIL-18, plage de l'anse de la Vieille Chapelle MARSEIL-19**). Certaines zones en fond de calanque se trouvent, au contraire, abritées de l'action de la houle (**plage de la Maronaise MARSEIL-31**). Certains secteurs sont également soumis à des phénomènes d'érosion en raison de leur orientation Nord-Sud favorisant les phénomènes d'érosion au regard du secteur de provenance des houles (**MARSEIL-23, MARSEIL-24, MARSEIL-25 et plage de la Verrerie (MARSEIL-26)**).

3.3.5.2 Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses de la rade de Marseille sont essentiellement situées au Nord et au Sud de la baie du Prado qu'elles encadrent et au niveau du Frioul (Carte 28). Le linéaire de côte rocheuse est de l'ordre de 24 790 m, dont 19 700 m sur l'archipel du Frioul, ce qui représente près de 36,7 % du linéaire global du trait de côte (zones meubles, côtes rocheuses et littoral aménagé ; BRGM, 2005).

L'album photographique en Carte 31 présente la morphologie de quelques secteurs de falaises caractéristiques du littoral de la rade de Marseille.

Les principaux phénomènes d'instabilité mis en évidence par l'étude des falaises côtières régionales (BRGM, 2005) sont (Carte 28 & Carte 31) :

- ◆ une érosion différentielle provoquant des sous-cavage, 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. De gros problèmes d'instabilités sont signalés à la calanque du Mauvais Pas (interdite d'accès).

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités est de l'ordre de 19 770 m, dont 15 600 m sur l'archipel du Frioul, ce qui représente près de 80 % du linéaire rocheux de la rade de Marseille (BRGM, 2005).

3.3.5.3 Synthèse

Le littoral de la rade de Marseille, encaissé entre la chaîne de la Nerthe à l'Ouest et le massif des Calanques au Sud, est, dans la moitié Nord, presque totalement artificialisé par les infrastructures portuaires et se compose, dans la moitié Sud, de côtes rocheuses, au Nord et au Sud, ainsi que des plages artificielles ou des plages de poche dans les petites criques.

L'étude des variations des surfaces des plages en fond de calanques met en évidence, à l'échelle de la rade de Marseille, un bilan globalement positif sur la période 1927-2003 (bilan surfacique en termes de zones meubles de +39 441 m², ce qui représente près de 41 % de la surface des zones meubles en 2003), en raison, notamment, de l'aménagement des plages du Prado (**MARSEIL-13** à **MARSEIL-18**).

L'évolution des zones meubles de la rade de Marseille, sur la période 1927-2003, a principalement pour origine :

- ◆ les **conditions de vent et d'agitation**, qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosion ou d'accrétion, notamment sur les secteurs de plage qui ne sont pas protégés de l'action de la houle, de manière naturelle ou par la présence d'ouvrages ;
- ◆ la **construction d'aménagements portuaires** ayant généré la disparition de nombreuses plages le long du littoral ;
- ◆ la **mise en place d'aménagements réalisés directement sur les zones de plage** ou en haut de plage, réduisant ainsi la surface de la plage au niveau de la zone de construction. La présence de constructions bétonnées verticales favorise également la réflexion des houles, ce qui peut entraîner leur

érosion ;

- ♦ la **formation de zones meubles** suite à la construction d'ouvrages en milieu marin (digues, brise-lames) ou d'ouvrages portuaires, de manière naturelle ou artificielle suite à des rechargements.

Le littoral de la rade de Marseille regroupe essentiellement des zones meubles caractérisées par une tendance à la stabilité, voire à l'accrétion pour la plage du Prophète (MARSEIL-10). Seules les plages du Prado au Sud de l'embouchure de l'Huveaune (MARSEIL-16 à MARSEIL-19) et les plages de poche, plus ou moins aménagées en haut de plage, situées en pied de côte rocheuse entre les ports de la Madrague et de la Pointe Rouge (MARSEIL-23 à MARSEIL-26), présentent des signes notables d'érosion (Carte 32).

La totalité des côtes rocheuses de la rade Sud de Marseille est soumise à divers phénomènes d'effondrement du type érosion différentielle, ravinement, sous-cavage, éboulements, chutes de blocs et de pierres, ce qui représente près de 36,7 % du linéaire global du trait de côte (Carte 32).

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

La zone homogène n°20 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 (Carte 33).

3.3.6.1 Côtes meubles

Le littoral du massif des Calanques regroupe, en 2003, 15 zones meubles distinctes réparties sur la commune de Marseille (Carte 34).

La morphologie de quelques plages en fond de calanque est présentée dans l'album photographique en Carte 35.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 9.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

L'analyse des clichés en noir et blanc (jusqu'en 1992) met en évidence des zones meubles en fond de calanque parfois sensiblement différentes de celles, relativement stables, observées entre 1998 et 2003, en raison des difficultés rencontrées pour digitaliser le trait de côte des petites zones meubles encaissées en pied de falaise inhérentes à la mauvaise qualité des photographies aériennes, aux défauts des clichés au niveau des côtes rocheuses, à la présence d'ombre laissant supposer l'existence de zone meuble plus importante ou plus réduite qu'en réalité, à l'angle de prise de vue susceptible de faire varier les ombres et la perception de la largeur de la plage, etc. La tendance de la plage sera principalement évaluée à partir de la comparaison des clichés des années 1998 et 2003.

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.

La plage de la **calanque de Callelongue (MARSEIL-33 ; Carte 35)**, plage en fond de calanque constituée de sable fin et de graviers issus de l'érosion des falaises, est très artificialisée (cale de mise à l'eau et terre-plein en béton). La visite de terrain et l'analyse des photographies aériennes mettent en évidence une accumulation de sédiments au droit de la cale de mise à l'eau et une tendance à l'érosion le long du terre-plein bétonné. Entre 1998 et 2003, la tendance de la plage est plutôt à la stabilité.

La **calanque de Marseilleveyre (MARSEIL-34)**, plage en fond de calanque constituée de sables fins et de graviers, ne présente pas d'évolution particulière d'après l'analyse des photographies aériennes sur la période 1998-2003. Les fortes variations surfaciques observées entre 1992 et 1998 sont liées à la méthode de digitalisation. On peut noter, sur la photographie aérienne de 1927, la présence d'un ponton perpendiculaire en milieu de plage, depuis disparu.

Les plages de galets de la **calanque des Queyrans (MARSEIL-35)**, soumises à des éboulements de rochers de la falaise et de la **calanque de Podestat (MARSEIL-36)**, ne montrent pas de signes d'érosion particuliers.

La **calanque de Sormiou** se compose de plusieurs zones meubles à l'Ouest de la calanque (**MARSEIL-37**, **MARSEIL-38** et **MARSEIL-39**) et à l'Est (**MARSEIL-40** et **MARSEIL-41**) :

- ♦ les plages à l'Ouest sont composées de sédiments naturels (sables grossiers et galets). Aucun rechargement n'est effectué sur ces plages, la commune de Marseille préférant les laisser fonctionner naturellement (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008). Les zones **MARSEIL-37** et **MARSEIL-38** (Carte 35) sont séparées par une cale de mise à l'eau et les plages **MARSEIL-38** et **MARSEIL-39** (Carte 35) sont désormais divisées suite à des phénomènes de recul du trait de côte jusqu'au pied des habitations construites en milieu de plage. A l'exception de ces signes ponctuels d'érosion au pied des aménagements ou constructions, la limite basse du littoral à l'Ouest de la calanque de Sormiou est globalement stable depuis 1992, après un recul important de la limite basse de la plage entre 1977 et 1992. Les différences en termes de limite haute entre 1998 et 2003 sont liées à la mauvaise qualité du cliché en 2003 (forte luminosité masquant les contrastes entre habitations en haut de plage et zone meuble) ;
- ♦ à l'Est de la calanque, **MARSEIL-40** (Carte 35), est une petite plage de graviers relativement étroite en pied d'habitations dont la limite basse reste stable sur la période étudiée. Les différences en termes de surface semblent liées à la construction de cette habitation. **MARSEIL-41** est une petite plage de galets relativement stable, notamment entre 1977 et 2003 (plage non visible en 1998, en raison de la présence d'ombre des arbres en haut de plage). L'aménagement de l'abri de Sormiou (digue) a engendré la disparition de la plage **MARSEIL-80** anciennement située en fond du port actuel.

La **calanque de Morgiou (MARSEIL-42 ; Carte 35)**, petite plage en pied de falaise, constituée de petits blocs rocheux issus de l'érosion de la falaise, ne montre pas de signes d'érosion particuliers d'après l'analyse des photographies aériennes. La visite de terrain, organisée en mai 2008, a mis en évidence une érosion en pied de l'escalier d'accès à la zone meuble. La construction de l'abri de la calanque de Morgiou, entre 1950 et 1977, a entraîné la disparition de la plage **MARSEIL-81**.

La **calanque de Sugiton** se compose de deux petites criques avec chacune une petite plage stable de galets (**MARSEIL-43**, **MARSEIL-44**) et une plage de galets en pied de falaise (**MARSEIL-45** ou **plage des Pierres Tombées**), dont les variations entre

1998 et 2003 sont imputables à la qualité du cliché et à l'angle de la prise de vue en 1998.

La **calanque d'En-Vau (MARSEIL-46)**, plage de galets, est caractérisée par une certaine stabilité entre 1998 et 2003.

La **calanque de Port-Pin (MARSEIL-47 ; Carte 35)** est une plage de sable fin et de cailloux anguleux provenant de l'effondrement des falaises alentours, située en lisière de zone boisée. L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à la stabilité de la zone meuble.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles du massif des Calanques est de l'ordre de 6 360 m² (Annexe 9). Les surfaces des zones meubles varient entre 92 m² au niveau de la calanque de Sormiou (**MARSEIL-41**) et 1 556 m² pour la **calanque d'En-Vau (MARSEIL-46)**.

L'étude des variations des surfaces des plages à l'échelle du massif des Calanques met en évidence une période 1927-1992 marquée par un bilan légèrement positif suivie d'une période 1992-2003 caractérisée par des pertes de surfaces meubles pour la quasi-totalité des zones de plage. Le bilan sur la période 1927-2003 est quant à lui légèrement négatif (Tableau 3-10).

Tableau 3-10 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle du massif des Calanques (pas de photographies aériennes disponibles en 1935 et 1942)

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1927-1950	-491	3 986	3 495	55 %
1950-1977	-2 528	1 004	-1 524	-24 %
1977-1992	-1 501	625	-876	-14 %
1992-1998	-1 526	290	-1 236	-19 %
1998-2003	-402	138	-264	-4 %
1927-1992	-1 084	2 194	1 110	17 %
1992-2003	-1 602	38	-1 564	-25 %
1927-2003	-1 877	1 423	-454	-7 %

La période 1927-1992 est plutôt marquée par un bilan positif, malgré des pertes surfaciques significatives entre 1950 et 1992 majoritairement liées à la disparition

des zones meubles suite à la construction des abris des **calanques de Sormiou et Morgiou**, entre 1950 et 1977 (**MARSEIL-80** et **MARSEIL-81**) et des habitations en haut ou milieu de plage de la **calanque de Sormiou** (**MARSEIL-37**, **MARSEIL-38** et **MARSEIL-39**).

La période 1992-2003 est, au contraire, caractérisée par un bilan de l'évolution des surfaces négatif du même ordre de grandeur, en valeur absolue, que sur la période 1927-1992. Ces pertes surfaciques sont principalement observées entre 1992 et 1998, et sont probablement liées aux erreurs de digitalisation (qualité des photographies aériennes en 1992, difficultés de digitalisation du trait de côte notamment en haut de plage et en pied de côte rocheuse et imprécision inhérente au calage des clichés).

Entre 1998 et 2003, le bilan surfacique est légèrement négatif, les pertes surfaciques étant majoritairement observées sur les zones meubles de la **calanque de Sormiou** (**MARSEIL-37**, **MARSEIL-38** et **MARSEIL-39**) et sont liées à la digitalisation de la limite haute (mauvaise qualité du cliché en 2003 due à une forte luminosité masquant les contrastes entre habitations en haut de plage et zone meuble).

Les variations en termes de surface observées entre 1927 et 2003 ont pour origine :

- ◆ les erreurs de digitalisation, sensiblement plus importantes pour les secteurs de relief important des clichés en noir et blanc jusqu'en 1992, inhérentes à la mauvaise qualité des photographies aériennes, aux défauts des clichés au niveau des côtes rocheuses, à la présence d'ombres laissant supposer l'existence de zone meuble plus importante ou plus réduite qu'en réalité, à l'angle de prise de vue susceptible de faire varier les ombres et la perception de la largeur de la plage, etc. ;
- ◆ la mise en place d'aménagements (cale de mise à l'eau, terre-plein en béton, escaliers) sur la zone meuble (plages de la **calanque de Callelongue MARSEIL-33**, de la **calanque de Sormiou MARSEIL-37** et **MARSEIL-38** et de la **calanque de Morgiou MARSEIL-42**). La visite de terrain et l'analyse des photographies aériennes ont mis en évidence des phénomènes d'accumulation de sédiments ou des tendances à l'érosion liés à la présence de ces aménagements (blocage localisé du transit sédimentaire naturel) ;
- ◆ la construction d'habitations en haut ou milieu de plage générant des pertes surfaciques de la zone meuble au niveau de l'emprise des constructions (plage de la **calanque de Sormiou MARSEIL-40**) mais également, des phénomènes de recul du trait de côte jusqu'au pied des habitations par augmentation de la réflexion de la houle (plages de la **calanque de Sormiou MARSEIL-38** et **MARSEIL-39**) ;
- ◆ l'aménagement d'abris portuaires ayant engendré la disparition de zones meubles (plages de la **calanque de Sormiou MARSEIL-80** et de la **calanque de Morgiou MARSEIL-81**).

3.3.6.2 Côtes rocheuses

Le linéaire de côte rocheuse du massif des Calanques, du cap Croisette à la pointe Cacao, est d'environ 27 100 m.

L'album photographique en Carte 36 présente la morphologie de quelques secteurs de falaises caractéristiques du littoral du massif des Calanques.

A l'exception des fonds des calanques de Sormiou et de Morgiou, l'ensemble du massif des Calanques est concerné par des instabilités du type érosion différentielle, sous-cavage, éboulements, chutes de blocs et de pierres ou glissements, avec notamment d'Ouest en Est (BRGM, 2005 ; Carte 33 & Carte 37) :

- ◆ le secteur à l'Ouest de la calanque de Marseilleveyre, marqué par la 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 ;
- ◆ entre les calanques de Marseilleveyre et du Podestat, des niveaux dolomitiques très altérables et fracturés s'accompagnant de chutes de blocs ;
- ◆ entre la calanque du Podestat et l'îlot de la Mélette, la présence de niveaux dolomitiques à la base très instables produisant des blocs de 50 à 80 m³. Ce secteur est également caractérisé par une fracturation importante et des accidents tectoniques ;
- ◆ sur le versant Est de la calanque de Sormiou, des talwegs à éboulis (faible pente, blocs arrondis) et, localement, des écaillles fracturées instables et des traces de chute de blocs (10 à 20 m³) ;
- ◆ à l'Est de la calanque de Sugiton, la 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, des côtes rocheuses caractérisées par une barre calcaire sommitale à blocs instables (écaillles), des éboulis de pente (glissements) et des phénomènes de karstification ;
- ◆ dans les secteurs d'Eissadon, de la pointe de l'Îlot et de la calanque de l'Oule, des fracturations importantes, des zones karstiques et des écaillles en surplomb et des zones d'éboulis cimentés (glissements).

Ces phénomènes d'instabilités sont favorisés par :

- ◆ la présence de substrats altérables : niveaux dolomitiques, marnes instables, brèches ou écaillles dans les faciès calcaires ;

- ♦ des phénomènes physiques favorisant la déstabilisation des versants : karstification, fracturation, accidents tectoniques et érosion marine.

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités représente près de 99 % du linéaire rocheux du massif des Calanques, soit près de 26 770 m).

3.3.6.3 Synthèse

Le littoral du massif des Calanques se compose essentiellement de côtes rocheuses, sur près de 99 % du linéaire du trait de côte et de zones meubles en fond de calanque.

L'étude des variations des surfaces des plages en évidence, du cap Croisette à la pointe Cacao, un bilan légèrement négatif sur la période 1950-2003 (bilan surfacique en termes de zones meubles de -454 m² environ, ce qui représente seulement 7 % de la surface des zones meubles en 2003).

L'évolution des zones meubles du massif des Calanques, sur la période 1927-2003, est sous l'influence de facteurs anthropiques, avec notamment :

- ♦ la **mise en place d'aménagements sur la zone meuble** (cale de mise à l'eau, terre-plein en béton, escaliers), favorisant les phénomènes d'accumulation de sédiments ou d'érosion au pied des ouvrages (blocage localisé du transit sédimentaire naturel) ;
- ♦ la **construction d'habitations en haut ou milieu de plage**, générant des pertes surfaciques de la zone meuble au niveau de l'emprise des constructions mais également des phénomènes de recul du trait de côte jusqu'au pied des habitations par augmentation de la réflexion de la houle ;
- ♦ l'**aménagement d'abris portuaires**, ayant engendré la disparition de certaines zones meubles au niveau de l'emprise des ouvrages portuaires ;
- ♦ l'**action limitée de la houle**, les plages encaissées entre des côtes rocheuses se trouvant généralement protégées de l'action érosive de la houle.

Les plages des calanques, notamment les plages sans aménagement, sont généralement stables car très petites et abritées en fond de calanque (Carte 37). Les plages avec des constructions en limite haute, notamment les plages de Sormiou (MARSEIL-37, MARSEIL-38 et MARSEIL-39), sont toutefois marquées par une tendance ancienne au recul de la limite basse (datant d'avant 1992) et présentent des signes ponctuels d'érosion au pied des aménagements d'après les observations de terrain.

Les côtes rocheuses du massif des Calanques sont globalement soumises, pour 99 % du linéaire rocheux, à divers phénomènes d'effondrement du type érosion différentielle, sous-cavage, éboulements, chutes de blocs et de pierres ou glissements (Carte 37). Un éboulement au niveau de la calanque des Pierres Tombées, à proximité de la calanque de Sugiton, a fait une victime en 2006. L'accès aux promeneurs y est désormais interdit par arrêté municipal.

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

Présentant des côtes essentiellement rocheuses, la zone d'étude est occupée d'Ouest en Est par (Carte 38) :

- ♦ les derniers reliefs du massif des Calanques (pointe de la Cacaou, calanque et presqu'île de Port-Miou) ;
- ♦ la baie de Cassis où s'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 (cap Canaille et falaises de Soubeyran) ;
- ♦ la baie de La Ciotat, encadrée par les 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, avec des zones meubles en fond de côte rocheuse ou en milieu urbanisée.

3.3.7.1 Côtes meubles

Le littoral des baies de Cassis et de la Ciotat regroupe, en 2003, 31 zones meubles distinctes et se compose principalement de plages en fond de calanque ou en pied de falaise et de plages artificielles (Carte 39).

L'album photographique en Carte 40 présente la morphologie de quelques plages caractéristiques du littoral des communes de Cassis et de La Ciotat.

Les surfaces des zones meubles en 2003 ainsi que les variations de surface entre chaque campagne de photographie aérienne et sur la période 1927-2003 sont présentées à l'échelle de chaque zone meuble en Annexe 10.

A- Analyse de l'évolution des zones meubles

La baie de Cassis

La plage de la **calanque de Port-Miou (CASSIS-01)**, plage composée de sables grossiers et de graviers issus de l'érosion des côtes rocheuses alentours, n'est pas caractérisée par des mouvements sédimentaires importants. Elle semble toutefois soumise à un recul de la limite basse entre 1998 et 2003 (perte surfacique de l'ordre de 52 m²). La visite de terrain a mis en évidence des phénomènes d'accrétion à l'Ouest de la zone meuble et d'érosion à l'Est, probablement liée la mise en place de la gouttière.

La zone meuble sur le site de la **plage Bleue (CASSIS-08)** est seulement observée en 1927. Il ne reste dorénavant que des grands rochers plats inclinés en pente douce à l'Ouest de cette zone potentiellement meuble.

La **plage du Bestouan (CASSIS-02)**, plage de galets (Carte 40), est soumise à un recul de la limite basse jusqu'en 1998 s'accompagnant d'un déficit surfacique sur la période 1950-1998 (perte surfacique de l'ordre de 47 %). L'analyse des photographies aériennes des années 1998 et 2003 ne met pas en évidence d'érosion supplémentaire. Les galets du haut de plage sont régulièrement étalés par les services municipaux, ce qui peut expliquer la tendance à la stabilité observée entre 1998 et 2003. En période de tempête de vent d'Est, les galets sont ramenés vers le mur longeant la plage (visite de terrain).

La **plage de la Grande Mer (CASSIS-03)** présente une tendance à l'érosion entre 1992 et 2003 (perte surfacique de l'ordre de 2500 m², ce qui représente près d'un tiers de la surface de la zone meuble en 2003). La visite de terrain a mis en évidence une érosion marquée au droit du restaurant à l'Ouest de la zone (largeur de plage de l'ordre de 4 m, inférieure à celle relevée en 2003). Cette plage se compose de matériaux variés : sables moyen à grossier, graviers et blocs rocheux (Carte 40). Cette zone meuble a fait l'objet d'un rechargement important entre 1927 et 1950 (surface multipliée par 3 environ d'après l'analyse des clichés).

La **plage du Corton (CASSIS-04)**, plage de galets, de graviers et de blocs rocheux en milieu de plage, présente des signes d'érosion importante avec un affouillement visible au droit de la cale de mise à l'eau. Après une période d'érosion jusqu'en 1998, l'analyse des derniers clichés montre une tendance à la stabilité.

La **plage de l'Anse de l'Arène** se compose de trois segments distincts (**CASSIS-05**, **CASSIS-06** et **CASSIS-07**). La plus grande zone (**CASSIS-05**) est constituée de blocs rocheux (Carte 40) et est marquée par une tendance à la stabilité en termes de limite basse. Les plages **CASSIS-06** et **CASSIS-07**, composées de galets en pied de falaise (Carte 40), sont séparées par des blocs rocheux. L'analyse des photographies aériennes met en évidence une tendance à l'accrétion sur la période 1998-2003.

La baie de La Ciotat

La **calanque de Figuerolles (LACIOT-01)**, plage de poche encaissée entre deux zones de côte rocheuse et composée de galets (Carte 40), se caractérise par un fonctionnement hydrosédimentaire autonome. Protégée de l'action de la houle, elle ne montre pas de signes d'érosion marqués et présente une tendance à la stabilité.

La **plage de l'anse du Sec (LACIOT-28)**, plage de galets en fond d'anse rocheuse, est seulement discernable dans la photographie aérienne de 2003 (zone de dépôt récent ou non visible auparavant en raison de la qualité ou des prises de vue des clichés).

Les plages du **Petit Mugel (LACIOT-02)** et du **Grand Mugel (LACIOT-03)**, plages de galets (Carte 40) encaissées entre des côtes rocheuses présentent une tendance à la stabilité entre 1998 et 2003, consécutive à une érosion entre 1992 et

1998 sur sa partie centrale. Ces zones meubles sont protégées de l'action des houles de sud-ouest par l'avancée du cap de l'Aigle et la présence de l'île Verte.

De nombreuses zones meubles ont disparu suite à la construction des chantiers navals (**LACIOT-23**, **LACIOT-24** et **LACIOT-25**) et du port de plaisance de La Ciotat (**LACIOT-26**). Ces plages, représentant une surface globale de l'ordre de 12 80 m² en 1950, ne sont plus visibles à partir de 1977. Par contre, la plage **LACIOT-04** doit son existence à l'implantation du port de plaisance et de l'abri des Capucins. Cette zone de galets et de blocs rocheux, coincée entre des enrochements, est marquée par de faibles évolutions depuis 1992 (tendance au recul au Sud).

La **plage des Capucins (LACIOT-05, LACIOT-06 et LACIOT-07)** était à l'origine composée d'une seule plage. Depuis 1977, celle-ci est désormais protégée par un brise-lames et séparée en trois portions par des digues rattachées à la côte (Carte 40). La forte augmentation de la surface de la plage des Capucins dans sa globalité entre 1950 et 1977 (de l'ordre de 5 000 m², ce qui représente une multiplication par 2 de la surface) est liée à la mise en place des ouvrages probablement accompagnée d'un rechargement. Après une période entre 1977 et 1998 de déficit surfacique, les trois portions de plage ont tendance à se stabiliser entre 1998 et 2003 (pas de rechargement d'après la commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008).

La **plage Lumière (LACIOT-08)** et la **Grande Plage (LACIOT-09 et LACIOT-10)** correspondaient à une seule plage naturelle en 1950 et ont été remodelées par la construction d'épis, d'un brise-lames et d'une esplanade séparant les deux plages. La construction de la digue à l'extrémité ouest de la **plage Lumière** a entraîné la disparition de la petite plage **LACIOT-27** observée en 1927. La **plage Lumière (LACIOT-08)** est relativement stable, à l'exception d'une tendance à l'érosion entre 1977 et 1992 en arrière du brise-lames. **LACIOT-09** (la **Grande Plage**) est délimitée à l'Est depuis 1998 par un épi en enrochements sur toute la largeur de la plage derrière lequel s'est formée **LACIOT-10**, seulement visible en 2003 et lors de la visite de terrain. **LACIOT-09** présente un faible recul de la limite inférieure entre 1992 et 1998. D'après la commune de La Ciotat, le secteur de plage situé contre l'esplanade est en érosion, ce phénomène n'est toutefois pas discernable dans l'analyse des clichés. Un rechargement y a été effectué mais s'est soldé par un départ des sédiments, emportés par la mer (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008). Depuis, aucun réel rechargement n'est effectué. Chaque hiver, la commune se contente seulement de remonter le sable depuis la zone infralittorale proche jusqu'à la plage émergée (secteur de la Grande Plage notamment), ce qui peut expliquer, en partie, la tendance générale de la plage à la stabilité. A l'Est de la plage, il n'existe plus de zone meuble le long de la route protégée par un mur de soutènement favorisant la réflexion de la houle et par conséquent les phénomènes d'érosion en pied de mur.

La **plage du port Saint-Jean (LACIOT-11)** a été aménagée suite à la création d'un brise-lames de protection à l'Ouest et du port Saint-Jean à l'Est en 1966. Cette plage de sable fin n'est pas visible chaque année (en 1998 par exemple) et est rechargée tous les ans avec les déblais de dragage d'entretien du port (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008), laissant supposer une tendance à l'érosion.

La **plage du Cap des Moulins (LACIOT-12)**, plage fermée et composée d'un mélange de sable et de graviers à proximité d'une cale de mise à l'eau à l'Est du port Saint-Jean, est soumise à une légère tendance à l'érosion depuis 1977.

La zone de galets **LACIOT-13** est plutôt caractérisée par une tendance à l'accrétion entre 1998 et 2003, le bilan entre 1992 et 2003 étant à la stabilité. Des signes d'érosion sont toutefois observés entre l'épi et la cale de mise à l'eau (visite de terrain du 5 mai 2008).

La **plage de Fontsaïnte (LACIOT-14, LACIOT-15 et LACIOT-16)**, au niveau de la baie de la Vierge, plage de galets et de sable fin par endroit, était composée d'une seule plage jusqu'en 1950 puis séparée en 2-3 segments à partir de 1977. Ce secteur est caractérisé par des phénomènes d'apparition et de disparition de plage au droit du mur des Allemands en fonction des conditions naturelles (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008). Ce mur vertical favorise la réflexion des houles, ce qui entraîne l'érosion de la plage. Ces phénomènes sont également mis en évidence dans l'analyse des photos aériennes et lors des visites de terrain. Ce mur est également endommagé sous l'action de la houle.

La **plage de la Pointe de Beaumette (LACIOT-17)**, plage de sable, galets et blocs rocheux, ne montre pas de signe d'érosion particulière d'après la visite de terrain et semble relativement stable depuis 1977. Une légère tendance à l'accrétion est cependant mise en évidence entre 1998 et 2003.

La **plage d'Arène Cros (LACIOT-18)**, plage composée de galets et de blocs rocheux (Carte 40), est relativement stable en termes de limite basse entre 1992 et 2003. La photographie aérienne de 1998 montre toutefois de fortes variations à l'Ouest de la zone (recul de la limite basse).

La zone **LACIOT-19**, inaccessible lors de la visite de terrain (propriétés privées), semble relativement stable sur l'ensemble de la période étudiée.

La **plage LACIOT-20**, inaccessible lors de la visite de terrain (propriétés privées), est soumise à une perte de surface sensible sur la période 1927-2003 (d'un facteur 6 environ), probablement liée aux constructions en arrière littoral.

La **plage du Liouquet (LACIOT-21)**, composée de galets et de blocs rocheux en pied de falaise (Carte 40), semble relativement stable depuis 1992. Cette plage, est toutefois soumise à des effondrements de falaise et a fait l'objet d'un arrêté interdisant son accès en 1979 (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008). Une partie de cette plage fait désormais l'objet d'une interdiction (arrêté de 2004).

La zone **LACIOT-22**, en limite communale, est relativement stable en termes de limite basse. Les variations surfaciques sont principalement imputables aux limites de la méthode de digitalisation dues à la présence d'espaces boisés en bordure de limite haute des zones meubles.

B- Bilan surfacique

La surface globale des zones meubles des baies de Cassis et de La Ciotat est de l'ordre de 51 125 m² (Annexe 10). Les surfaces des zones meubles varient entre 41 m² pour la **plage du Cap des Moulins (LACIOT-12)** sur la commune de La Ciotat et 7 635 m² pour la **plage de la Grande Mer (CASSIS-03)** sur la commune de Cassis.

Le bilan des surfaces des plages à l'échelle des baies de Cassis et de La Ciotat met en évidence une tendance à la stabilité de la zone en termes de surface sur la période 1927-2003, malgré les fortes variations (pertes et gains de l'ordre de 20 000 m² en valeur absolue) observées entre 1927 et 2003 (Tableau 3-11).

Tableau 3-11 : Bilan de l'évolution des surfaces des zones meubles sur la période 1927-2003 à l'échelle des baies de Cassis et de La Ciotat

Période	Bilan surfacique			Bilan par surface globale des zones meubles en 2003 (en %)
	Pertes (en m ²)	Gains (en m ²)	Bilan (en m ²)	
1927-1950	-6 494	37 325	30 831	57 %
1950-1977	-24 967	8 049	-16 918	-31 %
1977-1992	-7 376	9 624	2 248	4 %
1992-1998	-18 077	4	-18 073	-34 %
1998-2003	-2 549	5 426	2 877	5 %
1927-1992	-14 232	30 028	15 796	29 %
1992-2003	-16 328	1 131	-15 197	-28 %
1927-2003	-21 318	21 792	474	1 %

La période 1927-1992 est plutôt marquée par un bilan positif, malgré des pertes surfaciques significatives entre 1950 et 1977 majoritairement liées à la disparition des zones meubles suite à la construction des chantiers navals et du port de plaisance de La Ciotat.

La période 1992-2003 est, au contraire, caractérisée par un bilan de l'évolution des surfaces négatif du même ordre de grandeur, en valeur absolue, que sur la période 1927-1992. Ces pertes surfaciques sont principalement observées entre 1992 et 1998, alors que le bilan 1998-2003 est plutôt positif et que la zone d'étude n'a pas fait l'objet d'aménagements conséquents entre 1992 et 2003. Les valeurs des pertes sont probablement amplifiées par les erreurs de digitalisation liés à la qualité des photographies aériennes en 1992 (difficultés de digitalisation du trait de côte notamment en haut de plage et en pied de côte rocheuse et imprécision inhérente au calage des clichés).

Entre 1998 et 2003, le bilan surfacique est positif. Des plages sont toutefois marquées par une tendance à la perte surfacique, dont notamment la **plage de l'Anse de l'Arène (CASSIS-05)** sur la commune de Cassis, dont l'évolution est liée à la méthode de digitalisation du trait de côte, cette plage étant constituée de blocs en enrochements et la **plage de Fontsaïnte (LACIOT-14, LACIOT-15 et LACIOT-16)** sur la commune de La Ciotat, soumise à des phénomènes d'apparition et de disparition de plage au droit du mur des Allemands en fonction des conditions naturelles.

Les variations en termes de surface observées entre 1927 et 2003 ont pour origine :

- ♦ la dynamique sédimentaire « naturelle », principalement sur la période 1998-2003, période sans aménagements conséquents ;
- ♦ la disparition de nombreuses zones meubles suite à la construction des chantiers navals et du port de plaisance (**LACIOT-23, LACIOT-24, LACIOT-25 et LACIOT-26**) engendrant une perte surfacique de l'ordre de 10 % de la surface globale de la zone en 2003 ;
- ♦ l'aménagement de plages suite à l'implantation de zones portuaires (**LACIOT-04**) ;
- ♦ le remodelage de plage par la construction d'ouvrages de protection (épis, brise-lames) contre l'érosion (**plage des Capucins LACIOT-05, LACIOT-06 et LACIOT-07, plage Lumière LACIOT-08, Grande Plage LACIOT-09 et LACIOT-10, etc.**) ;
- ♦ la disparition de zones meubles en pied de mur de soutènement par augmentation de la réflexion de la houle et accentuation des phénomènes d'érosion (**Grande Plage LACIOT-09, plage de Fontsaïnte LACIOT-14, LACIOT-15 et LACIOT-16**) ;
- ♦ la disparition de zones meubles suite à des aménagements en arrière-littoral (**LACIOT-20**) ;
- ♦ le rechargement de zones meubles soit lors de leur création ou de leur réaménagement (**plage de la Grande Mer CASSIS-03, Grande Plage LACIOT-09**), soit pour limiter les phénomènes d'érosion sur les zones meubles (**plage du port Saint-Jean LACIOT-11**).

3.3.7.2 Côtes rocheuses

Le littoral des baies de Cassis et de La Ciotat regroupe de nombreuses zones de falaises correspondant aux massifs des Calanques et du cap Canaille, aux falaises du Soubeyran et du Bec de l'Aigle et aux côtes rocheuses du cap Liouquet au cap Saint-Louis (Carte 38). Le linéaire de côte rocheuse sur la zone d'étude est d'environ 19 500 m, ce qui représente près de 64 % du linéaire global du trait de côte (zones meubles, côtes rocheuses et littoral aménagé).

L'album photographique en Carte 41 présente la morphologie de secteurs de falaises caractéristiques du littoral des communes de Cassis et de La Ciotat.

La baie de Cassis

La côte rocheuse de Cassis est soumise à différentes formes d'instabilité, notamment au niveau (BRGM, 2005 ; Carte 38, Carte 41 & Carte 42) :

- ♦ de la calanque et de la presqu'île de Port-Miou : glissements banc sur banc ;
- ♦ de la pointe des Lombards jusqu'à la pointe du Corton : chutes de blocs et de pierres ;
- ♦ du cap Canaille : glissements banc sur banc ;
- ♦ de l'ensemble du littoral de la falaise de Soubeyran : formation de sous-cavages sur les poudingues et déstabilisation de certains galets.

Ces phénomènes sont notamment favorisés par la présence de substrats altérables (marnes instables, poudingues).

Le linéaire de falaises sensibles aux phénomènes d'instabilité est de l'ordre de 6 850 m, ce qui représente près de 73 % du linéaire rocheux sur la commune de Cassis (BRGM, 2005).

La baie de La Ciotat

Différentes formes d'instabilité affectent la côte rocheuse de La Ciotat aux extrémités occidentales et orientales de la baie (BRGM, 2005 ; Carte 38, Carte 41 & Carte 42) :

- ♦ sur la côte ouest, depuis le secteur des Pierres Tombées jusqu'à la pointe du Matelad, à l'Est du Bec de l'Aigle (formation de sous-cavage sur les poudingues et déstabilisation de certains galets) ;
- ♦ à l'Est de la baie :
 - les petites falaises entre la plage d'Arène Cros (**LACIOT-18**) et celle du Liouquet (**LACIOT-21**), soumises à des instabilités. La commune signale ainsi 2 éboulements s'étant produits dans ce secteur (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008) :
 - 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.

- le secteur entre la plage du Liouquet (**LACIOT-21**) 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 ; commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008).

Le linéaire de falaises susceptible d'être soumis à des instabilités est de l'ordre de 9 850 m, ce qui représente près de 97 % du linéaire rocheux sur la commune de La Ciotat (BRGM, 2005).

3.3.7.3 Synthèse

Le littoral des baies de Cassis et de La Ciotat se compose essentiellement de côtes rocheuses, sur près de 64 % du linéaire du trait de côte, de zones meubles en fond de calanque ou en pied de falaise et de plages artificielles ou remodelées par la mise en place d'ouvrages en mer ou en haut de plage.

Le bilan de l'évolution des surfaces meubles met en évidence, à l'échelle des baies de Cassis et de La Ciotat, une tendance globale à la stabilité sur la période 1927-2003 (bilan surfacique en termes de zones meubles de +900 m² environ), malgré d'importantes variations surfaciques suivant la période et les secteurs étudiés.

L'évolution des zones meubles (érosion ou tendance à la stabilité) des baies de Cassis et de La Ciotat, sur la période 1927-2003, est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- ♦ la **nature dominante des matériaux**, les matériaux fins (sables fins à grossiers) étant plus facilement remobilisables sous l'action des facteurs hydrodynamiques que les galets ou les blocs rocheux ;
- ♦ l'**action érosive des houles prédominantes** de secteurs Sud-Ouest et Sud-Est. Toutefois, certains secteurs de la zone d'étude se trouvent naturellement protégés de l'effet de la houle, tels que les plages en fond de calanque ou la partie occidentale de la baie de la Ciotat par l'avancée du cap de l'Aigle et la présence de l'Ile Verte ;
- ♦ la **présence d'ouvrages de protection contre les phénomènes d'érosion** (épis ou brise-lames) ou d'ouvrages portuaires, modifiant la dynamique sédimentaire naturelle d'Ouest en Est (blocage des sédiments). Des signes ponctuels d'érosion sont toutefois observés à proximité des ouvrages ou dans les secteurs qui ne sont pas directement protégés de l'action érosive de la houle par les ouvrages ;
- ♦ la **mise en place d'ouvrages verticaux contre les attaques de la mer**, à l'origine du recul du trait de côte voire de la disparition de la plage, par accentuation de la réflexion des houles de tempête ;
- ♦ la **pratique de rechargement** sur certaines plages, de manière périodique ou lors de leur réaménagement. Certaines plages, directement soumises à l'action érosive des houles, sont toutefois soumises à un recul systématique de leur limite basse malgré ces rechargements ;

- ♦ **la pratique de nivellement ou de remodelage** sur certaines zones meubles permettant d'assurer le maintien des zones meubles soumises, en période de tempête, à des pertes surfaciques.

Les plages à l'Ouest de la baie de Cassis (CASSIS-01 à CASSIS-04) ainsi que les zones meubles, aménagées par des épis en mer ou des murs de soutènement en arrière-plage, au niveau de la baie de La Ciotat (LACIOT-05 à LACIOT-12, LACIOT-14, LACIOT-15 et LACIOT-20), sont plutôt marquées par des phénomènes d'érosion (Carte 42).

Les plages de galets ou de blocs rocheux, au niveau de l'anse de l'Arène dans la baie de Cassis (CASSIS-05 à CASSIS-07), les zones meubles à proximité du Bec de l'Aigle (LACIOT-28) et à l'Est de la baie de la Ciotat (LACIOT-17 à LACIOT-22, à l'exception de LACIOT-20), ainsi que les plages en fond de calanque sont au contraire relativement stables, voire en accrétion (Carte 42).

Les côtes rocheuses de la baie de Cassis et de La Ciotat sont globalement soumises à divers phénomènes d'effondrement du type formation de sous-cavage, éboulements et glissements banc sur banc (Carte 42) sur près de 55 % du linéaire du trait de côte. Les falaises à l'Est de la baie La Ciotat, facilement accessibles, font régulièrement l'objet d'éboulements.

3.3.8 Synthèse de l'étude des phénomènes affectant l'évolution du trait de côte

L'observation sous SIG de l'évolution des plages, entre 1927 et 2003, combinée à l'analyse des résultats des variations surfaciques ont mis en évidence une évolution importante du littoral des Bouches-du-Rhône marquée par des disparitions, des aménagements ou des translations de plage, notamment sur la période 1927-1977, voire 1927-1992 sur certains secteurs.

Ces modifications de la morphologie du trait de côte sont inhérentes aux nombreux aménagements anthropiques de la frange littorale terrestre et marine (ports, complexes industrialo-portuaires, urbanisation, routes), à la mise en place d'ouvrages de protection des zones meubles (épis, brise-lames, etc.) ou de l'arrière-plage (enrochements, murs verticaux, etc.) ainsi qu'à la pratique de rechargement dans le cadre d'aménagement de nouvelles plages ou du maintien des plages existantes.

La construction d'ouvrages de protection contre l'érosion provoque généralement une modification du transit sédimentaire local et peut avoir des incidences notables sur le maintien de la plage ainsi que des zones meubles environnantes (blocage des apports, érosion ou accumulation en pied d'ouvrage). La protection des aménagements de bords de mer (route, habitations) par des enrochements ou des murs verticaux favorise la réflexion de la houle, ce qui a pour conséquence d'accentuer l'érosion de la plage.

La tendance de l'évolution des surfaces meubles (érosion, stabilité ou accrétion) a été définie à partir de l'analyse sous SIG des variations de la limite basse (avancée, recul) et des surfaces des zones meubles ainsi que des données recueillies lors de la synthèse des données disponibles (Phase 1), des entretiens avec les communes (Phase 1) ou des visites de terrain (Phase 2). L'objet de cette analyse est d'évaluer la dynamique naturelle des plages du département. Celle-ci a donc été définie pour des périodes sans aménagements anthropiques majeurs, c'est-à-dire à partir de l'évolution des surfaces meubles sur la période 1977-2003, voire 1992-2003 ou 1998-2003 en fonction des secteurs considérés, afin de limiter les erreurs d'interprétation de l'évolution du trait qui ne sont pas liées à la dynamique naturelle des zones meubles mais plutôt à la construction des aménagements sur le littoral et la formation ou la translation des zones meubles dans le cadre de ces aménagements.

Le bilan des surfaces, calculé sur la période 1927-2003, est représenté dans le Tableau 3-12 à l'échelle des zones homogènes. L'évolution des surfaces a été déterminée sur la période 1950-2003 pour le golfe de Fos, 1977-2003 pour le delta du Rhône et l'étang de Berre, en raison de la faible couverture spatiale des photographies aériennes, voire de son absence pour les premières campagnes (Carte 1, Carte 2 & Carte 3).

Le bilan de l'évolution des surfaces met en évidence (Tableau 3-12) :

- ◆ un bilan négatif (-38 %) à l'échelle du littoral des Bouches-du-Rhône sur la période 1977-2003, avec notamment :
 - des pertes surfaciques principalement liées à l'évolution du delta du Rhône, avec près de 91 % des pertes surfaciques à l'échelle de la zone d'étude, suite au recul majeur de son trait de côte sous l'action érosive de la houle, malgré la présence de quelques secteurs en accrétion. Il faut toutefois préciser que le delta du Rhône regroupe près de 92 % de la surface globale en zones meubles. Des pertes surfaciques importantes, mais dans une moindre mesure, sont également observées au niveau du golfe de Fos, suite à la mise en place d'aménagements sur son littoral (complexe industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer) et de l'étang de Berre, soumis à des phénomènes importants d'érosion du cordon dunaire du Jaï et du secteur des salins au niveau de la commune de Berre-l'Etang ;
 - des gains surfaciques importants (près de 73 % des gains en surfaces meubles) pour le delta du Rhône, liés à la tendance à l'accrétion des secteurs du golfe et de la flèche de Beauduc et le golfe de Fos, suite aux modifications de la morphologie du golfe liées à la construction du complexe industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer ;

Seule la rade de Marseille est marquée sur cette période par une tendance globale à l'augmentation de sa surface meuble, malgré des pertes importantes sur certains secteurs, en raison des nombreuses plages aménagées naturellement ou artificiellement suite à la mise en place d'ouvrages sur le littoral ;

- ◆ une période 1977-1992 marquée par un bilan positif pour la majeure partie des zones homogènes, à l'exception du delta du Rhône et du massif des Calanques. Le bilan à l'échelle de la zone d'étude est négatif en raison des fortes pertes surfaciques du delta du Rhône qui représentent près de 92 % de la surface globale en zones meubles. Les gains surfaciques sont relativement importants au niveau du golfe de Fos, en raison des nombreuses modifications de son littoral liées à la construction du complexe industriel de Fos-sur-Mer et de la rade de Marseille suite à la mise en place de nombreux aménagements ayant engendré, de manière naturelle ou artificielle, un agrandissement des surfaces meubles ;
- ◆ un bilan négatif pour l'ensemble des zones homogènes sur la période 1992-1998. Ces pertes de surfaces meubles doivent toutefois être relativisées : elles sont probablement liées, en partie, d'une part à la différence de qualité entre les clichés en noir et blanc de 1992 et ceux en couleur et de meilleure résolution de 1998 et d'autre part, aux conditions océano-météorologiques (agitation) lors de la campagne aérienne de 1998, notamment sur l'étang de Berre, qui accentuent les phénomènes de recul du trait de côte ;
- ◆ une période 1998-2003 caractérisée par un bilan surfacique à la stabilité (bilan surfacique globale de l'ordre de 2 % de la surface des zones meubles en 2003). Cette période est toutefois soumise à des pertes et des gains

surfaiques importants. Ces variations sont toutefois moins importantes que lors des périodes précédentes, le bilan ne représentant que 2 % de la surface meuble en 2003 sur cette période. En effet, sur la période 1977-1992, les pertes et gains surfaiques sont de l'ordre de $-190\,000\text{ m}^2/\text{an}$ et $31\,000\text{ m}^2/\text{an}$, respectivement, alors qu'ils ne sont que de $-80\,000\text{ m}^2/\text{an}$ et $12\,000\text{ m}^2/\text{an}$, respectivement, pour la période 1998-2003. Les variations durant cette période sont plutôt liées aux évolutions naturelles des zones meubles qu'aux impacts des aménagements anthropiques (disparition, réduction ou aménagement de zones meubles).

gènes avec en rouge les bilans négatifs sur la période étudiée et en vert les bilans positifs
50-1977 en raison de l'absence de certaines photographies aériennes sur le littoral en 1927, 1942 et 1950)

2 (en m ²)		Evolution 1992-1998 (en m ²)				Evolution 1998-2003 (en m ²)				Evolution globale 1977-2003 (en m ²)			
n	Bilan par surface en 2003 (en%)	Pertes	Gains	Bilan	Bilan par surface en 2003 (en%)	Pertes	Gains	Bilan	Bilan par surface en 2003 (en%)	Pertes	Gains	Bilan	Bilan par surface en 2003 (en%)
275	-24 %	-3 226 621	158 933	-3 067 688	-29 %	-349 072	342 372	-6 700	< -1 %	-4 304 218	104 654	-4 199 564	-40 %
73	26 %	-296 832	26 091	-270 741	-64 %	-12 156	170 794	158 638	37 %	-205 665	192 425	-13 240	-3 %
1	5 %	-168 874	19 612	-149 262	-65 %	-21 918	78 369	56 451	25 %	-124 381	46 255	-78 126	-34 %
3	3 %	-17 442	8 067	-9 375	-17 %	-13 165	8 465	-4 700	-9 %	-24 242	19 605	-4 637	-8 %
8	48 %	-30 396	1 715	-28 681	-29 %	-3 166	9 675	6 509	7 %	-35 472	40 685	5 213	5 %
	-14 %	-1 526	290	-1 236	-19 %	-402	138	-264	-4 %	-2 531	91	-2 440	-38 %
3	4 %	-18 077	4	-18 073	-34 %	-2 549	5 426	2 877	5 %	-15 625	2 675	-12 950	-25 %
147	-21 %	-3 759 768	214 712	-3 545 056	-31 %	-402 428	615 239	212 811	2 %	-4 712 134	406 390	-4 305 744	-38 %

Les variations en termes de surface peuvent avoir pour origine :

- ◆ l'évolution naturelle (accrétion ou érosion) de la limite basse des zones meubles ;
- ◆ la mise en place d'aménagements en haut de plage (routes, murs de soutènement, enrochements, habitations, restaurants, etc.) qui génère de fortes variations de la surface de la zone meuble. Les évolutions de surface ne reflètent pas seulement, dans ce cas, les modifications en limite basse ;
- ◆ les opérations de rechargement qui peuvent masquer les tendances naturelles de la plage à l'érosion ou la formation par remblaiement de la zone meuble lors de la construction d'aménagements à proximité ;
- ◆ la construction d'aménagements en milieu marin (port, abri, épi, enrochement, brise-lames, terre-plein, cale de mise à l'eau, etc.) qui peuvent générer des modifications des zones meubles (disparition, rétrécissement, déplacement, formation, etc.), provoquer des pertes surfaciques qui ne sont pas liées à l'évolution naturelle des plages et modifier les processus de transit sédimentaire le long du littoral ;
- ◆ les imprécisions de la méthode de digitalisation du trait de côte (limites haute et basse des zones meubles) inhérentes à la qualité et à la résolution des clichés (différentiations entre la limite haute et l'arrière-plage naturel ou la côte rocheuse, entre la limite basse et les ouvrages artificiels dont notamment les cales de mise à l'eau, les remblais ou les enrochements, etc.).

Le tableau suivant présente le taux de surfaces meubles, en pourcentage de la surface globale de zones meubles au sein de la zone homogène, en fonction de leur tendance évolutive (stabilité, accrétion ou érosion) et met en évidence :

- ◆ des surfaces sensiblement en accrétion, à hauteur de 48 % de la surface globale en zones meubles en 2003, pour le delta du Rhône, malgré de nombreux secteurs en érosion notamment à l'Est de l'étang des Batayolles au niveau du golfe de Beauduc. Ce pourcentage important est essentiellement lié à l'évolution des secteurs du golfe et de la flèche de Beauduc ainsi que des zones meubles à l'Ouest de l'embouchure du Grand Rhône ;
- ◆ des surfaces majoritairement en stabilité (entre 59 % et 100 % de la surface globale en zones meubles en 2003) pour le golfe de Fos, l'étang de Berre, malgré les secteurs en érosion du cordon dunaire du Jaï et du littoral de Berre-l'Etang, la Côte Bleue, la rade de Marseille et le massif des Calanques ;
- ◆ près de 72 % de la surface globale en zones meubles des baies de Cassis et de La Ciotat caractérisée par une tendance à l'érosion, les nombreuses plages soumises à des phénomènes d'érosion correspondant aux plages aménagées les plus importantes en termes de surface meuble ;
- ◆ une proportion importante de la surface globale en 2003 à l'échelle de la zone d'étude marquée par une tendance à l'accrétion (46 % de la surface

meuble), principalement liée à la forte proportion de surface en zones meubles en accrétion sur le littoral du delta du Rhône, qui représente près de 92 % de la surface en zones meubles de la zone d'étude.

Tableau 3-13 : Surface globale des zones meubles en fonction de leur tendance évolutive (stabilité, accrétion ou érosion) à l'échelle de la zone homogène (rapport exprimé en % de la surface globale de la zone homogène en 2003)

Zone homogène	Dynamique des surfaces meubles		
	Érosion	Stabilité	Accrétion
Delta du Rhône – zone homogène 15	31 %	21 %	48 %
Golfe de Fos – zone homogène 16	13 %	60 %	28 %
Etang de Berre – zone homogène 17	20 %	59 %	22 %
Côte Bleue – zone homogène 18	13 %	64 %	23 %
Rade de Marseille – zone homogène 19	25 %	72 %	4 %
Massif des Calanques – zone homogène 20	0 %	100 %	0 %
Baies de Cassis et de La Ciotat – zone homogène 21	72 %	26 %	3 %
Zone d'étude globale	30 %	24 %	46 %

L'analyse de l'évolution des plages (avancée et recul de la limite basse, évolution de la limite haute, variation des surfaces) entre 1927 et 2003 met en évidence :

- ♦ une évolution importante de la morphologie du littoral entre 1927 et 2003, avec des plages relativement étendues à l'état naturel jusqu'en 1950, à l'exception des plages de poche encaissées entre des côtes rocheuses et des zones meubles plus étroites et délimitées par des aménagements en 2003 ;
- ♦ un aménagement anthropique conséquent dans les années 1950 à 1977, voire jusqu'en 1992 pour certains secteurs, avec le développement de l'urbanisation sur la frange littorale, la construction de zones portuaires (ports et abris) ainsi que la mise en place de complexes industrialo-portuaires, notamment dans le golfe de Fos et l'étang de Berre (pointe de Berre). Ces aménagements sont généralement construits en haut de plage ou à la place des plages qui sont alors soit translatées vers la mer soit sensiblement réduites. Certaines plages seront mêmes complètement remplacées par les aménagements. La surface globale des zones meubles disparues, suite à la mise en place d'aménagements, représente près de 86 % de la surface globale en 2003 pour l'ensemble des zones homogènes à l'exception du delta du Rhône.
- ♦ la mise en place de structures de protection (enrochements et murs verticaux) des aménagements en arrière-plage (habitations, routes)

contre les attaques de la mer qui ont pour effet d'accentuer l'érosion, par accentuation des phénomènes de réflexion ;

- ♦ la construction d'ouvrages de protection (épis, brise-lames) qui modifient la dynamique sédimentaire naturelle (blocage des sédiments et formation de courants de retour susceptibles d'entraîner les sédiments vers le large) ;
- ♦ la réduction des apports sédimentaires des fleuves, notamment au niveau du delta du Rhône et de l'étang de Berre, suite à leur aménagement et l'endigage de leur embouchure, qui provoque le détournement du transit des sédiments vers les zones meubles à proximité ;
- ♦ la pratique de rechargement de certaines zones meubles, dans le cadre de l'aménagement de nouvelles plages ou du maintien des plages existantes.

La majorité des côtes rocheuses du littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, ce qui représente près de 29 % du linéaire du trait de côte de la zone d'étude, hors delta du Rhône, est soumise à des phénomènes d'instabilité du type érosion différentielle, sous-cavage, chute de blocs suite au ravinement et au glissement banc sur banc. La zone d'étude fait régulièrement l'objet d'éboulements.

3.4 Bilan des actions de lutte contre l'érosion entreprises localement

Des entretiens ont été entrepris avec l'ensemble des communes littorales dans le cadre de la Phase 1 afin de récupérer les informations nécessaires à une meilleure compréhension de l'évolution du trait de côte du littoral du département, notamment en termes d'actions de lutte contre l'érosion (aménagements, rechargement). Les compte-rendus de ces entretiens sont fournis dans le rapport de Phase 1. L'ensemble des informations recueillies a également été intégré dans l'analyse des phénomènes affectant le trait de côte, dans la mesure des données disponibles.

Il faut noter que les informations relatives aux opérations de rechargement (volume, date, granulométrie) récupérées dans le cadre de cette concernent essentiellement les rechargements en cours ou à venir, en raison de l'absence d'archives ou du départ des personnes ayant connaissance de ces opérations au sein des services communaux.

Le bilan des actions entreprises en vue de limiter localement l'érosion du littoral, défini à partir des informations recueillis auprès des gestionnaires d'espaces littoraux et de l'analyse de l'évolution du trait de côte du littoral du département, met en évidence, en fonction des données disponibles :

- ♦ l'importance du **dimensionnement des ouvrages de protection** contre l'érosion en fonction des conditions hydrodynamiques et de la nature des fonds du site, notamment :
 - des épis du littoral du delta du Rhône. En effet, le fonctionnement limité dans le temps des épis à l'Ouest de l'embouchure du Petit Rhône, au niveau du delta du Rhône, est probablement le résultat d'un sous-dimensionnement des ouvrages (ratio entre la longueur de l'épi et l'espacement entre deux épis consécutifs). Le rallongement des épis vers la côte a permis d'améliorer l'efficacité des ouvrages et de stabiliser le trait de côte des secteurs concernés (SABATIER, 2001),
 - du brise-lames (digue) présent au niveau de la **plage du Prophète (MARSEIL-10)** sur la commune de Marseille, ouvrage instable qui n'a pas été conçu pour les fonds marins présents dans ce secteur (fonds sableux). La digue s'enfonce dans le sédiment et ne joue plus son rôle de protection (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008). Elle nécessite ainsi un entretien permanent afin de limiter la projection de blocs et de pierres sur le rivage. La commune de Marseille réfléchit sur la solution à adopter pour régler ce problème (conforter la digue, créer une nouvelle digue, etc.) ;
- ♦ l'importance de l'**entretien des ouvrages de protection** qui conditionne l'efficacité des ouvrages. En effet, d'après la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, les sections aménagées du littoral suite à la construction d'un épi sont caractérisées, dans un premier temps, par des phénomènes d'accrétion au cours des 10 premières années suivant leur construction, puis de stabilité les 10 années suivantes et finalement d'érosion, liée à détérioration des épis (ouverture de brèches dans les structures), les 10 années suivantes (commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, entretien du 28 mars 2008). La commune de Marseille précise que l'entretien des digues de la commune doit être régulier afin de les stabiliser et de garantir la sécurité des personnes (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008) ;
- ♦ l'**effet positif de la mise en place de certains ouvrages de protection** contre l'érosion, dont notamment :
 - les brises-lames le long du littoral urbanisée de l'agglomération des Saintes-Maries-de-la-Mer (de **STEMAR-52** à **STEMAR-54**, zone homogène n°15, cellule hydrosédimentaire n°16) ou au niveau de l'étang de Sainte-Anne (**ARLES-09** ; zone homogène n°15, cellule hydrosédimentaire n°16). La construction de ces ouvrages a provoqué une accumulation de sédiments en arrière des ouvrages, voire la formation d'un tombolo,

- les épis mis en place entre 1956 et 1978 au niveau de la plage Jaï Sud (**CHATMAR-03, CHATMAR-04, CHATMAR-15, CHATMAR-05, CHATMAR-06, CHATMAR-07, CHATMAR-08 et CHATMAR-09**) et entre la bourdigue de Châteauneuf et la grande bourdigue (**CHATMAR-10, CHATMAR-13, CHATMAR-11 et CHATMAR-12**) sur la commune de Châteauneuf-les-Martigues. L'érosion du littoral, en particulier par Mistral fort, s'est accompagnée de la formation d'un talus d'érosion en haut de plage et d'un recul du trait de côte en arrière des épis qui 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 (**SIBOJAÏ**, entretien du 17 avril 2008),
- les épis mis en place dans les années 90 sur le littoral de la plage Jaï Nord (**MARIGN-02, MARIGN-03, MARIGN-04, MARIGN-05, MARIGN-06 et MARIGN-07** ou **plage Motte Piquet**) sur la commune de Marignane. Depuis leur mise en place, ces plages sont relativement stables au niveau des épis d'après les visites de terrain et l'analyse des photographies aériennes. Les plages de la commune n'ont jamais été rechargées jusqu'à aujourd'hui,
- sur le littoral de la commune de Marseille, la **plage des Catalans (MARSEIL-05)** et la **plage du Prophète (MARSEIL-10)** sont apparues naturellement, en lien avec la présence d'ouvrages à proximité et ne sont pas rechargées (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008) ;
- ♦ des **résultats mitigés pour les opérations de rechargement**, dont le succès est lié à la granulométrie des matériaux employés et aux conditions hydrodynamiques au droit de la plage, avec notamment :
 - des rechargements efficaces :
 - sur des plages de la commune de Sausset-les-Pins (**plagette du Petit nid SAUSSET-03, SAUSSET-04, SAUSSET-05 et SAUSSET-06** ; commune de Sausset-les-Pins, entretien du 28 avril 2008). Une stabilisation de ces plages est constatée depuis leur rechargement,
 - la **plage des Aigues Douces (PBOUC-12)**, sur la commune de Port-de-Bouc, créée à partir de déblais issus de la destruction de l'usine Saint-Gobain, 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 (volume d'environ 100 m³). Un cordon de rochers et de galets a été immergé en face afin de favoriser l'ensablement (commune de Port-de-Bouc, entretien du 26 mars 2008). D'après l'analyse des photographies aériennes, cette plage semble relativement stable depuis son aménagement,
 - le départ des sédiments de la plage suite à des rechargements :
 - au niveau de la **plage des Aigues Douces (PBOUC-12)** sur la commune de Port-de-Bouc, où du sable de mer avait été mis en

plage. Ce sable s'étant envolé, la commune a procédé, avec succès, à un autre rechargement avec des matériaux plus grossiers (graviers),

- sur certaines plages de la commune de Marseille, où 3 000 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. A l'avenir, la ville a l'intention de maintenir ou au moins de limiter l'augmentation des quantités rechargées,
- au niveau de la commune de La Ciotat, où la plupart des plages sont artificielles. 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 rechargement. Par exemple, un rechargement effectué sur la **Grande Plage (FOSMER-25 et FOSMER-26)** s'est soldé par un départ des sédiments, emportés par la mer. Depuis, aucun réel rechargement n'est actuellement effectué faute de moyens financiers (commune de La Ciotat, entretien du 7 avril 2008) ;

♦ **l'effet positif d'opérations de nivellement ou de reprofilage :**

- sur la commune de Marseille où les opérations de nivellement permettent d'éviter de recharger certaines plages (plage des Catalans **MARSEIL-05**, par exemple). Par exemple, sur la plage de Prado Nord (**MARSEIL-13** à **MARSEIL-15**), 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 (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008),
- sur la commune de Carry-le-Rouet dont le profil de la plage du Rouet (**CARRY-11**) 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),
- il faut toutefois noter l'inefficacité de reformatage de la **plage du Cavaou (FOSMER-15)** y a 15 ans environ. Les opérations de reformatage ont été arrêtées en raison de leur inefficacité (commune de Fos-sur-Mer, entretien du 26 mars 2008). Il faut noter que l'accès de la plage du Cavaou au public sera prochainement interdit.

La pratique de rechargement ou la mise en place d'ouvrage de protection contre l'érosion sont jugés inutiles (absence d'érosion ou procédés inefficaces au regard des conditions hydrodynamiques) sur les plages des communes d'Istres (commune d'Istres, entretien du 3 février 2008), de Saint-Chamas (commune de Saint-Chamas, entretien du 27 mars 2008), de Rognac (commune de Rognac, entretien du 2 avril 2008), de Vitrolles (commune de Vitrolles, entretien du 26 mars 2008), d'Ensuès-la-

Redonne (commune d'Ensues-la-Redonne, entretien du 14 avril 2008), du Rove (commune du Rove, entretien du 14 avril 2008) et du massif des Calanques (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008).

La commune de Berre-l'Etang n'effectue pas de rechargement systématique des plages. Elle a toutefois déjà réalisé des rechargements ponctuels (commune de Berre-l'Etang, entretien du 2 avril 2008). Nous ne disposons pas d'informations plus précises (site, volume, granulométrie, suivi) sur ces opérations.

D'autres actions de lutte contre l'érosion ont été réalisées depuis 2003, date de la dernière campagne de photographie aérienne, dont notamment :

- ♦ un rechargement d'environ 100 m³ de sable qui ne s'envole pas a été effectué au printemps 2008 pour la première fois sur la plage de Bottai nommée **PBOUC-03** (commune de Port-de-Bouc, entretien du 26 mars 2008) ;
- ♦ un rechargement de l'estran sur 170 m avec un volume de 1200 m³ de graviers de fraction 2-6 mm a été réalisé en 2008 sur la plage de l'anse des Laurons (**MARTIG-11** et **MARTIG-12**) sur la commune de Martigues (commune de Martigues, entretien du 25 mars 2008) ;
- ♦ un rechargement sur le cordon à la limite de la zone urbanisée de Châteauneuf-les-Martigues par dépôt, dans son alignement, de matériel dunaire extrait dans le cadre de travaux (**SIBOJAÏ**, entretien du 17 avril 2008) ;
- ♦ un rechargement expérimental d'un secteur du cordon du Jaï (**MARIGN-07** ou **plage Motte Piquet**) a été effectué pour la première fois en 2008.

Aujourd'hui les rechargements devenant extrêmement coûteux et étant soumis à une réglementation plus stricte, les opérations de rechargement sont moins importantes et moins fréquentes sur le littoral des Bouches-du-Rhône, à l'exception des plages de la commune de Marseille. La commune de Marseille, qui réalise des rechargements annuels de l'ordre de 3 000 tonnes de sédiments, souhaite à l'avenir, maintenir, voire limiter l'augmentation des quantités rechargées et préfère privilégier l'installation d'aménagements de protection permettant de limiter les rechargements (commune de Marseille, entretien du 3 juin 2008).

3.5 Identification des limites de l'étude

Les limites de la présente étude sont inhérentes :

- ♦ aux **imprécisions de la digitalisation du trait de côte**, principalement liées :
 - à la qualité des photographies aériennes,
 - aux erreurs dues au calage ou à l'orthorectification des photographies numérisées, plus importantes dans les zones de relief,

- à l'insuffisance de contrastes de certaines campagnes sur les secteurs à dominante rocheuse ou aménagés, rendant difficile la distinction entre les zones meubles et les côtes rocheuses (limite haute), notamment pour les plages de poche ou entre les surfaces meubles et les aménagements localisés directement sur les plages, tels que les cales de mise à l'eau, les surfaces bétonnées, les habitations ou les enrochements. Les erreurs de digitalisation de la limite haute, et par conséquent les erreurs de calcul des surfaces meubles, sont plus importantes pour les plages de petites tailles ou très étroites en pied de côte rocheuse. Les variations de surface ont souvent, dans ce cas, pour origine les limites de la méthode de digitalisation plutôt qu'une véritable évolution naturelle de la zone meuble ;
- ♦ à l'**insuffisance de données précises** nécessaires à une bonne compréhension de l'évolution du trait de côte **en termes de rechargement** (périodes et volumes). En effet, l'analyse de l'évolution du trait de côte peut être faussée par la pratique de rechargements. Une plage soumise à érosion et régulièrement rechargée pourra être considérée à tort comme stable ou en accrétion en l'absence de données sur d'éventuels rechargement. A cause de l'absence d'archives relatives aux opérations de rechargement et du départ des personnes ayant connaissance de ces opérations au sein des services communaux, peu de données ont pu être récupérées sur ce sujet. Les données qui ont pu être recueillies concernent principalement les opérations de rechargement récentes ;
- ♦ à l'**absence de données concernant les aménagements** (date) directement réalisés sur les zones meubles, notamment les cales de mise à l'eau et les enrochements longitudinaux qui sont parfois difficilement différenciables de la zone meuble, ce qui peut entraîner des erreurs en termes de surface de plage. Les visites de terrain ont permis, dans certains cas, de prendre en compte ces aménagements sur la zone meuble en présence de légers contrastes. Cependant, dans la majorité des cas, notamment pour les clichés en noir et blanc, la présence ou l'absence de ces aménagements n'a pu être confirmée avec certitude en l'absence de données précises sur les dates de construction des aménagements.

3.6 Besoins de données complémentaires pour une meilleure compréhension des phénomènes

La récupération des données relatives aux opérations de rechargement des zones meubles (date, volume, granulométrie, etc.) ou aux ouvrages de protection contre l'érosion (étude de dimensionnement, date de construction, suivi des impacts, etc.) a été particulièrement difficile et infructueuse en raison de l'absence d'archives, la législation n'étant pas dans le passé aussi exigeante qu'aujourd'hui ou du départ des personnes ayant connaissance de ces projets au sein des services communaux. Des recherches approfondies des archives conservées des services communaux ou des gestionnaires d'espaces littoraux à l'époque des rechargements permettraient de mieux appréhender l'évolution des surfaces meubles.

4

Caractérisation des aléas

Par définition, l'aléa est la probabilité d'apparition d'un phénomène naturel (érosion marine, instabilité de falaise, submersion marine dans le cadre de la présente étude), d'intensité et d'occurrence données, sur un territoire donné.

4.1 Aléa érosion des surfaces meubles

L'aléa érosion correspond à une évaluation de la sensibilité de la zone étudiée (zone meuble ou plage) au phénomène d'érosion.

L'aléa vis-à-vis de l'érosion marine a été évalué à partir de l'analyse des données disponibles (synthèse bibliographique, analyse diachronique des photographies aériennes de 1927 à 2003, entretiens avec les communes, visites de terrain), dont notamment :

- ◆ les évolutions passée et présente du trait de côte définies à partir de la comparaison des photographies aériennes sur la période 1927-2003 et des visites de terrain en 2008 ;
- ◆ les conditions hydrodynamiques (conditions de houle, dérive littorale, orientation du littoral) du site d'étude et de son exposition par rapport à l'action de la houle ;
- ◆ la présence d'aménagements susceptibles de réduire l'agitation ainsi que les phénomènes d'érosion ou, au contraire, d'amplifier les pertes surfaciques au niveau des zones meubles ;
- ◆ les signes visuels d'érosion ou d'accrétion sur la zone meuble observés lors des visites de terrain, notamment au niveau des aménagements sur le littoral.

Il faut noter qu'en raison de la construction de nombreux aménagements sur le littoral du département depuis 1927, le littoral actuel est sensiblement différent de celui observé sur la période 1927-1977. La définition de l'aléa doit prendre en compte la présence de l'artificialisation du littoral et se base donc principalement sur l'analyse historique du trait de côte à partir de 1992, ce qui représente seulement une période de 11 ans. Sur certaines zones, moins aménagées, la valeur de l'aléa tiendra compte de l'évolution des limites basses de la zone meuble avant 1992. La prise en compte des évolutions et signes de dynamique sédimentaire observés lors des visites

de terrain a permis de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de bilan sédimentaire à l'échelle de la plage.

La valeur de l'aléa érosion a été définie selon trois classes, suivant la sensibilité du site vis-à-vis des phénomènes d'érosion :

- ♦ aléa faible ;
- ♦ aléa moyen ;
- ♦ aléa fort.

De manière générale, les plages marquées par une tendance à l'accrétion, voire à la stabilité, d'après l'étude de l'évolution des surfaces meubles, sont caractérisées par un aléa faible. La distinction entre aléa moyen et aléa fort se fera en fonction de l'importance du recul du trait de côte ou du linéaire de la limite basse de la plage soumis à érosion et des conditions hydrodynamiques au niveau de la zone concernée (en fonction des données disponibles).

La synthèse des données existantes, dans l'objectif d'évaluer la dynamique sédimentaire et de caractériser l'aléa vis-à-vis de l'érosion marine, s'est avérée être une tâche complexe en raison de :

- ♦ l'interaction des différents processus hydrodynamiques (courant ou agitation, notamment en période de tempête) qui rend difficile la connaissance du phénomène d'érosion ;
- ♦ la présence d'aménagements sur le littoral, aussi bien en haut de plage (mur de soutènement, habitation, remblai, cale de mise à l'eau, etc.) qu'en milieu marin (structure portuaire, épi, digue, brise-lames, enrochements, etc.) : ils jouent un rôle important dans les phénomènes de transport sédimentaire (blocage ou modification des transits) ou d'érosion (érosion localisée au pied des ouvrages, accentuation de la réflexion des houles, etc.), ce qui modifie la dynamique sédimentaire naturelle observée sans aménagement ;
- ♦ l'absence de données quantitatives fiables, notamment en ce qui concerne :
 - la courantologie ou l'agitation en bordure littorale,
 - l'historique des rechargements de plage (occurrence, volume, granulométrie), ce qui ne nous permet pas d'évaluer avec certitude le bilan de l'évolution des plages (notamment celles en accrétion ou en stabilité) ;
- ♦ la courte durée de référence pour l'évaluation du bilan sédimentaire à partir de l'analyse diachronique, c'est-à-dire, la période sans aménagement conséquent sur le littoral du département. Cette période est comprise entre 11 et 16 ans (voire 5 ans seulement pour certaines zones meubles), ce qui ne permet pas d'évaluer à long terme l'évolution future de la plage : en effet, l'extrapolation de l'évolution du trait de côte ne peut pas être entreprise sur une durée supérieure à la moitié de la durée de référence, soit dans ce cas la période sans aménagement (SABATIER, 2001).

L'aléa vis-à-vis de l'érosion marine est illustré, par zone homogène, de la Carte 43 à la Carte 49 de l'atlas cartographique. Le pourcentage de surfaces en zones meubles par classe d'aléa est présenté, par zone homogène, dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Surfaces en zones meubles par classes d'aléa (en % de la surface globale en zones meubles en 2003)

Zone homogène	Aléa érosion des surfaces meubles		
	Faible	Moyen	Fort
Delta du Rhône – zone homogène 15	65 %	6 %	29 %
Golfe de Fos – zone homogène 16	93 %	1 %	5 %
Etang de Berre – zone homogène 17	88 %	6 %	6 %
Côte Bleue – zone homogène 18	90 %	9 %	0 %
Rade de Marseille – zone homogène 19	76 %	0 %	24 %
Massif des Calanques – zone homogène 20	80 %	20 %	0 %
Baies de Cassis et de La Ciotat – zone homogène 21	29 %	9 %	62 %
Zone d'étude globale	67 %	6 %	27 %

L'analyse de l'aléa relatif au phénomène d'érosion marine met en évidence sur le littoral du département des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, un aléa faible pour 67 % de surface globale en zones meubles, en raison de la forte proportion de surfaces meubles stables, voire en accrétion, d'après l'étude de l'évolution du trait de côte (chapitre 3.3). Près d'un tiers de la surface des plages est caractérisé par un aléa fort vis-à-vis de l'érosion des zones meubles.

Dans la définition de l'aléa, nous avons considéré une seule valeur d'aléa pour les zones de plage caractérisées par des dynamiques différentes de leur limite basse (recul et stabilité, par exemple), à l'exception des plages étendues du delta du Rhône, ce qui explique les différences observées entre la répartition des surfaces meubles stables ou en accrétion par zone homogène (chapitre 3.3.8) et les résultats, présentés ci-dessus, des surfaces meubles d'aléa faible.

La répartition des surfaces en zones meubles par aléa, à l'échelle des zones homogènes, met en évidence les points suivants (Tableau 4-1) :

- ♦ la Côte Bleue et le massif des Calanques ne présentent pas de zones meubles d'aléa fort, leurs plages sont caractérisées par un aléa faible à hauteur de 90 % et 80 % de la surface totale des plages, respectivement. Seules les zones meubles présentant des aménagements en haut de plage avec des signes d'érosion sur le littoral du massif des Calanques sont marquées par un aléa moyen. Au niveau de la Côte Bleue, les plages concernées par un aléa moyen sont des petites plages en fond d'anse (Carte 46 & Carte 48) ;

- ♦ seuls le delta du Rhône et la rade de Marseille, à l'exception des baies de Cassis et de La Ciotat, sont caractérisés par un pourcentage en surface de plages d'aléa fort supérieur à 20 %, les autres zones présentant des aléas forts pour moins de 6 % de leur surface totale (Carte 43 & Carte 47). Un linéaire important de côte du delta du Rhône est marqué par des aléas moyens à forts, en raison de la tendance globale à l'érosion du trait de côte (à l'exception de secteurs ponctuels relativement stables ou en accrétion, dont le golfe de Beauduc). Les secteurs d'aléa fort sur le littoral de la rade de Marseille correspondent aux plages du Prado et aux plages de poche au niveau de Montredon ;
- ♦ le golfe de Fos regroupe deux zones meubles étendues d'aléa fort situées au fond du golfe, qui représentent 5 % de la surface globale de la zone homogène (Carte 44) ;
- ♦ sur le pourtour de l'étang de Berre, les zones meubles concernées par un aléa fort, qui représentent près 6 % de la surface meuble globale se situent majoritairement entre le delta de l'Arc et la pointe de Berre, au niveau des salins de Berre-l'Etang (Carte 45) ;
- ♦ les plages en milieu urbain des baies de Cassis et de La Ciotat sont en majorité (62 % de la surface totale répartie sur 10 zones meubles) concernées par un aléa fort (Carte 49).

4.2 Aléa instabilité de falaises côtières

Concernant les zones rocheuses, la présente étude reprend, après validation du Maître d'Ouvrage, les conclusions en termes d'aléas et de risques vis-à-vis de l'instabilité des falaises de l'étude des falaises côtières à l'échelle de la région PACA (BRGM, 2005).

Dans le cadre de cette étude, l'aléa instabilité de falaises côtières a été évalué selon une estimation qualitative de la stabilité de la falaise à partir des différents facteurs tels que la morphologie, la géologie, les circulations d'eau, la structure de la roche, la fracturation et l'action marine. Le phénomène « chute de blocs et éboulements » étant le plus courant sur le littoral de la région, l'aléa a été défini pour ce type d'instabilités de falaises.

Les caractéristiques physiques (nature géologique, dimensions), ainsi que les principaux processus d'érosion des côtes rocheuses de la zone d'étude, sont présentés dans le rapport de Phase 1.

L'aléa est représenté par les classes suivantes, des secteurs géographiques les moins sensibles aux plus sensibles au phénomène d'instabilité des falaises côtières :

- ♦ faible ;
- ♦ moyen ;
- ♦ fort.

L'aléa instabilité de falaises côtières sur le littoral des Bouches-du-Rhône est présenté à l'échelle des zones homogènes dans les Carte 43 à Carte 49. Le tableau suivant présente le pourcentage de linéaire de côte rocheuse par classe d'aléa à l'échelle des zones homogènes (Tableau 4-2).

Tableau 4-2 : Linéaire de côte rocheuse en fonction de l'aléa instabilité de falaises (en %)

Zone homogène	Aléa instabilité de falaises		
	Faible	Moyen	Fort
Golfe de Fos – zone homogène 16	88 %	12 %	0 %
Etang de Berre – zone homogène 17	59 %	41 %	0 %
Côte Bleue – zone homogène 18	74 %	15 %	11 %
Rade de Marseille – zone homogène 19	52 %	43 %	5 %
Massif des Calanques – zone homogène 20	43 %	31 %	26 %
Baies de Cassis et de La Ciotat – zone homogène 21	14 %	47 %	39 %
Zone d'étude globale	47 %	37 %	24 %

L'analyse de l'aléa instabilité des falaises côtières à l'échelle des zones homogènes met en évidence :

- ♦ la présence de zones de falaise d'aléas faibles à moyens sur la côte orientale du golfe de Fos, le secteur en aléa moyen correspondant à la côte rocheuse au niveau du collège F. Mistral sur la commune de Port-de-Bouc (Carte 44) ;
- ♦ des aléas moyens à forts sur le littoral occidental de l'étang de Berre, notamment pour les falaises des communes de Saint-Mitre-les-Remparts (Caderaou) et d'Istres. Les secteurs les plus sensibles au phénomène d'instabilité des falaises côtières (aléa fort) sont situés sur la commune d'Istres, au niveau du secteur des Heures-Clares et au Sud de la baie de Saint-Chamas et représentent un linéaire de côte rocheuse de l'ordre de 600 m (Carte 45) ;
- ♦ l'alternance de zones d'aléas moyens à forts sur le littoral de la Côte Bleue, le linéaire le plus important de côte rocheuse d'aléa fort étant sur la commune d'Ensuès-la-Redonne (secteur de l'Ouest du port de la Redonne jusqu'au port de Méjean ; Carte 46) ;
- ♦ de nombreux secteurs de côte rocheuse d'aléa fort sur le littoral de la rade de Marseille, avec notamment, du Nord vers le Sud, la pointe Carinade, la pointe du Roucas Blanc ou la pointe de Montredon (Carte 47) ;
- ♦ des aléas moyens à forts sur la majeure partie du linéaire rocheux du massif des Calanques, à l'exception de quelques secteurs marqués par un aléa

faible à l'Ouest de la zone homogène jusqu'aux alentours de la calanque de la Mounine, au niveau de la calanque de Podestat, des falaises de part et d'autre du cap de Morgiou et à l'Est, à partir de la calanque d'En Vau (Carte 48) ;

- ♦ des côtes rocheuses très sensibles aux phénomènes d'éboulements (aléa fort) au niveau de la calanque de Port-Miou, de la pointe des Lombards et des falaises Soubeyranes dans la baie de Cassis et le secteur du Liouquet au niveau de la baie de La Ciotat (Carte 49).

4.3 Aléa submersion marine

Cf. Cartes 50 et 51.

D'après la définition de la 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) ».

L'aléa submersion est étroitement associé à l'aléa érosion, puisque celui-ci participe à la dégradation des cordons dunaires.

Lors des tempêtes marines, le niveau moyen de la mer augmente sous l'effet conjoint de la dépression atmosphérique, des vents (qui massent l'eau vers la côte) et du déferlement des vagues. De plus, l'érosion progressive des cordons dunaires par le vent ou par l'agression de la houle peut provoquer l'apparition de brèches qui menacent les terrains situés en arrière du littoral dont l'altimétrie est en dessous du niveau atteint par la mer. Ces surcotes marines se propagent aussi à l'intérieur des étangs connectés avec la mer par des graus et peuvent donc inonder des terrains loin du bord de mer.

Dans le cadre de cette étude, après validation du Maître d'Ouvrage, la définition de l'aléa se basera sur la caractérisation de la zone submersible potentielle, c'est-à-dire le secteur, en bordure de côte, présentant des altitudes inférieures au niveau maximal

de la mer (cote de submersion marine). La délimitation de la zone submersible ne tient donc pas compte des phénomènes à l'origine de la submersion, ni des écoulements permettant son remplissage (GRESARC, 2002).

4.3.1 Définition de la cote de submersion marine

La définition de la cote de submersion marine se base sur l'étude bibliographique entreprise dans le cadre de la Phase 1.

En bordure littorale, la cote de submersion marine doit prendre en compte l'effet de la dynamique de la houle dans la zone de déferlement (surface à l'intérieur de laquelle la houle est modifiée à l'approche de la côte), c'est-à-dire le cordon dunaire, la plage vive et la plage immergée (DIREN, 2008). La délimitation de la zone d'action mécanique du déferlement doit être menée au cas par cas en fonction des données morphologiques et des observations sur la zone de déferlement (pente de la zone, surcote liée à l'effet du vent ou des courants, surélévation du niveau marin liée au déferlement). Etant donnée la méthodologie employée dans le cadre de cette étude et validée par le Maître d'Ouvrage (définition de l'aléa submersion marine à partir des données altimétriques), la cote d'eau liée au phénomène de déferlement ne sera pas prise en compte : cette méthode considère que les dunes et les ouvrages de défense ne jouent pas leur rôle de protection contre la submersion marine et que l'ensemble de la zone d'altimétrie, en arrière de la zone de déferlement, inférieure à la cote de submersion marine, est soumise à submersion.

Dans le cadre de l'élaboration d'un PPR submersion marine, la circulaire relative à la politique de l'état en matière de risques naturels prévisibles (circulaire MATE/SDPGE/BPIDPF/CCG n°234) fait mention de la valeur statistique ou historique pour la définition de la cote de submersion marine. Même si cette étude ne s'inscrit pas dans le cadre d'un PPR submersion marine, la cote de submersion marine correspondra au niveau maximal de la mer mesuré sur le littoral des Bouches-du-Rhône.

D'après l'analyse des données disponibles sur la zone d'étude, notamment sur le secteur de la Camargue, régulièrement soumis, en périodes de tempête, à des phénomènes de submersion marine, le niveau maximal mesuré est de l'ordre de 1,5 m NGF (BRUZZI, 1998 ; CETE, 2007), niveau observé lors de la tempête de 1997. Cette cote d'eau correspondrait, d'après les lois de probabilités usuelles, à une période de retour supérieure à 50 ans (Phase 1). Des réserves doivent toutefois être émises sur la définition de cette période de retour en raison des durées trop courtes des séries statistiques de niveau d'eau exploitées. Rappelons que la période de retour de 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, est estimée à 10 ans (EID, 2006).

Dans le cadre de l'élaboration d'un PPR submersion marine en Camargue (CETE, 2007), le niveau maximal proposé qui sera pris en compte comme cote de submersion marine, après validation, est de l'ordre de 1,5 m NGF.

Cette étude vise notamment à mettre en œuvre un outil de gestion du littoral du département des Bouches-du-Rhône à moyen terme (vision prospective de 10 ans) et étant donnée, également, la précision des données altimétriques, l'élévation du niveau marin n'a pas été prise en compte dans la définition de la cote de submersion marine. Pour rappel, l'élévation du niveau relatif de la mer est de 2,1 mm par an en moyenne sur le littoral de la Camargue et de 1,2 mm par an en moyenne au niveau de la rade de Marseille. La prospective d'une élévation du niveau global des océans d'ici à 2050 est de 0,5 m et doit donc être augmentée de 0,05 m pour le delta du Rhône (PROVANSAL et SABATIER, 2000).

Dans le cadre de cette étude, la zone de submersion potentielle sera par conséquent définie pour une cote de submersion marine de 1,5 m NGF.

4.3.2 Caractérisation de l'aléa submersion marine

Les zones submersibles sont définies en fonction de la topographie de la zone extraite de la BD ALTI de l'IGN (modèle numérique de terrain). L'information altimétrique de la BD ALTI est disponible avec des points tous les 50 m, avec une précision de + ou -1 m au maximum dans 99 % des situations. Les secteurs, dont l'altitude est inférieure à la cote de submersion marine définie à partir de la synthèse bibliographique (Phase 1), sont considérés comme submersibles.

Etant donnée la précision des données topographiques disponibles, la définition de la zone de submersion ne prend pas en compte la présence d'ouvrages de protection du littoral ainsi que la mise en œuvre de mesures pour la réhabilitation du cordon dunaire (ganivelles, bourrelets sableux, etc.) susceptibles de modifier de manière conséquente la submersion par les eaux marines de l'arrière-plage. La zone d'aléa définie correspond donc à une situation extrême où les dunes et les ouvrages de défense ne joueraient pas leur rôle : l'existence d'ouvrages, en bon état et bien dimensionnés, le long du trait de côte influe largement sur l'ampleur de l'aléa.

La délimitation de la zone potentiellement inondée avec une cote de submersion marine de 1,5 m NGF est donnée en Carte 50.

Les zones qui présentent une altimétrie inférieure à la cote de submersion marine de 1,5 m NGF se situent logiquement sur le delta du Rhône et au niveau de la zone des salins sur la côte orientale de l'étang de Berre. Rappelons que cette zone de submersion potentielle ne prend pas en compte la présence d'aménagements sur le littoral, susceptibles de limiter les phénomènes de submersion de l'arrière-littoral, en raison de la précision des données altimétriques.

L'approche employée dans le cadre de cette étude est purement topographique et les résultats doivent donc être regardés avec la plus grande prudence. Cette méthode tend, en effet, à amplifier le phénomène de submersion marine mais permet toutefois

de définir les zones qui pourraient être potentiellement immergées en l'absence d'aménagements de protection contre la submersion marine efficaces (vision pessimiste).

Les valeurs de l'aléa vis-à-vis de la submersion marine sont évaluées à partir de la méthode appliquée par la DIREN du Languedoc-Roussillon dans le guide d'élaboration des PPR submersion marine en Languedoc-Roussillon. Dans le cadre de ce guide, il est préconisé d'adopter un seuil de 50 cm de hauteur d'eau pour l'aléa fort de la submersion marine, ce qui correspondrait à la hauteur d'eau couvrant le terrain naturel au-delà de laquelle on estime que le risque est trop élevé pour y autoriser la construction. Même si cette étude ne s'inscrit pas dans une démarche d'élaboration d'un PPR submersion marine, la distinction aléa fort / aléa moyen se basera sur ce principe. Ce guide ne précise pas toutefois la limite de l'aléa faible. En raison de la précision des données altimétriques (+ ou -1 m), nous considérerons comme zone d'aléa faible le terrain naturel défini par une cote comprise entre 1,5 et 2,5 m NGF.

En conclusion, les valeurs d'aléa seront définies selon ce principe suivant trois classes :

- ◆ fort : zone submersible, avec une hauteur d'eau supérieure à 50 cm, soit avec une cote du terrain naturel inférieure à 1 m NGF, ainsi que pour les zones meubles définies dans le cadre de la zone d'étude ;
- ◆ moyen : zone submersible, avec une hauteur d'eau inférieure à 50 cm, soit avec une cote du terrain naturel comprise entre 1 et 1,5 m NGF ;
- ◆ faible : zone avec une cote du terrain naturel comprise entre 1,5 et 2,5 m NGF.

L'aléa vis-à-vis du phénomène submersion marine, présenté à l'échelle du département des Bouches-du-Rhône en Carte 51, est de valeur forte sur le littoral de faible altitude du delta du Rhône, des salins de l'étang de Berre et du cordon du Jaï.

L'érosion des surfaces meubles peut non seulement avoir des conséquences directes, avec la disparition des plages et éventuellement des usages, activités et habitats qui s'y trouvent mais également indirectes avec l'augmentation du risque de submersion marine suite à l'érosion des cordons dunaires et l'apparition de brèches (Préfecture des Bouches-du-Rhône). Les phénomènes d'érosion observés sur le littoral du delta du Rhône, des salins de l'étang de Berre et du cordon dunaire du Jaï (Carte 43 & Carte 45) auront tendance à amplifier les phénomènes de submersion marine observés en Carte 50.

5

Hiérarchisation des secteurs

Cf. cartes à cartes 52 à 62.

La hiérarchisation des secteurs se basera sur la notion de « risque », c'est-à-dire le résultat croisé des paramètres physiques caractérisant les aléas érosion, instabilité de falaises et submersion marine (c'est-à-dire la probabilité que l'événement survienne) avec les enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux menacés (c'est-à-dire la gravité des conséquences si l'événement survient).

Deux types de risque seront déterminés dans le cadre de la présente étude :

- ♦ le risque érosion ;
- ♦ le risque submersion marine.

Le risque instabilité de falaises côtières sera défini à partir de l'étude d'effondrement des falaises côtières à l'échelle de la région PACA (BRGM, 2005).

Cette notion de risque est importante car elle définit par la suite les stratégies de gestion à appliquer selon les secteurs. Il conviendra d'adapter la réponse en fonction des caractéristiques hydrosédimentaires du site, mais également en fonction du risque évalué. Pour un même recul du trait de côte observé, la stratégie de défense pourra selon le risque encouru, aller de la défense lourde (enrochements) à de la défense douce, voire à de l'absence de défense (Phase 3).

5.1 Analyse des enjeux sur l'ensemble du littoral

La définition et la hiérarchisation des enjeux vis-à-vis des aléas érosion et submersion marine se sont basées sur la méthodologie mise au point par BRL, en collaboration avec le SMNLR et l'EID Méditerranée (BRL, 2003), et reprise dans de nombreuses études (EID Méditerranée, 2006 ; BCEOM, 2007). Cette méthode a mis en évidence différents types d'enjeux face aux risques naturels marins, classés selon deux thèmes principaux :

- ♦ **socio-économique** : urbanisation, population, tourisme, fréquentation du public, établissements sociaux sensibles, infrastructures, zones d'activités, terrains agricoles ;

- ♦ **environnemental et patrimonial** : protections réglementaires, zones d'inventaires scientifiques des milieux naturels, engagements internationaux, protection foncière, paysages, patrimoine historique et sites archéologiques, type d'habitat.

Cette méthode a toutefois été adaptée au contexte local du littoral des Bouches-du-Rhône, à partir des données recueillies lors de la synthèse des données existantes et des entretiens avec les acteurs locaux (Phase 1) et lors des visites de terrain (Phase 2). Sur le littoral de la Camargue (zone homogène n°15), la définition des enjeux s'est également appuyée sur l'étude réalisée pour le Parc Naturel Régional de Camargue (EID Méditerranée, 2006).

La présente étude s'intéresse principalement aux enjeux sur la zone littorale (maritime et terrestre). Comme dans le cadre de l'étude menée sur le littoral de la Camargue (EID Méditerranée, 2006), elle se focalise, en première approche, sur une bande terrestre littorale de l'ordre de 1 km, ce qui permet d'appréhender les phénomènes d'érosion marine. Cette bande littorale a été élargie vers l'intérieur des terres, notamment au niveau du delta du Rhône, afin d'inclure l'ensemble des zones potentiellement inondables pour un niveau marin de 1,5 m NGF (Carte 50).

5.1.1 Enjeux socio-économiques

Les données relatives aux enjeux socio-économiques concernent la population et l'urbanisation de la zone d'étude ainsi que la présence sur la frange littorale ou dans la zone d'aléas faible à fort vis-à-vis de la submersion marine :

- ♦ d'activités industrielles, commerciales, agricoles et touristiques ;
- ♦ de complexes sportifs et d'équipements de loisirs (campings) ;
- ♦ d'équipements sensibles (hôpitaux) ;
- ♦ d'infrastructures telles que les ports, aéroports voies ferrées, routes, autoroutes et usages de l'eau (stations d'épuration et d'eau potable).

5.1.1.1 Population et urbanisation

Les données relatives à la population (nombre d'habitants et densité) ont été récupérées auprès de l'INSEE (recensement 2006). La délimitation des zones urbanisées provient, après vérification et modification si besoin, de la base de données CORINE Land Cover IFEN (1999¹) et des données d'occupation du sol du delta du Rhône (PNRC, 2006).

¹ La version 2006 de la base CORINE Land Cover est en phase de maintenance depuis début septembre 2008 (correction d'anomalies suite au travail de contrôle qualité effectuée pendant l'été 2008 par le CRIGE PACA et des utilisateurs). Une nouvelle version de la base de données devrait être a priori disponible pour la fin du mois de février 2009 (CRIGE PACA).

Le département des Bouches-du-Rhône comptait 1 963 988 habitants lors du recensement de 2006 (et 1 835 719 habitants en 1999), ce qui représente une densité moyenne de 361 hab/km² (INSEE, 1999 et 2006 ; Tableau 5-1).

Le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, regroupait 63,4 % de la population du département en 2006, la commune de Marseille comptant près de 68 % de la population de la zone d'étude (Tableau 5-1).

La répartition de la population (population et densité en 2006 ; INSEE, 2009) et de l'urbanisation (CORINE Land Cover IFEN, 1999 ; PNRC, 2006) sur les communes de la zone d'étude met en évidence (Carte 52) :

- ♦ une faible densité de population (inférieure à 200 hab/km²) pour les communes du littoral du delta du Rhône, de la moitié Ouest du golfe de Fos et de la moitié Est de la Côte Bleue et une densité importante (supérieure à 2 000 hab/km²) sur la commune de Marseille, les autres communes étant caractérisées par une densité moyenne (comprise entre 200 et 2 000 hab/km²) ;
- ♦ un littoral relativement urbanisé, à l'exception :
 - sur la façade méditerranéenne, du littoral du delta du Rhône, du massif des Calanques et du Cap Canaille,
 - sur le pourtour de l'étang de Berre, de la zone des falaises de Caderaou et de l'Anse de Ranquet, respectivement sur les communes de Saint-Mitre-les-Remparts et d'Istres, du littoral Est de l'anse de Saint-Chamas et du littoral du delta de l'Arc.

Tableau 5-1 : Répartition et évolution de la population sur le littoral des Bouches-du-Rhône (Source : INSEE, 2009)

Communes	Population (habitants)				Evolution de la population (%)			Densité en 2006 (habitants/km ²)
	1982	1990	1999	2006	1982-1990	1990-1999	1999-2006	
Saintes-Maries-de-la-Mer	2 045	2 232	2 478	2 378	9,1%	11,0%	-4,0%	7
Arles	50 500	52 058	50 513	53 058	3,1%	-3,0%	5,0%	67
Port-Saint-Louis-du-Rhône	10 378	8 624	8 121	8 633	-16,9%	-5,8%	6,3%	111
Fos-sur-Mer	9 031	11 605	13 922	15 973	28,5%	20,0%	14,7%	151
Port-de-Bouc	20 106	18 786	16 686	17 716	-6,6%	-11,2%	6,2%	1 456
Martigues	42 037	42 678	43 493	47 056	1,5%	1,9%	8,2%	609
Sausset-les-Pins	3 876	5 541	7 233	7 402	43,0%	30,5%	2,3%	598
Carry-le-Rouet	4 570	5 224	6 009	6 489	14,3%	15,0%	8,0%	595
Ensuès-la-Redonne	2 204	3 029	4 547	5 163	37,4%	50,1%	13,5%	176
Le Rove	2 707	3 429	4 031	4 110	26,7%	17,6%	2,0%	175
Marseille	874 436	800 550	798 430	847 084	-8,4%	-0,3%	6,1%	3 318
Cassis	6 304	7 967	8 001	7 894	26,4%	0,4%	-1,3%	298
La Ciotat	31 727	30 620	31 630	32 570	-3,5%	3,3%	3,0%	1 005
Saint-Mitre-les-Remparts	4 297	5 139	5 458	5 467	19,6%	6,2%	0,2%	260
Istres	28 561	35 163	38 993	43 034	23,1%	10,9%	10,4%	343
Miramas	20 414	21 602	22 526	24 876	5,8%	4,3%	10,4%	875
Saint-Chamas	5 045	5 396	6 595	7 392	7,0%	22,2%	12,1%	247
Berre-l'Etang	12 562	12 672	13 415	14 062	0,9%	5,9%	4,8%	307
Rognac	9 330	11 099	11 631	12 019	19,0%	4,8%	3,3%	666
Vitrolles	22 725	35 397	36 784	37 625	55,8%	3,9%	2,3%	1 006
Marignane	31 109	32 325	34 006	33 284	3,9%	5,2%	-2,1%	1 468
Châteauneuf-les-Martigues	10 173	10 911	11 375	11 971	7,3%	4,3%	5,2%	359
Zone d'étude	1 204 137	1 162 047	1 175 877	1 245 256	-3,5%	1,2%	5,9%	
Département	1 724 199	1 759 371	1 835 719	1 963 988	2,0%	4,3%	7,0%	

5.1.1.2 Activités industrielles, commerciales et agricoles

Les données concernant les activités industrielles, commerciales et agricoles proviennent :

- ♦ pour les activités industrielles et commerciales, des bases de données « Observatoire des Zones et Pôles d'Activités des Bouches-du-Rhône » (CCIMP, 2008) et CORINE Land Cover IFEN (1999) ;
- ♦ pour les activités liées à l'agriculture et aux salins de la base de données CORINE Land Cover IFEN (1999) et du PNRC (2006) ;
- ♦ pour les sites SEVESO, de la base de données de la DRIRE (DRIRE & DIREN, 2008).

L'étude des données relatives aux activités industrielles, commerciales et agricoles met en évidence (Carte 53) :

- ♦ d'importants complexes industriels, hors zones portuaires et aéroportuaire, sur le littoral de Port-Saint-Louis-du-Rhône, Fos-sur-Mer, Martigues, Berre-l'Etang, Marseille et la Ciotat ;
- ♦ de nombreux sites classés SEVESO sur la frange littorale de 1 km d'épaisseur des communes de Port-Saint-Louis-du-Rhône, Fos-sur-Mer, Martigues, Berre-l'Etang et Rognac ;
- ♦ la présence de salins exploités en Camargue ;
- ♦ une activité agricole du type vignes et arboriculture principalement concentrée sur le delta du Rhône et l'arrière-pays de la commune de Cassis ;
- ♦ une activité agricole développée sur le delta du Rhône et autour du golfe de Fos (cultures maraîchères et fourragères, blé, colza, riz, tournesol, maïs, luzerne).

5.1.1.3 Activités touristiques

Dans le cadre de cette étude, l'importance de l'activité touristique sur le littoral sera définie à partir de :

- ♦ la fréquentation touristique de la zone littorale ;
- ♦ la fréquentation des plages ;
- ♦ la présence sur les plages d'établissements tels que les restaurants, les commerces ou les structures proposant des activités nautiques.

Aucune information relative à la **fréquentation touristique** par commune n'est disponible dans les Bouches-du-Rhône (Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, entretien téléphonique).

L'activité touristique est, par conséquent, évaluée à partir de l'importance de la capacité d'accueil touristique des communes, c'est-à-dire le nombre maximal de personnes pouvant être accueillies par commune sans prendre en compte la fréquentation effective des hébergements disponibles (Tableau 5-2).

Les informations concernant la capacité d'accueil² en termes d'hôtels (hôtellerie d'affaires et de tourisme), d'hôtellerie de plein air, de meublés et de gîtes en 2007 ont été récupérées auprès du Comité Départemental du Tourisme (Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007).

D'après les données du Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône (2007), la capacité d'accueil du département, tous types d'hébergement confondus, est de 82 253 équivalents-habitants. Celle des communes littorales du département est de 46 279 équivalents-habitants, ce qui représente près de 56 % de la capacité d'accueil du département répartie sur seulement 21 communes, le département regroupant au total 119 communes.

Les communes ayant les capacités d'accueil touristique les plus importantes (supérieures à 2 000 équivalent-personnes) sont : Arles, Saintes-Maries-de-la-Mer, Martigues, le pourtour de l'étang de Berre, Sausset-les-Pins, Marseille, Cassis et La Ciotat, Vitrolles (notamment la capacité d'accueil pour voyages d'affaires) (Tableau 5-2).

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 (Tableau 5-2) :

- ♦ hôtels : la commune de Marseille possède la plus grande capacité hôtelière du département (8 959 équivalent-personnes). Le littoral de la Camargue (communes d'Arles et des Saintes-Maries-de-la-Mer), la baie La Ciotat et la commune de Vitrolles sont également très bien équipés en logements hôteliers ;
- ♦ hôtellerie de plein-air (camping) : les communes les mieux pourvues (plus de 2000 équivalent-personnes) sont des communes littorales, avec en tête les Saintes-Maries-de-la-Mer (4 955 équivalent-personnes), suivie de Martigues, La Ciotat et Carry-le-Rouet ;
- ♦ meublés et résidences de tourisme : cette capacité d'accueil est essentiellement représentée (plus de 400 équivalent-personnes) sur le littoral de la Camargue et de Marseille à La Ciotat ;
- ♦ gîtes de France et chambres d'hôtes : la commune d'Arles possède la plus grande capacité d'accueil à l'échelle du département en termes de gîtes. Ces

² La capacité d'accueil en termes d'équivalent-personnes est de 2 personnes par chambre pour l'hôtellerie et 3 personnes par emplacement pour l'hôtellerie de plein air (camping). La capacité d'accueil des autres hébergements a fait l'objet d'enquêtes spécifiques (Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007).

derniers sont très peu représentés sur le reste du littoral à l'exception des communes d'Istres, de Cassis, de Saint-Chamas, d'Ensuès-la-Redonne et des Saintes-Maries-de-la-Mer. En ce qui concerne les chambres d'hôtes, ce sont les communes de Marseille et de Cassis qui offrent le plus de capacité d'accueil en termes d'équivalent-personnes.

La fréquentation touristique a été évaluée sur l'ensemble des communes du littoral des Bouches-du-Rhône à partir de l'évaluation du poids de la capacité d'accueil par rapport à la population permanente.

L'analyse du rapport entre la capacité d'accueil touristique et la population permanente (Tableau 5-2) met en évidence :

- ♦ une capacité d'accueil touristique supérieure à la population permanente pour la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer ;
- ♦ des taux supérieurs à 10 % pour les communes d'Arles, de Martigues, de Carry-le-Rouet, de Cassis et de La Ciotat ;
- ♦ des valeurs inférieures à 10 % pour les autres communes de la zone d'étude.

Le ratio entre la capacité d'accueil touristique et la population permanente à l'échelle des communes permet de distinguer, de manière arbitraire, les communes en termes de capacité d'accueil touristique (Carte 53) :

- ♦ valeur forte pour les communes d'Arles, des Saintes-Maries-de-la-Mer, de Martigues, de Saint-Mitre-les-Remparts, de Carry-le-Rouet, de Cassis et de La Ciotat ;
- ♦ valeur moyenne pour les communes de Fos-sur-Mer, de Port-de-Bouc, de Saint-Chamas, de Vitrolles, de Marignane et de Sausset-les-Pins ;
- ♦ valeur faible pour les autres communes.

Tableau 5-2 : Capacité d'accueil touristique des communes du littoral des Bouches-du-Rhône
 (Sources : Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône, 2007a ; INSEE, 2009)

Commune	Population en 2006	Capacité d'accueil (en équivalent-personnes)						Capacité d'accueil par population permanente (en %)
		Hôtellerie	Hôtellerie air (camping)	Meublés de tourisme	Gîtes de France	Chambres d'hôtes	Résidences de tourisme	Total
Saintes-Maries-de-la-Mer	2 378	1 614	4 955	490	33	8	292	7 392
Arles	53 058	3 230	1 562	673	221	12	100	5 798
Port-Saint-Louis-du-Rhône	8 633	24	0	12	0	12		48
Fos-sur-Mer	15 973	518	54	21	0	0		593
Port-de-Bouc	17 716	375	816	24	0	0		1 215
Martigues	47 056	670	4 566	222	0	0		5 458
Sausset-les-Pins	7 402	128	0	114	0	8		250
Carry-le-Rouet	6 489	110	2 139	118	0	4		2 371
Ensuès-la-Redonne	5 163	0	0	37	21	6		64
Le Rove	4 110	16	0	14	0	0		30
Marseille	847 084	8 959	0	494	0	79	1 254	10 786
Cassis	7 894	760	750	713	22	51		2 296
La Ciotat	32 570	912	2 793	421	0	20	256	4 402
Saint-Mitre-les-Remparts	5 467	0	600	15	2	0		617
Istres	43 034	370	0	98	35	0		503
Miramas	24 876	0	0	5	0	0		5
Saint-Chamas	7 392	0	555	4	12	0		571
Berre-l'Etang	14 062	22	0	0	0	0		22
Rognac	12 019	20	0	0	0	0		20
Vitrolles	37 625	1 458	1 305	0	0	0		2 763
Marignane	33 284	760	258	0	0	0		1 018
Châteauneuf-les-Martigues	11 971	40	0	17	0	0		57
Zone d'étude	1 245 256	19 986	20 353	3 492	346	200	1 902	46 279
								2,5

(*) Capacité d'accueil par population permanente : rapport entre la capacité d'accueil en équivalent-personnes de la commune et la population permanente en 2006 (en %).

La **fréquentation des plages**, que ce soit par la population locale ou touristique, a été estimée à partir des entretiens avec les communes et de leur accessibilité. Sur le littoral des Bouches-du-Rhône, la fréquentation des plages est relativement :

- ♦ importante pour les plages en milieu urbain des communes de Marseille, Cassis et La Ciotat et sur certains secteurs du littoral camarguais ;
- ♦ moyenne sur les autres plages en milieu urbain ;
- ♦ faible pour les autres plages de poche difficilement accessibles, notamment sur les plages des calanques (également interdites d'accès en période estivale).

La présence et l'importance d'**établissements de plage** (restauration) ont été évaluées en fonction des informations recueillies lors de visites de terrain et concernent principalement les plages en milieu urbain.

5.1.1.4 Equipements sportifs et de loisirs

Les équipements sportifs et de loisirs, incluant notamment les terrains de sport et de camping, ont été recensés à partir de la base de données Corine Land Cover IFEN (1999), après vérification, des données fournies par le Comité Départemental du Tourisme des Bouches-du-Rhône (2007b), des fonds de carte SCAN 25 (IGN) et des photographies aériennes.

La quasi totalité des zones urbanisées du littoral de la zone d'étude est concernée par des équipements sportifs et de loisirs (Carte 53).

5.1.1.5 Equipements sensibles

Les données concernant les équipements sensibles (hôpitaux et cliniques) proviennent de la base de données « Observatoire des Zones et Pôles d'Activités des Bouches-du-Rhône » (CCIMP, 2008).

La frange littorale de 1 km d'épaisseur et la zone potentiellement inondable pour un niveau marin de 1,5 m NGF comprennent quelques hôpitaux, notamment sur les communes de Saint-Chamas, d'Istres, de Martigues, de Marseille et de La Ciotat (Carte 53).

5.1.1.6 Principales infrastructures

Les informations concernant les principales infrastructures, telles que les ports, aéroports, voies ferrées, routes, autoroutes et usages de l'eau (stations d'eau potable et stations d'épuration), proviennent :

- ♦ de la base de données MEDAM (MEINESZ et *al.*, 2006), pour les zones portuaires. L'activité portuaire est décrite en détail dans le rapport de Phase 1 ;
- ♦ de la BD CARTO (IGN) pour les routes, autoroutes et voies de chemin de fer, lignes électriques ;
- ♦ de l'étude réalisée par SAFEGE (SAFEGE, 2006) pour les stations de traitement des eaux usées ;
- ♦ de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée pour les points de captage et les stations d'eau potable ;
- ♦ de la base de données Corine Land Cover IFEN (1999).

Les principales infrastructures du littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre sont les suivantes, par zone homogène (Carte 53) :

- ♦ le delta du Rhône - zone homogène n°15 :
 - une route littorale (RD 38),
 - un port (Port Gardian) ;
- ♦ le golfe de Fos - zone homogène n°16 :
 - les infrastructures portuaires du Grand Port Maritime de Marseille à l'Ouest au fond du golfe et au débouché du canal de Caronte,
 - quelques abris sur la côte Est.
- ♦ l'étang de Berre - Zone homogène n°17 :
 - la zone aéroportuaire de Marignane (aéroport Marseille-Provence),
 - la centrale hydroélectrique EDF de Saint-Chamas,
 - des infrastructures routières et ferroviaires particulièrement développées à l'Est et au Sud-Ouest de l'étang ;
- ♦ la Côte Bleue - Zone homogène n°18 :
 - des ports et abris,
 - des infrastructures routières assez denses entre l'anse de Bourmandariel à l'Ouest de Sausset-les-Pins et le port du Rouet à l'Est,
 - une voie ferrée le long du littoral depuis le port du Rouet jusqu'à Marseille,
- ♦ la rade de Marseille - Zone homogène n°19 :
 - des zones portuaires et des infrastructures routières tout le long du littoral, à l'exception des îles du Frioul et de l'extrémité Sud de la zone, au-delà du port de la Madrague, qui conservent un caractère plus naturel ;
- ♦ le massif des Calanques - Zone homogène n°20 :

- des abris ponctuels autour desquels sont installées quelques cabanons et des voies d'accès ;
- ♦ les baies de Cassis et de La Ciotat - Zone homogène n°21 :
 - les bassins portuaires de Cassis et de La Ciotat,
 - le chantier naval de La Ciotat.

A l'exception du delta du Rhône (hors zone urbaine des Saintes-Maries-de-la-Mer), du massif des Calanques et de la montagne de la Canaille sur le littoral méditerranéen et de la falaise de Caderaou sur le pourtour de l'étang de Berre (commune de Saint-Mitre-les-Remparts), la quasi-totalité du littoral est concernée par des infrastructures (Carte 53).

5.1.1.7 Activités et usages sur le littoral et le milieu marin

L'ensemble des activités et usages liés au littoral (baignade, sports nautiques, plaisance, plongée, activités halieutiques, ...) du département des Bouches-du-Rhône a été recensé à partir des données de la bibliographie existante et des entretiens avec les services communaux. Ces activités et usages ont été présentés en détail dans le cadre de la Phase 1.

A- Plaisance

Les informations concernant les activités de plaisance proviennent du programme MEDAM (MEINESZ et al., 2006), du Bloc Marine (2007) et du SCAN 25 (IGN).

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 (Tableau 5-3 & Tableau 5-4). 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).

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.

Tableau 5-3 : Ports et abris 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	/	/	/
Fos-sur-Mer	Abri Plage Nord	/	/	/
	Port Saint-Gervais	805 + 35 visiteurs	3 m	2,5 - 2,8 m
	Darse Sud Tour de Vigie	/	/	/
Port-de-Bouc	ZI Darse 2	/	/	/
	Abri Plage de Bottai	/	/	/
	Abri Pointe de Vella	/	/	/
	Port de la Lègue - Tour de Vigie	/	/	/
Martigues (côté Méditerranée)	Port-de-Bouc - Vieux Port	428 + 20 visiteurs	nd	
	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	

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 Jai	/	/	/
	Abri Aéroport de Marseille-Provence	/	/	/
Châteauneuf-les-Martigues	Abri de La Mède	0	5,1 m	

Tableau 5-4 : Ports et abris de l'étang de Berre (Sources : MEDAM, 2006 ; Bloc Marine, 2007 ; IGN)

B- 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 nombreuses activités nautiques sont recensées sur le littoral du département, dont notamment (Comité Départemental du Tourisme, 2003) :

- ♦ la voile, avec une vingtaine de bases nautiques recensées dans le département et près de 10 000 licenciés pratiquant la voile. Des 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 de Marseille et sur la Côte Bleue ;
- ♦ les ballades en mer, celles-ci se pratiquant 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) ;
- ♦ le canoë kayak dans les secteurs de Marseille (îles et calanques), de la Côte Bleue, de l'étang de Berre ou du delta du Rhône ;
- ♦ les sports nautiques légers (planche à voile) ;
- ♦ la pêche en mer qui 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.

C- Baignade

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

Le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre regroupe 63 sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade, dont 18 concernent la rade de Marseille (Tableau 5-5).

Tableau 5-5 : Sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade en 2007 (Source : DDASS 13, 2008)

Zone homogène	Nombre de sites de contrôle de la qualité des eaux de baignade
Delta du Rhône – zone homogène 15	4
Golfe de Fos – zone homogène 16	9
Etang de Berre – zone homogène 17	13
Côte Bleue – zone homogène 18	9
Rade de Marseille – zone homogène 19	18
Massif des Calanques – zone homogène 20	4
Baies de Cassis et La Ciotat – zone homogène 21	6
Zone d'étude globale	63

D- 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).

E- 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 » représentent 85 % de la flottille. Les 15 % restants correspondent à la flottille de chalutiers et de thoniers senneurs (BRL, 2001). Les caractéristiques (type et nombre d'unités de pêche) des ports de pêche du département sont présentées dans le rapport de Phase 1.

Les principales activités de pêche pratiquées sur le littoral du département, détaillées dans le rapport de Phase 1, sont les suivantes, par zone homogène :

- ◆ le delta du Rhône (zone homogène n°15) : pêche à pied (tellines) ;
- ◆ le golfe de Fos (zone homogène n°16) : pêche et élevage de moules sur tables ;
- ◆ la Côte Bleue (zone homogène n°18) : pêche professionnelle aux petits métiers et chalutiers ;
- ◆ les baies de Cassis et de La Ciotat (Zone homogène n°21) : pêche aux petits métiers, chalutier, oursiniers et corailleurs.

5.1.2 Enjeux environnementaux et patrimoniaux

Nota : Pour des raisons de lisibilité et d'échelle, les cartes relatives aux enjeux ne reprennent pas la toponymie exhaustive décrite ci-après. Pour localiser certain site, il convient au lecteur de se référer aux cartes d'état des lieux par zone homogène (cartes 9, 13, 18, 23, 28, 33, 38).

La description des enjeux environnementaux et patrimoniaux s'effectuera autour des thèmes suivants :

- ◆ les habitats ;
- ◆ les espaces protégés (réserves naturelles nationales, réserves naturelles régionales, parcs nationaux et arrêtés de biotope) ;
- ◆ les inventaires de connaissance (ZNIEFF terrestres, marines et géologiques, ZICO) ;
- ◆ les zones de protection contractuelle (parcs naturels régionaux et Natura 2000) ;
- ◆ les territoires labellisés au niveau international (zones découlant de la convention RAMSAR et réserves de biosphère) ;
- ◆ le patrimoine naturel (sites classés) et historique ;
- ◆ les zones de protection foncière (zones acquises par le Conservatoire du littoral et le Conseil Général des Bouches-du-Rhône) ;
- ◆ les unités de paysage.

Le littoral de la zone d'étude est marqué par la présence de nombreux espaces naturels remarquables, dont les habitats et espèces sont décrits ci-après :

- ◆ la Camargue ;
- ◆ l'étang de Berre ;
- ◆ la chaîne de la Nerthe et de l'Estaque ;

- ♦ le massif des Calanques et les îles Marseillaises ;
- ♦ le cap Canaille et les falaises de Soubeyran.

Ces zones de forte importance écologique font l'objet de nombreux statuts de protection décrits ultérieurement.

La Camargue

Le delta du Rhône est constitué d'une mosaïque d'étangs, de lagunes, de dunes vives et fossiles, de plages et d'un écosystème original (« steppe halophile » à salicornes appelée « sansouire ») où les espèces supportent une forte salinité.

Le site abrite 26 habitats d'intérêt communautaire dont 6 sont des habitats prioritaires (lagunes côtières, steppes salées méditerranéennes, dunes avec forêts à *Pinus pinea* et/ou *Pinus pinaster*, dunes littorales à *Juniperus spp.*, mares temporaires méditerranéennes et parcours substeppiques de graminées et annuelles du *Thero-Brachypodietea*).

La Camargue héberge également près de 15 espèces d'intérêt communautaire (Cistude d'Europe, Grand Rhinolophe et quelques autres espèces de chauves-souris, etc.).

Le delta constitue une zone humide d'importance internationale pour la reproduction, l'hivernage et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux (avec 370 espèces fréquentant le site, dont plus de 80 espèces d'oiseau d'intérêt communautaire). Cette richesse exceptionnelle est liée à la position géographique du delta (zone côtière au carrefour d'axes migratoires) mais également à l'originalité de certains milieux naturels (lagunes, marais, roselières, sansouires, dunes) et à leur grande étendue. On notera notamment la présence (DIREN) :

- ♦ de l'unique colonie française de Flamants roses ;
- ♦ d'importantes colonies de laro-limicoles et de hérons arboricoles / paludicoles ;
- ♦ d'espèces nicheuses rarissimes ou très localisées à l'échelon national (Crabier chevelu, Grande Aigrette, Ibis falcinelle, Spatule blanche, Talève sultane, Glaréole à collier, Sterne hansel, Mouette mélanocéphale, Goéland railleur, etc.).

La frange marine constitue une zone de forte productivité biologique, présentant un intérêt particulier pour le grossissement de l'Alose feinte et la migration des lamproies marine et fluviatile. La loutre peut être de passage sur ce site mais sa présence reste très accidentelle. Une trentaine d'espèces de mammifères est présente en Camargue. On trouve également des poissons d'eau douce, des poissons d'étang saumâtre (loup, muge, sole...) et des poissons migrateurs comme l'anguille.

L'étang de Berre

Les berges basses de l'étang de Berre accueillent une grande diversité de milieux humides, plus ou moins liés aux apports d'eau douce (marais de la Touloubre) ou à l'eau salée de l'Etang (cordon du Jaï et Palun de Marignane, salines de Berre). L'étang est également le siège d'une biodiversité importante en termes d'espèces végétales et animales (DIREN).

La végétation s'apparente à celle de la Camargue avec, en particulier, la présence de prés et steppes salés et de pelouses humides.

L'étang de Berre renferme 31 espèces d'intérêt patrimonial dont aucune n'est déterminante. Les herbiers abritent des communautés d'invertébrés aquatiques (mollusques et crustacés notamment) ainsi qu'une diversité importante de poissons (espèces euryhalines et dulcicoles). L'étang de Berre représente un site d'importance internationale et nationale en tant que zone humide pour l'avifaune aquatique hivernante et migratrice de passage attirée par cette biomasse de poissons, d'invertébrés aquatiques et de végétaux (Grèbe à cou noir, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Aigrette garzette, Grand Cormoran, Flamant rose, Grèbe huppé, Mouette mélanocéphale, Foulque macroule, Sterne caugek).

La chaîne de la Nerthe et de l'Estaque

La chaîne de la Nerthe et de l'Estaque est caractérisée par des habitats originaux tant aux échelles régionale que nationale, particulièrement aux deux extrémités du massif (DIREN) :

- ◆ les pelouses à Brachypode rameux abritant la Germandrée à allure de pin et l'Hélianthème à feuilles de lavande ;
- ◆ la côte rocheuse basse dans la portion occidentale de la chaîne de la Nerthe, particulièrement riche en espèces rares (Mérendère à feuilles filiformes, Chicorée scabre ou Gagée de Mauritanie) ;
- ◆ les garrigues dans la portion occidentale, abritant plusieurs espèces d'Ophrys remarquables (Ophrys brillant, Ophrys de la voie aurélienne, Ophrys miroir et Trisète faux panic).
- ◆ les prairies maritimes et les mares littorales, avec la présence de la Cresse de Crète, la Bugrane sans épine, l'Alpiste paradoxal, etc ;
- ◆ les rochers sous influence maritime portant régulièrement les formations caractéristiques de la côte provençale calcaire (Statice nain, Panicaud de mer et plus localement, Silène faux orpin, Anthémis à rameaux tournés du même côté ou Statice de Provence).

Ce site renferme 21 espèces d'intérêt patrimonial dont 7 sont déterminantes. on peut noter la présence d'espèces rupicoles et de milieux ouverts (Traquet oreillard, Coucou geai, Fauvette à lunettes, Faucon pèlerin, Grand-Duc d'Europe, Pie-grièche méridionale, Bruant ortolan, Martinet pâle, Monticole bleu, Circaète Jean-le-Blanc), du Lézard ocellé et en ce qui concerne l'entomofaune, de la Proserpine. La zone

littorale est utilisée par la Sterne caugek comme zone d'alimentation et lui offre également des reposoirs diurnes appréciés.

Le domaine maritime comporte des herbiers à Posidonies et accueille une faune marine diversifiée (cetacés, tortue caouane, mollusques).

Le massif des Calanques et les îles Marseillaises

Le massif des Calanques est profondément entaillé par le prestigieux ensemble des calanques, fjords miniatures, seuls vestiges d'anciennes vallées aujourd'hui submergées. Les falaises calcaires des calanques de Marseille et Cassis possèdent une réputation internationale.

C'est un massif calcaire très sec ce qui a pour résultat l'installation d'une végétation et d'une faune à caractère xérique particulièrement accusé et à grande originalité. La partie terrestre accueille des végétaux rupestres très diversifiés, avec notamment l'espèce végétale endémique Sabline de Provence (*Arenaria provincialis*).

Ce site renferme 28 espèces faunistiques d'intérêt patrimonial dont 9 sont déterminantes. Le massif des Calanques renferme des espèces peu fréquentes et localisées dans les Bouches-du-Rhône (Aigle de Bonelli, Faucon pèlerin, Molosse de Cestoni, Grand Rhinolophe, Grand-Duc d'Europe Bubo, Martinet pâle, Coucou-geai, Traquet oreillard, Huppe, Monticole de roche, Fauvette orphée, Lézard ocellé, Pélodyte ponctué).

Le domaine insulaire présente un patrimoine remarquable. La quinzaine d'îles et d'îlots formant les archipels du Frioul et de Riou, abritent plus de 350 espèces végétales dont 20 espèces protégées. Les îles sont caractérisées par une flore qui ressemble beaucoup à celle de Marseillevyre, bien que les conditions y soient dures et les floraisons rares (*Sedum litoreum*, *Silene sedoides*, *Astragalus tragacantha*, *Pancratium maritimum*, *Phleum arenarium*, *Mesembryanthemum nodiflorum*, *Crithmo-Limonietea*, *Ephedra distachya*, *Hyoseris scabra* et *Melilotus siculus*). Ces îles présentent également un intérêt majeur pour la conservation de trois espèces menacées d'oiseaux marins (Puffin cendré, Puffin de Méditerranée et Océanite tempête) et la présence d'autres oiseaux remarquables (Faucon pèlerin, Grand-Duc d'Europe, Martinet pâle et Monticole bleu). On notera également la présence des Phyllocladus d'Europe, Lézard des ruines (*Podarcis sicula*) et Molosse de Cestoni.

La partie marine présente des fonds coralligènes d'une grande valeur esthétique et des herbiers de Posidonie encore bien préservés.

Le littoral des calanques est fréquenté par le Dauphin souffleur.

Le cap Canaille et les falaises de Soubeyran

Le cap Canaille et les falaises de Soubeyran présentent, outre des intérêts paysagers (plus hautes falaises littorales d'Europe) et naturalistes forts, un grand intérêt paléogéographique (plate-forme carbonatée à Rudistes et zone d'épandage deltaïque du Turonien).

Le site abrite notamment la garrigue à Héliantheme à feuilles de lavande et Bruyère multiflore, la Violette sous-arbustive, le Gaillet sétacé ou de Passerine hérissée, le Liseron duveté, l'Anthyllis faux cytise, les fourrés à Myrte, la Ficoïde à fleurs nodales, quelques pieds d'Ophrys de la Drome et de Genêt de l'Obel et l'endémique provençale *Gouffeia arenarioides*. La végétation calcicole à l'Ouest cède ainsi la place à des formations à Lavande *stoechas* ou à cistes vers l'est. Le Bec de l'Aigle, bénéficiant d'une douceur hivernale particulière, voit se développer des formations thermophiles à Palmier nain parmi une riche flore de maquis (DIREN).

Ce site renferme 18 espèces faunistiques d'intérêt patrimonial dont 6 sont déterminantes. La faune est caractérisée par son cortège d'espèces rupicoles, voire troglodytes (Faucon pèlerin, Traquet oreillard, Molosse de cestoni, Minioptère de Schreibers, Grand-Duc d'Europe, Martinet pâle, Monticole bleu, Monticole de roche, Hémidactyle verruqueux, Léopard ocellé). C'est également une zone de halte migratoire favorable pour l'Aigrette garzette et le Flamant rose ainsi qu'une zone d'estivage de plus en plus régulière pour le Fou de Bassan.

Le domaine côtier semble régulièrement fréquenté par le Dauphin souffleur.

5.1.2.1 Habitats

L'analyse des habitats montre la présence sur la zone d'étude (Corine Land Cover IFEN, 1999 ; PNRC, 2006) :

- ◆ d'espaces boisés sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer et sur l'arrière-pays oriental du golfe de Fos ;
- ◆ de garrigues sur l'arrière-pays oriental du golfe de Fos ;
- ◆ de marais intérieurs dans l'arrière-pays de la commune d'Arles ;
- ◆ de marais maritimes en Camargue, sur le pourtour du golfe de Fos et de l'étang de Berre ;
- ◆ de lagunes littorales au niveau du delta du Rhône et de l'étang de Berre ;
- ◆ de salins au niveau du delta du Rhône, du golfe de Fos et de l'étang de Berre.

5.1.2.2 Protection réglementaire

A- Réserve naturelle

Présentation générale

Les réserves naturelles sont des espaces naturels protégés d'importance nationale. Elles protègent chacune des milieux très spécifiques et forment un réseau

représentatif de la richesse du territoire. Leurs objectifs de conservation sont la préservation (DIREN) :

- ♦ d'espèces animales ou végétales et d'habitats en voie de disparition sur tout ou partie du territoire national ;
- ♦ de biotopes et de formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables, d'étapes sur les grandes voies de migration de la faune sauvage (ou la constitution de ces étapes).

La loi n°2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité instaure deux types de réserves naturelles (DIREN) :

- ♦ les réserves naturelles nationales (anciennement nommées réserves naturelles) : « la décision de classement d'une réserve naturelle nationale est prononcée, par décret, pour assurer la conservation d'éléments du milieu naturel d'intérêt national ou la mise en œuvre d'une réglementation communautaire ou d'une obligation résultant d'une convention internationale » ;
- ♦ les réserves naturelles régionales (par évolution du statut des réserves naturelles volontaires) : « le conseil régional peut, de sa propre initiative ou à la demande des propriétaires concernés, classer comme réserve naturelle régionale les propriétés présentant un intérêt pour la faune, la flore, le patrimoine géologique ou paléontologique ou, d'une manière générale, pour la protection des milieux naturels. »

Zone d'étude

La zone d'étude regroupe (Tableau 5-6 & Carte 54) :

- ♦ deux réserves naturelles nationales (Camargue et archipel de Riou) en bordure littorale (zones homogènes n°15, 19 et 20) et une réserve naturelle nationale en arrière-pays ;
- ♦ une réserve naturelle régionale (Tour du Valat) à l'intérieur du delta du Rhône.

Tableau 5-6 : Réserves naturelles de la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Réserve naturelle nationale	RESERVE NATIONALE DE CAMARGUE	FR3600022	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	13117,5
	RESERVE NATURELLE DES COUSSOULS DE CRAU	FR3600152	Arles, Fos-sur-Mers, Istres et Miramas	7411
	RESERVE NATURELLE DE L'ARCHIPEL DE RIOU	FR3600156	Marseille	158
Réserve naturelle régionale	TOUR DU VALAT	FR3700001	Arles	1070

B- Arrêtés de biotope

Présentation générale

Afin de prévenir la disparition d'espèces protégées, le Préfet peut fixer, par arrêté, les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département, à l'exclusion du domaine public maritime, la conservation des biotopes tels que les mares, les marécages, les marais, les haies, les bosquets, les landes, les dunes, les pelouses ou toutes autres formations naturelles, peu exploitées par l'homme, dans la mesure où ces biotopes ou formations sont nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie de ces espèces (DIREN).

L'arrêté de protection de biotope délimite le périmètre géographique concerné. Les arrêtés de biotope sont créés par le Préfet après avis de la Commission Départementale des Sites, la Chambre d'Agriculture et éventuellement de l'ONF et des communes concernées. La réglementation fixée peut être temporaire, certaines espèces ayant besoin d'une protection particulière de leur milieu à certaines phases de leur cycle de vie (DIREN).

Zone d'étude

La zone d'étude terrestre compte 3 sites d'arrêté de biotope en arrière-pays sur les communes de Châteauneuf-les-Martigues et Marseille (Tableau 5-7 & Carte 54).

Tableau 5-7 : Arrêtés de biotope de la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Arrêté de biotope	LA MURAILLE DE CHINE	FR3800380	Marseille	48
	LES FOURQUES	FR3800582	Châteauneuf-les-Martigues	55
	VALLON DE TOULOUSE	FR3800629	Marseille	30

C- Réserve biologique

Présentation générale

Les réserves biologiques sont des espaces forestiers riches protégés, rares ou fragiles, dans les forêts domaniales gérées par l'ONF (**réserves biologiques domaniales**) et dans les forêts non domaniales soumises au régime forestier et appartenant aux communes, aux départements, aux régions et aux établissements publics (**réserves biologiques forestières**).

Les principaux objectifs de ce classement sont la conservation et la restauration du patrimoine naturel, ce qui peut nécessiter une réglementation des activités susceptibles de compromettre la réalisation de l'aménagement forestier et la mise en application de limitations d'usage (accès, cueillette, etc.) dans le but de protéger les espèces et les habitats naturels présents dans la réserve biologique (DIREN).

Le classement en réserve biologique permet la création (DIREN) :

- ♦ d'une réserve intégrale : toutes les opérations sylvicoles sont exclues, sauf cas particulier d'élimination d'essences exotiques ou de sécurisation d'itinéraires longeant ou traversant la réserve ;
- ♦ d'une réserve dirigée : tous les actes de gestion sont subordonnés à l'objectif de conservation des habitats ou espèces ayant motivé la création de la réserve ;
- ♦ de zones tampons : des règles spécifiques de gestion sont établies en fonction des objectifs propres à chaque réserve.

Zone d'étude

L'aire d'étude fait l'objet d'un projet de réserve biologique (Tableau 5-8 & Carte 54) dans le secteur des calanques.

Tableau 5-8 : Réserves biologique de la zone d'étude en cours d'instruction (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Réserve biologique	FALAISES ROCHEUSES DE LA GARDIOLE ET VALLON D'EN VAU (EN COURS D'INSTRUCTION)	FR2300056	Marseille	97.3

D- Parc National

Présentation générale

Le Parc National est le territoire dont la conservation de la faune, de la flore, du sol, du sous-sol, de l'atmosphère, des eaux et, en général, du milieu naturel présente un intérêt spécial. Peuvent être concernés par le classement en Parc National les propriétés privées et publiques, ainsi que le domaine public maritime et les eaux territoriales et intérieures françaises (DIREN).

Les parcs nationaux comportent trois types de classements complémentaires (DIREN) :

- ♦ le cœur de parc (communément appelé « zone centrale » ZC) ;
- ♦ l'aire d'adhésion (« zone périphérique » ZP) ;
- ♦ et éventuellement une réserve intégrale (qui se situe à l'intérieur du cœur de parc).

Cette procédure est réservée à des territoires dont le milieu naturel, éventuellement situé sur le domaine public maritime ou dans les eaux territoriales françaises, présente un intérêt spécial qu'il importe de préserver. La réglementation des parcs nationaux est régie par les articles R331-1 et suivants du Code de l'Environnement (DIREN).

Zone d'étude

Un projet de Parc National pour les calanques (zone homogène n°20) est envisagé depuis plusieurs années. Il s'agit d'ailleurs d'une des missions principales du Groupe d'Intérêt Public (GIP) des Calanques que de préparer sa création. Le GIP des Calanques est une structure publique qui est également chargée d'animer et coordonner les actions de protection et de gestion en vue de préserver la nature exceptionnelle du site classé des Calanques. Le zonage du Parc National est actuellement à l'étude (Agence des aires marines protégées, 2007 ; INEA, 2007).

5.1.2.3 Inventaire patrimonial

A- Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux

Présentation générale

Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) sont des zones d'inventaire des biotopes et habitats des espèces les plus menacées d'oiseaux sauvages. Cet inventaire a pour objectifs (DIREN) :

- ♦ la protection d'habitats permettant d'assurer la survie et la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés ;
- ♦ la protection des aires de reproduction, de mue, d'hivernage et des zones de relais de migration pour l'ensemble des espèces migratrices.

Ces ZICO ont été utilisées pour l'application de la Directive du Conseil des Communautés européennes 79/409/CEE du 2 avril 1979, dite « Directive Oiseaux (NATURA 2000) », concernant la conservation des oiseaux sauvages, servant ainsi de base pour la désignation des ZPS (DIREN).

Zone d'étude

L'inventaire réalisé sur la zone d'étude a mis en évidence 7 ZICO au niveau du delta du Rhône, des marais entre le Grand Rhône et l'étang de Berre, sur le pourtour de l'étang de Berre et au niveau des îles marseillaises (Tableau 5-9 & Carte 55).

Type	Etat d'avancement	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Directive Oiseaux	ZICO	PETITE CAMARGUE LAGUNO-MARINE	LR24	Saintes-Maries-de-la-Mer et Grau-du-Roi	21000
	ZICO	CAMARGUE	PAC02	Saintes-Maries-de-la-Mer et Aries	76500
	ZICO	SALINES DE L'ETANG DE BERRE	PAC05	Berre-l'Etang	530
	ZICO	ILES MARSEILLAISES : MAIRE, JARRON, JARRE, CALSERAIGNE, RIOU, CONGLOUE ET POMEQUES	PAC07	Marseille	2350
	ZICO	MARAI ENTRE CRAU ET GRAND RHONE : MEYRANNE, CHANOINE, PLAN DE BOURG ET SALINS DU CABAN	PAC08	Aries, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer	5650
	ZICO	PLATEAU DE L'ARBOIS, GARRIGUES DE LANÇON ET CHAINE DES COTES	PAC13	Saint-Chamas, Berre-l'Etang, Rognac et Vitrolles	34500
	ZICO	ETANGS DE CITIS, LAVALDUC, ENGRENIER, POURRA, L'ESTOMAC, FOS ET SALINES DE RASSUEN ET DE FOS	PAC15	Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Saint-Mitre-les-Remparts et Istres	1250

Tableau 5-9 : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux inventoriées sur la zone d'étude (Source : DIREN)

B- Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique terrestres et marines

Présentation générale

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) identifient, localisent et décrivent la plupart des sites d'intérêt patrimonial pour les espèces vivantes et les habitats. Les inventaires ZNIEFF ont été lancés, pour la partie terrestre, en 1982, sur l'initiative du Ministère de l'Environnement. L'objectif était d'en faire des outils de connaissance du patrimoine naturel. En 1990, un premier bilan a été dressé et ses résultats ont conduit à la publication d'une circulaire ministérielle (mai 1991) définissant notamment deux types de ZNIEFF (DIREN) :

- ♦ les ZNIEFF de type I, correspondant à un territoire abritant au moins une espèce ou un habitat caractéristique remarquable ou rare, justifiant d'une valeur patrimoniale plus élevée que celle du milieu environnant ;
- ♦ les ZNIEFF de type II, correspondant à un territoire se distinguant par un patrimoine plus riche et un degré d'artificialisation plus faible que la moyenne du territoire régional environnant.

Zone d'étude

La zone d'étude regroupe :

- ♦ 51 ZNIEFF terrestres (Tableau 5-11 & Carte 55) qui couvrent la quasi-totalité du littoral terrestre des Bouches-du-Rhône à l'exception d'une partie du golfe de Fos, de la côte occidentale et de quelques secteurs de la frange orientale de l'étang de Berre, du littoral urbanisé de la rade de Marseille et des baies de Cassis et la Ciotat ;
- ♦ 29 ZNIEFF marines (Tableau 5-11 & Carte 55) qui s'étendent sur la majeure partie de la frange littorale méditerranéenne à l'exception du fond du golfe de Fos, de la rade de Marseille, de la moitié occidentale du massif des Calanques et de la baie de Cassis.

Tableau 5-10 : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique terrestres de la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
ZNIEFF Terrestre (Type I)	ARCHIPEL DE RIOU	13-100-108	Marseille	167,53
	MARAIS DE L'AUDIENCE - LES GRANDS PALUDS	13-100-119	Arles et Fos-sur-Mer	660,42
	POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS	13-100-145	Istres, Miramas et Saint-Chamas	29,53
	THEY DE LA GRACIEUSE - THEY DE ROUSTAN	13-100-153	Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	1422,22
	SALINS DU LION	13-100-163	Vitrolles et Marignane	67,21
	SALINS DE BERRE	13-100-164	Berre-l'Etang	469,76
	FALAISES SOUBEYRANES ET LEUR REPLAT SOMMITAL	13-108-123	Cassis et La Ciotat	133,09
	BEC DE L'AIGLE	13-108-166	La Ciotat	35,2
	ÉTANG DE LAVALDUC	13-109-103	Fos-sur-Mer et Istres	354,95
	ÉTANG DE CITIS	13-109-104	Saint-Mitre-les-Remparts	80,18
	ÉTANG DU POURRA	13-109-105	Port-de-Bouc et Saint-Mitre-les-Remparts	162,54
	CORDON DU JAÏ	13-110-129	Marignane et Châteauneuf-les-Martigues	48,14
	PALUN DE MARIGNANE - AIRE DE L'AIGUETTE	13-110-130	Marignane et Châteauneuf-les-Martigues	174,89
	MARAIS DE BERRE	13-112-132	Berre-l'Etang	36,24
	MARAIS DU SAGNAS	13-112-133	Saint-Chamas et Berre-l'Etang	34,27
	MONT ROSE - CAP CROISSETTE - CALANQUE DES MARSEILLAIS	13-124-165	Marseille	104,68
	SALINS DE FOS - LA MARRONEDE	13-128-146	Fos-sur-Mer	82,44
	MARAIS EST DU VACCARES DU VIEUX RHONE AU MARAIS DE ROMIEU	13-136-111	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	6798,08
	MARAIS DE LA GRAND MAR, DES BRUNS ET DE LA SIGOULETTE	13-136-114	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	4556,49
	ÉTANGS ET MARAIS DE CONSECANIERE	13-136-117	Saintes-Maries-de-la-Mer	1709,82
	MARAIS DU COUVIN - ETANGS DE GINES ET DES LAUNES	13-136-118	Saintes-Maries-de-la-Mer	1563,81
	THEY DE LA PALISSADE	13-136-154	Arles	1120,08
	TANGS DES SALINS - POINTE DE BEAUDUC	13-136-155	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	9122,95
	SYSTEME DU VACCARES	13-136-156	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	16163,84
	ÉTANGS ET DUNES DE PETITE CAMARGUE	13-136-157	Saintes-Maries-de-la-Mer	3458,27
	SALINS DE PETITE CAMARGUE	13-136-158	Saintes-Maries-de-la-Mer	3506,88
	BOIS DE TOURTOULEN, DE BEAUJEU ET D'AZEGAT	13-138-160	Arles	105,4
	PLAINE DE BONNIEU ET POINTE RICHE	13-152-127	Martigues	215,68
ZNIEFF Terrestre (Type II)	MONTAGNE DE LA CANAILLE - FALAISES SOUBEYRANES - BEC DE L'AIGLE	13-108-100	Cassis et La Ciotat	1289,8
	ÉTANGS DE LAVALDUC, D'ENGRENIER, DE CITIS ET DU POURRA - SALINS DE RASSUEN	13-109-100	Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Saint-Mitre-les-Remparts et Istres	2070,34
	ÉTANG DE BOLMON - CORDON DU JAÏ - PALUN DE MARIGNANE - BARLATIER - LA CADIÈRE	13-110-100	Marignane et Châteauneuf-les-Martigues	996,27
	EMBOUCHURES DE L'ARC ET DE LA DURANÇOLE - MARAIS DU SAGNAS - MARAIS DE BERRE	13-112-100	Saint-Chamas et Berre-l'Etang	348,23
	CHAÎNE DE LA FARE - MASSIF DE LANÇON	13-113-100	Saint-Chamas	4448,93
	MONTAGNE DE MARSEILLEVEYRE	13-124-100	Marseille	1219,77
	ARCHIPEL DU FRIOUL, ILES D'ENDOUME	13-125-100	Marseille	198,55
	MASSIF DES CALANQUES	13-126-100	Marseille et Cassis	7455,66
	ÉTANG DE L'ESTOMAC - SALINS DE FOS - LA MARRONEDE	13-128-100	Fos-sur-Mer	315,86
	COLLINES D'ISTRES, MIRAMAS, SULAUZE, MONTEAU, LA QUINSANE	13-129-100	Istres et Miramas	861,21
	ÉTANG D'ENTRESSEN	13-134-100	Istres	109,58
	SALINS DU CABAN ET DU RELAI - ETANG DE L'OISEAU	13-135-100	Arles, Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône	1831,16
	CAMARGUE FLUVIO-LACUSTRE ET LAGUNO-MARINE	13-136-100	Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	83165,51
	ÉTANG DU LUQUIER	13-137-100	Istres	23,34
	LE RHONE	13-138-100	Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	4284,95
	MARAIS DE FOS-SUR-MER	13-139-100	Fos-sur-Mer	130,82
	MARAIS DE ROGNAC	13-140-100	Rognac	30,97
	ÎLE VERTE	13-141-100	La Ciotat	14,2
	CAVAOU - SANSQUIRES DE SOLLAC	13-151-100	Fos-sur-Mer	296,66
	CHAÎNES DE L'ESTAQUE ET DE LA NERTHE - MASSIF DU ROVE - COLLINES DE CARRO	13-152-100	Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne, Le Rove, Marseille et Châteauneuf-les-Martigues	11102,48
	ÉTANG DE BERRE, ETANG DE VAINÉ	13-154-100	Martigues	5357,13
	PALOUS DE SAINT-CHAMAS - EMBOUCHURE DE LA TOULOUBRE - PETITE CAMARGUE - LA POINTE	13-155-100	Saint-Chamas	83,59
	LA TOULOUBRE	13-156-100	Saint-Chamas	209,89

Tableau 5-11 : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique marines recensées sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
ZNIEFF Marine (Type I)	ANSE DE CARTEAU	13-000-001	Port-Saint-Louis-du-Rhône	1023,93
	DE PONTEAU A LA POINTE DE CARRO	13-000-002	Martigues	547,9
	HERBIER DE POSIDONIES DE LA CÔTE BLEUE	13-000-003	Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne et Le Rove	1006,45
	ILOT ARAGON	13-000-004	Martigues	53,01
	ZONE MARINE PROTÉGÉE DE CARRY LE ROUET	13-000-005	Carry-le-Rouet	123,68
	ZONE MARINE PROTÉGÉE DU CAP COURONNE	13-000-006	Martigues	236,74
	CORALLIGÈNE PROFOND DE LA CÔTE BLEUE	13-000-007	Martigues, Sausset-les-Pins et Carry-le-Rouet	900,42
	DU ROUET À NIOLON	13-000-008	Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne et Le Rove	636,44
	ILOT TIBOULEN DU FRIOUL	13-000-009	Marseille	24,7
	ILOT DU PLANIER ET BANC DU VEYRON	13-000-010	Marseille	1241,45
	SUD DE L'ILE MAIRE	13-000-011	Marseille	34,02
	ILES JARRE, JARRON, PLANE	13-000-012	Marseille	276,95
	ILE RIOU, ILOTS CONGLUÉ ET IMPÉRIAUX	13-000-013	Marseille	312,48
	CALANQUES DE MARSEILLE À CASSIS	13-000-014	Marseille et Cassis	651,75
	SÈCHE DE LA CASSIDAIGNE	13-000-015	La Ciotat	263,69
	CALANQUE DE FIGUEROLLES AU BEC DE L'AIGLE	13-000-016	Cassis et La Ciotat	35,14
	ILE VERTE	13-000-017	La Ciotat	103,93
ZNIEFF Marine (Type II)	DU RHÔNE VIF À BEAUDUC	13-001-000	Saintes-Maries-de-la-Mer	13083,6
	FOND DU GOLFE DE BEAUDUC	13-002-000	Saintes-Maries-de-la-Mer	4778,86
	DE BEAUDUC AU GRAND RHÔNE	13-003-000	Arles	10481,45
	THEY DE LA GRACIEUSE	13-004-000	Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	2608,31
	DE PORT DE BOUC A PONTEAU	13-005-000	Martigues	272,96
	POINTE DE BANC ET GRAND SALAMAN	13-006-000	Marseille	63,64
	SUD POMÈGUES (GROS ESTÉOU-CALANQUE DES CAMBRETES)	13-007-000	Marseille	65,38
	HERBIER DE POSIDONIES DE LA BAIE DU PRADO	13-008-000	Marseille	1213,58
	TÊTE DU CANYON DE LA CASSIDAIGNE	13-009-000	Marseille, Cassis et La Ciotat	6163,23
	CAP CANAILLE-CALANQUE DE FIGUEROLLES	13-010-000	Cassis et La Ciotat	205,7
	BAIES DE LA CIOTAT ET DES LECQUES (13)	13-011-000	La Ciotat	760,94
	BANC DE L'ESQUINE	13-012-000	La Ciotat	1005,4

C- Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique géologiques

Présentation générale

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique géologiques correspondent à des secteurs d'intérêt exclusivement géologique présentant une richesse exceptionnelle en fossiles et strates géologiques et de superficie en général limitée. Elles sont une spécificité de la région PACA. Elles concernent principalement des stratotypes et des gisements paléontologiques. Ces zones sont issues de l'inventaire initial réalisé en 1988. Elles n'ont pas été conservées lors de l'actualisation de 2004 mais elles feront l'objet d'un inventaire spécifique, en cours de réalisation (DIREN).

Zone d'étude

La zone d'étude fait l'objet de 10 ZNIEFF géologiques localisées sur le pourtour de l'étang de Berre, au niveau de la chaîne de la Nerthe, du massif des Calanques, du littoral de la commune de Cassis et le long du cap Canaille (Tableau 5-12 & Carte 55).

Tableau 5-12 : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique géologiques de la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
ZNIEFF Géologique	LES HEURES CLAIRES	1321G01	Istres	3,71
	COUPE DE LA RIVE OCCIDENTALE DE L'ETANG DE BERRE	1323G00	Istres	6,71
	COUPE SUD DE L'ETANG DE BERRE - COUPE VASSEUR	1329G00	Châteauneuf-les-Martiques	22,51
	CALANQUE DU PETIT NID	1332G01	Sausset-les-Pins	1,05
	PORT DE FIGUIERES - MEJEAN	1333G00	Ensues-la-Redonne	5,36
	STRATOTYPE ROGNACIEN	1341G00	Rognac et Vitrolles	57,89
	VALLON DU VERDON	1345G01	Saint-Chamas	114,51
	CASSIS	1367G00	Cassis	17,48
	PLI DE SORMIOU	1371G02	Marseille	52,48
	FLEXURE DE LA CALANQUE DE SUGITON	1371G03	Marseille	5,94

5.1.2.4 Projet d'Intérêt Général

Présentation générale

Le Projet d'Intérêt Général (PIG) consiste en un dispositif réglementaire qui permet de limiter l'activité dans une zone considérée. Il doit faire l'objet d'une délibération, d'une décision ou d'une inscription dans un document de planification approuvé et, dans tous les cas, de mesures de publicité (DIREN).

La qualification de Projet d'Intérêt Général appartient exclusivement au préfet et s'appuie sur l'analyse des inconvénients et des avantages du projet.

Zone d'étude

La zone d'étude fait l'objet d'un Projet d'Intérêt Général dans l'arrière-pays des communes de Rognac et Vitrolles (Tableau 5-13 & Carte 55).

Tableau 5-13 : Projet d'Intérêt Général de la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Projet d'Intérêt Général	MASSIF DE L'ARBOIS	PIG10002	Rognac et Vitrolles	9236

5.1.2.5 Protection contractuelle

A- Parc Naturel Régional

Présentation générale

Un Parc Naturel Régional peut être créé sur un territoire rural à l'équilibre fragile, au patrimoine remarquable, qui s'organise autour d'un projet pour assurer durablement sa protection, sa gestion et son développement économique et social (DIREN).

Un territoire est classé « Parc Naturel Régional » à l'initiative du Conseil Régional, par décret pris sur rapport du ministre chargé de l'Environnement. Il bénéficie alors

d'une marque de qualité, le label PNR, pour 12 ans maximum. Il est géré par un syndicat mixte regroupant les collectivités qui ont approuvé sa charte, contrat concrétisant le projet de protection et de développement du territoire (DIREN).

Un Parc Naturel Régional a pour vocation de protéger et faire vivre le patrimoine naturel, culturel et humain de son territoire pour construire son avenir. Dans cette optique, il met en œuvre une politique innovante d'aménagement et de développement économique et social durable de son territoire, en s'appuyant sur la gestion de son patrimoine. Il a pour missions (DIREN) :

- ♦ la protection du patrimoine naturel, culturel et paysager ;
- ♦ l'aménagement du territoire ;
- ♦ le développement économique, social et culturel de son territoire ;
- ♦ l'accueil, l'information et l'éducation du public, population locale et visiteurs ;
- ♦ l'expérimentation de nouvelles méthodes de gestion.

Zone d'étude

Sur la partie occidentale de la zone d'étude, s'étend le Parc Naturel Régional de Camargue sur le delta du Rhône (Tableau 5-14 & Carte 56).

Tableau 5-14 : Parc Naturel Régional sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Parc Naturel Régional	PARC NATUREL REGIONAL DE CAMARGUE	FR8000011	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	118268

B- Parc Naturel Régional Marin

Présentation générale

L'objectif du Parc Naturel Régional Marin est de contribuer à la connaissance du patrimoine marin, ainsi qu'à la protection et au développement durable du milieu marin (BCEOM, 2006).

La création d'un Parc Naturel Régional Marin (articles R. 334-27 et suivants du Code de l'Environnement) est prononcée par un décret qui devra arrêter les grandes orientations du parc, après enquête publique. La procédure est conduite par le préfet de département, le préfet de région et le préfet maritime :

- ♦ consultation des régions, départements, communes concernées, ainsi que des Agences de l'Eau, services de l'Etat, Comité Local des Pêches Maritimes et Comité Régional des Pêches Maritimes, organismes de gestion d'aires protégées concernées (liste non limitative) ;

- ♦ consultation du Conseil d'Administration de l'Agence des aires marines protégées sur le projet de décret.

Le décret ne contiendra pas de dispositions relatives à la réglementation des activités, qui seront définies ultérieurement à travers un plan de gestion et l'intervention de textes spécifiques et sectoriels.

La gestion d'un Parc naturel régional marin ne peut être assurée que par l'Agence centrale des aires marines protégées.

Zone d'étude

L'aire d'étude marine fait l'objet d'un Parc Naturel Régional Marin longeant la Côte Bleue, qui s'étend de l'anse des Laurons à l'Ouest à la pointe des Corbières à l'Est, jusqu'à 3 milles au large (Tableau 5-15 & Carte 56) et regroupe les zones marines protégées de Carry-le-Rouet et du cap Couronne ainsi que l'ensemble des aménagements en récifs artificiels.

Tableau 5-15 : Parc Naturel Régional Marin sur la zone d'étude (Source : Parc Marin de la Côte Bleue)

Type	Nom	Communes concernées	Superficie (ha)
Parc naturel régional marin	Parc marin de la Côte Bleue	Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne et le Rove	12900

C- Zone Natura 2000

Présentation générale

Le réseau Natura 2000 a pour objectif d'identifier un réseau européen représentatif et cohérent d'espaces pour y favoriser le maintien de la biodiversité, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une logique de développement durable (DIREN).

Il est fondé sur deux directives européennes :

- ♦ « Directive Oiseaux » (1979) : elle prévoit la création de Zones de Protection Spéciales (ZPS) afin d'assurer la conservation d'espèces d'oiseaux jugées d'intérêt communautaire. Les ZPS sont désignées par arrêté ministériel en application de la directive Oiseaux, à partir de l'inventaire des « Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux » (ZICO) concernant la conservation des oiseaux sauvages (chapitre 5.1.2.3 A-) ;
- ♦ « Directive Habitats » (1992) : elle prévoit la création des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) destinées à permettre la conservation d'habitats et d'espèces. Les ZSC sont définis par la Directive européenne du 21 mai 1992 sur la conservation des habitats naturels.

Avant d'être réellement constitutive du réseau Natura 2000, plusieurs étapes sont requises :

- étape 1 : site éligible (inventaire identifiant les sites susceptibles d'être proposé au Réseau Natura 2000 initialement réalisé et agréé par le Muséum National d'Histoire Naturelle),
- étape 2 : proposition de site (pSIC),
- étape 3 : site d'importance communautaire (SIC),
- étape 4 : zone spéciale de conservation (ZSC).

Le réseau de sites Natura 2000 terrestres a été étendu sur le milieu marin. Conformément à ses engagements, la France a transmis à la Commission européenne les premières propositions de sites constituant le réseau « Natura 2000 en mer » français en novembre 2008. Les zones Natura 2000 en mer concernent le milieu marin longeant la Camargue, la Côte Bleue, les Calanques et îles marseillaises, le cap Canaille et le massif du Grand Caunet ainsi que la Baie de la Ciotat.

Zone d'étude

La zone d'étude regroupe de nombreux sites dans le cadre du réseau Natura 2000 (Tableau 5-16 & Carte 56) :

- ◆ 3 pSIC, 6 SIC et 1 ZSC dans le cadre de Directive Habitat, concernant la Camargue, le pourtour de l'étang de Berre, le massif des Calanques et la commune de Saint-Cyr-sur-Mer ;
- ◆ 8 ZPS dans le cadre de Directive Oiseaux, situées en Camargue, sur le pourtour de l'étang de Berre, les falaises de Côte Bleue et les îles marseillaises.

Tableau 5-16 : Zones recensées dans le cadre du réseau Natura 2000 sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Etat d'avancement	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Directive Habitats	SIC	LE PETIT RHONE	FR9101405	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	808
	SIC	PETITE CAMARGUE	FR9101406	Saintes-Maries-de-la-Mer et Grau-du-Roi	34559
	SIC	LE RHONE AVAL	FR9301590	Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	12606
	pSIC	CAMARGUE	FR9301592	Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	112531
	pSIC	COTE BLEUE MARINE	FR9301999	Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	18928
	ZSC	MARAIS DE LA VALLEE DES BAUX ET MARAIS D'ARLES	FR9301596	Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	11085,34
	SIC	MARAIS ET ZONES HUMIDES LIEES A L'ETANG DE BERRE	FR9301597	Miramas, Saint-Chamas, Berre-l'Etang, Marignane et Châteauneuf-les-Martigues	1503
	SIC	COTE BLEUE - CHAINE DE L'ESTAQUE	FR9301601	Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne, Le Rove, Marseille et Châteauneuf-les-Martigues	5847
	pSIC	CALANQUES ET ILES MARSEILLAISES - CAP CANAILLE ET MASSIF DU GRAND CAUNET	FR9301602	Marseille, Cassis et La Ciotat	50127
	pSIC	BAIE DE LA CIOTAT	FR9301998	Cassis et La Ciotat	1759
	SIC	LA POINTE FAUCONNIERE	FR9301609	Saint-Cyr-sur-Mer	768
	ZPS	PETITE CAMARGUE LAGUNO-MARINE	FR9112013	Saintes-Maries-de-la-Mer et Grau-du-Roi	15681
Directive Oiseaux	ZPS	CAMARGUE	FR9310019	Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	221062
	ZPS	GARRIGUES DE LANCON ET CHAINES ALENTOUR	FR9310069	Saint-Chamas et Berre-l'Etang	27471
	ZPS	MARAIS ENTRE CRAU ET GRAND RHONE	FR9312001	Arles, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer	7234
	ZPS	SALINES DE L'ETANG DE BERRE	FR9312005	Berre-l'Etang	450
	ZPS	ILES MARSEILLAISES	FR9312007	Marseille	39246
	ZPS	ETANGS ENTRE ISTRES ET FOS	FR9312015	Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Saint-Mitre-les-Remparts et Istres	1225
	ZPS	FALAISES DE NIOLON	FR9312017	Ensues-la-Redonne et Le Rove	144

La quasi totalité de la zone d'étude marine fait l'objet de zones Natura 2000 en mer (4 sites dans le cadre de la Directive Habitats et 2 sites dans le cadre de la Directive Oiseaux) à l'exception d'une partie du Golfe de Fos, de la frange littorale de la rade de Marseille, de la Baie de Cassis et des alentours des chantiers navals de La Ciotat (DIREN, 2007 ; Tableau 5-16 & Carte 56).

5.1.2.6 Engagement international

A- Zones humides d'importance internationale découlant de la convention RAMSAR

Présentation générale

La Convention sur les zones humides, signée à Ramsar, en Iran, en 1971 (et ratifiée par la France en 1986), est un traité intergouvernemental qui sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.

Les zones découlant de la Convention RAMSAR sont relatives aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau (DIREN). Il s'agit d'étendues de marais, de fagnes, de tourbières, d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce,

saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres (DIREN).

Zone d'étude

Sur la zone d'étude, la Camargue est inscrite comme une zone humide d'importance internationale dans le cadre de la convention RAMSAR (Tableau 5-17 & Carte 57).

Tableau 5-17 : Zones humides d'importance internationale découlant de la convention RAMSAR sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
RAMSAR	CAMARGUE	3FR001	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	84774

B- Réserve de Biosphère

Présentation générale

La désignation « réserve de Biosphère » par l'UNESCO est confiée à un organisme local qui doit établir une politique de gestion et de développement durable pour le territoire concerné, en associant les acteurs locaux (DIREN). Cet organisme a surtout une fonction de coordination et d'animation du territoire.

Zone d'étude

Sur la zone d'étude, la réserve de biosphère de Camargue couvre l'ensemble du delta biogéographique du Rhône et comprend l'intégralité de la réserve nationale de Camargue (Tableau 5-18 & Carte 57). Le Parc Naturel Régional de Camargue en collaboration avec le Syndicat Mixte pour la Protection et la Gestion de la Camargue gardoise en assurent la coordination de la gestion.

Tableau 5-18 : Réserve de biosphère recensée sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Réserve de Biosphère	CAMARGUE	FR6300003	Saintes-Maries-de-la-Mer, Arles et Port-Saint-Louis-du-Rhône	193600

5.1.2.7 Patrimoine naturel et historique

A- Sites classés

Présentation générale

La loi du 2 mai 1930, transposée dans les articles L341-1 à 22 du Code de l'Environnement, organise la protection des monuments naturels et des sites dont le caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque est reconnu.

Ce classement correspond à la volonté de maintien en l'état du site désigné, ce qui n'exclut ni la gestion ni la valorisation.

Zone d'étude

La zone d'étude regroupe 16 sites classés répartis sur les communes des Saintes-Maries-de-la-Mer, d'Arles, de Marseille, de Cassis et de La Ciotat (Tableau 5-19 & Carte 58).

Tableau 5-19 : Sites classés recensés sur la zone d'étude (Source : DIREN)

Type	Nom	Code	Communes concernées	Superficie (ha)
Sites classés	L'ALLEE DES ALYSCAMPS	93C13001	Arles	0,8
	DES PARCELLES DE LA COLLINE NOTRE DAME DE LA GARDE	93C13004	Marseille	15
	LES PARCELLES DE TERRAIN DE LA PRESQU'ILE DE LA POINTE-ROUGE A MARSEILLE, COMPRISES ENTRE LE DPM ET LE CHEMIN VICINAL N°8 DE MONTREDON	93C13006	Marseille	0,3
	LES PARCELLES DE TERRAIN DE LA PROMENADE DE LA CORNICHE A MARSEILLE, COMPRISES ENTRE LA PROMENADE ET LE DPM	93C13007	Marseille	3,4
	LES PARCELLES DE TERRAIN DE LA COTE DE LA CORNICHE A MARSEILLE, FAISANT PARTIE DU DPM, DEPUIS LES BAINS DES CATALANS JUSQU'A CEUX DU ROUCAS-BLANC	93C13008	Marseille	3,4
	LES PARCELLES DE TERRAIN DE LA PRESQU'ILE DE LA POINTE-ROUGE A MARSEILLE, FAISANT PARTIE DU DPM, DEPUIS LA TRAVERSE FACH JUSQU'AU DROIT DU BOULEVARD RICHARD	93C13009	Marseille	0,38
	LE PLAN D'EAU DU VIEUX PORT DE MARSEILLE ET LES QUAIS QUI LE BORDENT	93C13010	Marseille	31
	ANCIENNE ABBAYE DE MONTMAJOUR	93C13011	Arles	12,5
	MASSIF DES CALANQUES : FORET DOMANIALE DE LA GARDIOLE	93C13013	Marseille et Cassis	5463
	MASSIF DES CALANQUES : CALANQUES D'EN-VAU ET DE PORT PIN	93C13014	Marseille	5463
	ETANG DE VACCARES	93C13019	Saintes-Maries-de-la-Mer et Arles	15000
	BRAS DE MER DITS "CANAL SAINT-SEBASTIEN" ET "MIROIR AUX OISEAUX", LE QUAI BRESCON AINSI QUE LES FACADES, MURS ET TOITURES DES IMMEUBLES QUI LE BORDENT	93C13021	Martigues	0,5
	CAP CANAILLE ET SES ABORDS	93C13027	Cassis	2000
	MASSIF DES CALANQUES	93C13033	Marseille et Cassis	5463
	MASSIF DES CALANQUES : DOMAINE PUBLIC MARITIME (DPM)	93C13034	Marseille et Cassis	5463
	LE CAP CANAILLE, LE BEC DE L'AIGLE, LEURS ABORDS ET LE DOMAINE PUBLIC MARITIME CORRESPONDANT	93C13037	Cassis et La Ciotat	2000

B- Monuments historiques

Présentation générale

Aux termes de la loi du 31 décembre 1913 sur les monuments historiques et de ses textes modificatifs (livre VI de la partie législative du Code du patrimoine du 20 février 2004), les procédures réglementaires sont de deux types et concernent (DRAC Provence-Alpes-Côte d'Azur) :

- ♦ les immeubles dont la conservation présente, du point de vue de l'histoire ou de l'art, un intérêt public. Ceux-ci sont classés comme monuments historiques en totalité ou en partie par les soins du ministre de la Culture (monuments classés) ;

- ♦ les immeubles ou parties d'immeuble qui, sans justifier une demande de classement immédiat, présentent un intérêt d'histoire ou d'art suffisant pour en rendre désirable la préservation. Ceux-ci peuvent être inscrits au titre des monuments historiques par arrêté du préfet de région (monuments inscrits).

Zone d'étude

L'ensemble des communes fait l'objet de 133 monuments inscrits et 105 monuments classés dont environ 36 se trouvent sur la frange littorale de 1 km d'épaisseur ou dans la zone d'aléas faible à fort vis-à-vis de la submersion marine (Tableau 5-20 & Carte 58).

Tableau 5-20 : Monuments inscrits et classés au titre des monuments historiques sur la zone d'étude (Source : DRAC Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Communes	Sites inscrits	Sites classés
Saintes-Maries-de-la-Mer	1	3
Arles	53	53
Port-Saint-Louis-du-Rhône	2	0
Fos-sur-Mer	2	1
Port-de-Bouc	0	0
Martigues	5	2
Sausset-les-Pins	0	0
Carry-le-Rouet	0	0
Ensuès-la-Redonne	0	0
Le Rove	0	2
Marseille	49	34
Cassis	2	0
La Ciotat	5	1
Saint-Mitre-les-Remparts	4	2
Istres	3	2
Miramas	1	0
Saint-Chamas	2	1
Berre-l'Etang	2	0
Rognac	0	0
Vitrolles	1	0
Marignane	1	4
Châteauneuf-les-Martigues	0	0
Aire d'étude globale	133	105

5.1.2.8 Zone de protection foncière

Les zones de protection foncières regroupent les acquisitions faites par des collectivités locales (Conseil Général des Bouches-du-Rhône) ou des établissements publics dotés par la loi de cette compétence (Conservatoire du littoral). Les biens intégrés dans les zones de protection foncière sont inaliénables et inconstructibles.

A- Zones acquises par le Conseil Général

Présentation générale

Le Conseil Général des Bouches-du-Rhône est propriétaire de l'ordre de 16 000 hectares répartis sur une trentaine de domaines (Carte 58). La constitution de ce patrimoine départemental résulte d'une politique volontariste d'acquisition et de gestion initiée dès les années 1960.

Le département assure de nombreuses missions telles que, notamment, les travaux forestiers nécessaires à la protection et à la mise en valeur des propriétés, la protection contre les incendies, la valorisation des espaces naturels départementaux ou la restauration des bâtiments (Conseil Général des Bouches-du-Rhône, 2008).

Zone d'étude

De nombreux territoires ont été acquis par le Conseil Général dans la frange côtière des 1 km d'épaisseur ou dans la zone d'aléas faible à fort vis-à-vis de la submersion marine et concernent notamment la Camargue, la plaine de la Crau, l'arrière-littoral de la commune de Marseille, le massif des Calanques ou la baie de la Ciotat.

B- Zones acquises par le Conservatoire du littoral

Présentation générale

Le Conservatoire du littoral, membre de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN), est un établissement public créé en 1975. Il mène une politique foncière visant à la protection définitive des espaces naturels et des paysages sur les rivages maritimes et lacustres. Il acquiert des terrains fragiles ou menacés à l'amiable, par préemption, ou exceptionnellement, par expropriation. Des biens peuvent également lui être donnés ou légués.

Après avoir fait les travaux de remise en état nécessaires, le Conservatoire du littoral confie la gestion des terrains aux communes, à d'autres collectivités locales ou à des associations pour qu'ils en assurent la gestion dans le respect des orientations arrêtées.

Zone d'étude

Près de 24 300 hectares ont été acquis par le Conservatoire du littoral sur la zone d'étude, et notamment en Camargue, sur la Côte Bleue, autour de l'étang de Berre,

sur les îles de l'archipel de Riou, sur le cap Canaille et dans l'arrière-pays des communes d'Arles et de Cassis (Tableau 5-21 & Carte 58). La majorité des terrains se trouve dans la frange côtière des 1 km d'épaisseur ou dans la zone d'aléas faible à fort vis-à-vis de la submersion marine.

Tableau 5-21 : Zones acquises par le Conservatoire du littoral (Source : Conservatoire du littoral & Muséum national d'Histoire naturelle, 2007)

Type	Nom	Communes concernées	Superficie (ha)
Conservatoire du littoral	ARCHIPEL RIOU - MAIRE	Marseille	157
	ARCHIPEL RIOU - JARRE	Marseille	157
	ARCHIPEL RIOU - CALSEREIGNE	Marseille	157
	ARCHIPEL RIOU - RIOU	Marseille	157
	PRESQU'ILE DE PORT MIOU - PLAINE RIS	Cassis	188
	LA FONTASSE	Marseille et Cassis	243
	MURAILLE DE CHINE	Marseille	172
	DOMAINE DE VAUFRANGES	Marseille	254
	CAP CANAILLE	La Ciotat	12
	PRESQU'ILE DE PORT MIOU - PORT MIOU	Cassis	188
	LA CTE BLEUE	Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne et Le Rove	3342
	ETANG DE BOLMON	Châteauneuf-les-Martigues et Marignane	711
	LA PETITE CAMARGUE	Miramas et Saint-Chamas	203
	FIGUEROLLES - CADERAOU	Saint-Mitre-les-Remparts	297
	RANQUET	Saint-Mitre-les-Remparts	86
	MARAI DE LA TETE NOIRE	Rognac	38
	MAS DE LA CURE	Saintes-Marie-de-la-Mer	287
	LA PALISSADE	Arles	702
	MARAI DE VIGUEIRAT	Arles	1029
	VACCARES	Saintes-Marie-de-la-Mer et Arles	13446
	BOIS DE TOURTOULEN	Arles	44

5.1.2.9 Unités de paysage

Présentation générale

Les unités de paysage sont des ensembles conciliant la totalité des éléments qui composent un paysage et qui représentent un caractère d'homogénéité de composition, d'ambiance ou de perception visuelle (DIREN). L'inventaire des grandes unités de paysage est une première approche du paysage au niveau régional en PACA.

Source : Atlas des Paysages des Bouches du Rhône (Maitrise d'ouvrage – Conseil général 13 avec le soutien de la DIREN – 2007)

Zone d'étude

La zone d'étude regroupe 11 unités de paysage (Carte 59).

5.1.3 Synthèse des enjeux sociaux-économiques, environnementaux et patrimoniaux

L'étude des enjeux sociaux-économiques, environnementaux et patrimoniaux met en évidence sur le littoral du département des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre :

- ♦ une population importante (1 963 988 habitants lors du recensement de 2006), représentant près de 63,4 % de la population du département ;
- ♦ une urbanisation globalement concentrée sur la frange littorale, à l'exception du delta du Rhône et de quelques secteurs de falaise ou de salins sur le pourtour de l'étang de Berre ;
- ♦ un tourisme important en termes de capacité d'accueil touristique ;
- ♦ des infrastructures sur la frange littorale (réseaux routiers et ferroviaires, aéroport) ;
- ♦ d'importants complexes industriels et commerciaux ;
- ♦ une activité agricole sur le delta du Rhône et dans l'arrière-pays de la commune de Cassis ;
- ♦ une activité portuaire développée, avec 61 ports ou abris sur la façade méditerranéenne et 17 sur le pourtour de l'étang de Berre ;
- ♦ une activité de pêche principalement traditionnelle (petite métier) ainsi que des activités de conchyliculture dans le golfe de Fos et de pêche à pied sur le littoral du delta du Rhône ;
- ♦ des activités liées au milieu marin (baignade, activités nautiques, plaisance, plongée) ;
- ♦ des enjeux environnementaux et patrimoniaux concernant la quasi totalité du milieu marin et terrestre, à l'exception des zones urbanisées.

5.2 Hiérarchisation des enjeux sociaux-économiques, environnementaux et patrimoniaux

Nous proposons, dans un premier temps, de distinguer les enjeux socio-économiques des enjeux environnementaux et patrimoniaux. En effet, la définition des modes de gestion, en Phase 3, dépendra fortement de la catégorie et de l'importance des enjeux sur la bande littorale terrestre et marine. Par exemple, la valeur environnementale d'un site naturel peut conduire à privilégier des méthodes douces, voire un repli stratégique face à l'érosion marine. Une cartographie des enjeux sera établie, en première approche, en considérant séparément les enjeux socio-économiques des enjeux environnementaux et patrimoniaux.

Cependant, il conviendra ensuite de pondérer ces enjeux afin d'obtenir une carte globale des enjeux cumulant les aspects socio-économiques et environnementaux/patrimoniaux (pondération de 60 % pour les enjeux socio-économiques et 40 % pour les enjeux environnementaux et patrimoniaux).

Dans le cadre de la présente étude, les enjeux sont définis par une note globale allant de 0 à 5 en fonction de leur sensibilité aux aléas marins (érosion marine, instabilité des falaises côtières et submersion marine) définis dans le chapitre 4 (Tableau 5-22). Les valeurs les plus élevées correspondent aux secteurs géographiques les plus sensibles, les valeurs les plus faibles, aux secteurs les moins sensibles.

Note	0	1	2	3	4	5
Valeur	nulle	faible	modérée	moyenne	forte	très forte

Tableau 5-22 : Caractérisation des enjeux socio-économiques et patrimoniaux/environnementaux

Nous proposons de ne pas cumuler les valeurs : la valeur la plus forte primera sur la plus faible lorsque plusieurs descripteurs d'enjeux se chevaucheront.

Les descripteurs et valeurs des enjeux sociaux-économiques et environnementaux/patrimoniaux proposés dans le cadre de la présente étude et validés par le Maître d'Ouvrage sont présentés dans les tableaux ci-après (Tableau 5-23 et Tableau 5-24, respectivement).

Tableau 5-23 : Descripteurs et valeurs des enjeux sociaux-économiques sur le littoral des Bouches-du-Rhône

Descripteurs		Valeurs
Zones d'habitats	Denses	5
	Moyennement denses	3-4
	Eparses	2
Equipements sensibles (hôpitaux et cliniques)		5
Zones industrielles, commerciales et agricoles	Plus de 500 équivalents emplois	4
	Moins de 500 équivalents emplois	3
	Site industriel classé SEVESO	5
	Zones agricoles pérennes (vignes, arboriculture)	3
	Zones agricoles (blé, colza, cultures maraîchères, riz, maïs, tournesol, luzerne, etc.)	2
	Zones agricoles (pâturages et prés libres)	1-2
	Salins exploités	4
Principales infrastructures	Aéroports	5
	Ports d'intérêt national ou départementaux	5
	Autres ports	3-4
	Abris	2
	Autoroutes	5
	Routes nationales	4
	Routes départementales	3
	Routes communales	1
	Voies de chemin de fer	5
	Canaux – Tunnel	4
	Stations de traitement	3
	Points de captage	3
	Lignes électriques	2
Equipements sportifs et de loisirs (incluant les campings)		2-3
Plages	Fréquentation forte ou plages urbaines	4
	Fréquentation moyenne	3
	Fréquentation faible	1-2
Emprise des établissements de plage	Dense	4
	Moyenne	3
	Faible	2
Rapport capacité touristique / population permanente	Fort	4
	Moyen	3
	Faible	2

Tableau 5-24 : Descripteurs et valeurs des enjeux environnementaux et patrimoniaux sur le littoral des Bouches-du-Rhône

Descripteurs		Valeurs
Protection réglementaire	Réserve naturelle	2
	Réserve biologique	2
	Arrêté de biotope	2
	Parc National	2
Inventaire patrimonial	ZNIEFF terrestre	2
	ZNIEFF marine	2
	ZNIEFF géologique	2
	ZICO	2
Protection contractuelle	Parc Naturel Régional	2
	Zone Natura 2000	2
Engagement international	Zone humide découlant de la convention RAMSAR	2
	Réserve de Biosphère	2
Patrimoine naturel et historique	Site classé	2
	Monument historique	5
Zones de protection foncière	Acquisition du Conseil Général des Bouches-du-Rhône et du Conservatoire du littoral	2
Types d'habitats	Espaces boisés (forêts de feuillus et forêts mélangées)	3
	Espaces boisés (forêts de conifères)	4
	Sansouïres	4
	Pelouses	4
	Garrigues	3
	Plages et dunes	4
	Marais intérieurs et maritimes, jonchaie, roselière	4
	Eaux continentales (y compris lagunes littorales)	4
	Salins	4
Paysage	Ensemble paysager à valeur faible	0
	Ensemble paysager à valeur moyenne ou forte	1

Des « cartes de synthèse des enjeux » ont été produites à partir des données récupérées et des valeurs attribuées aux enjeux (Carte 60 & Carte 61). Ces cartes serviront d'outil d'aide à la décision pour définir les secteurs où les interventions pour lutter contre l'érosion apparaissent comme prioritaires.

L'analyse des valeurs des enjeux sur le littoral de la zone d'étude montre la présence :

- ◆ d'enjeux socio-économiques de valeurs fortes à très fortes (Carte 60) :
 - sur le littoral camarguais et les plages en milieu urbain des communes de Marseille, Cassis et La Ciotat (activités touristiques liées aux plages),
 - dans le golfe de Fos (activités industrielles du Grand Port Maritime de Marseille et du port de Lavéra),
 - au niveau du canal de Caronte (urbanisation et population de la commune de Martigues),
 - sur le pourtour de l'étang de Vaïne (activités industrielles et aéroport de Marignane) ;
 - sur le littoral de la commune de Marseille (urbanisation de la commune de Marseille),
 - dans la baie de La Ciotat (urbanisation de la commune de La Ciotat),
- ◆ d'enjeux environnementaux et patrimoniaux (Carte 61) :
 - de valeur forte sur les zones d'habitats au niveau de la Camargue et de l'étang de Berre,
 - de valeur modérée sur la quasi-totalité du littoral du département (liées à l'existence de zones de protection réglementaire, d'inventaire patrimonial, de protection contractuelle, d'engagement international ou de protection foncière) à l'exception de zones urbanisées des unités paysagères à valeurs nulle à faible (Marseille, La Ciotat et façade occidentale de l'étang de Berre) et du littoral industrialisé du golfe de Fos.

Une carte de synthèse globale regroupant les enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux a également été définie en employant une pondération plus importante pour les enjeux socio-économiques (Carte 62). Pour qualifier le risque en trois catégories (faible, moyen, fort), les enjeux ont également été regroupés en trois catégories :

- ◆ enjeux de valeur forte (valeurs 4 et 5) ;
- ◆ enjeux de valeur moyenne (valeurs 2 et 3) ;
- ◆ enjeux de valeur faible (valeurs 0 et 1).

L'analyse de cette carte de synthèse globale relative aux enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux met en évidence (Carte 62) :

- ♦ des enjeux de valeur forte :
 - sur le littoral camarguais et les plages en milieu urbain des communes de Marseille, Cassis et La Ciotat,
 - dans le golfe de Fos,
 - sur le littoral des communes de Marseille, La Ciotat et Martigues,
 - sur le pourtour de l'étang de Vaine ;
- ♦ des enjeux de valeur moyenne sur le littoral de la Camargue, de la Côte Bleue (urbanisation et habitats) et de l'étang de Berre

L'évaluation des risques liés aux phénomènes d'érosion et de submersion marine sera effectuée par croisement des aléas vis-à-vis de ces phénomènes avec les enjeux définis précédemment.

5.3 Caractérisation des risques

Par définition, la notion de risque correspond à la « potentialité d'endommagement brutal, aléatoire et/ou massive suite à un événement naturel, dont les effets peuvent mettre en jeu des vies humaines et occasionner des dommages importants. On emploie donc le terme de « risque » uniquement si des enjeux (présents dans la zone) peuvent potentiellement être affectés par un aléa (dommages éventuels) » (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire).

Le risque est alors le croisement entre l'aléa et les enjeux :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Enjeux}$$

Il est qualifié pour chaque phénomène (érosion des surfaces meubles, instabilité des falaises côtières et submersion marine) en trois catégories (faible, moyen, fort). Il faut noter que cette classification, basée sur l'étude de l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes (BCEOM, 2007) est relativement subjective.

5.3.1 Risque érosion des surfaces meubles

Le risque érosion est défini à partir du croisement de l'aléa érosion des plages (surfaces meubles) défini dans le chapitre 4.1 et des enjeux décrits dans le chapitre 5.1.

La grille de croisement de l'aléa érosion et des enjeux, permettant de définir le risque, est présentée dans le Tableau 5-25.

		Valeur des enjeux		
		Faible	Moyen	Fort
Valeur de l'aléa	Faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
	Moyen	Risque faible	Risque moyen	Risque fort
	Fort	Risque moyen	Risque fort	Risque fort

Tableau 5-25 : Grille de définition du risque vis-à-vis de l'érosion des zones meubles

Ainsi, sur un secteur donné, si l'action érosive est certaine (aléa fort) mais qu'il n'y pas d'enjeux associés à cette érosion (pas d'habitation, pas de secteur d'activité, pas de zone naturelle à protéger), le « risque » sera faible. A l'inverse, l'observation d'une action érosive modérée sur un secteur à fort enjeu (zone d'habitations, par exemple) conduira à définir un « risque » élevé pour ce secteur.

Les résultats de l'analyse du risque érosion des surfaces meubles sont illustrés par zone homogène dans les Carte 63 à Carte 69 et mettent en évidence :

- ♦ pour le delta du Rhône, un risque faible vis-à-vis de l'érosion marine au niveau des secteurs en accrétion du golfe et de la flèche de Beauduc ainsi que sur les plages en arrière du brise-lames le long du littoral urbanisé de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer et des risques moyens à forts sur le reste du littoral en fonction du degré d'érosion des zones meubles et des enjeux en localisés en arrière-plage (Carte 63) ;
- ♦ pour le golfe de Fos, la présence de nombreuses zones meubles de risques vis-à-vis de l'érosion marine moyen à fort, en raison de la présence soit d'enjeux industriels forts en arrière-plage soit d'aléas moyens à forts. Les zones meubles de risque fort sont situées à proximité de l'abri plage Nord (plage Olga), et au niveau de l'Anse Saint-Gervais (Carte 64) ;
- ♦ pour l'étang de Berre (Carte 65), un risque fort pour les plages en érosion en milieu urbanisé (aléas et enjeux moyens à forts) de la commune de Martigues, de Rognac et de Vitrolles, au niveau du delta de la Touloubre (aléa fort et enjeux environnementaux de valeur forte), au droit du port de Beau Rivage (aléa fort et enjeu moyen) et du port du Marais du Sagnas (aléa fort et enjeu fort) sur la commune de Saint-Chamas ainsi que sur le littoral

des salins de Berre (aléa fort et enjeux environnementaux de valeur moyenne) ;

- ♦ le long du littoral de la Côte Bleue (Carte 66), un risque fort pour les plages d'aléa érosion marine fort avec des enjeux moyens en arrière-plage (ports, urbanisation) ;
- ♦ pour la rade de Marseille (Carte 67) dont l'ensemble du littoral est classé en enjeu fort, un risque fort pour les plages caractérisées par un aléa vis-à-vis de l'érosion marine fort, les autres plages d'aléa faible, étant considérées en risque moyen en raison de la présence d'enjeux de valeur forte (urbanisation, fréquentation des plages) ;
- ♦ pour les plages du massif des Calanques, un risque faible pour l'ensemble des zones meubles à l'exception des plages de la calanque de Sormiou classées en risque moyen en raison des phénomènes d'érosion observés sur les plages (aléa moyen) et la présence d'habitations (Carte 68) ;
- ♦ pour les baies de Cassis et de La Ciotat, un risque fort pour l'ensemble des plages urbaines (enjeu fort) soumises à érosion (aléa fort).

Le pourcentage de surfaces en zones meubles pour chaque classe de risque est présenté par zone homogène dans le Tableau 5-26.

Tableau 5-26 : Surfaces en zones meubles par classes de risque vis-à-vis de l'érosion marine (en % de la surface globale en zones meubles en 2003)

Zone homogène	Valeur du risque		
	Faible	Moyen	Fort
Delta du Rhône – zone homogène 15	52 %	37 %	11 %
Golfe de Fos – zone homogène 16	3 %	92 %	5 %
Etang de Berre – zone homogène 17	28 %	66 %	7 %
Côte Bleue – zone homogène 18	17 %	81 %	2 %
Rade de Marseille – zone homogène 19	2 %	74 %	24 %
Massif des Calanques – zone homogène 20	80 %	20 %	0 %
Baies de Cassis et de La Ciotat – zone homogène 21	8 %	31 %	61 %
Zone d'étude globale	49 %	40 %	11 %

Sur le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, 11 % de la surface globale en zones meubles est caractérisée par une valeur de risque forte vis-à-vis de l'érosion marine des zones de plage et près de la moitié de la surface globale (49 %) est marquée par un risque faible. Seul le massif des Calanques ne présente pas de zones de risque fort, les plages de la zone étant globalement

caractérisées par des aléas faibles à moyens avec des enjeux socio-économiques et environnementaux faibles.

Les zones qui présentent les pourcentages en termes de surface les plus importants (supérieurs à 20 %) sont la rade de Marseille (24 % de la surface globale des plages de la zone homogène), en raison des forts enjeux du littoral de la commune de Marseille et les baies de Cassis et de La Ciotat (38 % de la surface globale des zones meubles), en raison de la présence combinée d'enjeux forts et de nombreuses zones d'aléa fort sur le littoral.

Toutes les zones homogènes présentent une majorité (en termes de surface en zones meubles) de plages de risque moyen, à l'exception du delta du Rhône et du massif des Calanques, marqués par une majorité de zones de risque faible.

5.3.2 Risque instabilité de falaises

Les enjeux considérés dans l'évaluation du risque vis-à-vis de l'instabilité des falaises, dans le cadre de l'étude des falaises côtières, sont (BRGM, 2005) :

- ♦ la population, caractérisée par :
 - sa densité,
 - la fréquentation touristique,
 - les facilités (ou difficulté) d'accès au littoral, soit la proximité de sentiers côtiers et routes longeant le littoral, de plages, très fréquentées en période estivale, de sites d'escalade ou de ports de plaisance, pour l'exposition directe des personnes aux instabilités rocheuses ;
- ♦ les biens, soit :
 - l'habitat,
 - les réseaux routiers et ferroviaires,
 - les zones industrielles, dont les sites classés SEVESO et les zones commerciales ;
- ♦ les milieux, c'est-à-dire les zones de protections spéciales et de réglementations des sites naturels (ZNIEFF, ZICO, Natura 2000, Parc National, etc.).

Pour chaque catégorie d'enjeux, ont été évalués les dommages physiques et fonctionnels ainsi que les conséquences de ces dommages en considérant que chaque élément affecté physiquement (personne, bien, milieu) génère un trouble fonctionnel (habitation, enseignement, transport, etc.) qui lui même provoque des impacts de différents ordres (sociaux, économiques, environnementaux, politiques, etc.).

La méthode retenue pour l'évaluation des dommages se décompose selon les étapes suivantes (BRGM, 2005) :

- ♦ les dommages physiques aux biens et aux ressources, sont évalués financièrement (montant des dégâts) ;
- ♦ les dommages physiques sur l'homme font l'objet d'une évaluation spécifique liée à l'état de santé (physique auquel on peut associer le psychique) ;
- ♦ les dommages fonctionnels sont évalués pour chaque type de fonction (enseignement, logement etc.) ;
- ♦ les conséquences de ces dommages sont exprimées en termes économiques, sociaux et environnementaux, auxquels on peut ajouter selon les spécificités les composantes politiques, médiatiques, etc.

Une grille d'évaluation des dommages a été définie par catégorie d'enjeux pour deux périodes distinctes : en haute saison touristique (juillet-août) et en basse saison.

A partir du croisement des aléas liés aux instabilités de falaise (chute de blocs et éboulements) et des enjeux, différentes évaluations du risque ont été effectuées dans le cadre de l'étude des instabilités des falaises côtières de la région PACA (BRGM, 2005) et sont reprises dans le cadre de la présente étude :

- ♦ risque vis-à-vis des dommages humains, susceptibles de se produire sur les accès au littoral et l'urbanisation du littoral (Figure 5-1) ;
- ♦ risque vis-à-vis des dommages fonctionnels, susceptibles de se produire sur les accès au littoral et l'urbanisation du littoral ;
- ♦ risque vis-à-vis des impacts économiques, susceptibles de se produire sur les accès au littoral et l'urbanisation du littoral.

RISQUE : dommages humains sur les accès au littoral				ALÉA			
E N J E U X	Note	Pondération		Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
	Pas d'accès au littoral	0	-	Nul à faible	Nul à faible	Nul à faible	Nul à faible
	Littoral accessible	2	-	Nul à faible	Faible	Faible	Moyen
	Accès au littoral en période touristique*	Faible	0	Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
		Moyen	1	Faible	Faible	Moyen	Fort
		Fort	1,5	Faible	Faible	Moyen	Fort
		Très fort	2	Faible	Moyen	Moyen	Fort

* par rapport au poids touristique : importance de la population de vacanciers ou d'évacués par rapport à la population permanente de la commune

Figure 5-1 : Exemple de grille de définition du risque « dommages humains sur les accès au littoral » vis-à-vis de l'instabilité des falaises côtières (Source : BRGM, 2005)

Les risques évalués dans le cadre de l'étude d'instabilité des falaises côtières ont été regroupés dans le but de ne considérer pour chaque côte rocheuse qu'une seule valeur de risque : comme pour la définition des valeurs des enjeux dans la présente étude (chapitre 5.2), nous considérerons la valeur du risque la plus forte lorsque plusieurs types de risque se chevaucheront.

Les Carte 63 à Carte 69 illustrent les valeurs des risques vis-à-vis de l'instabilité des falaises côtières regroupées en trois catégories (faible, moyen, fort). La répartition du linéaire de côte rocheuse en fonction du risque est présentée dans le Tableau 5-27.

L'analyse des valeurs de risque vis-à-vis de l'instabilité de falaise (chute de blocs et éboulements) montre (Tableau 5-27) :

- ◆ des risques moyens à forts pour les côtes rocheuses au Nord du canal de Caronte dans golfe de Fos (Carte 64), les risques les plus importants étant observés au niveau du collège F. Mistral (présence d'un collège et de pipelines) au niveau de la **plage de Ours (PBOUC-06)** et faibles au Sud du canal ;
- ◆ des risques moyens sur le littoral occidental de l'étang de Berre, notamment pour les falaises des communes de Saint-Mitre-les-Remparts (Caderaou) et d'Istres et un risque fort pour le secteur le plus sensible au phénomène d'instabilité des falaises côtières (aléa fort) sur la commune d'Istres, représentant près de 8 % du linéaire de côte rocheuse du pourtour de l'étang (Carte 65) ;
- ◆ une alternance de zones de risques faibles à moyens (56 % et 40 % du linéaire rocheux, respectivement) sur le littoral de la Côte Bleue et la présence de secteurs de risque fort, concernant près de 4 % du linéaire, notamment pour les côtes rocheuses d'aléa fort au niveau de l'anse de la Beaumaderie, des falaises à proximité des zones portuaires des Tamaris, du Rouet, de la Redonne et de Niolon (enjeux forts liés à la présence des ports) ainsi que de l'anse du Grand Rouveau (Carte 66) ;
- ◆ l'absence de côtes rocheuses de risque fort sur le littoral de la rade de Marseille et du massif des Calanques, malgré la présence de zones d'aléa fort sur ces secteurs (Carte 67 & Carte 68) ;
- ◆ la présence de côtes rocheuses de risque fort, pour les zones d'aléa fort, au niveau de la calanque de Port-Miou, de la pointe des Lombards et des falaises Soubeyranes dans la baie de Cassis et du secteur du Liouquet au niveau de la baie de La Ciotat (Carte 69).

Tableau 5-27 : Linéaire de côte rocheuse par classes de risque vis-à-vis l'instabilité des falaises (en %)

Zone homogène	Valeur du risque		
	Faible	Moyen	Fort
Golfe de Fos – zone homogène 16	56 %	31 %	12 %
Etang de Berre – zone homogène 17	26 %	65 %	8 %
Côte Bleue – zone homogène 18	56 %	40 %	4 %
Rade de Marseille – zone homogène 19	77 %	23 %	0 %
Massif des Calanques – zone homogène 20	39 %	61 %	0 %
Baies de Cassis et de La Ciotat – zone homogène 21	39 %	17 %	44 %
Zone d'étude globale	50 %	40 %	10 %

Sur le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre, 10 % du linéaire de côte rocheuse est caractérisé par une valeur de risque forte vis-à-vis de l'instabilité et près de la moitié du linéaire (50 %) est marquée par un risque faible. Seuls le golfe de Fos, la rade de Marseille et le massif des Calanques ne présentent pas de zones rocheuses de risque fort, les falaises d'aléa fort n'étant pas caractérisées par la présence d'enjeux forts.

Seule la zone des baies de Cassis et de La Ciotat, et plus particulièrement les falaises de la baie de Cassis, présente une forte proportion, de l'ordre de 44 %, de côte rocheuse de risque fort (présence d'enjeux liés à l'accès au littoral de valeur forte). Ces falaises représentent près de 84 % du linéaire de côte rocheuse de risque fort à l'échelle du département.

Il faut noter que dans le cadre de l'étude des falaises côtières à l'échelle de la région PACA (BRGM, 2005), les falaises de Carry-le-Rouet et des Heures-Clares à Istres ont été sélectionnées comme secteurs représentatifs des types d'instabilités rencontrées sur le littoral rocheux à falaise de la région et ont fait l'objet d'une étude plus approfondie en terme d'évaluation et de discussion sur les parades et aménagements appropriés.

5.3.3 Risque submersion marine

Rappel : les résultats et cartographies obtenues ici n'ont pas de valeur de PPRI.

Le risque submersion marine est le croisement de l'aléa submersion marine défini dans le chapitre 4.3 et des enjeux répertoriés dans le chapitre 5.1. La grille de croisement de l'aléa submersion marine et des enjeux est présentée dans le Tableau 5-28.

		Valeur des enjeux		
		Faible	Moyen	Fort
Valeur de l'aléa	Faible	Risque faible	Risque faible	Risque moyen
	Moyen	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
	Fort	Risque moyen	Risque moyen	Risque fort

Tableau 5-28 : Grille de définition du risque vis-à-vis de la submersion marine

Un risque submersion marine fort ne signifie pas qu'il va y avoir une submersion marine importante lors d'une tempête mais plutôt que la zone concernée présente à la fois une configuration sensible à la submersion (altimétrie inférieure à la cote de submersion marine de 1,5 m NGF) et des enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux importants. Le risque est alors défini comme fort car la submersion va entraîner des dégâts matériels anthropiques importants.

La Carte 70 présente le risque submersion marine à l'échelle du littoral du département des Bouches-du-Rhône.

Le croisement de l'aléa submersion marine et des enjeux répertoriés sur la zone d'étude met en évidence un risque moyen à fort (Carte 70) :

- ♦ sur le littoral et à l'intérieur des terres pour le delta du Rhône, notamment au niveau des salins exploités et la partie occidentale du golfe de Fos (aléa fort et enjeux socio-économiques de valeur forte) ;
- ♦ sur une large zone plus faible vers l'intérieur des terres au niveau du canal de Caronte et sur la côte occidentale de l'étang de Berre, notamment au niveau du cordon dunaire du Jaï et des salins de Berre (aléa fort et enjeux environnementaux de valeur moyenne) ;
- ♦ ainsi que sur le littoral de La Ciotat (enjeux liés à l'urbanisation de valeur forte).

5.3.4 Conclusions

L'analyse des enjeux socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux, sur le littoral des Bouches-du-Rhône, y compris le pourtour de l'étang de Berre a mis en évidence la présence d'enjeux moyens à forts sur la quasi-totalité de la frange littorale. La présence de ces enjeux tend à induire des risques moyens à forts sur le littoral.

Le risque vis-à-vis de l'érosion marine de valeur forte ne concerne que 11 % de la surface globale des zones meubles du département, répartis sur 94 zones meubles. Les zones meubles soumises à un risque fort vis-à-vis de l'érosion sont dispersées sur l'ensemble des zones homogènes, à l'exception du massif des Calanques.

Le risque instabilité des falaises côtières fort est concentré sur le littoral de l'étang de Berre, de la Côte Bleue et des baies de Cassis et de La Ciotat, en raison de la combinaison d'aléa fort vis-à-vis des éboulements de falaise et d'enjeux forts (urbanisation, zones portuaires, milieux naturels).

Le risque submersion marine fort est présent sur certains secteurs, notamment le littoral et l'arrière-littoral du delta du Rhône et de l'étang de Berre, si l'on considère une situation extrême où les dunes et les ouvrages de défense ne joueraient pas leur rôle de protection contre les intrusions marines.