

## **ROUTE DE CABLE MARSEILLE MONACO**



**PIECE 4 : ETUDE D'INCIDENCES SUR L'EAU  
ET LES MILIEUX AQUATIQUES ET NOTICE  
D'INCIDENCE NATURA 2000.**

**sipartech**

*Version 3.0*

## SOMMAIRE

i

<b>1. INCIDENCES DIRECTES ET/OU INDIRECTES, TEMPORAIRES ET/OU PERMANENTES, DU PROJET SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DE LA ZONE D'ETUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT.....	2
1.1.1. <i>Limites de la zone d'étude</i> .....	2
1.1.2. <i>Environnement physique</i> .....	3
1.1.2.1.1. Vents.....	3
1.1.2.1.2. Températures .....	5
1.1.2.1.3. Précipitations.....	6
1.1.2.2. Hydrodynamisme.....	7
1.1.2.2.1. Marée .....	7
1.1.2.2.2. Houle .....	9
1.1.2.2.3. Courant.....	12
1.1.2.3. Contexte morpho-bathymétrique.....	14
1.1.2.4. Contexte géologique.....	18
1.1.2.5. Sédimentologie .....	19
1.1.2.6. Qualité du milieu marin .....	22
1.1.2.6.1. Les réseaux et programmes de surveillance (DCE, suivi IFREMER, etc.).....	22
1.1.2.6.2. Qualité physico-chimiques et biologiques des eaux.....	27
1.1.2.6.3. Qualité physico-chimique des sédiments .....	29
1.1.2.7. Ressource en eau continentale.....	30
1.1.2.7.1. Hydrographie générale .....	30
1.1.2.7.2. Eaux souterraines et captage .....	31
1.1.2.8. Risques naturels littoraux .....	33
1.1.2.8.1. Vents violents .....	33
1.1.2.8.2. Risque sismique .....	34
1.1.2.8.3. Risque inondation.....	34
1.1.2.8.4. Submersion marine .....	35
1.1.2.8.5. Erosion côtière.....	35
1.1.3. <i>Environnement biologique marin</i> .....	36
1.1.3.1. Espaces naturels marins et littoraux remarquables.....	37
1.1.3.1.1. Inventaires environnementaux .....	37
1.1.3.1.2. Protections contractuelles.....	39
1.1.3.1.3. Protections réglementaires .....	42
1.1.3.2. Biocénoses et peuplements benthiques.....	46
1.1.3.2.1. Biocénoses marines .....	46
1.1.3.2.2. Peuplements benthiques associées.....	47
1.1.3.3. Espèces protégées et/ou patrimoniales .....	51
1.1.3.3.1. Herbiers de Posidonies ( <i>Posidonia oceanica</i> ) .....	51
1.1.3.3.2. Mammifères et tortues marines.....	53
1.1.3.3.3. Avifaune marine .....	59
1.1.3.4. Ressources halieutiques.....	61
1.1.4. <i>Activités humaines associées au milieu marin</i> .....	62
1.1.4.1. Trafic maritime.....	62
1.1.4.2. Activités halieutiques.....	65
1.1.4.2.1. Pêche professionnelle en mer .....	65
1.1.4.2.2. Aquaculture .....	69
1.1.4.3. Tourisme littoral et loisirs .....	69
1.1.4.4. Servitudes et contraintes maritimes et littorales .....	71
1.1.4.5. Risques pyrotechniques.....	74
1.1.4.6. Documents de gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques .....	74

1.1.4.6.1.	SDAGE Rhône-Méditerranée .....	74
1.1.4.6.2.	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) et Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) 75	
1.2.	ANALYSE DES INCIDENCES DU PROJET .....	77
1.2.1.	<i>Incidences en phase de travaux</i> .....	77
1.2.1.1.	Incidences sur l'environnement marin .....	77
1.2.1.1.1.	Sur l'hydrodynamisme local et la dynamique sédimentaire .....	77
1.2.1.1.2.	Sur les caractéristiques physiques des fonds marins .....	78
1.2.1.1.3.	Sur la qualité du milieu marin.....	78
1.2.1.1.4.	Sur les biocénoses et peuplements benthiques .....	79
1.2.1.1.5.	Sur les espaces naturels marins remarquables .....	81
1.2.1.2.	Incidence sur l'environnement littoral et terrestre .....	83
1.2.1.2.1.	Sur l'environnement physique (topographie) .....	83
1.2.1.2.2.	Sur la qualité des eaux littorales.....	83
1.2.1.2.3.	Sur la faune et la flore littorale.....	83
1.2.1.2.4.	Sur les usages du milieu terrestre et littoral.....	83
1.2.2.	<i>Incidences en phase d'exploitation</i> .....	84
1.2.2.1.	Incidences sur l'environnement marin .....	84
1.2.2.1.1.	Sur l'hydrodynamisme local et la dynamique sédimentaire .....	84
1.2.2.1.2.	Sur les caractéristiques physiques des fonds marins .....	84
1.2.2.1.3.	Sur la qualité du milieu marin.....	84
1.2.2.1.4.	Sur les biocénoses et peuplements benthiques .....	84
1.2.2.1.5.	Sur les espaces naturels marins remarquables .....	85
1.2.2.1.6.	Sur les usages du milieu marin .....	85
1.2.2.2.	Incidence sur l'environnement littoral et terrestre .....	86
1.2.2.2.1.	Sur l'environnement physique (topographie) .....	86
1.2.2.2.2.	Sur la qualité des eaux littorales.....	86
1.2.2.2.3.	Sur la faune et la flore littorale.....	86
1.2.2.2.4.	Sur les usages du milieu terrestre et littoral.....	86
1.2.3.	<i>Incidences en phase de démantèlement</i> .....	86
1.2.3.1.	Incidences sur l'environnement marin .....	86
1.2.3.1.1.	Sur l'hydrodynamisme local et la dynamique sédimentaire .....	86
1.2.3.1.2.	Sur les caractéristiques physiques des fonds marins .....	87
1.2.3.1.3.	Sur la qualité du milieu marin.....	87
1.2.3.1.4.	Sur les biocénoses et peuplements benthiques .....	88
1.2.3.1.5.	Sur les espaces naturels marins remarquables .....	89
1.2.3.1.6.	Sur les usages du milieu marin .....	89
1.2.3.2.	Incidence sur l'environnement littoral et terrestre .....	90
1.2.3.2.1.	Sur l'environnement physique (topographie) .....	90
1.2.3.2.2.	Sur la qualité des eaux littorales.....	90
1.2.3.2.3.	Sur la faune et la flore littorale.....	90
1.2.3.2.4.	Sur les usages du milieu terrestre et littoral.....	90
1.3.	MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE, EVITER OU COMPENSER LES INCIDENCES DU PROJET .....	91
1.3.1.	<i>Mesures envisagées en phase de travaux</i> .....	91
1.3.2.	<i>Mesures envisagées en phase d'exploitation</i> .....	92
1.3.3.	<i>Mesure envisagée en phase de démantèlement</i> .....	93
1.4.	COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE SDAGE RM 210-2015 .....	93
<b>2.</b>	<b>EVALUATION DES INCIDENCES SUR LES SITES NATURA 2000.....</b>	<b>95</b>
2.2.	DESCRIPTION DES HABITATS ET ESPECES NATURA 2000 PRESENTS OU POTENTIELS .....	97
2.2.1.	<i>Cartographie des biocénoses marines</i> .....	97
2.2.2.	<i>Les habitats d'intérêt communautaire recensés</i> .....	98
2.2.3.	<i>Les espèces d'intérêt communautaire recensés</i> .....	101

---

2.2.3.1.	Tortue Caouanne ( <i>Caretta caretta</i> ).....	104
2.2.3.2.	Grand dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> ).....	104
2.3.	APPRECIATION DES INCIDENCES DU PROJET ET MESURE D'ATTENUATION .....	105
2.3.1.	<i>Herbiers de posidonies (Posidonia oceanica)</i> .....	105
2.3.2.	<i>Tortue Caouanne (Caretta caretta)</i> .....	107
2.3.3.	<i>Grand dauphin (Tursiops truncatus)</i> .....	107
2.4.	CONCLUSION SUR LES INCIDENCES DU PROJET .....	107
<b>3.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>108</b>

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude globale (source : Google Earth).</i>	2
<i>Figure 2 : Carte de localisation de la zone d'étude avec un zoom au niveau de l'atterrissage à la plage de Bonneveine (source : Google Earth).</i>	3
<i>Figure 3 : Distribution du vent à l'aéroport de Marseille (11/2000-01/2014), à l'île de Porquerolles (04/2007-01/2014) et à l'aéroport de Nice (10/2000-01/2014) (source : windfinder.com).</i>	4
<i>Figure 4 : Caractéristiques des vents à la station de Pointe Rouge (source : Wisuki.com).</i>	5
<i>Figure 5 : Moyenne annuelle des températures maximales et minimales en région PACA (1971-2000) (source : Météo-France.fr).</i>	6
<i>Figure 6 : Température moyenne par mois à la Pointe Rouge (source : Wisuki.com).</i>	6
<i>Figure 7 : Cumul moyen annuel de précipitations en Région PACA (1971-2000) (source : Météo-France.fr).</i>	7
<i>Figure 8 : Cumul des précipitations mensuelles (en mm) à la Pointe Rouge (source : Wisuki.com).</i>	7
<i>Figure 9 : Localisation des points de données ANEMOC au droit de la zone d'étude.</i>	10
<i>Figure 10 : Roses de houles au droit de la zone d'étude. En bleu la fréquence d'apparition en ‰ des houles en fonction de la direction moyenne de provenance (en degré) (source : Base de données ANEMOC).</i>	10
<i>Figure 11 : Hauteur des vagues (toute direction confondue) et rose des houles à la Pointe Rouge (source : wisuki.com).</i>	12
<i>Figure 12 : Carte de synthèse de l'hydrodynamisme de Marseille au Cap Croisette (source : Catalogue sédimentologique des côtes françaises).</i>	14
<i>Figure 13 : Bathymétrie de l'emprise générale du projet, MNT 250m Méditerranée (source : Shom, Ifremer).</i>	15
<i>Figure 14 : Carte bathymétrique multifaisceaux du secteur de Marseille.</i>	17
<i>Figure 15 : Coupe bathymétrique des câbles MML et AAE-1 dans la zone prospectée sur le secteur de Marseille.</i>	17
<i>Figure 16 : Schéma structuré de la marge du golfe du Lion et des principaux accidents décrochants de la Provence occidentale (source : BRGM).</i>	18
<i>Figure 17 : Géologie de l'emprise générale du projet, carte géologique de la France 1/1 000 000 (source : BRGM).</i>	19
<i>Figure 18 : Nature des fonds de l'emprise générale du projet (source : Shom).</i>	20
<i>Figure 19 : Nature des fonds sur le secteur de Marseille et localisation des points de vérité de terrain lors de la mission de survey.</i>	21
<i>Figure 20 : Etat des masses d'eau côtières au droit de la zone d'étude.</i>	23
<i>Figure 21 : Localisation des stations de surveillance de l'Ifremer (source : Ifremer).</i>	25
<i>Figure 22: Carte des concentrations locales en Mercure par rapport à la médiane nationale (source : Ifremer).</i>	26
<i>Figure 23: Carte des concentrations locales en Plomb par rapport à la médiane nationale (source : Ifremer).</i>	26

Figure 24 : Carte de qualité des eaux de baignades des plages de la baie du Pado à Marseille (source : ARS).....	28
Figure 25 : Carte de localisation des pollutions de sédiment et de l'eau de mer sur le littoral de Marseille Provence Métropole (source : Agam, 2012).....	30
Figure 26 : Périmètre de protection pour le captage d'eau potable dans la masse d'eau souterraine FRDG137. ....	32
Figure 27 : Localisation du forage. ....	33
Figure 28 : Zone inondable dans le bassin Marseille Provence. ....	34
Figure 29 : Localisation des zones d'informations sur la submersion marine. ....	35
Figure 30 : Rechargement en sable de la plage de la Pointe Rouge en 2013 (source : marsactu.fr).....	36
Figure 31 : Zonages d'inventaires environnementaux. ....	39
Figure 32 : Sites Natura 2000 en mer.....	40
Figure 33 : Protections des milieux naturels et engagements internationaux. ....	42
Figure 34 : Limites cadastrales du site classé de la presqu'île de Pointe Rouge (source : Catalogue départemental des sites classés, Bouches-du-Rhône– DREAL PACA).....	44
Figure 35 : Limites du site classé Massif des calanques (source : Catalogue départemental des sites classés, Bouches-du-Rhône– DREAL PACA). ....	45
Figure 36 : Localisation des différentes biocénoses au niveau de la zone d'étude générale.....	47
Figure 37 : Turritella communis. ....	47
Figure 38 : Ebalia Edwardsii. ....	47
Figure 39 : Tellina serrata. ....	48
Figure 40 : Aphrodita aculeata.....	48
Figure 41 : Leptometra celtica.....	48
Figure 42 : Isidella elongata. ....	49
Figure 43 : Paracentrotus lividus (oursin).....	49
Figure 44 : Pinna nobilis (grande nacre).....	49
Figure 45 : Habitats marins EUNIS sur la zone d'étude.....	50
Figure 46 : Habitats marins sur la zone d'étude.....	50
Figure 47 : Herbier à Posidonia oceanica. ....	51
Figure 48 : Cartographie de la zone d'herbier à Posidonia oceanica au niveau de la zone d'atterrage de Bonneveine.....	53
Figure 49 : Localisation des observations de delphinidés et de marsouin commun, en effort et en transit (Petits delphinidés : dauphin bleu et blanc, dauphin commun et le groupement Stenella/Delphinus, grands delphinidés : Grand dauphin) (source : Pélagis - Université de la Rochelle - Suivi aérien de la mégafaune marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine – Hiver 2011/2012 et été 2012.).....	54
Figure 50 : Localisation des observations de cachalots, de balaenoptéridés, de baleines à bec, de dauphin de Risso, de grands globicéphalinés en effort et transit (Balaenoptéridés : rorqual commun et petit rorqual, baleines à bec : ziphius, petit globicéphalinés : dauphin de Risso, grands globicéphalinés :	

<i>globicéphale noir/pseudorque) (source : Pélagis- Université de la Rochelle - Suivi aérien de la mégafaune marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine – Hiver 2011/2012 et été 2012).</i> .....	55
<i>Figure 51 : Distribution des cétacés en Méditerranée entre 1994 et 2008 (source : GIS-3M. 2009. Analyse spatio-temporelle de la distribution des cétacés en relation avec les paramètres environnementaux. Rapport final. Décembre 2009).</i> .....	56
<i>Figure 52 : Tortue imbriquée et tortue caouanne de Méditerranée.</i> .....	57
<i>Figure 53 : Carte de distribution des observations de tortues marines en été et en hiver (source : Pélagis- Université de la Rochelle – Suivi aérien de la mégafaune marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine – Hiver 2011/2012 et été 2012).</i> .....	57
<i>Figure 54 : Distribution des observations de tortues marines en Méditerranée occidentale.</i> .....	58
<i>Figure 55 : Puffin yelkouan.</i> .....	59
<i>Figure 56 : Puffin cendré.</i> .....	59
<i>Figure 57 : Distribution du puffin yelkouan durant la saison de reproduction 2012, A, B : Suivi GPS d’individus adultes durant la saison d’élevage des poussins ; C : Densité de petits puffins (yelkouan et baléares) estimée lors de la campagne bateau PELMED de l’Ifremer ; D : Densité de petits puffins (yelkouan et baléares) estimée lors de la campagne avion de l’observatoire PELAGIS (SAMM) (source : C. Péron et al. / Biological Conservation 168 (2013) 210–221).</i> .....	60
<i>Figure 58 : Distribution de la densité kernel de puffin yelkouan hors période de reproduction (mi-juin 2011 à mars 2012), Les points correspondent aux localisations issues des géolocaliseurs. Pendant cette période (de juillet à novembre), les puffins yelkouan sont posés près de 80 % du temps (source : C. Péron et al. / Biological Conservation 168 (2013) 210–221).</i> .....	61
<i>Figure 59 : Récifs artificiels du Prado.</i> .....	62
<i>Figure 60 : Trafic de conteneurs – Port de Marseille (sources : Mer&amp;Marine/Nathalie du Colombier).</i> ... 63	
<i>Figure 61 : Trafic de passagers (source : <a href="http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2013/01/07/20002-20130107ARTFIG00318-le-port-de-marseille-parie-sur-les-croisieres.php">http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2013/01/07/20002-20130107ARTFIG00318-le-port-de-marseille-parie-sur-les-croisieres.php</a>).</i> .....	63
<i>Figure 62 : Importance du trafic maritime (source : Marine traffic).</i> .....	64
<i>Figure 63 : Distribution spatiale des activités de pêche tous engins confondus (source : Ifremer-SIH - Synthèse des flottilles 2011. Façade méditerranéenne (Hors Corse), 2013).</i> .....	65
<i>Figure 64 : Zones de pêche de Méditerranée.</i> .....	66
<i>Figure 65 : Petits métiers -Vieux port de Marseille.</i> .....	68
<i>Figure 66 : Métiers du quartier maritime de Marseille (source : Ifremer-SIH – Rapports sur les activités 2011 des navires de pêche du quartier maritime de Marseille).</i> .....	68
<i>Figure 67 : Engins de pêche du quartier maritime de Marseille (source : Ifremer-SIH – Rapports sur les activités 2011 des navires de pêche du quartier maritime de Marseille).</i> .....	68
<i>Figure 68 : Nombreux sites de plongées.</i> .....	70
<i>Figure 69 : Plage de Bonneveine vue du côté Sud (photo de gauche) et vue du côté Nord (photo de droite) (source : iXSurvey).</i> .....	71
<i>Figure 70 : Servitudes et contraintes maritimes et littorales.</i> .....	73
<i>Figure 71 : Carte de localisation des anomalies magnétiques détectées lors de la mission de survey.</i> ....	74
<i>Figure 72 : Habitats marins au sein de la zone Natura 2000 FR9301602.</i> .....	98

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Tableau de synthèse d'estimation des niveaux maxima annuels. ....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau 2 : Occurrence du secteur de provenance de la houle à la bouée Le Plannier au large de Marseille (01/2011-01/2014) et à la bouée de Nice (06/2002-11/2013) (source : candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr). ....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 3 : Corrélogrammes hauteur significative de la houle / direction moyenne de la houle aux points ANEMOC 2370, 4302 et 6900 (source : Base de données ANEMOC). ....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 4 : Interprétation des faciès acoustiques identifiés sur la zone d'étude. ....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 5 : Qualité de la masse d'eau côtière FRDC06b Pointe d'Endoume (source : SIERM). ....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 6 : Liste des stations de surveillance de l'Ifremer de la zone d'étude. ....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 7 : Qualité des eaux de baignade à la plage de Bonneveine (source : ARS). ....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 8 : Qualité de la masse d'eau côtière FRD0137 (source : SIERM). ....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 9 : Qualité de la masse d'eau souterraine FRDG137 « Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset (source : Système d'information sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée (Siern)). ....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 10 : Liste des ZNIEFF sur et au voisinage de la zone d'étude. ....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 11 : Répartition des navires par quartier maritime et rayon d'action (source : Ifremer-SIH – Rapports sur les activités 2011 des navires de pêche des quartiers maritimes de Martigues, de Marseille et de la région PACA, 2012). ....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 12 : Fréquentation des zones de pêche (source : Ifremer-SIH – Rapports sur les activités 2011 des navires de pêche des quartiers maritimes de Martigues, de Marseille et de la région PACA, 2012). .</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 13 : Synthèse le linéaire du câble MML traversant la zone d'herbier à Posidonia oceanica associés à l'emprise sur le fond. ....</i>	<i>80</i>
<i>Tableau 14 : Synthèse des linéaires de câbles et des emprises correspondantes dans le Parc National des Calanques. ....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 15 : Synthèse des informations générales sur les deux sites Natura 2000 concernés par le projet de pose de câble entre Marseille et Monaco appartenant à la zone d'étude de ce dossier (ZPS : Zone de Protection Spéciale, pSIC : proposition de Site d'Intérêt Communautaire, SIC : Site d'Intérêt Communautaire et ZSC : Zone Spéciale de Conservation). ....</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 16 : Liste des habitats communautaires présents sur le site Natura 2000 « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet ». ....</i>	<i>100</i>
<i>Tableau 17 : Liste des espèces communautaires présentes sur les sites Natura 2000 « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet » et « îles Marseillaise – Cassidaigne ». ....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 18 : Statut de protection de la Tortue Caouanne (Caretta caretta). ....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 19 : Statut de protection du Grand Dauphin (Tursiops truncatus). ....</i>	<i>105</i>

## **LISTE DES ANNEXE**

---

*viii*

---

*ANNEXE 1 : Carnet de terrain – Mission du 18 juin 2014 – Points de vérité terrain et mesure de la densité de deux stations d’herbier de Posidonies ..... 109*

*ANNEXE 2 : Synthèse des incidences sur l’environnement marin et terrestre et les mesures d’atténuation envisagées (M : environnement marin et LT : environnement littoral et terrestre) ..... 118*



**1. INCIDENCES DIRECTES ET/OU  
INDIRECTES, TEMPORAIRES ET/OU  
PERMANENTES, DU PROJET SUR  
L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES**

---

## 1.1. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DE LA ZONE D'ETUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2

### 1.1.1. LIMITES DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude se limite aux eaux territoriales françaises, encore définies par le domaine public maritime (DPM). La limite géographique se définit comme suit:

- Les eaux intérieures sont situées entre la côte et la ligne de base ;
- La ligne de base est constituée soit par la laisse des plus basses mers (ligne de base normale), soit par une suite de segments joignant des points à proximité de la côte (ligne de base droite). Les lignes de base droites ont été définies pour l'essentiel du territoire métropolitain par le décret du 19 octobre 1967 ;
- La mer territoriale s'étend jusqu'à 12 milles nautiques au large de la ligne de base.

Dans la zone intéressée par le présent dossier, la ligne de base est définie du golfe de Fos à la baie de Sanary (Décret du 19 octobre 1967 définissant les lignes de base droites et les lignes de fermeture des baies servant à la détermination des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur des eaux territoriales).

D'une façon plus précise, la zone d'atterrissage du câble se localise au niveau de la plage de Bonneveine situé dans la baie du Prado. Elle est orientée Nord-Sud et fait face à l'Ouest. Cette plage artificielle est protégée par des brises lames et des épis. Elle se trouve au Sud de l'exutoire de l'Huveaune et au Nord du port de Pointe Rouge.

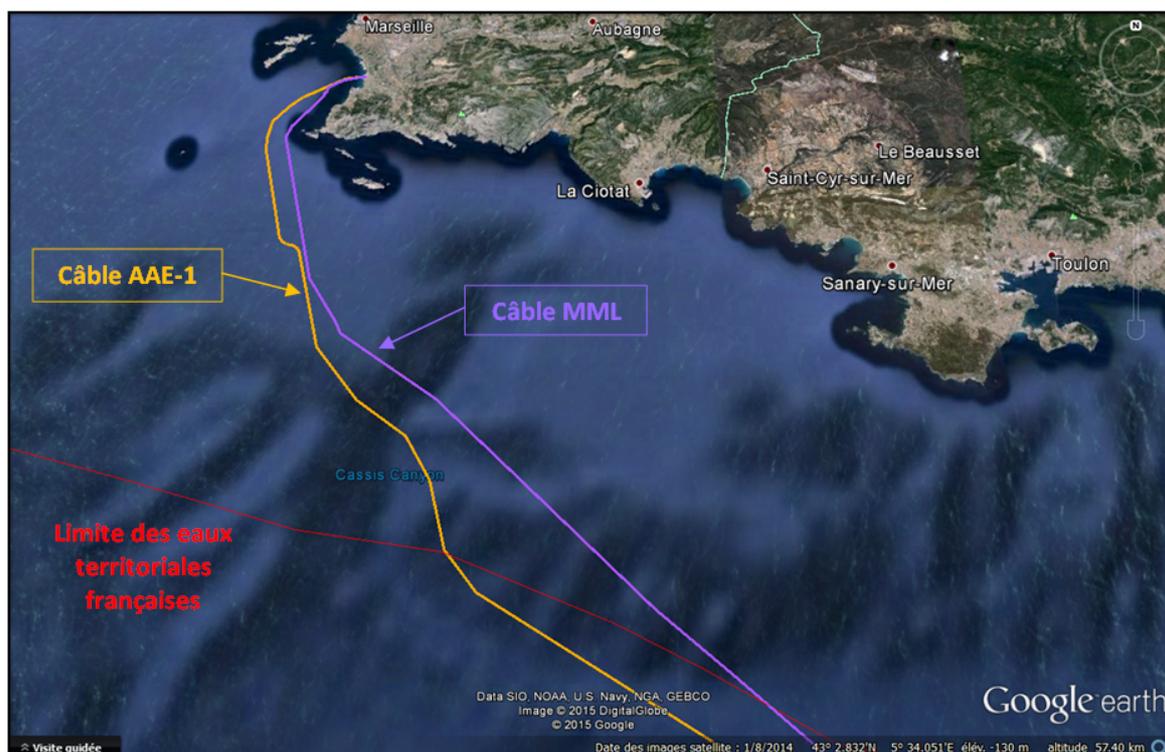


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude globale (source : Google Earth).



Figure 2 : Carte de localisation de la zone d'étude avec un zoom au niveau de l'atterrage à la plage de Bonneveine (source : Google Earth).

## 1.1.2. ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

### 1.1.2.1. Conditions météorologiques

#### 1.1.2.1.1. Vents

##### ➤ CONDITIONS GÉNÉRALES

Les vents les plus violents qui soufflent en mer Méditerranée sont générés par les interactions entre les dépressions de l'Islande et de Gênes ainsi que l'anticyclone des Açores. Le Mistral (Nord Nord-Ouest) et la Tramontane (Nord-Ouest Ouest) sont les deux vents générés, qui se canalisent et sont accélérés respectivement lors de leur passage dans la vallée du Rhône et entre les massifs Central et celui des Pyrénées. Ces vents prédominants peuvent dépasser les 25 m/s et sont particulièrement intenses en saison hivernale. Ils sont à l'origine de la mer de vent.

Les vents de secteurs Sud à Sud-Est sont moins fréquents et également de plus faibles intensités. Ces vents peuvent se révéler ponctuellement très intenses lors de tempête. Lorsqu'ils soufflent assez fort et sur une période assez longue, ils sont générateurs de houle.

La Figure 3 présente l'occurrence des différents régimes de vents le long de la côte Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) aux stations météo de l'aéroport de Marseille, de l'île de Porquerolles (proximité de Toulon) et de l'aéroport de Nice. Les régimes de vents sont très similaires à Marseille et Nice avec une prédominance à Marseille du Mistral et Tramontane qui soufflent le plus fortement. Au niveau de l'île

de Porquerolles, les deux composantes de secteur Nord à Ouest, guidé par l'orographie s'orientent Ouest à Sud-Ouest. Un vent d'Est-Nord-Est est également mesuré.

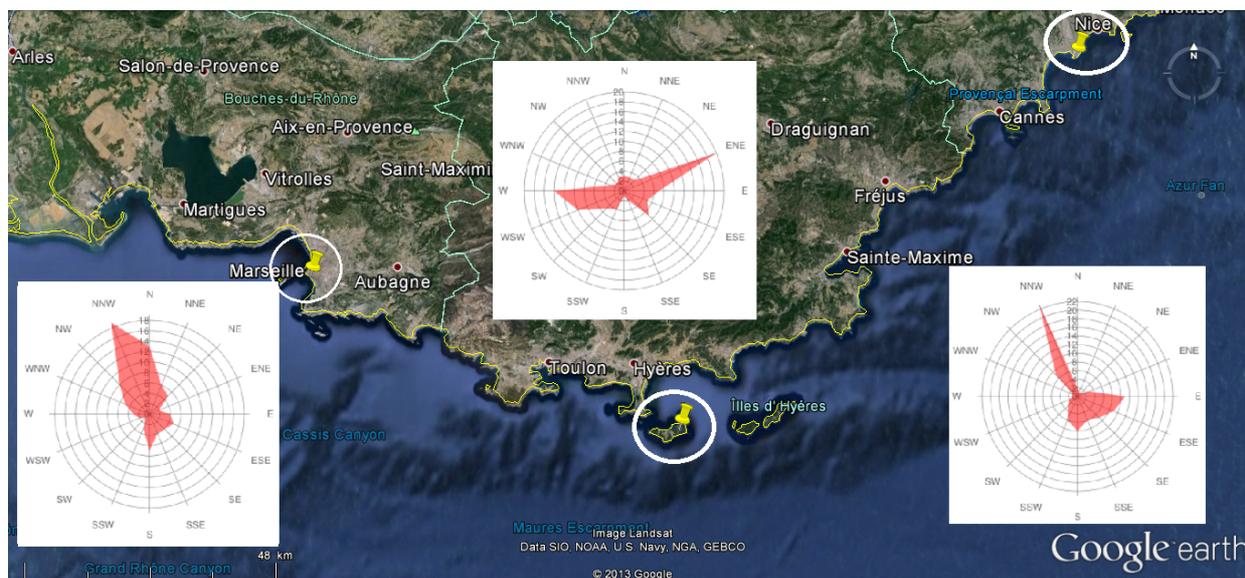


Figure 3 : Distribution du vent à l'aéroport de Marseille (11/2000-01/2014), à l'île de Porquerolles (04/2007-01/2014) et à l'aéroport de Nice (10/2000-01/2014) (source : windfinder.com).

Par ailleurs, les gradients thermiques à l'échelle diurne entre la mer et le continent en été sont à l'origine de brise thermique. Lorsque la mer est plus chaude que le continent, c'est-à-dire en situation nocturne, un vent de terre s'installe soufflant vers la mer. Inversement en journée, où un vent de mer est généré. Ces brises sont caractérisées par des vitesses moins élevées que les vents dominants.

### ➤ ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE

La zone d'étude est exposée à l'occurrence de deux régimes de vent dominants (Millot, 1990):

- Le Mistral, venant du Nord/Nord-Ouest. Ce vent est très largement dominant, tant en fréquence qu'en intensité : il souffle généralement entre 10 et 20 m/s. Ce vent peut être très fort et instable. Le Mistral est observé en moyenne 110 jours/an avec des vitesses variant selon les saisons (vitesse moyenne en été : 36 à 54 km/h ; vitesse maximale en hiver : 130 km/h). Sa vitesse dépasse fréquemment 50 km/h pour atteindre en pointe jusqu'à 150 km/h ;
- Le Levant et le Marin. Ils correspondent à des vents de secteur d'Est/Sud-est. Ces vents sont beaucoup moins fréquents que le Mistral. Leur intensité évolue généralement entre 10 et 20 m/s, mais ils peuvent également être très forts. Ces vents génèrent de grands courants côtiers et participent au transport sédimentaire.

A titre d'illustration, les données de vent de la station de Pointe Rouge (direction du vent dominant, probabilité de vent de plus de 20 km/h, vitesse et rose des vents en %) sont présentées ci-après (Figure 4). Il est important de préciser que des extrapolations pourront être envisagées au niveau de la plage de Bonneveine connaissant la proximité de cette plage avec la Pointe Rouge.

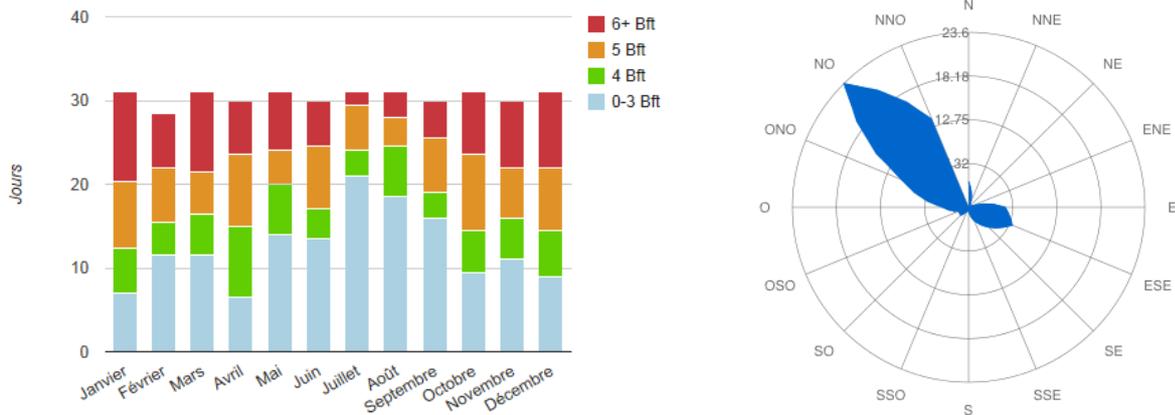


Figure 4 : Caractéristiques des vents à la station de Pointe Rouge (source : Wisuki.com).

En conditions météorologiques extrêmes, les vitesses de vents et hauteur de vagues rencontrées en Méditerranée sont les suivantes :

- Vent le plus important observé sur 50 ans : 49.1 m/ s, (soit 177 km/h) ;
- Hauteur de vague maximale observée sur 50 ans : 7.5 m.

☞ *Au niveau de la plage de Bonneveine, le vent provenant du Nord-Ouest est largement dominant, en hiver la vitesse du vent est majoritairement à plus de 5 Bft et en été entre 0 et 4 Bft.*

#### 1.1.2.1.2. Températures

##### ➤ CONDITIONS GENERALES

Le climat méditerranéen qui caractérise la région PACA est à l’origine de températures douces en hiver et chaudes en été. Les moyennes annuelles des températures minimales le long du littoral, comprenant la zone de Marseille à Nice sont donc très clémentes avec des valeurs de 10-12°C (Figure 5). Quant aux moyennes des températures maximales elles sont entre 18-20°C.

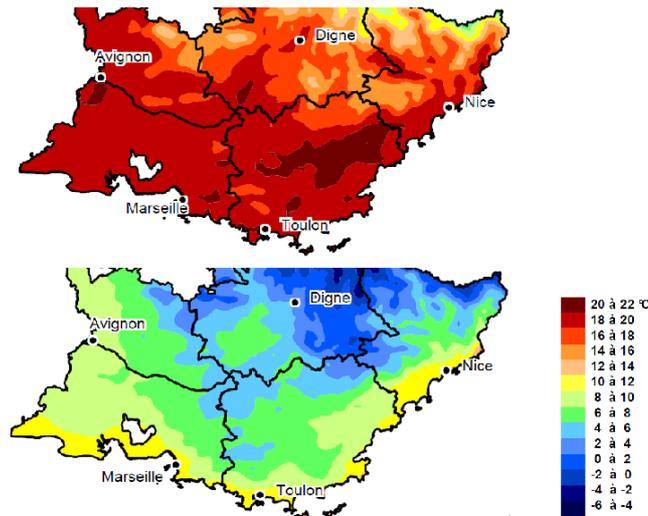


Figure 5 : Moyenne annuelle des températures maximales et minimales en région PACA (1971-2000) (source : Météo-France.fr).

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

Les températures sont élevées en été (entre 20 et 30°C) et douces en hiver (entre 5 et 10°C). Il n’y a pas d’écarts importants entre les températures basses et hautes au sein du même mois. La température moyenne est proche de 15°C.

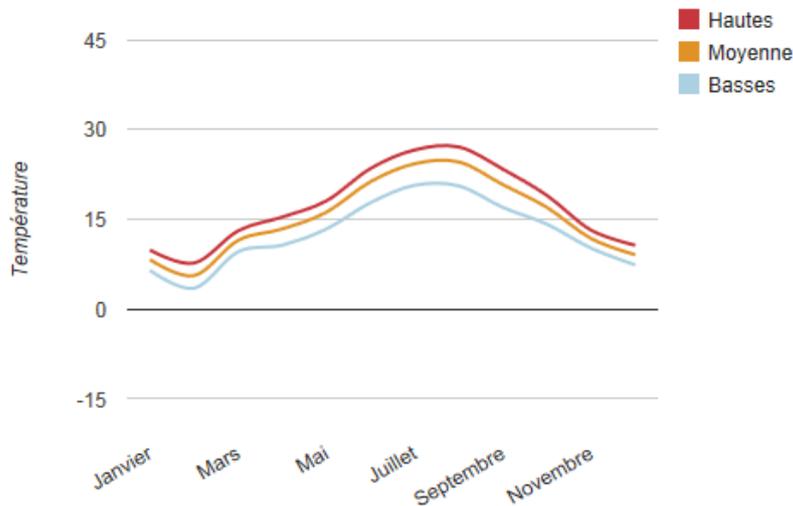


Figure 6 : Température moyenne par mois à la Pointe Rouge (source : Wisuki.com).

1.1.2.1.3. **Précipitations**

➤ **CONDITIONS GENERALES**

Les précipitations sur le littoral de la région PACA de Marseille à Nice sont peu importantes (Figure 7). Dans les bouches du Rhône et particulièrement à Marseille les quantités de pluie reçue sont les plus faibles avec un cumul annuel de précipitations de 490-600 mm réparti sur 70 jours de pluie à l’année. Le cumul est légèrement plus important dans la région de Toulon (600-800 mm) et de Nice (900-700 mm).

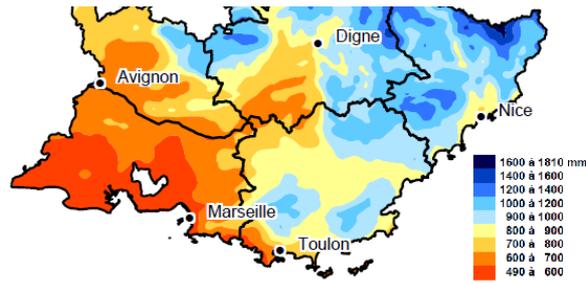


Figure 7 : Cumul moyen annuel de précipitations en Région PACA (1971-2000) (source : Météo-France.fr).

➤ **ZONE D’ETUDE : POINTE ROUGE – BONNEVEINE**

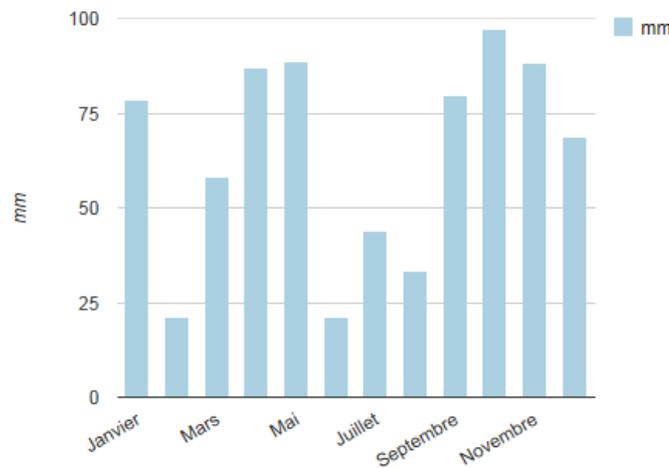


Figure 8 : Cumul des précipitations mensuelles (en mm) à la Pointe Rouge (source : Wisuki.com).

Deux principales périodes d’épisodes pluvieux s’observent au sein d’une année. De septembre à janvier, où les précipitations présentent un cumul mensuel de 75 mm à presque 100 mm et en avril et mai. Les mois d’été sont très secs (moins de 50 mm en un mois).

👁 *La zone d’étude bénéficie d’un climat typiquement méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers doux, humides et venteux.*

**1.1.2.2. Hydrodynamisme**

Les contraintes associées aux courants et à la houle sont particulièrement déterminantes pour appréhender la problématique d’ensouillage d’un câble sous-marin, principalement en lien avec sa stabilité.

**1.1.2.2.1. Marée**

➤ **CONDITIONS GENERALES**

La marée astronomique en mer Méditerranée est relativement faible à cause de la faible extension de ces plateaux continentales et de son ouverture très réduite vers l’Océan Atlantique. De ce fait, la marée

de type semi-diurne à inégalité diurne décrit une amplitude de marnage qui n'excède pas en moyenne 0.40 m à la côte.

A défaut d'être significativement affecté par la marée astronomique, les variations de hauteur d'eau et les courants de surface sont principalement forcés par l'atmosphère (effet baromètre inverse, vent et houle).

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

Le secteur est soumis à un régime micro-tidal. Les amplitudes de marée, à dominance semi-diurne, sont en effet faibles (marnage variant à Marseille entre 30 cm pour une situation de morte-eau<sup>1</sup> et 60 cm pour une situation de vive-eau<sup>2</sup>) et les courants associés sont très faibles.

La marée astronomique est relativement faible à Marseille, de l'ordre de 20 cm. Elle est souvent masquée par les effets plus importants de la marée météorologique (surcote) en particulier en période de morte-eau. Ces effets sont liés:

- Aux variations de pressions : une augmentation de la pression atmosphérique de 1 hPa fait baisser le niveau de la mer de 1 cm (et *vice-versa*). Par exemple, le passage d'une perturbation associée à une dépression peut faire monter le niveau de la mer de 30 à 40 cm du simple fait de la diminution de pression ;
- Aux vents : l'effet du vent peut faire basculer le plan d'eau et générer un courant de surface. Un vent de terre provoque une décote, un vent de mer provoque une surcote. Le courant généré par le vent porte en surface à 45° à gauche par rapport à la direction vers où souffle le vent. Ainsi, un vent de secteur Sud-est, génère un courant qui va permettre l'accumulation d'eau au rivage (rade d'Endoume). Cette accumulation d'eau est importante quand les fonds sont faibles ;
- Aux houles : le déferlement des vagues crée une surcote entre la ligne de déferlement et le rivage. Cette surcote est appelée « set-up », elle peut être importante (de l'ordre de 8 à 10 % de la hauteur des vagues au déferlement).

D'après les données journalières du marégraphe de Marseille, le niveau de la mer est en moyenne de 0.5 m. Depuis 2002, le niveau d'eau maximal enregistré est d'un peu plus de 1 m et le niveau minimum de 0.2 m. Une loi d'ajustement permet d'estimer les niveaux maxima annuels :

PERIODE DE RETOUR	2 ANS	5 ANS	10 ANS	20 ANS	50 ANS	100 ANS
Niveau IGN69	0.70 m	0.84 m	0.94 m	1.03 m	1.15 m	1.24 m
Niveau (C.M.)	1.03 m	1.17 m	1.27 m	1.36 m	1.48 m	1.57 m

Tableau 1 : Tableau de synthèse d'estimation des niveaux maxima annuels.

Rappel : A Marseille, le 0.00 IGN69 se situe à +0.33 m au-dessus du zéro des cartes marines.

<sup>1</sup> Lorsque le marnage passe par un minimum, la marée est dite de morte-eau

<sup>2</sup> Lorsque le marnage passe par un maximum, la marée est dite de vive-eau

Le marnage est faible au sein de la rade de Marseille (de 30 cm à 60 cm en moyenne) et les phénomènes météorologiques masquent les variations dues à la marée astronomique. Les variations de pression, les vents ou encore les houles peuvent toutefois générer un phénomène de surcote non négligeable.

1.1.2.2.2. Houle

➤ CONDITIONS GENERALES

Les données de houle du Centre d’Archivages National de Données de Houle In Situ (CANDHIS) ont été exploitées afin de caractériser les conditions globales d’agitation en zone côtière à proximité de Marseille, de Toulon et de Nice.

Les secteurs de provenance de la houle et la mer du vent sont différents de Marseille à Nice (Tableau 2). Ces composantes proviennent le plus fréquemment du secteur Ouest/Sud-Ouest à Marseille et du secteur Sud/Sud-Ouest à Sud pour la bouée de Nice en raison de la configuration de la côte. D’autre part, la houle et la mer de vent d’Est à Sud-Est, caractérisées par une occurrence plus faible représentent le second secteur de provenance.

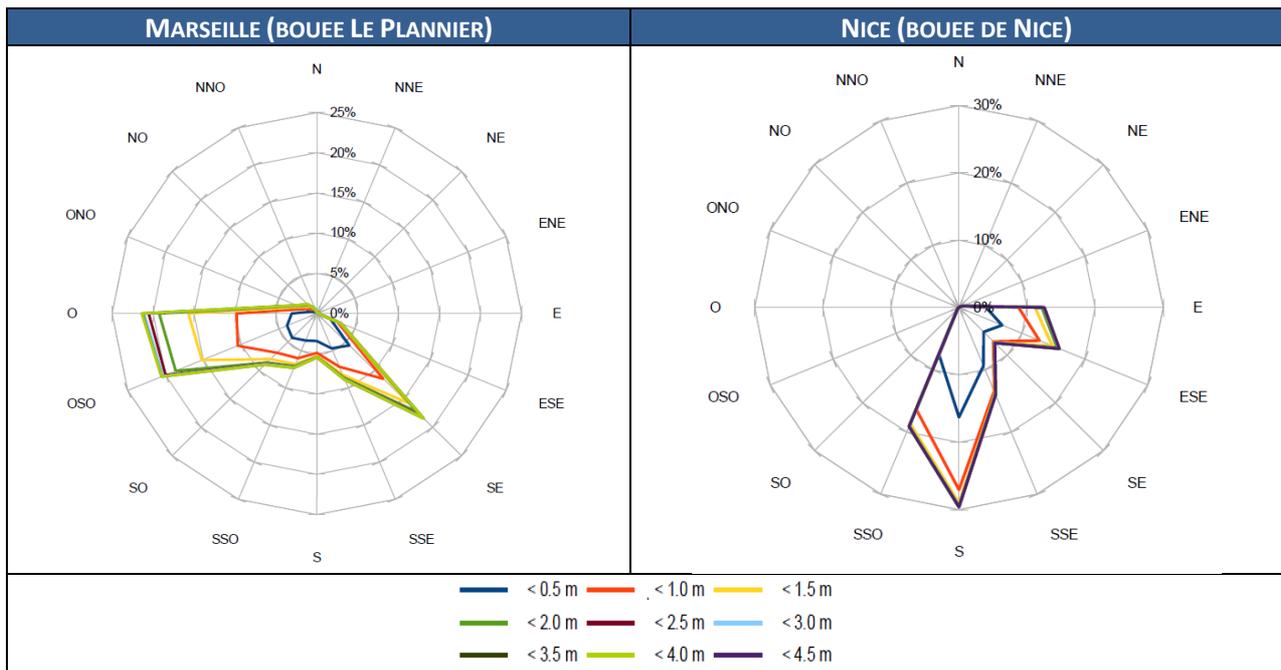


Tableau 2 : Occurrence du secteur de provenance de la houle à la bouée Le Planier au large de Marseille (01/2011-01/2014) et à la bouée de Nice (06/2002-11/2013) (source : candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr).

La houle et la mer de vent les plus fortes sont mesurées au niveau de la côte varoise à la bouée de Porquerolles (Toulon) avec des hauteurs significatives pouvant atteindre 7 m alors qu’elles sont limitées à 4-4.5 m aux deux autres localités. Ces épisodes sont observés aux périodes tempétueuses de l’automne à l’hiver. Cependant, la majorité du temps, ces houles et mer du vent sont de faibles intensités avec des hauteurs inférieures à 1 m 63 % du temps à Marseille, 86 % du temps à Nice et seulement 53 % du temps à Porquerolles (Toulon). L’état de mer est dominé par une mer de vent avec des périodes de pic de 4-8 s sur près de 90 % à 95 % du temps, expliqué par un fetch relativement faible pour les vents dominants en Méditerranée.

Les caractéristiques des houles sur la zone d'étude sont appréhendées sur la base des données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de mer Océanique et Côtier) de simulations numériques des houles. Les caractéristiques des houles des points les plus proches de la zone d'étude (hors points bleus, non disponibles en accès libre) (Figure 9 et 10, et Tableau 3) sont présentées ci-après sur les roses des houles et dans les tableaux de données correspondantes.



Figure 9 : Localisation des points de données ANEMOC au droit de la zone d'étude.

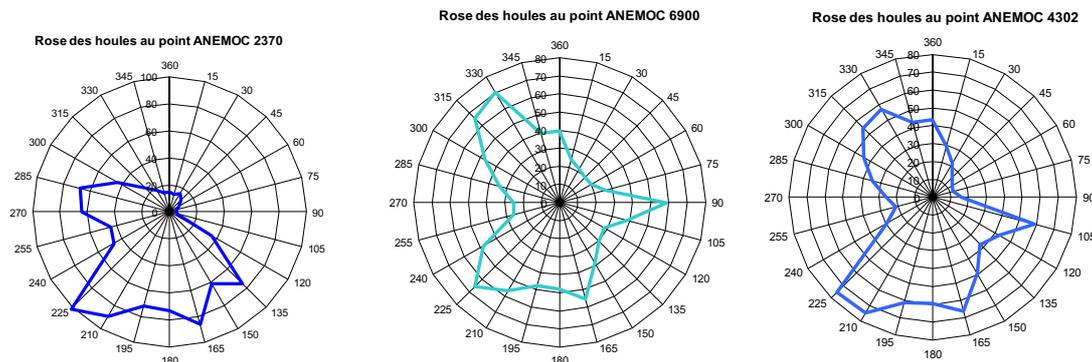


Figure 10 : Roses de houles au droit de la zone d'étude. En bleu la fréquence d'apparition en % des houles en fonction de la direction moyenne de provenance (en degré) (source : Base de données ANEMOC).

Corrélogramme Hm0 / DirMoy - ANEMOC MEDIT 2370 - annuel																										
Hm0 (m)	DirMoy (degrés)																									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	Total
0.5	6.97	8.01	5.88	3.21	2.25	2.43	2.85	28.10	48.31	21.70	36.25	30.21	26.72	36.96	56.78	22.26	18.97	27.02	36.05	18.87	4.52	3.50	4.71	5.91	460.44	
1	6.17	7.78	6.34	4.29	2.80	2.41	3.15	5.06	13.27	14.18	22.94	20.00	20.88	28.03	24.39	11.32	11.48	19.86	19.67	20.98	19.80	14.50	11.24	8.59	319.16	
1.5						0.05	0.17	1.99	7.40	9.36	12.83	12.42	12.46	12.79	10.07	7.10	7.43	11.90	11.36	3.99	0.50	0.07	0.02		121.92	
2							0.02	0.23	4.03	7.80	7.65	5.97	6.95	6.00	4.48	4.04	4.56	4.74	0.66	0.12					57.24	
2.5								0.03	1.63	5.10	3.52	2.80	2.97	2.87	2.51	1.76	1.73	0.57	0.02						25.52	
3									0.01	0.23	2.51	2.27	1.26	1.19	1.55	1.16	0.49	0.16	0.05						10.89	
3.5										0.07	0.44	0.52	0.35	0.58	0.64	0.23	0.05	0.00	0.00						2.88	
4											0.01	0.06	0.12	0.15	0.10	0.16	0.03	0.00	0.00						0.64	
4.5												0.04	0.02	0.02	0.02	0.07			0.00						0.18	
5													0.02	0.01	0.01	0.01		0.00	0.01						0.06	
5.5														0.00	0.05	0.01	0.01		0.02	0.00					0.10	
6																		0.00							0.02	
Total	13.14	15.79	12.21	7.50	5.05	4.89	6.19	35.42	74.95	61.22	86.19	73.22	71.90	89.06	101.66	47.05	44.36	64.14	67.76	43.96	24.83	18.07	15.97	14.50		

Les valeurs du tableau sont exprimées en "pour mille (‰)" - Les valeurs 0.00 ‰ correspondent à des fréquences comprises entre 0 ‰ et 0.01 ‰ - Les cases vides correspondent à des fréquences nulles.

Code des couleurs		
>= 10 ‰	>= 30 ‰	>= 50 ‰

Corrélogramme Hm0 / DirMoy - ANEMOC_MEDIT_4302 - annuel																											
Hm0 (m)	DirMoy (degrés)																										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	Total	
0.5	2.99	2.30	2.21	2.35	2.78	5.11	36.71	19.05	10.22	13.44	25.99	21.72	20.87	28.60	39.20	9.52	5.37	6.71	8.52	7.88	6.54	4.91	4.67	3.75	291.42		
1	7.49	6.47	4.67	4.10	3.64	4.23	9.13	8.51	8.71	14.26	18.47	17.29	18.96	24.93	19.52	8.57	6.17	7.14	9.05	11.59	13.34	12.79	13.11	10.55	262.69		
1.5	8.31	6.13	4.26	3.04	2.65	3.32	6.15	5.18	6.39	8.99	10.60	10.79	10.99	11.28	8.31	6.07	3.83	4.57	6.28	9.61	14.38	16.87	15.29	11.76	195.06		
2	8.19	5.24	3.16	2.12	1.76	2.05	3.65	4.00	4.70	5.84	6.51	5.53	6.09	5.41	4.15	3.23	3.10	3.62	5.39	8.28	12.67	14.37	13.61	12.63	145.29		
2.5	2.05	1.58	1.04	0.86	0.93	1.03	1.92	2.89	3.70	3.50	2.79	2.44	2.55	2.49	2.19	1.56	1.70	2.53	3.85	5.51	6.75	6.47	5.28	3.53	69.12		
3	0.45	0.33	0.12	0.07	0.21	0.28	0.98	2.28	2.75	2.15	1.32	1.08	1.07	1.41	1.29	0.80	0.86	1.04	1.32	1.11	0.84	0.84	0.80	0.63	24.02		
3.5	0.16	0.08		0.07	0.04	0.10	0.15	0.60	0.87	0.98	0.40	0.32	0.48	0.56	0.40	0.18	0.11	0.15	0.16	0.24	0.16	0.35	0.33	0.28	7.19		
4	0.09	0.01		0.02		0.03	0.06	0.14	0.17	0.23	0.10	0.17	0.10	0.14	0.09	0.00	0.03	0.01	0.03	0.05	0.04	0.15	0.17	0.11	1.94		
4.5	0.07	0.02		0.01		0.02	0.06	0.07	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.08	0.02	0.00			0.00	0.03	0.02	0.09	0.03	0.05	0.63	
5				0.02	0.01		0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01						0.00	0.01					0.15		
5.5							0.02				0.03	0.02	0.00	0.01			0.00			0.00					0.08		
6											0.02	0.02	0.01	0.01							0.01				0.07		
6.5																	0.00			0.00					0.01		
7																			0.01	0.01	0.00				0.02		
Total	29.78	22.15	15.46	12.65	12.02	16.18	58.87	42.72	37.55	49.46	66.25	59.38	61.14	74.92	75.16	29.95	21.17	25.78	34.62	44.31	54.74	56.84	53.30	43.28			

Les valeurs du tableau sont exprimées en "pour mille (‰)" - Les valeurs 0.00 ‰ correspondent à des fréquences comprises entre 0 ‰ et 0.01 ‰ - Les cases vides correspondent à des fréquences nulles.

Code des couleurs		
>= 10 ‰	>= 30 ‰	>= 50 ‰

Corrélogramme Hm0 / DirMoy - ANEMOC_MEDIT_6900 - annuel																											
Hm0 (m)	DirMoy (degrés)																										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	Total	
0.5	2.50	2.32	2.24	2.87	7.67	31.87	14.61	7.42	6.64	8.56	20.71	17.18	14.03	18.00	25.33	21.01	6.98	5.76	7.46	8.10	7.31	5.00	3.78	3.12	250.47		
1	6.04	4.95	4.39	5.10	6.09	12.61	9.70	6.37	7.93	11.21	15.53	14.35	14.55	18.82	21.83	12.72	7.75	7.42	9.24	11.43	13.81	13.29	11.21	8.43	254.78		
1.5	5.97	4.92	4.63	4.09	4.94	8.06	5.20	4.53	5.63	7.88	9.64	8.25	9.47	9.87	8.90	7.43	4.58	4.64	6.08	9.66	14.76	16.92	14.26	10.55	190.84		
2	5.04	4.65	3.73	3.99	3.50	4.98	3.89	3.71	4.14	5.16	5.20	4.80	5.39	5.14	4.86	3.57	3.31	3.20	4.82	7.79	14.08	17.39	14.31	9.44	146.07		
2.5	3.83	3.39	3.43	2.90	2.57	3.13	2.32	2.63	3.17	2.94	2.59	2.05	2.48	2.45	2.50	2.06	1.92	2.50	3.72	6.45	11.06	13.63	10.09	6.21	100.02		
3	0.64	0.86	0.96	0.92	1.17	1.85	1.80	2.04	2.44	1.99	1.35	0.88	1.06	1.37	1.45	1.19	1.09	1.44	2.15	3.14	3.43	2.67	1.64	1.08	38.63		
3.5	0.26	0.22	0.23	0.17	0.15	0.54	0.54	1.00	0.55	0.77	0.35	0.31	0.50	0.54	0.59	0.34	0.27	0.27	0.48	0.48	0.74	0.84	0.74	0.45	11.34		
4	0.12	0.10	0.08	0.05	0.09	0.14	0.14	0.17	0.15	0.23	0.07	0.14	0.14	0.10	0.18	0.07	0.03	0.07	0.07	0.26	0.20	0.34	0.29	0.21	3.45		
4.5	0.06	0.03	0.05		0.03	0.07	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.07	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02	0.05	0.08	0.21	0.15	0.12	1.17		
5	0.04	0.02	0.02		0.01	0.09	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02				0.03	0.03	0.09	0.12	0.04	0.61		
5.5	0.02	0.05			0.01	0.06				0.02	0.03	0.01	0.01							0.02		0.06	0.02	0.02	0.32		
6		0.01			0.02	0.02											0.00				0.00	0.01		0.00	0.07		
6.5						0.01												0.00		0.00					0.02		
7																			0.00		0.00				0.01		
7.5																			0.00	0.00	0.00				0.01		
8																				0.00	0.01				0.02		
Total	24.51	21.51	19.75	20.08	26.24	63.44	38.25	27.94	30.67	38.80	55.49	48.00	47.65	56.37	65.71	48.39	25.97	25.32	34.06	47.40	65.50	70.46	56.61	39.67			

Les valeurs du tableau sont exprimées en "pour mille (‰)" - Les valeurs 0.00 ‰ correspondent à des fréquences comprises entre 0 ‰ et 0.01 ‰ - Les cases vides correspondent à des fréquences nulles.

Code des couleurs		
>= 10 ‰	>= 30 ‰	>= 50 ‰

Tableau 3 : Corrélogrammes hauteur significative de la houle / direction moyenne de la houle aux points ANEMOC 2370, 4302 et 6900 (source : Base de données ANEMOC).

Les houles de Sud-Est à Sud-Ouest et plus particulièrement de Sud-Sud-Ouest, sont dominantes sur la zone d'étude (165° à 225°). A la côte, des houles de secteur Ouest sont également observées. Au large, les houles de Sud-Ouest se superposent fréquemment avec des houles de Mistral (Nord-Ouest).

A la côte, les hauteurs significatives des houles de Sud-Est à Sud-Ouest restent majoritairement inférieures ou égales à 1.5 m (MEDIT-2370) mais peuvent toutefois atteindre 3 m. Plus au large (MEDIT-6900), les houles de Sud-Est à Sud-Ouest sont plus faibles (inférieures ou égales à 1 m) mais des hauteurs de 2.5-3 m sont fréquemment observées dans des conditions de houles orientées Nord-Ouest ou Nord-Nord-Ouest, liées au régime de Mistral/Tramontane. La houle du large (près de Planier) peut atteindre 5 m lors d'une tempête décennale.

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

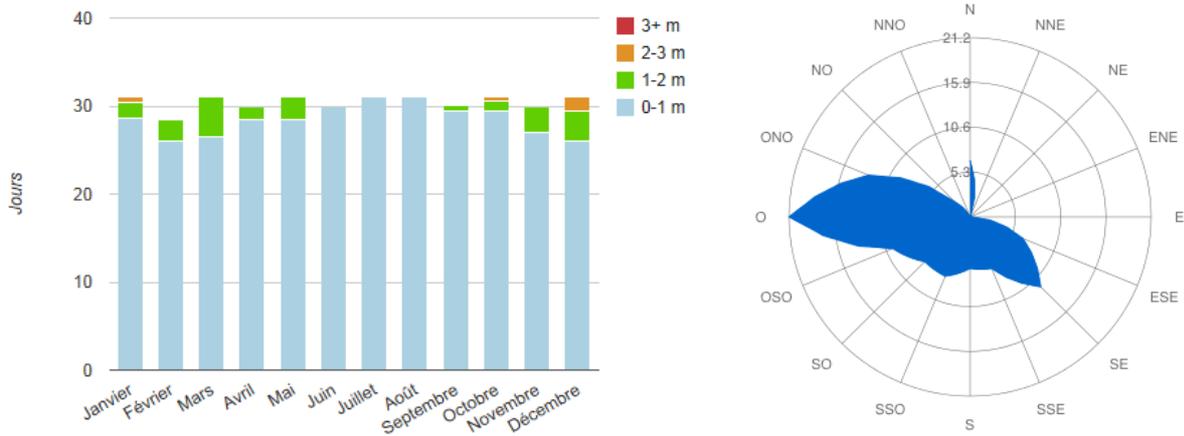


Figure 11 : Hauteur des vagues (toute direction confondue) et rose des houles à la Pointe Rouge (source : wisuki.com).

Dans la baie du Prado, à la Pointe Rouge, les vagues ne dépassent que très rarement 1 m et atteignent au maximum 2 à 3 m en hiver lors d'évènements météorologiques exceptionnels.

Les houles du Sud-Est à Ouest, et plus particulièrement d'Ouest, sont dominantes sur le secteur.

- ☞ *Au vu de la nature du projet, les enjeux liés à l'hydrodynamisme local résident d'une part dans les conditions au niveau des fonds et d'autre part, dans celles de la zone d'atterrage où le câble sera davantage soumis à l'agitation du fait des faibles profondeurs.*
- ☞ *Au niveau de la zone d'atterrage à la plage de Bonneveine, la houle n'est pas très importante.*
- ☞ *Au-delà des profondeurs de 30 à 35 m, l'action de la houle sur les fonds n'est plus perceptible. Ce sont alors les courants qui contrôlent la dynamique marine et sédimentaire locale.*

### 1.1.2.2.3. Courant

#### ➤ CONDITIONS GENERALES

La circulation générale en Méditerranéenne Nord Occidentale est principalement influencée par le courant Nord, en équilibre géostrophique, qui s'écoule vers l'Ouest guidé par le talus continental. Ce courant permanent qui est caractérisé par un débit de  $1.10^6$  à  $2.10^6$  de  $m^3/s$  est soumis à une variabilité saisonnière qui tend à modifier sa vitesse ainsi que son extension horizontale et verticale sur la colonne d'eau. Il est légèrement plus intense en hiver avec des vitesses maximales de 0.5 à 1 m/s induit par son caractère étroit et profond, présent jusqu'à environ 400 m de fond à la côte. A l'inverse du printemps à l'automne, il est présent d'avantage en surface (environ 200 m) et son élargissement engendre des vitesses maximales plus faibles autour de 0.2 m/s.

A échelle spatiale plus réduite, le courant Nord est connu pour former des structures dites 'mésos-échelles' qui se caractérisent par la formation de filaments, de méandres et de tourbillons qui se développent principalement sur le plateau du Golfe du Lion. Les vitesses des courants induites par ces structures sont bien inférieures à 1 m/s, avec en particulier des vitesses de l'ordre de quelques dizaines de cm/s concernant les intrusions du Courant Nord sur le plateau du Golfe du Lion.

A la côte, l'atmosphère constitue le principal forçage des courants de surface. Les vents de Nord-Ouest et de Sud-Est peuvent induire des courants côtiers expliqués par la dérive d'Ekman. Ce processus induit un transport des masses d'eaux à 90° par rapport à la direction où le vent souffle. Afin de compenser l'excès ou le déficit en eau mis en évidence par les variations du niveau marin côtier une remontée d'eaux profondes vers la surface ('upwelling côtier') ou une plongée des eaux de surface vers le fond ('downwelling côtier') se produisent. Par conséquent, plus le vent est stable et intense, plus les courants horizontaux et verticaux résultants sont importants. Les zones favorables au processus d'upwelling sont principalement situées du Languedoc jusqu'à la côte varoise.

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

Sur le plateau continental du Golfe du Lion, les courants sont largement influencés par les vents ainsi que par les intrusions sporadiques du courant nord (courant Liguro Provençal Catalan dirigé vers le Sud-ouest).

Les courants côtiers sont principalement dominés par les vents (courants de dérive). Le courant de marée est très faible et négligeable devant les courants générés par le vent.

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

Le vent de Sud-Est entraîne des courants orientés vers le Nord-Ouest, ce qui provoque une surélévation du niveau de la surface sur le littoral de la rade nord de Marseille, le Rove et l'Estaque.

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

En situation de calme météorologique, on observe un mouvement général Sud-Nord dans la rade Sud de Marseille avec des variations locales de vitesses et de direction sans que le schéma global soit modifié.

D'après la figure suivante (Figure 12), par vent d'Ouest, le courant au niveau de la plage du Prado est orienté Nord-Sud.

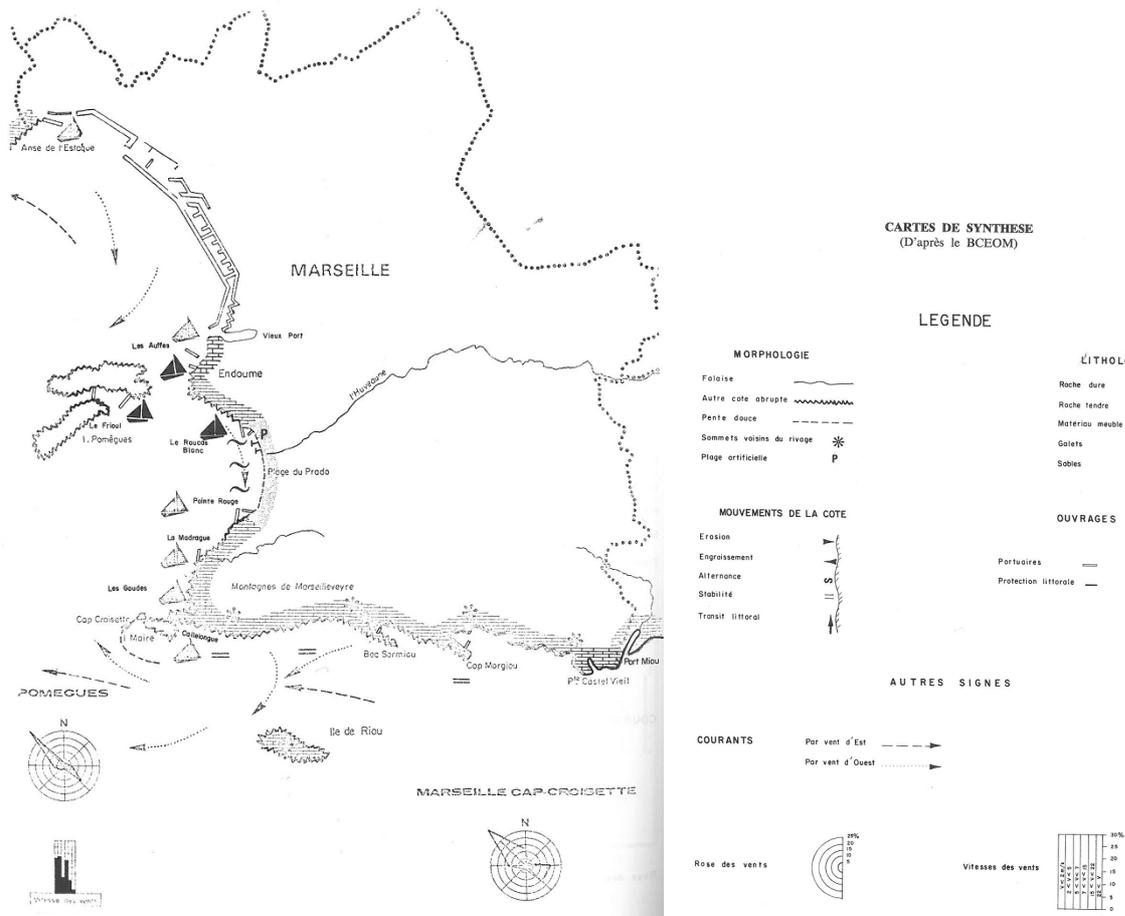


Figure 12 : Carte de synthèse de l'hydrodynamisme de Marseille au Cap Croisette (source : Catalogue sédimentologique des côtes françaises)

### 1.1.2.3. Contexte morpho-bathymétrique

#### ➤ CONDITIONS GENERALES

Le projet de réalisation d'un lien de télécommunication entre Marseille et Monaco s'étend jusqu'à 33 milles nautiques au maximum. Le tracé de route du câble concerne des profondeurs allant jusqu'à 2 500 mètres.

Le pourtour français oriental méditerranéen est caractérisé par un plateau continental suivi de la pente continentale pour terminer par des fonds profonds constituant la plaine abyssale.

Le plateau continental devient très étroit d'Ouest en Est, passant de 26 km aux alentours de Marseille à 3 km en bordure Est. Les profondeurs du plateau sont comprises entre 0 et 200 mètres et forment une pente faible inférieure à 1°. Le passage aux profondeurs supérieures à 1 000 mètres se fait par le talus continental de très forte pente (4°). Les fonds redeviennent ensuite relativement plats avec des profondeurs moyennes de 1 500-2 500 mètres (Figure 13).

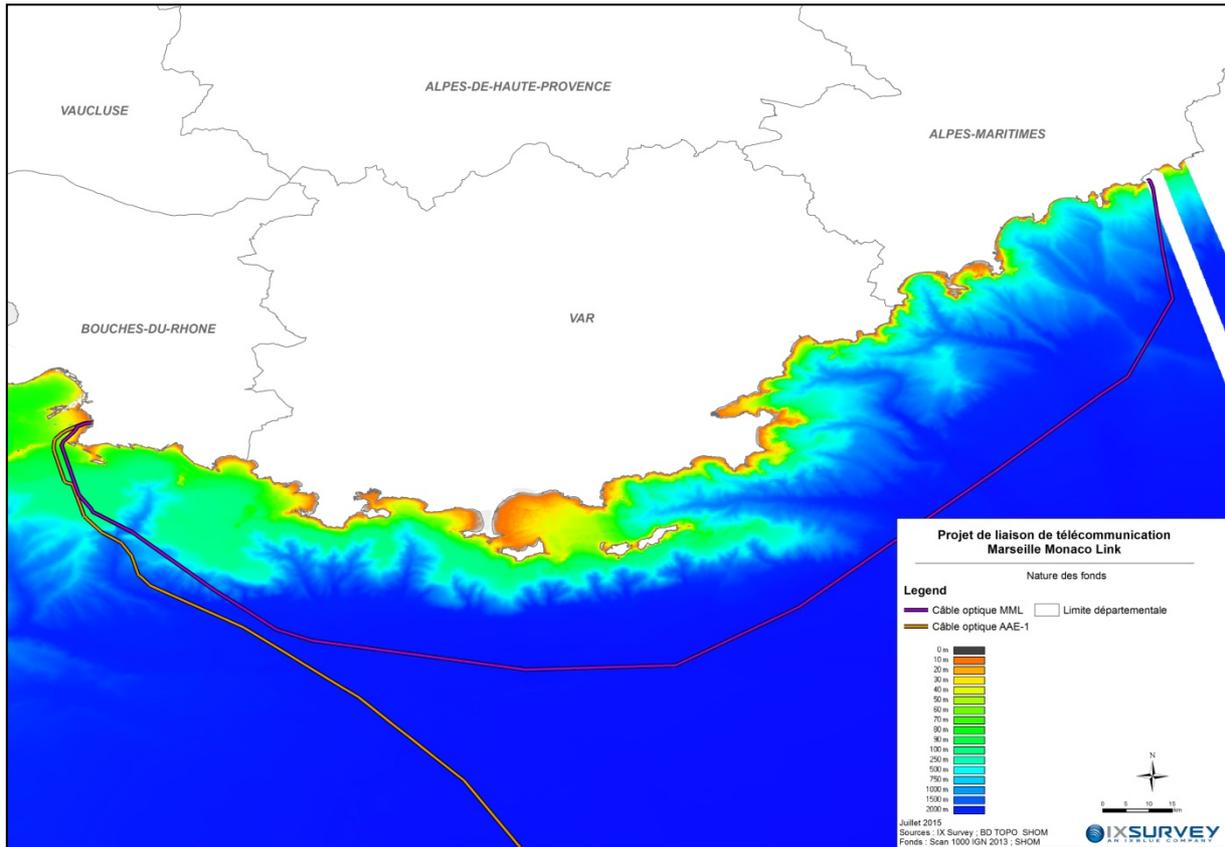


Figure 13 : Bathymétrie de l'emprise générale du projet, MNT 250m Méditerranée (source : Shom, Ifremer).

Le pourtour méditerranéen est aussi caractérisé par de nombreuses incisions, aussi appelées canyons sous-marins, dont l'origine correspond aux fleuves continentaux. Certains d'entre eux, comme le Var, présentent une activité importante caractérisée par des glissements sous-marins pouvant atteindre la plaine abyssale.

A partir de l'analyse combinée des données bathymétriques et des informations qui en dérivent, comme les cartes de pente, et des données géophysiques et sédimentologiques, une interprétation morpho-sédimentaire de la plate-forme du Golfe du Lion a été proposée par l'Ifremer. Trois ensembles, dont les morphologies différentes traduisent l'héritage de l'histoire de la marge au Quaternaire terminal, se distinguent :

- Le domaine interne, entre les isobathes 0 et 90 m en moyenne, est caractérisé par une morphologie lisse où les isobathes sont parallèles entre elles et espacées régulièrement ;
- Le domaine central, compris entre 90 et 110 - 120 m de profondeur est caractérisé par une morphologie " rugueuse " qui traduit la présence de sédiments anciens (pléistocènes) remaniés par des phénomènes d'érosion continentale (pendant les périodes glaciaires) ou sous-marine (pendant les périodes transgressives). Ce domaine correspond en particulier aux sables reliques, dits " sables du large ", qui couvrent une grande partie de la plate-forme externe. Des carottages courts indiquent que ces sables sont fins à l'ouest du Golfe du Lion (médiane de l'ordre de 200 µm), devenant plus grossiers (médiane de l'ordre de 400 à 500 µm) et moins bien triés à l'Est. Cette tendance traduit l'origine majoritairement rhodanienne des apports et

l'effet de la dérive littorale vers l'Ouest durant les périodes glaciaires. La teneur en carbonates de ces sables est comprise entre 25 et 50 % ;

- Le domaine externe, situé entre 110 - 120 m et le rebord de la plate-forme continentale, présente à nouveau une morphologie lisse similaire à celle du domaine interne, interrompue cependant par des reliefs isolés ou en chapelets.

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

D'après les cartes SHOM, il ressort qu'au sein de la baie du Prado, les isobathes sont parallèles entre elles et espacées, ce qui traduit des fonds relativement lisses et une pente faible. Entre l'isobathe 0 et 20 m, la pente moyenne est de 0.6 %. L'isobathe des 10 m se situe à 1.7 km de la côte et l'isobathe 50 m à une distance de 12 km.

Au niveau de la plage de Bonneveine, les fonds marins sont en pente douce (entre 1 % et 2 % environ) en direction du centre de la rade Sud de Marseille.

Entre l'île de Planier et l'île de Maire, où passent les câbles, la profondeur est d'environ 60 m.

En s'éloignant de la baie, au-delà de l'isobathe des 100 m, les fonds deviennent plus rugueux. A la limite des 12 milles nautiques, on atteint 1 000 m de profondeur.

La zone d'étude depuis le site d'atterrissage jusqu'à la limite des 12 milles nautiques concerne donc des profondeurs comprises entre 0 et 1 000 m.

Dans le cadre du présent dossier, un sondage bathymétrique multifaisceaux a été préalablement effectué sur les cinq premiers kilomètres des deux tracés de route initialement prévus (MML North et MML South). Ce levé s'est étendu sur 150 m de part et d'autre des routes câbles projetées. Son objectif était de définir précisément la bathymétrie des fonds et de préciser la morphologie sous-marine.

La Figure 14 présente la carte bathymétrique de la zone prospectée. La bathymétrie évolue de 5.3 m CM (Cote Marine) sur l'avant-côte à 54.4 m au large. La pente est régulière et faible, de l'ordre de 1 %.

Il est important de préciser que la route MML North est celle conservée par SIPARTECH. Elle a été renommée MML dans l'ensemble de ce dossier réglementaire. La route MML South a été quant à elle renommé AAE-1 et sera exploitée par OMANTEL France.

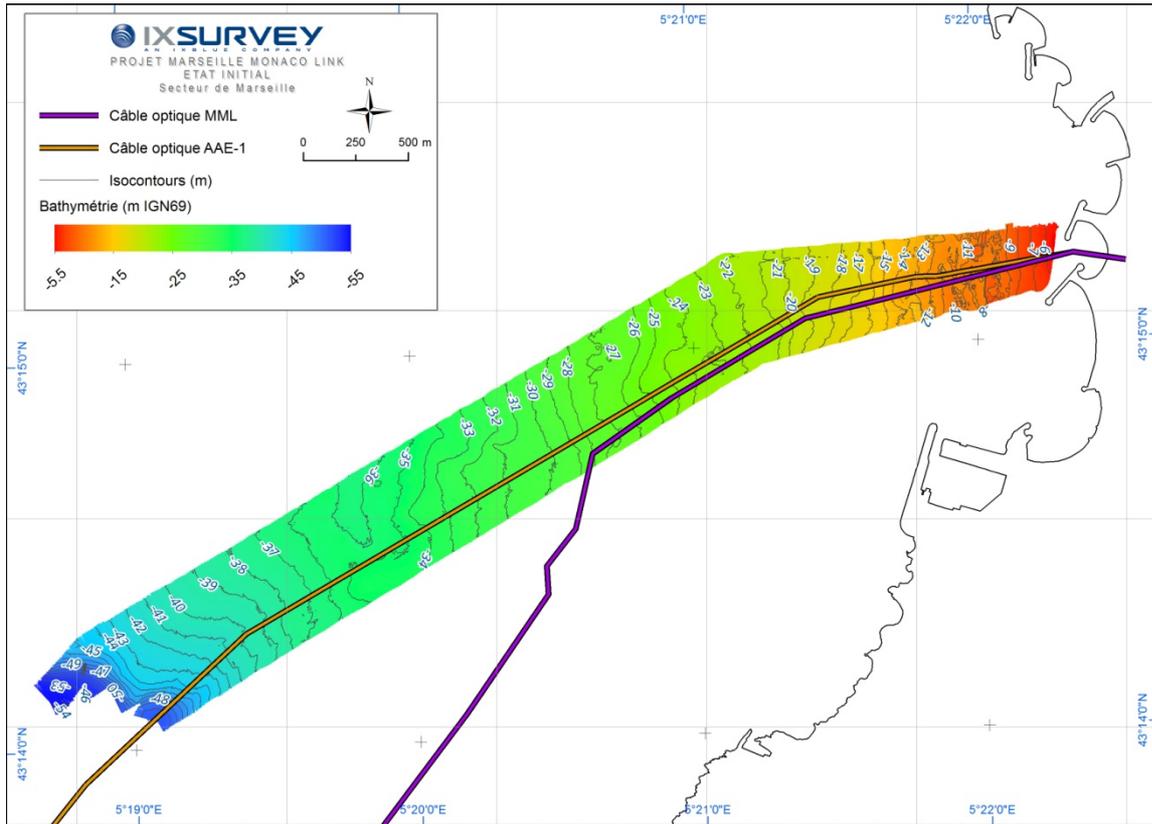


Figure 14 : Carte bathymétrique multifaisceaux du secteur de Marseille.

La Figure 15 présente le profil bathymétrique sur le long des routes des câbles MML et AAE-1 dans l’emprise de la zone étudiée par le survey réalisé par SIPARTECH.

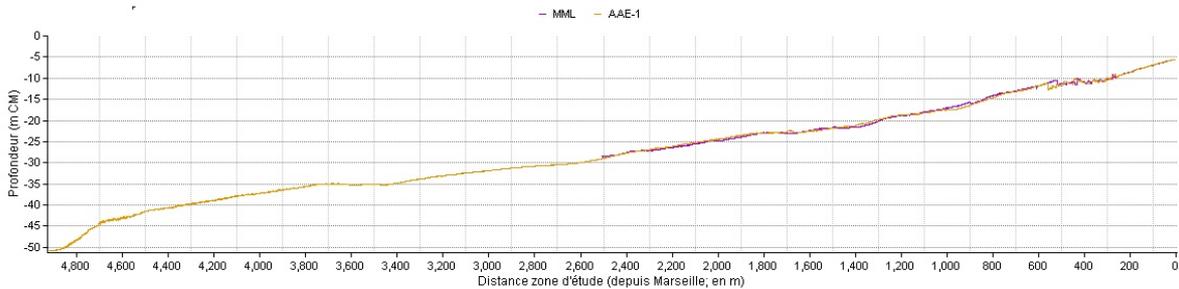


Figure 15 : Coupe bathymétrique des câbles MML et AAE-1 dans la zone prospectée sur le secteur de Marseille.

Trois domaines morphologiques se distinguent :

- En partant de la plage de Bonneveine, les profondeurs augmentent jusqu’à 10 m CM avec une pente régulière comprise entre 1.5 et 2 % ;
- A 10 m CM de profondeur, les premiers herbiers de Posidonies s’édifient en matte plus ou moins étendues. Ces dernières constituent des reliefs de hauteur généralement sub-métriques, pouvant atteindre 1.5 m à 2 m, qui sont clairement mis en évidence par les données multifaisceaux, hautement résolvantes. La couverture de Posidonies devient plus homogène en allant vers le large. La limite inférieure des herbiers s’inscrit dans la continuité des fonds détritiques et n’est pas soulignée par une rupture bathymétrique. Elle est identifiée, à partir

des données d'imagerie rétrodiffusée et des observations en plongée et vidéo sous-marine, autour de 15 m CM sur les deux câbles ;

- Au-delà de 20 m CM de profondeur, la morphologie des fonds est remarquablement plane et régulière, la pente étant de l'ordre de 1 % jusqu'à 45 m CM. Ensuite, une rupture de pente sur la limite externe de la zone de levé s'observe.

#### 1.1.2.4. Contexte géologique

##### ➤ CONDITIONS GÉNÉRALES

Le pourtour oriental français méditerranéen correspond à la marge passive méditerranéenne ligurienne, en jonction avec le domaine subalpin. Les côtes françaises de Marseille à la côte d'Azur bordent le bassin Liguro-provençal daté de l'Oligocène terminal (-26 Ma).

Le bassin liguro-provençal, orienté suivant une direction Nord-Est-Sud-Ouest se trouve entre le bloc continental corso-sarde et les Alpes méridionales. Depuis la marge longeant le massif des Maures jusqu'à Imperia les nombreuses failles normales Nord-Est-Sud-Ouest à Est-Nord-Est-Ouest-Sud-Ouest qui la découpent, présentent un fort pendage vers le bassin, et délimitent un système de blocs basculés de petites dimensions (Chaumillon et al., 1994). Les accidents Nord-Ouest-Sud-Est sont réactivés en décrochements dextres et semblent pour certains se poursuivre à terre. Ces failles Nord-Ouest-Sud-Est pourraient correspondre à d'anciennes failles transformantes du bassin océanique.

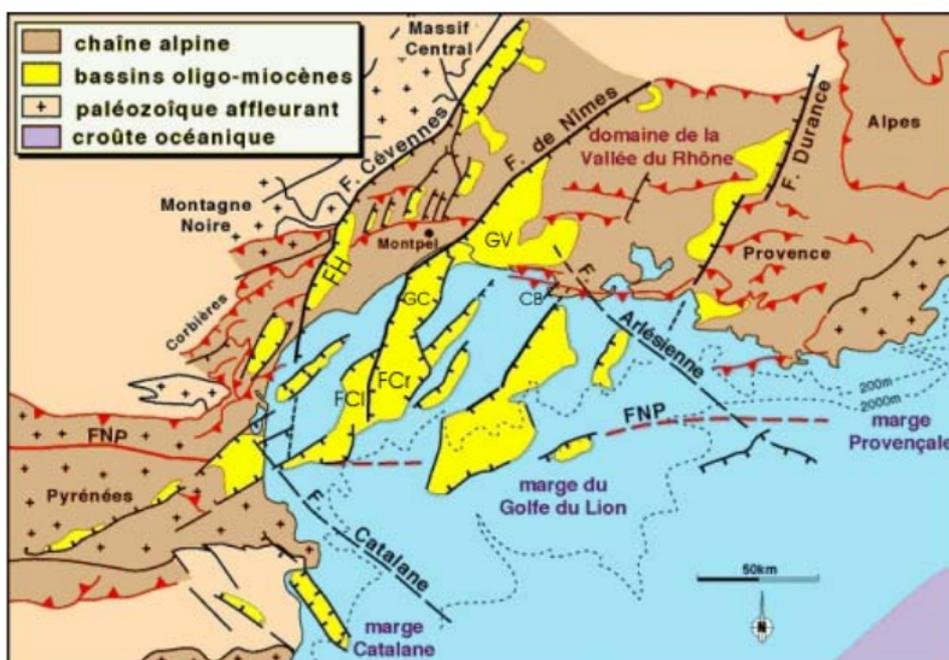


Figure 16 : Schéma structuré de la marge du golfe du Lion et des principaux accidents décrochants de la Provence occidentale (source : BRGM).

Le littoral oriental de la Méditerranée est constitué de 150 à 200 km de côtes rocheuses, alternant entre calcaires (ère secondaire) et roches métamorphiques anciennes (ère Primaire). La Provence

crystalline, de Toulon à Antibes apparaît comme une enclave dans la Provence calcaire qui compose la majeure partie des terrains de la région. Des dépôts quaternaires constituent les terrains, notamment au niveau de Giens et du delta du Var.

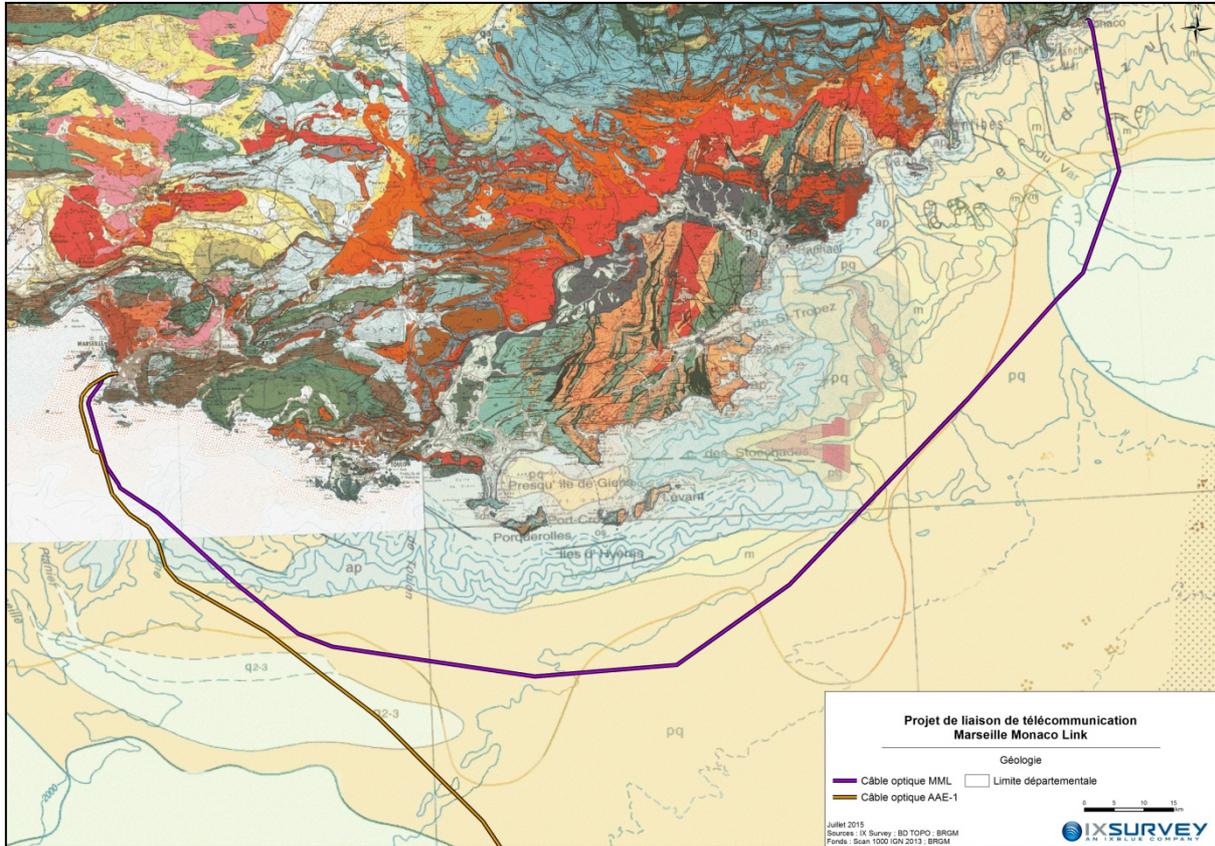


Figure 17 : Géologie de l'emprise générale du projet, carte géologique de la France 1/1 000 000 (source : BRGM).

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

Le site de Bonneveine se situe sur la partie calcaire du littoral oriental méditerranéen. La partie émergée de la plage présente un relief plat constitué selon la carte géologique du BRGM de dunes marines et d'alluvions récents (Quaternaire). L'arrière-pays est caractérisé par un massif rocheux calcaire à calcaire marneux de couleur claire daté du Crétacé inférieur. Ce même faciès forme les îles du Frioul situées à quelques kilomètres de la côte.

**1.1.2.5. Sédimentologie**

La connaissance de la nature des fonds marins est une caractéristique importante pour la mise en place d'un câble sous-marin, qui plus est lorsque l'ensouillage est nécessaire sur toute ou partie du tracé.

➤ **CONDITIONS GENERALES**

La nature des fonds est variable à proximité de la côte et devient homogène au-delà du talus continental. Les sédiments sont principalement caractérisés par des matériaux vaseux à sablo-vaseux. En bordure Est du projet, les fonds sont d'une granulométrie supérieure, de type sable vaseux. Cette

répartition est due à la présence du fleuve Var dont l'impact sous-marin s'étend jusque dans la plaine abyssale via son canyon sous-marin (Figure 18).

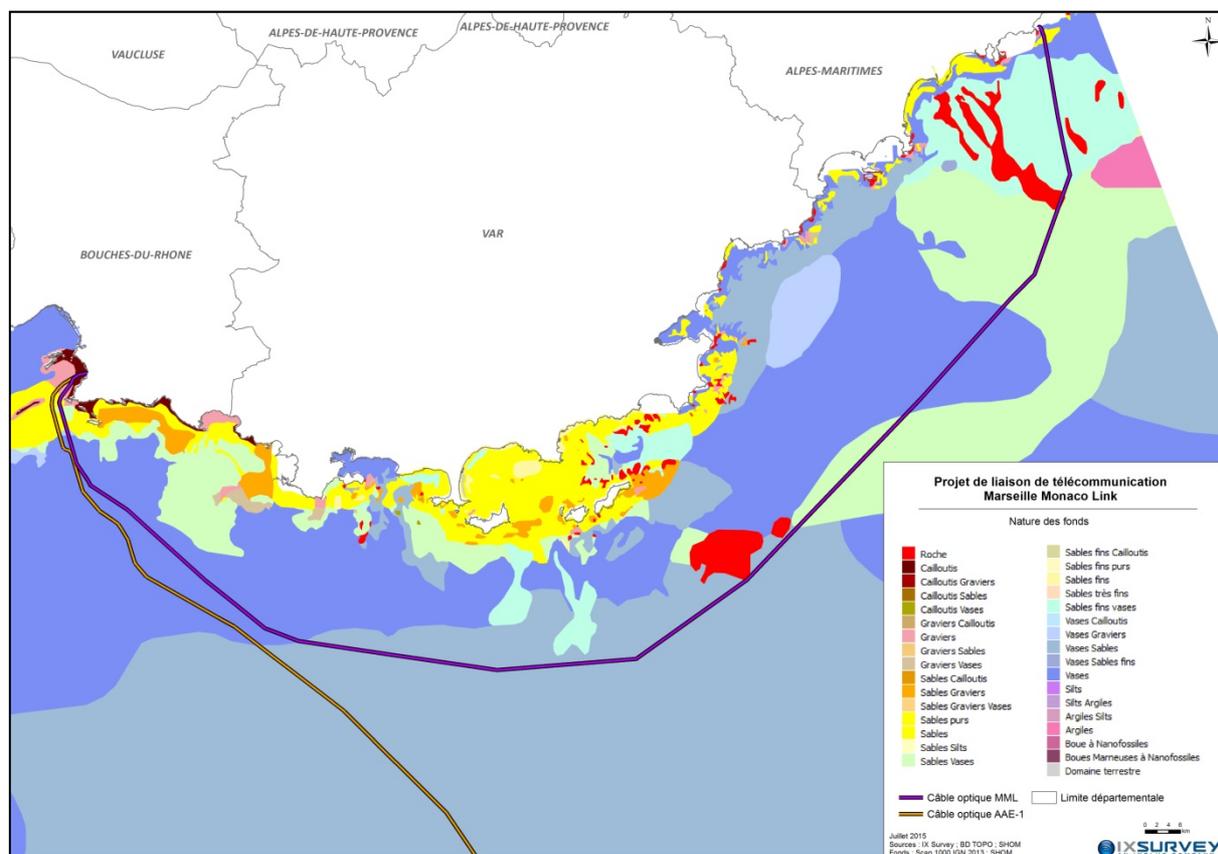


Figure 18 : Nature des fonds de l'emprise générale du projet (source : Shom).

### ➤ ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE

La rade Sud de Marseille est limitée par des fonds rocheux (présence des îles Marseillaises). En bordure du littoral, entre le rivage et les fonds de 10 m de profondeur environ, on rencontre des sables fins. A partir d'environ 6 m de profondeur, les Posidonies commencent à coloniser les fonds pour atteindre leur plein développement au voisinage de 10 m de profondeur. Ils peuvent se développer jusqu'à environ 25 m de profondeur.

Au-delà des zones d'herbiers, des sables coquilliers ou bioclastiques d'origine marine, se notent surtout là où le socle rocheux affleure. Ensuite, entre les fonds de 20 et 75 m, des vases sableuses s'observent pour arriver aux vases proprement dites au-delà, qui peuvent être présentes à partir de fonds de 40 m.

Un chapitre spécifique, présenté dans la partie relative à l'environnement biologique, détaille les différentes biocénoses de la zone d'étude (pièce 4 - chapitre 1.1.3).

La nature des fonds sur la partie côtière de l'atterrissement à Bonneveine est appréhendée à partir de l'analyse des données d'imagerie rétrodiffusée du sondage multifaisceaux et à partir des observations en plongée et en vidéo sous-marine.

La Figure 19 présente la cartographie établie à partir de l'interprétation de ces données.

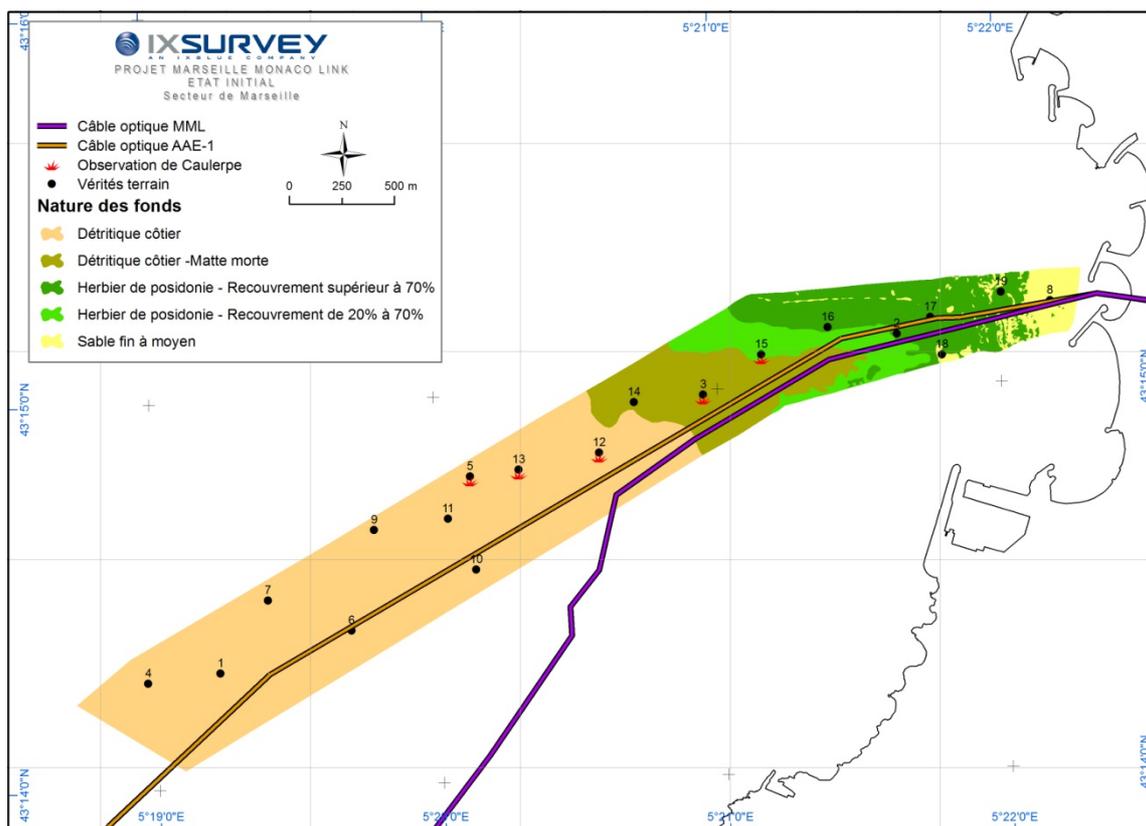


Figure 19 : Nature des fonds sur le secteur de Marseille et localisation des points de vérité de terrain lors de la mission de survey.

Trois types de fonds sont mis en évidence :

- Les sables fin à moyen sont observés sur l'avant côte, entre 5 et 10 m CM (Cote Marine = zéro hydrographique) de profondeur, sur un linéaire d'environ 260 m le long des routes câbles.
- Au-delà de 10 m de profondeur, la route du câble MML traverse les herbiers de Posidonies. Ces derniers présentent un recouvrement dense, estimé supérieur à 70 %, jusqu'à 16 m CM de profondeur sur le câble MML. L'herbier devient ensuite plus clairsemé, avec un recouvrement estimé de 20 à 70 %. Sa limite inférieure est identifiée à 18 m CM sur le câble MML.
- Les fonds détritiques deviennent progressivement dominants au-delà de 20 m CM de profondeur. La corrélation des données géophysiques et des observations de terrain montre la présence de dépôts de matre morte et de débris végétaux jusqu'à environ 25 m de profondeurs. La couverture sédimentaire est ensuite uniforme jusqu'aux limites de la zone de levé. Elle se compose de sédiment de granulométrie hétérogène à dominante graveleuse, avec une forte fraction coquillière d'origine organogène.

Le Tableau 4 illustre les faciès acoustiques identifiés et leur interprétation à partir des observations vidéo sous-marine.

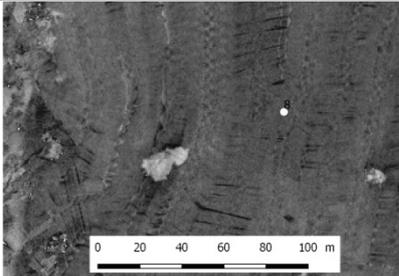
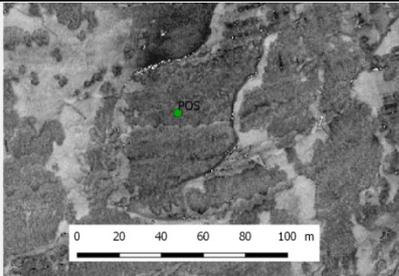
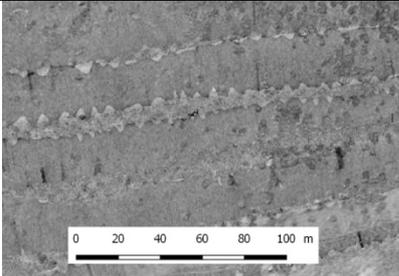
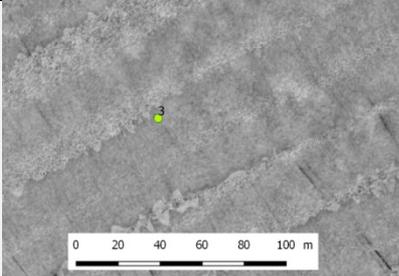
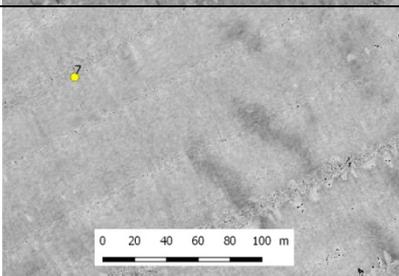
STATION	PHOTOS	FACIÈS ACOUSTIQUE	INTERPRÉTATION
8			Sable fin à moyen
2,16,17, 18			Herbier de Posidonies dense - Recouvrement supérieur à 70 %.
15			Herbier de Posidonies clairsemé – Recouvrement de 20 à 70 %
3, 14			Fonds sédimentaires détritiques – Dépôt de matte morte.
1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13			Fonds sédimentaires détritiques : granulométrie hétérogène à dominante graveleuse, débris coquilliers.

Tableau 4 : Interprétation des faciès acoustiques identifiés sur la zone d'étude.

### 1.1.2.6. Qualité du milieu marin

#### 1.1.2.6.1. Les réseaux et programmes de surveillance (DCE, suivi IFREMER, etc.)

La qualité des eaux est considérée ici au regard de la réalisation de travaux en contact direct avec le milieu marin et des nombreux usages du milieu marin sur le secteur d'étude. Le suivi de qualité des eaux concernent uniquement les eaux littorales. Il n'existe pas de réseau de surveillance plus au large.

Le suivi de la qualité du milieu marin s'appuie essentiellement sur les réseaux de surveillance de l'Ifremer ainsi que sur des réseaux locaux complémentaires mis en œuvre notamment pour répondre aux exigences européennes et nationales que sont :

- Les objectifs environnementaux de la Directive Cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE) qui constitue le cadre réglementaire de la politique communautaire de l'eau ;
- Les objectifs sanitaires réglementaires nationaux concernant le suivi de la salubrité des coquillages des zones de pêche et de production conchylicole, contrôlés par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP) ;
- Les objectifs sanitaires du règlement (CE) n°854/2004 qui prévoit un classement des zones de production conchylicole et un suivi régulier des zones classées.

➤ **DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU**

La zone d'étude correspond à la masse d'eau côtière **FRDC06b** de la DCE « **Pointe d'Endoume – Cap Croisette et îles Frioul** », masse d'eau répertoriée comme naturelle. Le bilan de cette masse d'eau, basé sur les critères DCE 2000 /60/CE et réalisé sur les derniers résultats validés, atteste d'une qualité écologique moyenne (niveau de confiance 2) et d'un bon état chimique (niveau de confiance 1).

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.



Figure 20 : Etat des masses d'eau côtières au droit de la zone d'étude.

MASSES D'EAU			ÉTAT ÉCOLOGIQUE						ÉTAT CHIMIQUE				
N°	NOM	STATUT	2009			OBJ. BE ①	MOTIFS DU REPORT ①		2009		OBJ. BE ①	MOTIFS DU REPORT ①	
			ÉTAT ①	NC ①	NR NQE ①		CAUSES	PARAMÈTRES	ÉTAT ①	NC ①		CAUSES	PARAMÈTRES
FRDC06b	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Friou	MEN	MOY	2		2021	CN	aut. esp. non-oblig./flore aquatique	BE	1	2015		

Tableau 5 : Qualité de la masse d'eau côtière FRDC06b Pointe d'Endoume (source : SIERM).

L'objectif de bon état écologique est fixé à 2021 et l'objectif de bon état chimique est fixé à 2015. Le risque de non atteinte du bon état écologique est dû à la présence de pollutions diffuses.

### ➤ LES RESEAUX DE SURVEILLANCE NATIONAUX DE L'IFREMER

Les Laboratoires Environnement Ressources gèrent, sur le littoral de la région Provence Alpes Côte d'Azur, les réseaux de surveillance nationaux de l'Ifremer. Il s'agit des réseaux suivants :

- REPHY : REseau de surveillance du PHYtoplancton et des PHYcotoxines ;
- ROCCH : Réseau d'Observation de la Contamination Chimique ;
- REMI : REseau de contrôle Microbiologique.

Les résultats sont synthétisés dans des bulletins annuels, sur la base des données validées de la base Ifremer Quadrige (base de données de la surveillance de l'environnement marin littoral), données recueillies jusqu'en 2011.

Trois stations de surveillance sont recensées au droit de la zone d'étude, en zone côtière (Tableau 6 et Figure 18).

Lieu de surveillance (identifiant)	Lieu de surveillance (libellé)	Lieu de surveillance (mnémonique)	Latitude	Longitude	Zone marine	Masse d'eau DCE	Zone conchylicole classée	Taxons	Programme
39096114	Pomègues Est	111-P-025	43.26732	5.3005724	111 - Marseille et calanques	FRDC06b - Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Frioul	13.07 - Côte bleue à baie de La Ciotat	Mytilus galloprovincialis (moule méditerranéenne)	ROCCHMV
39096015	Morgiret - Frioul	111-P-022	43.282833	5.3048325	111 - Marseille et calanques	FRDC06b - Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Frioul		Paracentrotus lividus (oursin), Mytilus galloprovincialis (moule méditerranéenne)	REPHY
39096013	Endoume	111-P-020	43.241665	5.291666	111 - Marseille et calanques	FRDC06b - Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Frioul			REPHY

Tableau 6 : Liste des stations de surveillance de l'Ifremer de la zone d'étude.

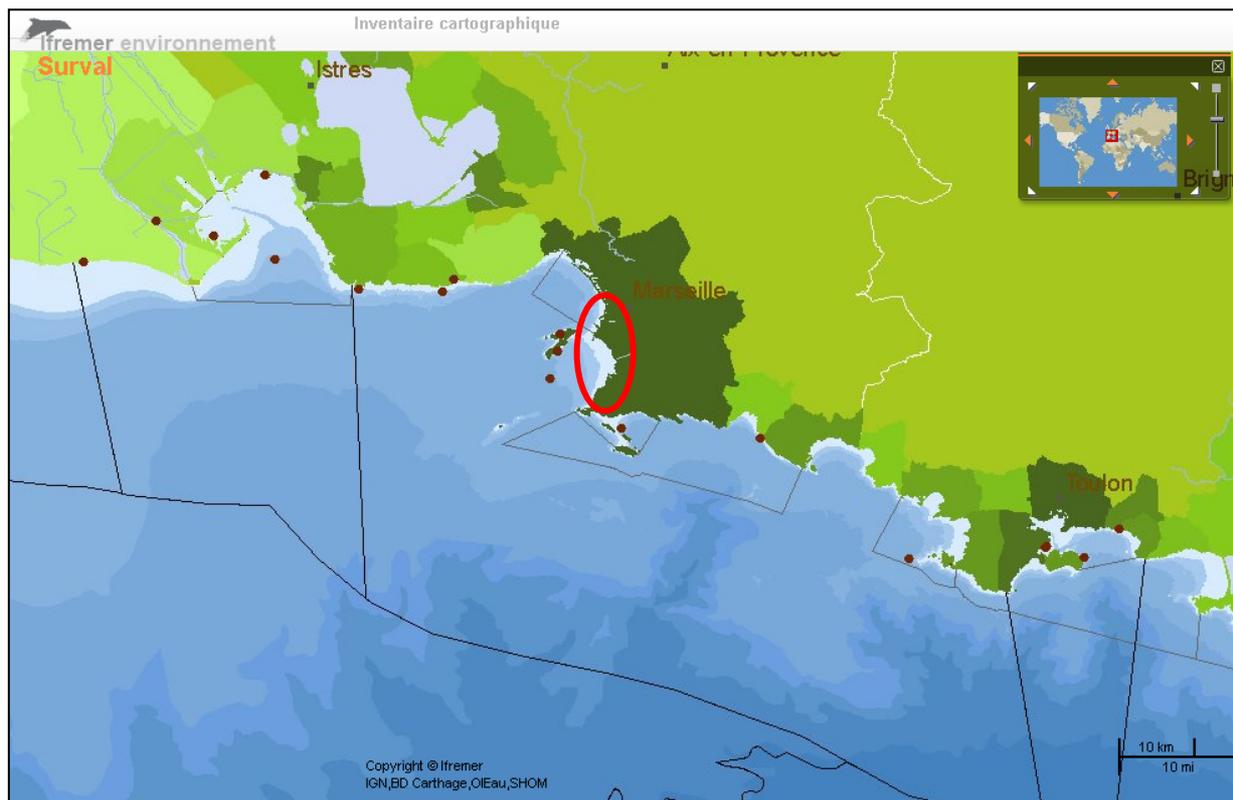


Figure 21 : Localisation des stations de surveillance de l’Ifremer (source : Ifremer).

❖ **Stations REPHY**

Le phytoplancton toxique (Pseudo-nitzschia et Ostreopsis) a été retrouvé en grande quantité en 2008/2009 (100 000 à 1 000 000 de cellules par litre) mais depuis la tendance est à la baisse. En 2012, aucune trace d’Ostreopsis n’a été relevée.

Aucune phycotoxine n’est présente sur les stations de suivis du secteur d’étude.

❖ **Station ROCCH**

Concernant les contaminations chimiques, les résultats sont rapportés à la médiane nationale. Les analyses sont effectuées sur des moules dans le secteur méditerranéen. Il ressort que deux contaminations principales sont présentes, à savoir une contamination au Mercure (2 à 4 fois plus qu’au niveau national) et au Plomb (6 fois plus concentré) (Figure 19 et 20).

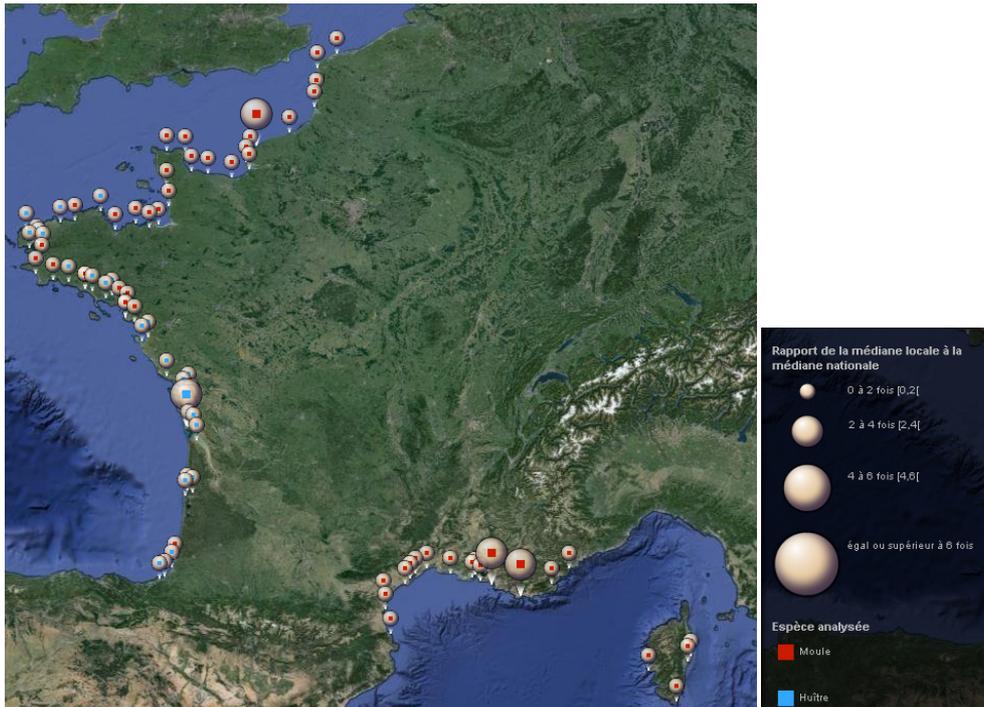


Figure 22: Carte des concentrations locales en Mercure par rapport à la médiane nationale (source : Ifremer).

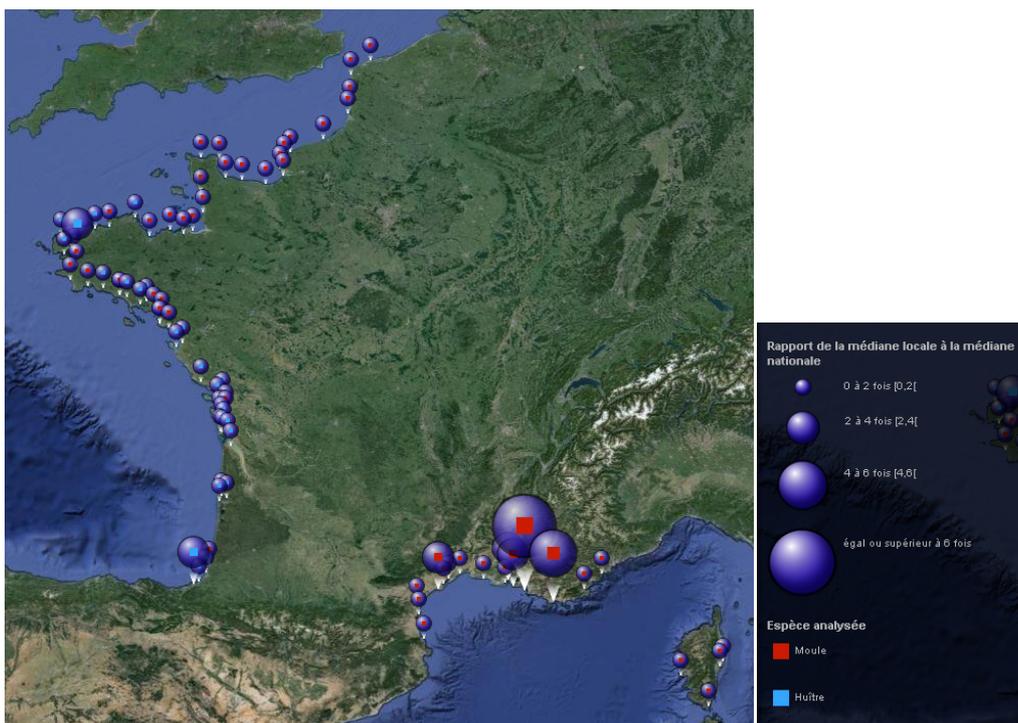


Figure 23: Carte des concentrations locales en Plomb par rapport à la médiane nationale (source : Ifremer).

☞ *D'après les stations de suivi de l'IFREMER, la principale pollution des eaux côtières de la zone d'étude concerne les métaux lourds : Plomb et Mercure. Ces polluants chimiques sont en effet retrouvés en concentration élevée par rapport à la moyenne nationale. La principale cause de la présence de ces métaux lourds serait la non-dépollution des sites industriels de la façade maritime marseillaise Nord et Sud (MétalEurop à l'Estaque, Escalette, Goudes, Verrerie, etc.) qui engendre, par ruissellement, la contamination de la mer par ces métaux.*

➤ **CONTEXTE GENERAL : EAUX LITTORALES**

Le long de la colonne d'eau les propriétés physico-chimiques sont différentes induit par la présence de plusieurs masses d'eaux en Méditerranée Nord Occidentale. Ces différentes masses d'eaux sont les suivantes:

- Les eaux de l'Atlantique modifiées ('Modified Atlantic Water' : MAW) qui comme son nom l'indique son d'origine Atlantique. Elles sont présentes dans la couche de surface jusqu'à environ 100-200 m de profondeur avec une température de 14-15 °C et une salinité de 38-38.3 PSU en dessous de la couche de mélange. En effet, au dessus de cette couche, les variations de températures et de salinité sont plus importantes car les masses d'eaux subissent l'influence de l'atmosphère et des apports d'eaux douces fluviales ;
- Les eaux hivernales modifiées ('Winter intermediate Water' : WIW) qui sont créées par le refroidissement de la MAW par les vents froids et secs continentaux. Elle se situe en-dessous de la MAW avec un minimum de température 12-13 °C (Alébor et al, 1995) ;
- L'eau Levantine intermédiaire ('Levantine Intermediate Water' : LIW) qui est produite en Méditerranée Orientale et qui circule de 200 m à 800 m de profondeur. Circulant en-dessous de la MAW, cette masse d'eau est plus salée avec des valeurs de 38.5 à 38.75 PSU ;
- L'eau profonde Méditerranéenne ('Western Mediterranean Deep Water' : WMDW) qui est caractérisée par les eaux les plus denses qui se forme en mer Ligure ou au large du Golfe du Lion lors de processus de convection hivernale. Cette masse est présente sous la LIW jusqu'à environ 3 000 m de fond avec une température de 12.3-13°C et une salinité aux alentours de 38.4 PSU.

➤ **QUALITE DES EAUX DE BAINNADE DANS LA ZONE D'ETUDE**

La qualité des eaux de baignade est mesurée par l'Agence Régionale de Santé (ARS) pendant la saison balnéaire et sur les sites fréquentés régulièrement. Deux catégories d'indicateurs sont utilisées pour mesurer la qualité des eaux de baignade : des paramètres microbiologiques et des paramètres physico-chimiques.

L'analyse des eaux de baignade s'appuie cependant avant tout sur le contrôle des paramètres microbiologiques, dont les concentrations indiquent une contamination plus ou moins forte d'origine fécale. Les paramètres physico-chimiques font quant à eux l'objet d'une mesure ou d'une évaluation visuelle ou olfactive sur le terrain.

Une classification a été établie en référence aux normes de contamination en vigueur (valeurs « guides » ou « impératives »), afin de qualifier la qualité de l'eau et permettre chaque année le classement des zones de baignade concernées.

La Figure 21 présente la qualité des eaux de baignades le long des plages de la baie du Prado.

L'ensemble des plages est d'excellente qualité, excepté la plage de l'Huveaune qui est de qualité insuffisante et celle de Borely (localisée au Sud de la plage de l'Huveaune) qui est de qualité suffisante.

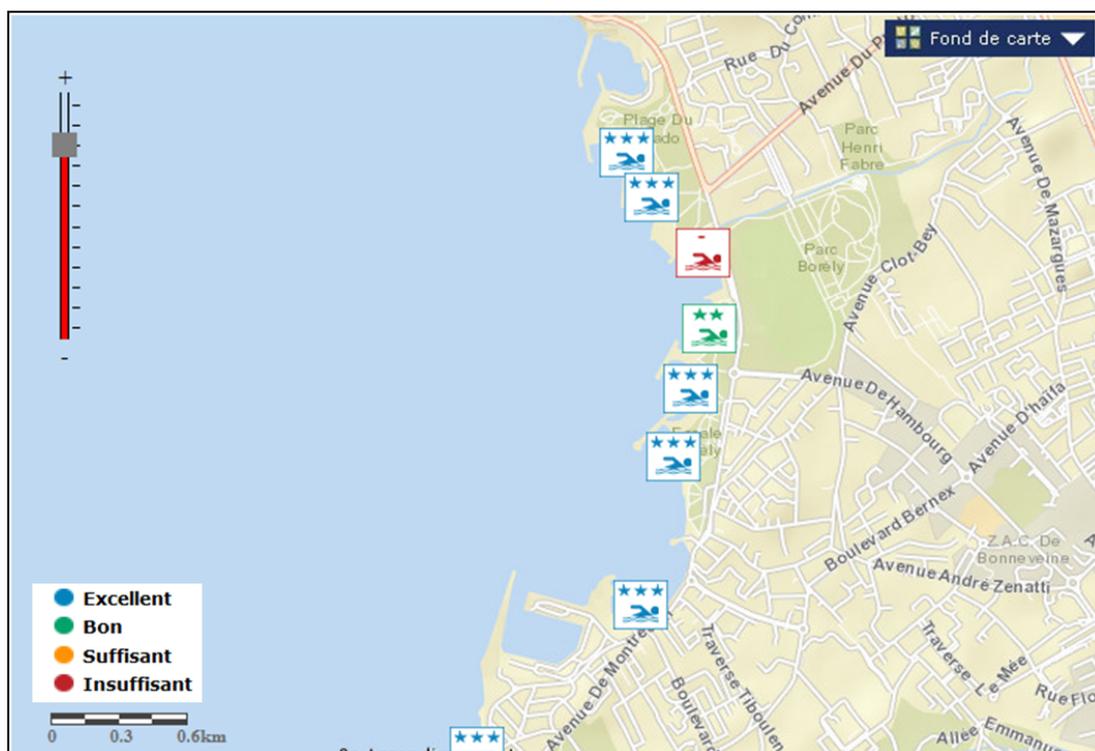


Figure 24 : Carte de qualité des eaux de baignades des plages de la baie du Pado à Marseille (source : ARS).

Le tableau ci-dessous (Tableau 7) rassemble, pour la plage de Bonneveine, la qualité des eaux de baignade pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013.

Historique des classements			
2010	2011	2012	2013

Classement selon les mesures transitoires en vigueur pour les saisons 2010 à 2012  
 Bonne qualité    Qualité moyenne    Momentanément polluée  
 Mauvaise qualité    Non classé

Classement selon la directive 2006/7/CE en vigueur à partir de la saison 2013  
 Excellent    Bon    Suffisant  
 Insuffisant    Insuffisamment de prélèvements    Pas de classement en raison de changements ou classement pas encore possible

A partir de la saison balnéaire 2010, le mode de calcul du classement est modifié en application de la directive européenne 2006/7/CE. [Pour en savoir plus](#)  
 A partir de la saison balnéaire 2013, le mode de calcul du classement est modifié en application de la directive européenne 2006/7/CE. [Pour en savoir plus](#)

Tableau 7 : Qualité des eaux de baignade à la plage de Bonneveine (source : ARS).

**La plage de Bonneveine possède une eau de bonne qualité sur les deux dernières années d'analyses (2012 et 2013).**

### ➤ QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude (partie terrestre zone d'atterrage) se situe sur la masse d'eau souterraine FRDG137 « Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Sainte Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset ». Le bilan de cette masse d'eau, basé sur les critères DCE 2000/60/CE et réalisé sur les derniers résultats validés, atteste d'une bonne qualité aussi bien au niveau quantitatif que chimique. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après (Tableau 8).

MASSES D'EAU		ÉTAT QUANTITATIF				ÉTAT CHIMIQUE						
N°	NOM	2009		OBJ. BE ①	MOTIFS DU REPORT ①		2009		TEND. ①	OBJ. BE ①	MOTIFS DU REPORT ①	
		ÉTAT ①	NC ①		CAUSES	PARAMÈTRES	ÉTAT ①	NC ①			CAUSES	PARAMÈTRES
FRDG137	Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset	BE		2015				BE			2015	

Tableau 8 : Qualité de la masse d'eau côtière FRD0137 (source : SIERM).

☞ **La masse d'eau souterraine au droit de la zone d'étude terrestre présente une bonne qualité.**

### 1.1.2.6.3. Qualité physico-chimique des sédiments

#### ➤ **CONDITIONS GENERALES**

La qualité physico-chimique des sédiments doit être considérée au vu de la possible remobilisation d'éventuels polluants lors de la remise en suspension de fines pendant les travaux de mise en place du câble, notamment au moment de l'ensouillage.

Un grand nombre de sites, repartis généralement le long de la côte, sont pollués par des scories<sup>3</sup> (présence de plomb, arsenic, zinc, cadmium, antimoine, etc.), notamment à l'Escalette et à Samena (au Sud du port de Pointe Rouge, héritées d'anciennes exploitations industrielles des XIXe et XXe siècles. A Marseille, douze (12) dépôts de scories diverses ont été recensés de Montredon à Callelongue et 77 sous-dépôts, soit 29 ha pollués (DRIRE, 2006).

La Figure 25 présente la localisation de pollution sédimentaire avérée dans la zone géographique de Marseille.

<sup>3</sup> Sous-produit d'élaboration métallurgique, ayant une forte teneur en silicates et oxydes métalliques. (Certaines scories sont recyclées en raison de leur teneur en oxydes ; d'autres sont utilisées en cimenterie, pour l'isolation, les revêtements routiers ou comme engrais.)

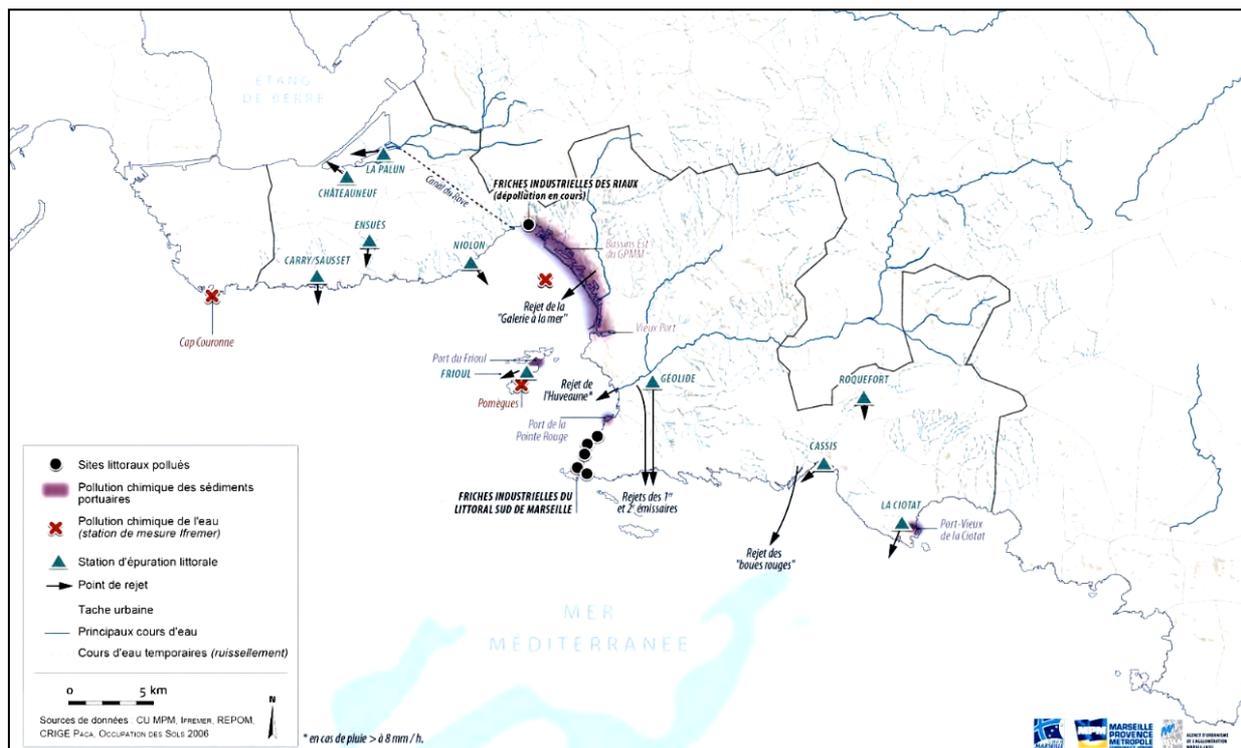


Figure 25 : Carte de localisation des pollutions de sédiment et de l'eau de mer sur le littoral de Marseille Provence Métropole (source : Agam, 2012).

### ➤ ZONE D'ÉTUDE : POINTE ROUGE – BONNEVEINE

Aucune étude scientifique concernant des pollutions importantes des sédiments n'a été recensée au niveau de la plage de Bonneveine.

#### 1.1.2.7. Ressource en eau continentale

##### 1.1.2.7.1. Hydrographie générale

### ➤ ZONE D'ÉTUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE

L'Huveaune est un fleuve côtier qui prend sa source dans le massif de la Sainte-Baume et se jette dans la Mer Méditerranée à Marseille, au Nord de la plage de Bonneveine. C'est un fleuve côtier au débit relativement faible mais qui connaît des crues importantes en cas de pluie. Les rives de l'Huveaune à Marseille sont d'ailleurs classées en zone inondable.

Depuis plus de dix ans l'Huveaune, juste après le point de confluence avec le Jarret, est déviée vers la station d'épuration des eaux de Marseille car son embouchure pollue les plages de la ville. L'eau traitée est ensuite rejetée au sud de la ville, dans les Calanques, par l'émissaire de Cortiou.

☞ **L'Huveaune est un des fleuves principaux de Marseille. La plage de Bonneveine est située au Sud de l'embouchure du cours principal mais elle n'est pas en zone inondable et ne sera pas sous influence de cette masse d'eau.**

### 1.1.2.7.2. Eaux souterraines et captage

➤ **ZONE D'ETUDE : POINTE ROUGE - BONNEVEINE**

La qualité de la masse d'eau souterraine FRDG137 « Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset » semble être en bon état chimique et quantitatif.

MASSES D'EAU		ÉTAT QUANTITATIF				ÉTAT CHIMIQUE						
N°	NOM	2009		OBJ. BE	MOTIFS DU REPORT		2009		TEND.	OBJ. BE	MOTIFS DU REPORT	
		ÉTAT	NC		CAUSES	PARAMÈTRES	ÉTAT	NC			CAUSES	PARAMÈTRES
FRDG137	Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset	BE		2015				BE		2015		

Tableau 9 : Qualité de la masse d'eau souterraine FRDG137 « Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset (source : Système d'information sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée (Siern)).

Le bassin du Beausset, les massifs de la Sainte Baume, de l'Agnis et des Calanques s'étirent d'Ouest en Est depuis Marseille jusqu'à Toulon parallèlement au littoral, en remontant au Nord jusqu'à Pourcieux (à l'est de Trets). Au nord du système précédent, le massif de la Sainte-Victoire s'étend d'Ouest en Est depuis Aix-en-Provence jusqu'au début de la vallée de l'Argens.

Cette masse d'eau est à dominante sédimentaire, elle s'étend sur une superficie de 1 330 km<sup>2</sup>. C'est un ensemble karstique, constitué pour l'essentiel de marnes, qui peut être considéré comme imperméable.

La recharge de la nappe se fait par infiltration directe. Le compartimentage des aquifères fait que les exutoires sont représentés par des sources multiples annexes (système de surface), ou au niveau du littoral, par des drains profonds (sources sous-marines).

La partie superficielle du karst représente une ressource non négligeable pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP). En outre, les réserves profondes, inexploitées à ce jour, constituent une ressource très intéressante, mais qui peuvent présenter un risque d'intrusion saline.



Figure 26 : Périmètre de protection pour le captage d'eau potable dans la masse d'eau souterraine FRDG137.

Ces massifs karstiques, bassin du Beausset et massif des calanques, occupés essentiellement par des broussailles et des affleurements calcaires subissent peu de pressions. Pour le sous-système des Calanques, il existe cependant une pollution naturelle en chlorures et en sulfates d'origine marine et continentale (présence de niveau salinifères).

La plage de la Pointe Rouge se situe au sein de la zone protégée pour le captage d'eau potable qui prélève dans la masse d'eau souterraine FRDG137 « Massifs calcaires de Sainte Baume, Agnis, Sainte Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset ». Le vocable de « zones protégées » vise essentiellement la préservation de la qualité des milieux aquatiques.

La masse d'eau recense 57 points d'eau dont un piézomètre (qualitomètre) situé au sud de la plage de la Pointe Rouge à proximité de la plage du port de la Madrague à une profondeur de 17.2 m. Il fait parti du réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Provence Alpes Côte d'Azur, associé à l'ancienne usine Legre Manté, fabricant d'acide tartrique.

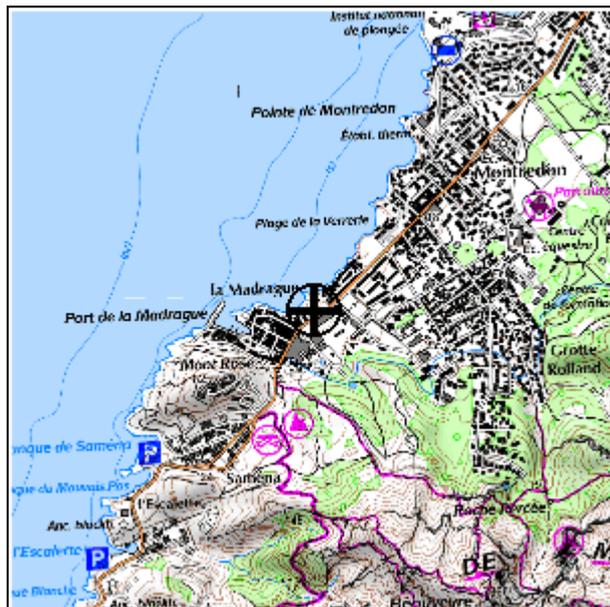


Figure 27 : Localisation du forage.

☞ *La nappe souterraine au droit de la zone d'étude se situe à environ 17 m de profondeur (d'après le forage de la Madrague). Cette nappe à l'affleurement est un ensemble karstique, la masse d'eau fait partie des zones protégées pour l'alimentation en eau potable et demande donc la préservation de la qualité des milieux aquatiques.*

### 1.1.2.8. Risques naturels littoraux

La région PACA est la région la plus sismique de France métropolitaine. A ces risques s'ajoutent les problématiques spécifiques aux zones littorales (érosion côtière, submersion marine).

Le département des Bouches-du-Rhône est doté d'un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM, dernière édition datant de 2006) qui répertorie l'ensemble des risques naturels sur le territoire.

La maîtrise de l'urbanisation s'exprime au travers des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR), prescrits et élaborés par l'État. Ces plans institués par la loi « Barnier » du 2 février 1995, constituent l'instrument essentiel de l'État en matière de prévention des risques naturels.

#### 1.1.2.8.1. Vents violents

Le Mistral, vent dominant sur le secteur peut atteindre sur le littoral des pointes supérieures ou égales à 60 km/h, 74 jours par an.

Lorsqu'il souffle en tempête les rafales peuvent dépasser les 100 km/h et générer une forte houle. Les dates de novembre 1982, janvier 1994, novembre et décembre 1997 et décembre 2005 (la première citée faisant l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle) resteront dans les mémoires.

☞ *La plage de Bonneveine peut être soumise à de fortes rafales de vent, principalement quand le Mistral souffle.*

### 1.1.2.8.2. *Risque sismique*

L'existence du risque sismique sur Marseille est liée à la proximité de la faille active de la Moyenne Durance, prolongée par la faille d'Aix-en-Provence. Depuis 1909, 65 séismes ont été ressentis sur les Bouches-du-Rhône et 46 épicentres localisés sur le département. Marseille a été classée en zone de sismicité faible, alors que ses 15<sup>ème</sup> et 16<sup>ème</sup> arrondissements sont en réalité en aléa modéré.

*La plage de Bonneveine est toutefois classée en sismicité faible.*

### 1.1.2.8.3. *Risque inondation*

Le secteur d'étude peut-être affecté par deux formes d'inondation issues de phénomènes différents mais pouvant se cumuler :

- Le ruissellement pluvial : lié aux effets cumulés d'une forte pluie sur un territoire au relief marqué et à l'artificialisation des sols à l'échelle du bassin versant ;
- La submersion marine : ce risque est traité par ailleurs au paragraphe suivant.

L'Huveaune se jetant à environ 700 m au Nord de la plage de Bonneveine, la plage et ses abords peuvent être affectés par les crues torrentielles du cours d'eau.

*D'après la carte des POS/PLU, la moitié de la plage de Bonneveine se situe en zone inondable.*

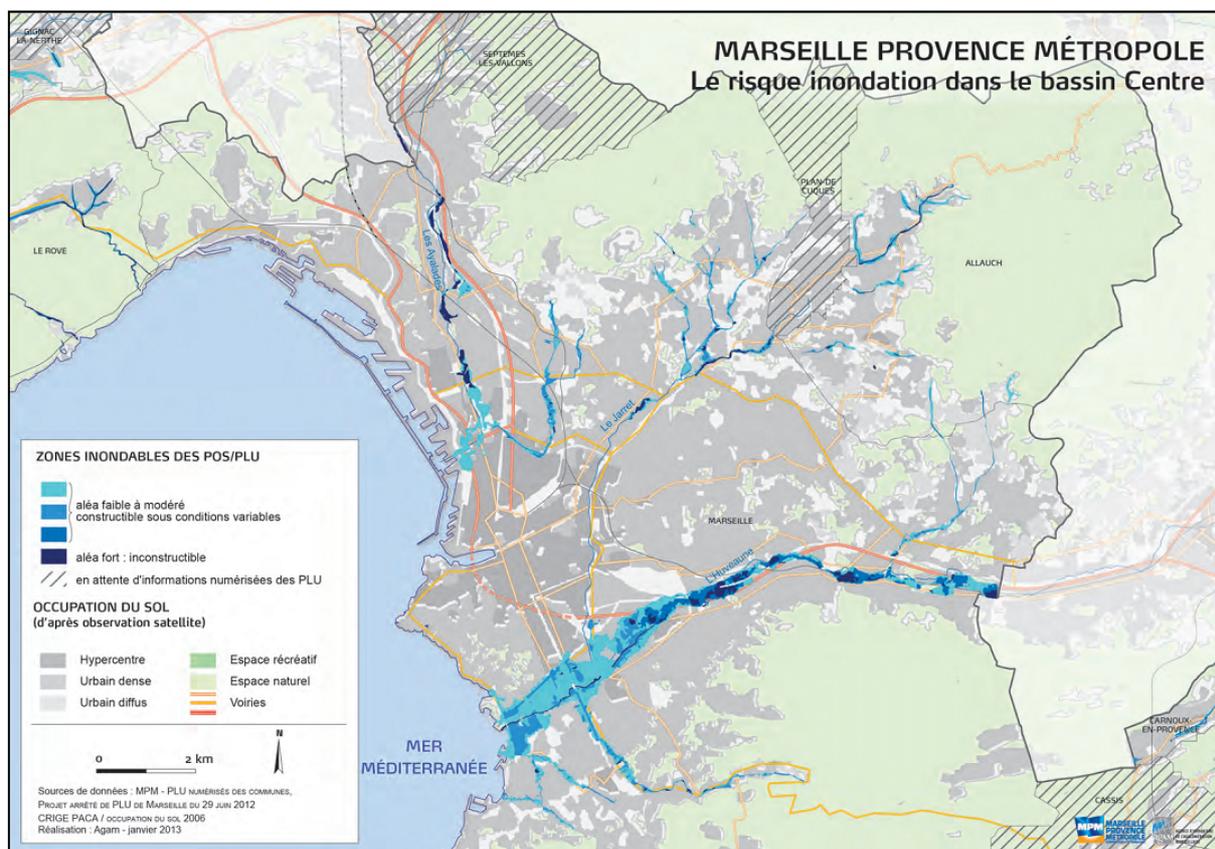


Figure 28 : Zone inondable dans le bassin Marseille Provence.

#### 1.1.2.8.4. Submersion marine

La submersion marine peut se produire en cas de marée météorologique, issue de la conjugaison d'un vent de Sud et d'une dépression. Il s'agit d'un risque émergent. En effet, le changement climatique se traduit par une augmentation progressive du niveau de la mer, accroissant de fait le risque. La montée des eaux est estimée jusqu'à +1 mètre d'ici 2100 en Méditerranée.

Bien que la vulnérabilité du territoire ait été identifiée, l'aléa submersion marine n'a en revanche pas encore été qualifié ni quantifié sur Marseille (Figure 29). Une première approche exploratoire a été réalisée dans le cadre de l'élaboration du PLU de Marseille (arrêté le 29/06/2012) avec la délimitation d'une zone d'information « submersion marine ».

👉 *La Plage de Bonneveine apparaît comme une zone sensible à la submersion marine bien qu'aucune qualification n'y soit associée.*

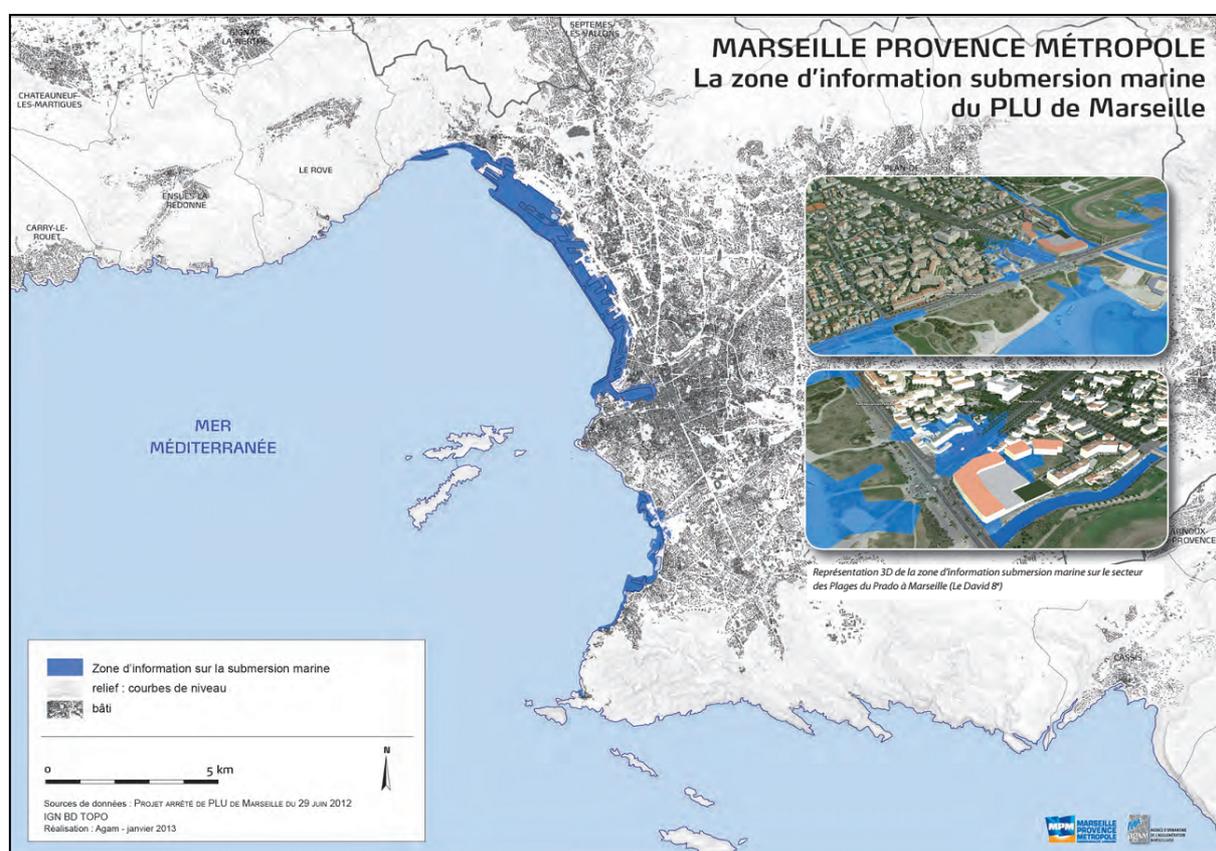


Figure 29 : Localisation des zones d'informations sur la submersion marine.

#### 1.1.2.8.5. Erosion côtière

##### ➤ CONDITIONS GÉNÉRALES

La problématique d'érosion côtière est importante pour la réalisation d'un atterrissage de câble sous-marin.

Sur le littoral de Marseille, les côtes rocheuses sont essentiellement situées au Nord et au Sud de la baie du Prado qu'elles encadrent.

La baie du Prado, orientée face à l'Ouest, est soumise à des houles du large assez fortes d'Ouest et Sud-Ouest pouvant atteindre une amplitude maximale de 6 m et à une agitation courte et désordonnée du Nord-Ouest engendré par le Mistral. L'exposition au vent de Mistral a fortement érodé les plages du fond de la baie ce qui a amené à la création de plages artificielles. Les nouvelles plages sont aujourd'hui protégées par des brise-lames et des épis, comme c'est le cas pour la plage de Bonneveine.

La zone d'atterrage prévue concerne une plage de sable d'environ 500 m de long. Peu de données sont disponibles concernant les plages de la rade de Marseille. Elles sont cependant toutes plus ou moins touchées par le phénomène d'érosion.

Il est à savoir que la plage souffrant le plus de l'érosion est celle de la Pointe Rouge qui est connue pour son recul chronique entraînant sa disparition progressive à chaque tempête hivernale. Toutefois, elle ne se comporte pas de manière homogène sur toute sa longueur, la partie Nord est soumise à un fort phénomène d'érosion et le secteur Sud est en accrétion. La plage a été rechargée en sable au printemps 2013 afin de récupérer 1/3 de sa superficie (3 500 m<sup>3</sup> soit 700 tonnes de sables apportés).



Figure 30 : Rechargement en sable de la plage de la Pointe Rouge en 2013 (source : marsactu.fr).

La plage de Bonneveine semble relativement stable avec une avancée de la mer d'environ 5 cm par an.

*Le littoral marseillais est soumis à plusieurs risques naturels qui peuvent présenter des enjeux plus ou moins fort pour le projet. L'érosion de la plage constitue en particulier un enjeu majeur vis-à-vis du risque de mise à nu du câble et du choix technique d'ensouillage. La réalisation dans le futur d'aménagements de protection contre l'érosion sur ce secteur est à envisager. Le risque inondation-submersion marine peut quant à lui constituer un enjeu à prendre en compte pour le phasage de réalisation des travaux.*

### 1.1.3. ENVIRONNEMENT BIOLOGIQUE MARIN

Au vu de la nature du projet, la caractérisation du milieu naturel porte en particulier sur le recensement des espaces et espèces remarquables du milieu marin et du littoral, la description des peuplements benthiques et des biocénoses remarquables de la zone d'étude et ses environs.