Document à accès différé

Evaluation des Risques Naturels Littoraux - SCoT Provence-Méditerranée -

Evaluation des stocks sédimentaires littoraux – Prospection géophysique

Rapport final

BRGM/RP-64158-FR
Décembre 2014

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER

Région Provence Alpes Côte d'Azur

Var Conseil Général

SCOT Provence Méditerranée

Géosciences pour une Terre durable brgm

Document à accès différé

Evaluation des Risques Naturels Littoraux - SCoT Provence-Méditerranée -

Evaluation des stocks sédimentaires littoraux – Prospection géophysique

Rapport final

BRGM/RP-64158-FR
Décembre 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2012-LIT-16

A. Stépanian et I. Thinon

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : F. Paquet	Nom : C. Arnal
Le 16 juillet 2015	Le 20 août 2015

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : milieu littoral, sédimentation littorale, plage, érosion littorale, cellule sédimentaire, stocks sableux, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Var

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Stépanian A. et I. Thinon (2014) – Evaluation des Risques Naturels Littoraux - SCoT Provence-Méditerranée - Evaluation des stocks sédimentaires littoraux – Prospection géophysique. Rapport final. BRGM/RP-64158-FR, 57 p., 31 ill., 2 ann., 1 CD.

© BRGM, 2014, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de l'élaboration du volet littoral et maritime du SCoT Provence Méditerranée (SCoT PM), qui est un chapitre individualisé valant schéma de mise en valeur de la mer, les communes littorales entre Saint-Cyr-sur-Mer et Le Lavandou ont décidé de mettre en œuvre une étude diagnostic des risques naturels littoraux sur leur territoire. Dans ce contexte, le Syndicat Mixte du SCoT Provence-Méditerranée et le BRGM ont établi un partenariat pour disposer d'une connaissance actualisée des risques littoraux à travers un projet de caractérisation des aléas littoraux érosion et submersion marine, à l'échelle du périmètre du SCoT PM.

Une étude de recensement des données existantes sur les stocks sédimentaires présents dans la zone côtière a permis d'identifier des zones-cibles susceptibles d'être étudiées par une prospection géophysique pour une évaluation plus détaillée des épaisseurs de sédiments au droit des plages du littoral du SCoT Provence-Méditerranée. L'objectif de ce projet est de réaliser une première estimation des volumes des stocks sédimentaires littoraux, entre la plage et l'herbier de posidonies.

La campagne VARSISCOT s'est déroulée du 24 au 30 octobre 2014 sur une série de zones cibles définies au préalable sur des critères bibliographiques et d'intérêts prioritaires en termes d'usages potentiels de la ressource sédimentaire.

Les objectifs principaux de cette évaluation des volumes sédimentaires étaient :

- de faire un état initial de la connaissance des épaisseurs sédimentaires sur les avant-plages ;
- d'avoir une estimation du potentiel de résilience naturelle des plages face à une érosion chronique.

L'évaluation des volumes et des épaisseurs sédimentaires sur les 15 sites prospectés met en évidence une grande variabilité du disponible sédimentaire avec des épaisseurs variant de 40 cm à près de 8 m. Bien que l'âge des dépôts ne soit pas disponible, une certaine cohérence est observée entre les zones amaigries/riches et le sens prédominant de la dérive littorale actuelle.

Ces évaluations des épaisseurs sont basées sur des méthodes indirectes de géophysiques et des interprétations, qui permettent de couvrir une grande zone d'étude. La vérification de l'épaisseur réelle du stock sédimentaire et la détermination de nature des sédiments nécessitent cependant des sondages ou des forages ponctuels.

Une cartographie des stocks sableux a été établie à une échelle 1/25 000.

Sommaire

1. Introduction 9

1.1. CONTEXTE 9

1.2. OBJECTIF DU PROJET 12

1.3. ORGANISATION DU RAPPORT 12

2. Campagne à la mer 13

2.1. CONDITIONS METEO-OCEANOLOGIQUES 14

2.2. MOYENS MIS EN ŒUVRE 16

2.2.1. Support nautique 16

2.2.2. Navigation et positionnement 17

2.2.3. Sismique réflexion : Boomer Seistec 18

2.3. ACQUISITION GEOPHYSIQUE 20

2.4. LOCALISATION DES PROFILS 21

3. Méthodologie – Interprétation 27

3.1. TRAITEMENT DES DONNEES BRUTES 27

3.2. DONNEES D'EPAISSEUR DE SEDIMENTS 27

4. Résultats 31

4.1. FALAISES DU JONQUIERS ET FABREGAS 31

4.2. ANSE DES SABLETTES 32

4.3. DOUBLE TOMBOLO DE GIENS 33

4.4. LITTORAL DU CEINTURON 35

4.5. LITTORAL DE BORMES 36

4.6. LITTORAL DU LAVANDOU 37

4.7. ESTIMATION DES VOLUMES SEDIMENTAIRES 39

5. Conclusion 41

6. Bibliographie 43

Liste des illustrations

Illustration 1 - Le littoral du SCoT Provence-Méditérranée 10
Illustration 2 - Zones cibles identifiées pour une investigation des stocks sédimentaires.....11
Illustration 3 - Zones prioritaires d'investigation par prospection géophysique 12
Illustration 4 - Déroulé de la mission d'acquisition géophysique.....13
Illustration 5 - Prévision pour la période du 24 au 30 octobre (source : PREVIMER).....14
Illustration 6 - Période et orientation des vagues entre le 24 et le 29 Octobre 2014, secteur Toulon/Cavalaire (source : PREVIMER) 15
Illustration 7 - Archive des prévisions de vent du 24 au 29 octobre 2014 (vitesse et orientation) pour les différents secteurs prospectés (source : WINDGURU).....16
Illustration 8 - Mobilisation du Lido au Port de Carqueiranne 17
Illustration 9 - Support Nautique : Le LIDO.....17
Illustration 10 - Système DGPS Hémisphère.....18
Illustration 11 - Seistec à couple du Lido. Positionnenent par DGPS Furuno 18
Illustration 12 - Mobilisation du Seistec au Port du Lavandou 19
Illustration 13 - Acquisition au droit de la plaine du Ceinturon (Hyères-les-Palmiers). 20
Illustration 14 - Paramètres d'acquisition des données sismiques.....20
Illustration 15 - Plan de positionnement de l'acquisition géophysique et zone pressentie (fond : Carte marine - SHOM) 23
Illustration 16. Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - SHOM).....24
Illustration 17. Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - SHOM).....24
Illustration 18 - Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - SHOM).....25
Illustration 19 - Interprétation géophysique et « pointé sismique » du toit du substratum rocheux sur l'avant-plage du tombolo Est.....28
Illustration 20 – Données filaires et génération de MNT interpolation des épaisseurs sur le tombolo Est. Système de projection Lambert93/RGF93. 29
Illustration 21 - Cartes d'isopaques – Jonquiers / Fabregas.....31
Illustration 22 - Profil SA110, au centre de la baie des Sablettes (Profil Nord-Sud). 32
Illustration 23 - Cartes d'isopaques – Sablettes 33
Illustration 24 - Secteur Ouest de l'Anse des Sablettes côté Mar Vivo. La plage est étroite, bordée par un mur de protection vertical. 33
Illustration 25 - Cartes d'isopaques – Tombolo Ouest et Est.....34
Illustration 26 - Extrait du profil TW270 au niveau du tombolo Ouest 35
Illustration 27 - Cartes d'isopaques – Littoral du Ceinturon 36
Illustration 28 - Cartes d'isopaques – Bormes les Mimosas 37

Illustration 29 - Cartes d'isopaques – Littoral du Lavandou 38
Illustration 30 - Profil sous-marin du prisme sédimentaire avec barre d'avant-côte au niveau du Lavandou (Profil LD240) 39
Illustration 31 - Synthèse des épaisseurs sédimentaires relevées sur les zones avec calcul des volumes et incertitudes absolues et relatives associées 40

Liste des annexes

Annexe 1 - Caractéristiques du SEISTEC 45
Annexe 2 - Atlas cartographique des stocks sédimentaires 49

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

Dans le cadre de l'élaboration du volet littoral et maritime du SCoT Provence Méditerranée (SCoT PM), qui est un chapitre individualisé valant schéma de mise en valeur de la mer, les communes littorales entre Saint-Cyr-sur-Mer et Le Lavandou ont décidé de mettre en œuvre une étude diagnostic des risques naturels littoraux sur leur territoire (Illustration 1).

Ce besoin repose sur les préoccupations et les interrogations des élus locaux face à des situations d'érosion et d'exposition du littoral aux coups de mer, mais également sur le constat que les connaissances scientifiques sur les phénomènes d'érosion chronique des plages et sur la cartographie des zones soumises à la submersion marine ne sont pas actuellement suffisantes ou précises, et ce, malgré la disponibilité sur le secteur d'un certain nombre d'études ponctuelles sur la thématique de l'érosion côtière.

De plus, une réactualisation des connaissances s'impose du fait de la disponibilité de données récentes, acquises ou en cours d'acquisition (ortho-photographie littorale, données topographiques et bathymétrique Litto3D), mais également en raison des changements importants dans le comportement dynamique des plages et du trait de côte, constatés depuis une dizaine d'années par les habitants et les élus du littoral.

Dans ce contexte, le Syndicat Mixte du SCoT Provence-Méditerranée et le BRGM ont établi un partenariat pour disposer d'une connaissance actualisée des risques littoraux à travers un projet de caractérisation des aléas[1] littoraux érosion et submersion marine, à l'échelle du périmètre du SCoT PM.

Une étude de recensement des données existantes sur les stocks sédimentaires présents dans la zone côtière a été réalisée (Stépanian, 2014). Elle a permis d'identifier des zones-cibles susceptibles d'être étudiées par une prospection géophysique pour une évaluation plus détaillée des épaisseurs de sédiments au droit des plages du littoral du SCoT Provence-Méditerranée (Illustration 2 et Illustration 3).

[1] L'aléa est défini comme un phénomène naturel qui se produit à une occurrence donnée. Ainsi, un évènement centennal est un phénomène avec une période de retour de 100 ans, ce qui signifie également que chaque année, il a une chance sur 100 de se produire. Le risque est défini comme l'analyse croisée de l'aléa et des enjeux.

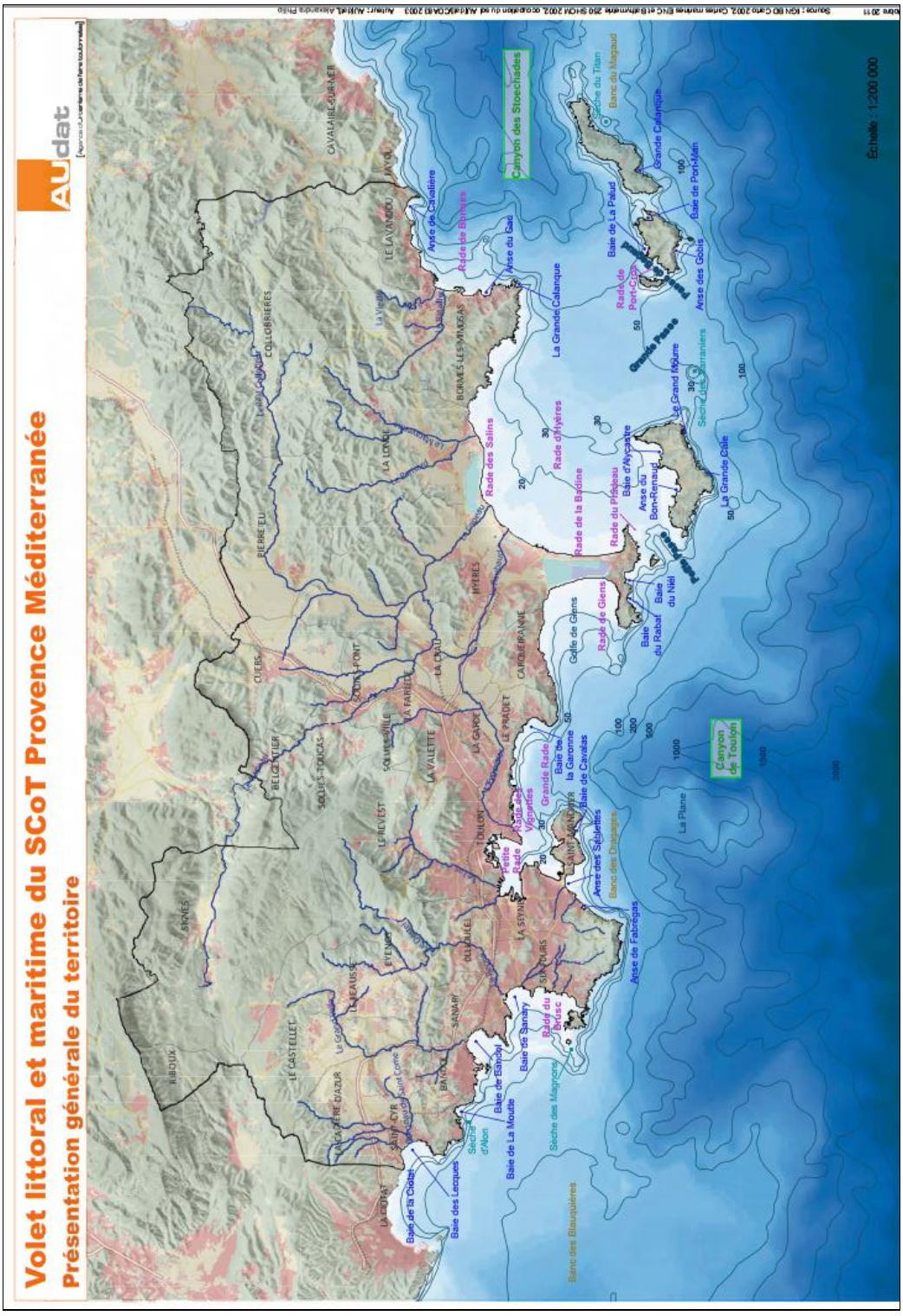


Illustration 1 - Le littoral du SCoT Provence-Méditerranée

N°	Zones	N° de cellule sédimentaire AERM&C (2005)	Contexte	Linéaire
1	Plages de la Corniche du Lavandou	24 : Cap Benat- Cap-Nègre	Plages de poches au comportement isolé	3 km
2	Plages du Lavandou	24 : Cap Benat- Cap-Nègre	Grande unité sableuse orientée Est avec dérive littorale résiduelle Nord-Sud et ensablement des ports de Bormes et du Lavandou	3.5 km
3	Littoral la Londe Port-Pothuau	23 : Cap de l'Estérel Port-Miramar	Littoral orienté Sud, avec ensablement du port Miramar et érosion du littoral des vieux salins	5 km
4	Littoral Est Hyères Ceinturon	23 : Cap de l'Estérel Port-Miramar	Littoral orienté Est en érosion chronique, présence du lobe sableux du Gapeau, interruption du transit sédimentaire par les ouvrages portuaires	4 km
5	Littoral Est Hyères La Capte-La Badine	23 : Cap de l'Estérel Port-Miramar	Littoral orienté en érosion au Nord, et zone d'accrétion sous-marine au Sud	4.5 km
6	Tombolo Ouest de Giens	22 : Pointes de Carqueiranne et d'Escampobariou	Littoral très exposé à l'Ouest, Erosion chronique au Nord Accrétion au Sud, courant de décharge vers le large	4 km
7	Plage des Sablettes (La Seyne)	Cellule non définie	Plage de poche, comportement isolé, érosion chronique du trait de côte, avec transferts sableux vers le large	1.5 km
8	Anse de Bandol	20 : ile de Bendor – Pointe de la Cride	Plage de poche, comportement isolé	1.5 km
9	Plage des Lecques	19 : Cap de l'Aigle ¨Pointe grenier	Plage de poche, comportement isolé	1.5 km

Illustration 2 - Zones cibles identifiées pour une investigation des stocks sédimentaires.

Les plages sont ici présentées par ordre de priorité d'intérêt pour un inventaire et, dans une perspective éventuelle de gestion dynamique des stocks sableux au sein des différentes cellules sédimentaires du littoral du SCoT Provence-Méditerranée.

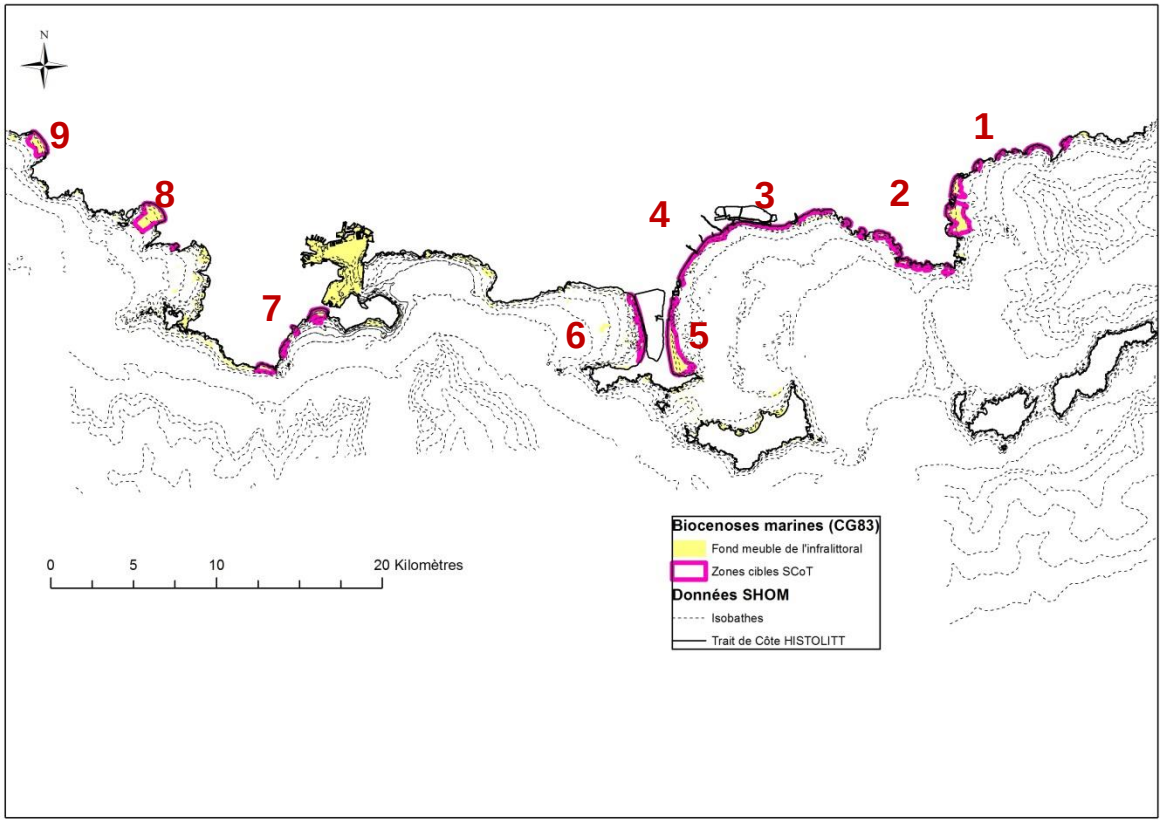


Illustration 3 - Zones prioritaires d'investigation par prospection géophysique

1.2. OBJECTIF DU PROJET

Le projet vise à l'acquisition de mesures géophysiques de sismique-réflexion dans les petits fonds pour accéder à la connaissance des épaisseurs sédimentaires sur les avant-plages, entre le trait de côte et l'herbier de posidonies, dont la profondeur et la proximité de la côte est très variable sur le périmètre de l'étude.

1.3. ORGANISATION DU RAPPORT

Le présent rapport rend compte :

- des opérations de mesures en mer lors de la mission VARSISCOT, qui s'est déroulée au mois d'octobre 2014 ;
- de la méthodologie d'interprétation des données géophysiques ;
- des résultats en termes cartographiques des mesures réalisées ;
- des perspectives en termes de gestion de l'érosion côtière et de gestion des stocks sédimentaires, ouvertes par cette connaissance inédite au niveau des avants-plages du littoral du SCoT Provence-Méditerranée.

2. Campagne à la mer

La mission VARSISCOT s'est déroulée entre le 24 et le 30 octobre 2014 entre Le Lavandou, à l'Est, et le Cap Sicié à l'Ouest. Elle avait pour objectif l'acquisition de données de sismique réflexion sur les avant-plages du littoral du SCoT Provence-Méditerranée. L'acquisition se fait de jour avec retour au port tous les soirs. Les principales phases de cette mission sont rappelées dans Illustration 4.

DATE	OPERATION	DEBUT (Local)	FIN (Local)
24/10/2014	Installation des équipements à bord (Le Lavandou)	8h00	13h35
24/10/2014	Transit sur site	13h35	14h15
24/10/2014	Acquisition secteur « Bormes »	14h18	18h35
24/10/2014	Transit vers le port du Lavandou	18h35	19h00
25/10/2014	Installation matériel	8h20	9h00
25/10/2014	Transit sur site	9h00	9h10
25/10/2014	Acquisition secteur Lavandou	9h27	18h00
25/10/2014	Transit vers le port du Lavandou	18h00	18h30
26/10/2014	Démobilisation /Mobilisation Seistec – transit vers port Saint-Pierre d'Hyères	7h30	12h40
26/10/2014	Transit vers site	12h40	13h00
26/10/2014	Acquisition secteur « Tombolo Est »	13H02	17h35
26/10/2104	Transit vers le port Saint-Pierre d'Hyères	17h35	18h00
27/10/2014	Installation équipements	8h15	8h50
27/10/2014	Transit vers site	8h50	9h00
27/10/2014	Acquisition « Tombolo EsT, Ceinturon, La Londe, Bormes»	9h01	17h25
27/10/2104	Transit vers le port Saint-Pierre d'Hyères	17h25	19h00
28/10/2014	Démobilisation / Mobilisation bateau+Seistec – transit vers le port de Carqueiranne (Oursinières)	7h30	10h50
28/10/2014	Transit vers le Tombolo Ouest	10h50	12h00
28/10/2014	Acquisition « Tombolo Ouest »	12h17	15h40
28/10.2014	Transit port de la Capte puis du Pradet	16h00	17h30
29/10/2014	Installions équipements	7h50	8h45
29/10/2014	Acquisition «les Sablettes », Fabregas, Garonne – Retour Port des Oursinières	8h51	17h30
29/10/2014	Démobilisation des équipements et du navire	17h50	19h00

Illustration 4 - Déroulé de la mission d'acquisition géophysique

Elle a été réalisée par la société Creocean[2] sous maitrise d'ouvrage de la Direction Régionale PACA du BRGM. Elle a été déclarée à la base de données des campagnes à la mer SISMER gérée par l'IFREMER[3].

[2] www.creocean.fr

[3] www.sismer.fr

2.1. CONDITIONS METEO-OCEANOLOGIQUES

Nous présentons ici les archives des prévisions météo-océanographiques sur les différents sites couverts. Deux sources sont présentées :

Previmer pour les vagues, leur période et direction (Illustration 5 et Illustration 6) ;

Windguru pour le vent et sa direction (Illustration 7).

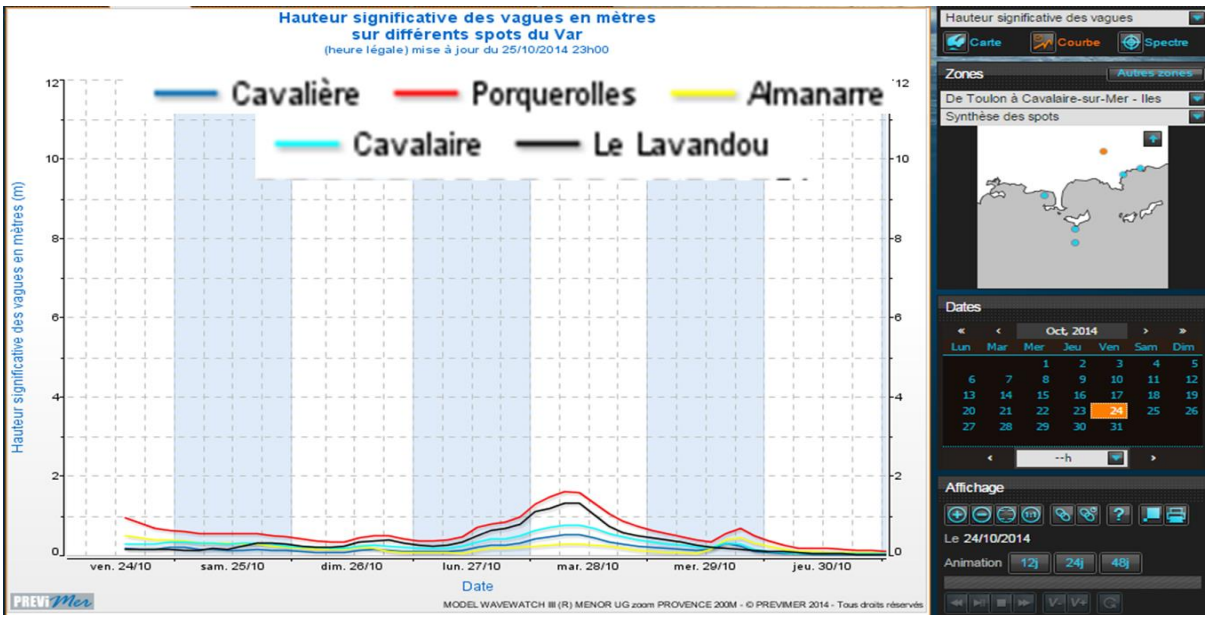


Illustration 5 - Prévision pour la période du 24 au 30 octobre (source : PREVIMER)

Les conditions de navigation et d'acquisition ont été relativement satisfaisantes sur la période de la campagne de mesure. Il n'y a pas eu de journée de stand-by météo. Il est à noter cependant que l'état de la mer était souvent plus fort que les prévisions en particulier dès la fin de matinée avec une houle de hauteur significative souvent de l'ordre de 0,5 m pour des périodes de vagues courtes (3-5 s).

Ceci a altéré la qualité des profils acquis, en particulier depuis la côte vers le large, en raison du pilonnement du navire. Ces effets de la mer de vent sur la qualité des données ont été observés essentiellement sur le secteur du Tombolo Est (zone centrale) le 26 Octobre 2014 et en fin d'acquisition (secteur Garonne) le 29 Octobre 2014. Un filtre numérique des effets de la houle sur les données géophysiques est nécessaire pour améliorer la qualité des interprétations.

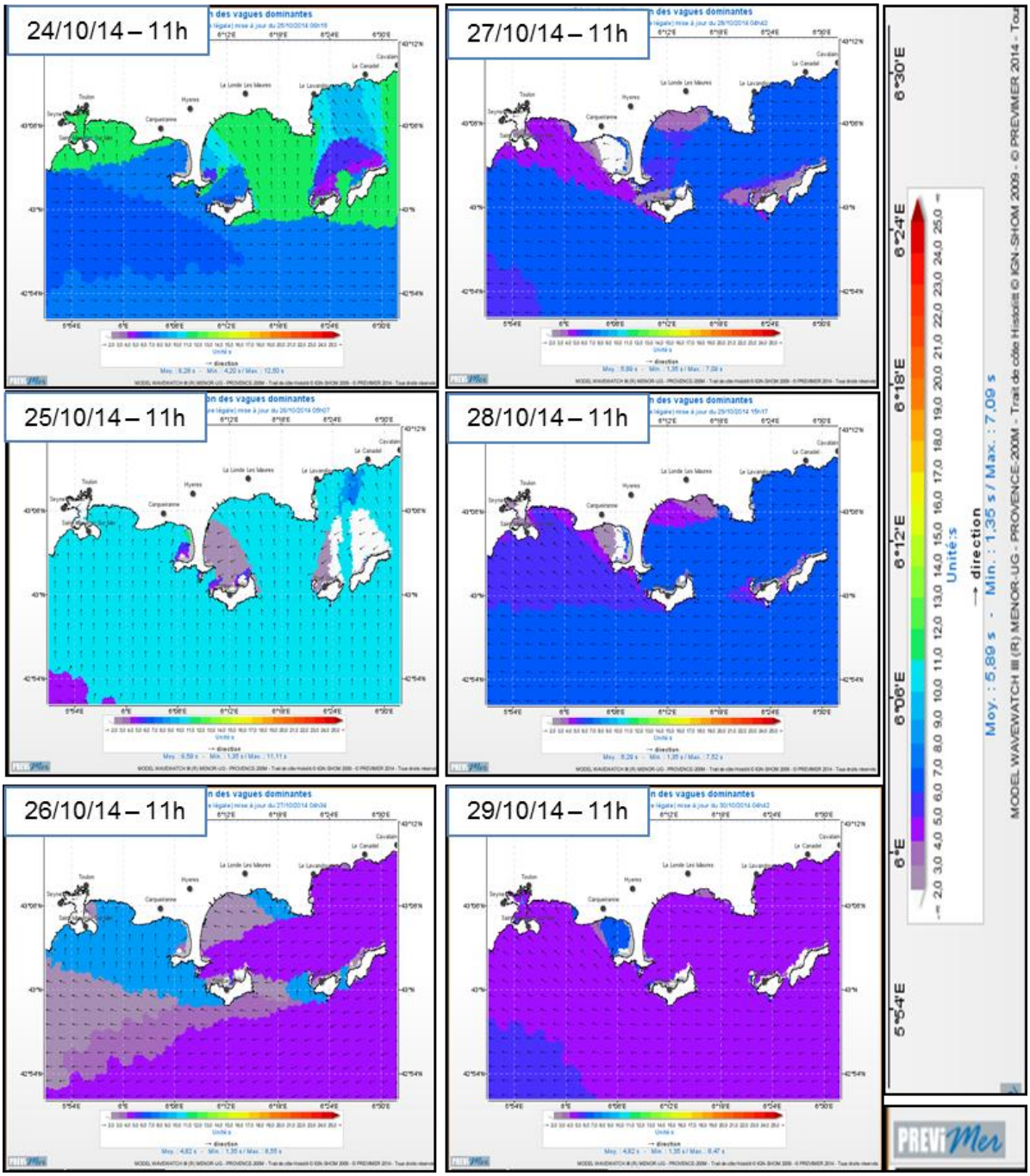
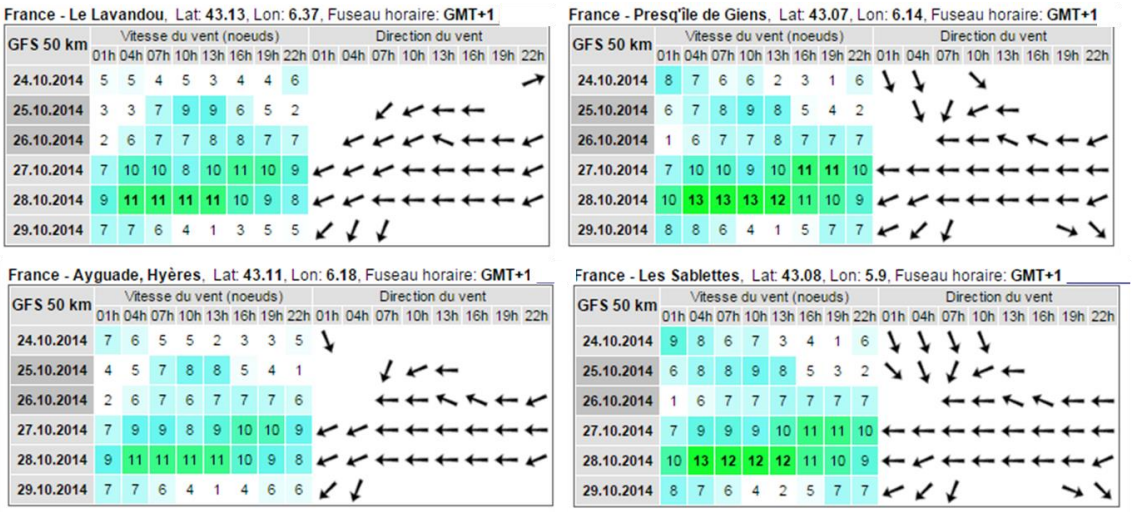


Illustration 6 - Période et orientation des vagues entre le 24 et le 29 Octobre 2014, secteur Toulon/Cavalaire (source : PREVIMER)



France - Le Lavandou, Lat: 43.13, Lon: 6.37, Fuseau horaire: GMT+1

GFS 50 km	Vitesse du vent (noeuds)								Direction du vent							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
24.10.2014	5	5	4	5	3	4	4	6								↗
25.10.2014	3	3	7	9	9	6	5	2			↙	↙	←	←		
26.10.2014	2	6	7	7	8	8	7	7	↙	↙	↙	↖	←	←	←	↙
27.10.2014	7	10	10	8	10	11	10	9	↙	↙	↙	←	←	←	←	↙
28.10.2014	9	11	11	11	11	10	9	8	↙	↙	←	←	←	←	←	↙
29.10.2014	7	7	6	4	1	3	5	5	↙	↓	↓					

France - Presq'île de Giens, Lat: 43.07, Lon: 6.14, Fuseau horaire: GMT+1

GFS 50 km	Vitesse du vent (noeuds)								Direction du vent							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
24.10.2014	8	7	6	6	2	3	1	6	↘	↘		↘				
25.10.2014	6	7	8	9	8	5	4	2		↘	↓	↙	←			
26.10.2014	1	6	7	7	8	7	7	7			←	←	↖	↖	←	↙
27.10.2014	7	10	10	9	10	11	11	10	←	←	←	←	←	←	←	←
28.10.2014	10	13	13	13	12	11	10	9	↙	↙	←	←	←	←	←	↙
29.10.2014	8	8	6	4	1	5	7	7	↙	↙	↓				↘	↘

France - Ayguade, Hyères, Lat: 43.11, Lon: 6.18, Fuseau horaire: GMT+1

GFS 50 km	Vitesse du vent (noeuds)								Direction du vent							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
24.10.2014	7	6	5	5	2	3	3	5	↘							
25.10.2014	4	5	7	8	8	5	4	1			↓	↙	←			
26.10.2014	2	6	7	6	7	7	7	6			←	←	↖	↖	←	↙
27.10.2014	7	9	9	8	9	10	10	9	↙	↙	←	←	←	←	←	←
28.10.2014	9	11	11	11	11	10	9	8	↙	↙	←	←	←	←	←	↙
29.10.2014	7	7	6	4	1	4	6	6	↙	↓						

France - Les Sablettes, Lat: 43.08, Lon: 5.9, Fuseau horaire: GMT+1

GFS 50 km	Vitesse du vent (noeuds)								Direction du vent							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
24.10.2014	9	8	6	7	3	4	1	6	↘	↘	↘	↘				
25.10.2014	6	8	8	9	8	5	3	2	↘	↘	↓	↙	←			
26.10.2014	1	6	7	7	7	7	7	7			←	←	↖	↖	←	←
27.10.2014	7	9	9	9	10	11	11	10	←	←	←	←	←	←	←	←
28.10.2014	10	13	12	12	12	11	10	9	←	↙	←	←	←	←	←	↙
29.10.2014	8	7	6	4	2	5	7	7	↙	↙	↓				↘	↘

Illustration 7 - Archive des prévisions de vent du 24 au 29 octobre 2014 (vitesse et orientation) pour les différents secteurs prospectés (source : WINDGURU)

2.2. MOYENS MIS EN ŒUVRE

2.2.1. Support nautique

La campagne a été réalisée à bord d'une embarcation de type pêche promenade (Pacific Craft Timonier 560) appartenant à l'EID Méditerranée.

Cette embarcation, le Lido, est à jour de ses certifications et autorisations d'embarquement (Illustration 8 et Illustration 9).

Illustration 8 - Mobilisation du Lido au Port de Carqueiranne

Caractéristiques techniques

Longueur hors tout	5.60 m
Largeur	2.44 m
Poids sans moteur	860 kg
Catégorie de conception	C
Capacité	6 Personnes
Puissance conseillée	60 CV
Puissance Maxi	115 CV

Illustration 9 - Support Nautique : Le LIDO

2.2.2. Navigation et positionnement

Le système de positionnement utilisé du 24 au 26 octobre 2014 inclus est de type Hemisphère – R330 – GNSS (Illustration 10). Ce système utilisé en mode DGPS est donné pour une précision de l'ordre 0,3 m en planimétrie et 0,6 m en altimétrie

Illustration 10 - Système DGPS Hémisphère

Nous avons ensuite dû utiliser un GPS de type Furuno (précision métrique) en raison d'une perte récurrente du signal satellite. Le système de positionnement est placé directement sur le catamaran du Seistec ce qui permet un enregistrement en temps réel du positionnement de l'équipement.

La configuration de l'équipement de sismique, à couple du navire, permet d'avoir également un offset négligeable à partir de l'antenne du GPS Furuno positionnée à moins d'1 mètre du récepteur sismique (Illustration 11).

Illustration 11 - Seistec à couple du Lido. Positionnenent par DGPS Furuno

Le suivi des profils de levés a été réalisé à l'aide du logiciel HYPACK®.

2.2.3. Sismique réflexion : Boomer Seistec

Les caractéristiques techniques de l'instrument utilisé sont détaillées en Annexe 1.

Les mesures par sismique réflexion continue ont été réalisées à l'aide d'un boomer de très haute résolution de type IKB Seistec avec une source de 50 à 150 J. Le dispositif mis en œuvre se présente sous forme d'un catamaran sur lequel sont fixés l'émetteur et le récepteur avec une géométrie fixe (Illustration 12).

Cette configuration, ainsi que la géométrie des hydrophones de réception des signaux, à la verticale dans un cône, permet d'intervenir de manière satisfaisante par faible profondeur (Illustration 13).

Illustration 12 - Mobilisation du Seistec au Port du Lavandou

Ce dispositif rigide à géométrie fixe est le seul associant à la fois :

- Une pénétration supérieure à 20 m dans les couches vaseuses et sableuses,
- Une pénétration dans les zones d'herbiers, sous réserve toutefois de la présence d'une matte peu importante,
- Une très bonne résolution verticale de l'ordre de quelques décimètres,
- Une bonne maniabilité du système et la possibilité de le placer à couple pour acquérir des données en limite de capacité d'intervention du support nautique,
- Une acquisition/interprétation de données sismiques THR par très petits fonds malgré la présence d'un écho (multiple) des premières ondes réfléchies.

Cet équipement requiert une vitesse d'acquisition peu élevée (2 à 3 nœuds) afin de limiter l'importance du bruit émis en surface (Illustration 13).

Illustration 13 - Acquisition au droit de la plaine du Ceinturon (Hyères-les-Palmiers).

2.3. ACQUISITION GEOPHYSIQUE

L'acquisition des données sous format numérique permet de retraiter les données de terrain pour obtenir le maximum des signaux acoustiques enregistrés. Les données sont enregistrées via le logiciel Delph Acquisition® d'IXBLUE.

L'amplificateur de gain du Seistec a été réglé sur 50% pour l'essentiel des profils.

Les paramètres utilisés présentés sont les suivants (Illustration 14) :

Fréquence d'échantillonnage	Cadence de tir	Positionnement	Format	Puissance
30000 Hz	0,5 seconde	NMEA – WGS84	SEG-Y (IEEE)	50 Joules

Illustration 14 - Paramètres d'acquisition des données sismiques

Les données de sismique réflexion enregistrées via le logiciel Delph Acquisition sont en coordonnées géographiques et le système géodésique utilisé est le WGS84 (UTM31N) pendant l'acquisition. En revanche, les données et les cartes présentées dans ce rapport et les données fournies sont projetées. Le système utilisé est le Lambert93 – Base RGF93.

Les filtres de fréquence (passe haut et passe bas) utilisés lors de la visualisation des données à bord, mais non enregistrés, sont respectivement 900 Hz et 6000 Hz.

La vitesse d'acquisition est comprise entre 3 et 3,5 nœuds pour la plupart des profils. A l'approche de la côte, sur les profils depuis le large vers la côte, la vitesse est réduite autour de 2 nœuds afin d'assurer la sécurité des équipements et du personnel.

Nous avons également dû réduire la vitesse sur certains profils Côte-Large en raison de la mer de vent parfois très hachée (pilonnement trop important).

2.4. LOCALISATION DES PROFILS

Par rapport au plan d'échantillonnage prévu, et selon les cibles prioritaires définies au préalable, l'acquisition a été modulée en temps réel en tenant compte :

- des impératifs de sécurité de l'embarcation et des autres usagers de la mer (baigneurs, planches à voile, kitesurfs) sur les zones très petits fonds (Cavalière, Tombolo Ouest et Est) ;
- des conditions de mer ;
- du temps de mobilisation sur la durée du jour (acquisition de mesure interdite de nuit) ;
- des résultats en temps-réel pour juger de l'intérêt de la poursuite de l'acquisition sur site ou un éventuel changement de zone de prospection.

Certains secteurs prévus initialement ont ainsi été abandonnés ou limités :

- soit en raison de la présence d'un récif barrière d'herbiers frangeants dangereux pour la navigation tel que la zone au droit des Vieux Salins entre Hyères et La Londe-les-Maures ;
- soit en raison de la proximité de roche sub-affleurante : Fort de Brégançon et Fabregas par exemple ;
- soit au regard d'un intérêt limité (herbiers très proches du littoral ou zone actuelle de rechargement de plage).
- soit en raison de leur éloignement, ce qui occasionnait des temps de transit trop importants, ce temps étant jugé par le chef de mission comme plus profitable à utiliser pour des acquisitions sur des zones plus proches.

En revanche, des zones supplémentaires non prévues ont été levées, en fonction du compromis temps disponible / acquisition possible qui a été réévalué en permanence :

- les zones de Fabregas et des Falaises du Jonquiers ;
- l'avant-côte au droit de la plage de la Garonne ;
- le secteur de Plage du Château de Brégançon et de la plage de la Galère, à l'Est du Fort de Brégançon).

L'espacement des profils est variable en fonction du site (entre 50 et 200 m). Certains secteurs majeurs tels que les secteurs de Bormes-Les-Mimosas, du Lavandou et des Sablettes ont été prospectés majoritairement avec une maille à 50 m entre profils.

L'orientation des profils a été prévue pour être relativement orthogonale au trait de côte. Pour les portions avec un littoral très découpé, nous nous sommes basés sur l'isobathe, 5 m ou 10 m cote marine, pour conserver une orientation transverse des profils par rapport aux corps sédimentaires.

L'Illustration 15 présente le plan de positionnement extrait de l'enregistrement de la navigation des profils sismiques avec des zooms sur les secteurs Est (Illustration 16), centre (Illustration 17) et Ouest (Illustration 18).

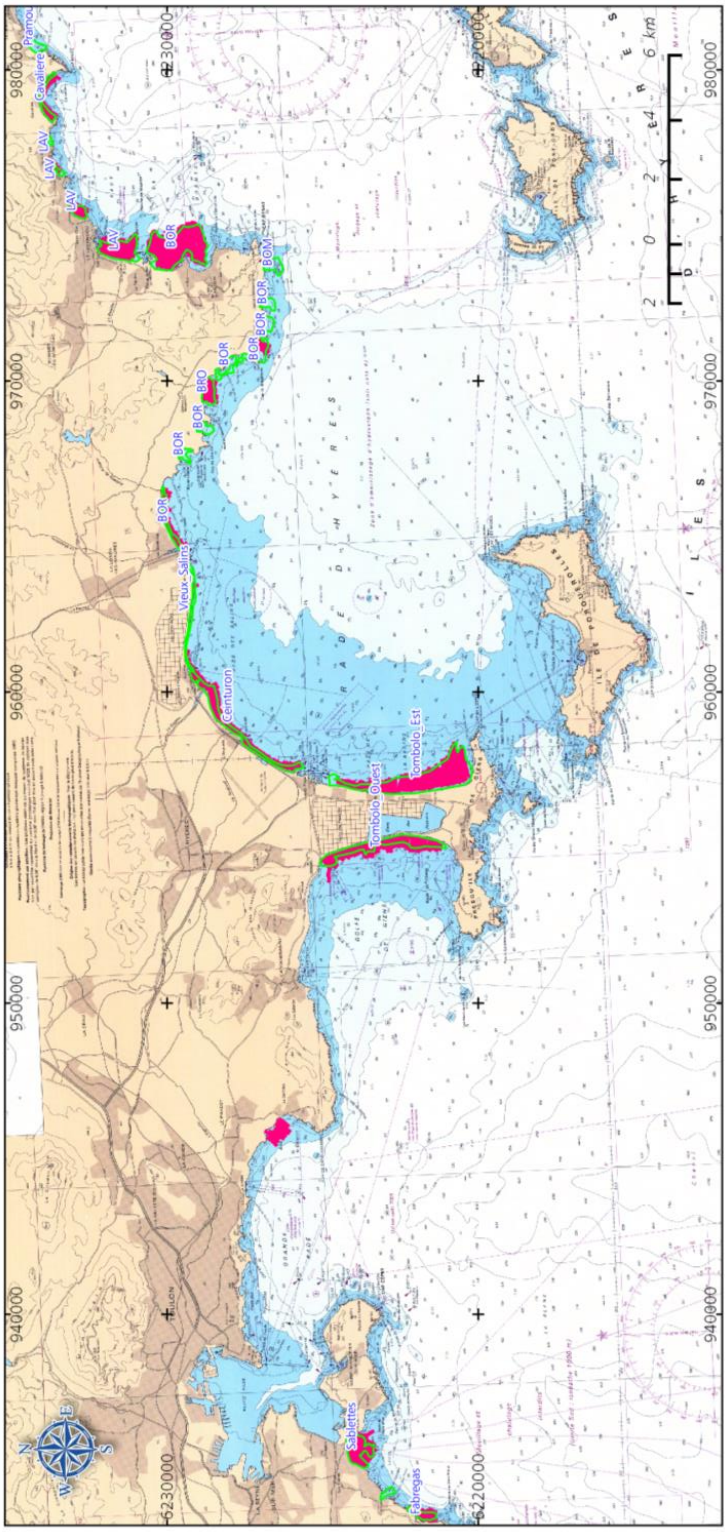


Illustration 15 - Plan de positionnement de l'acquisition géophysique et zone pressentie (fond : Carte marine - © SHOM)

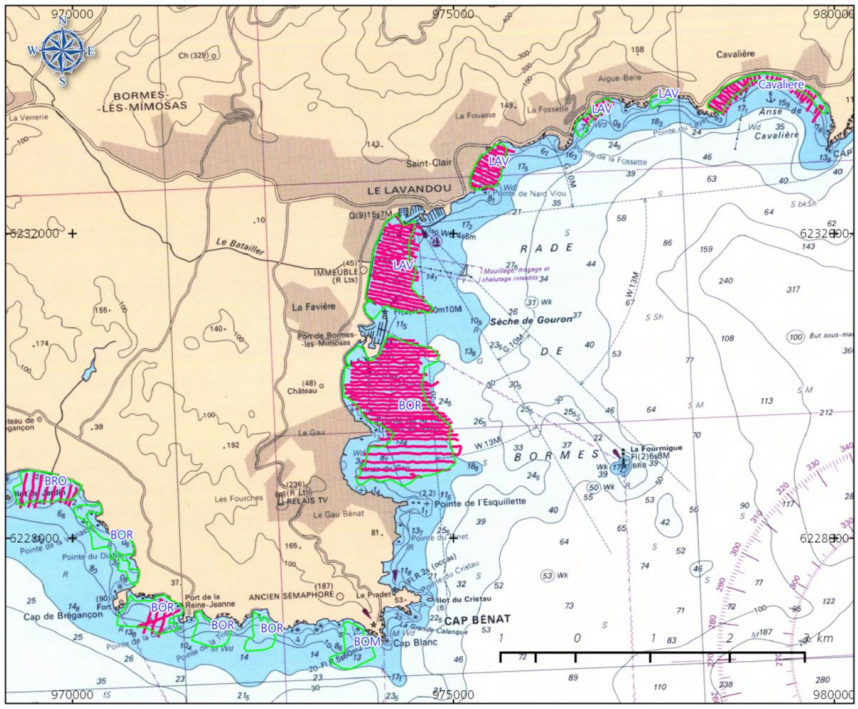


Illustration 16. Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - © SHOM)

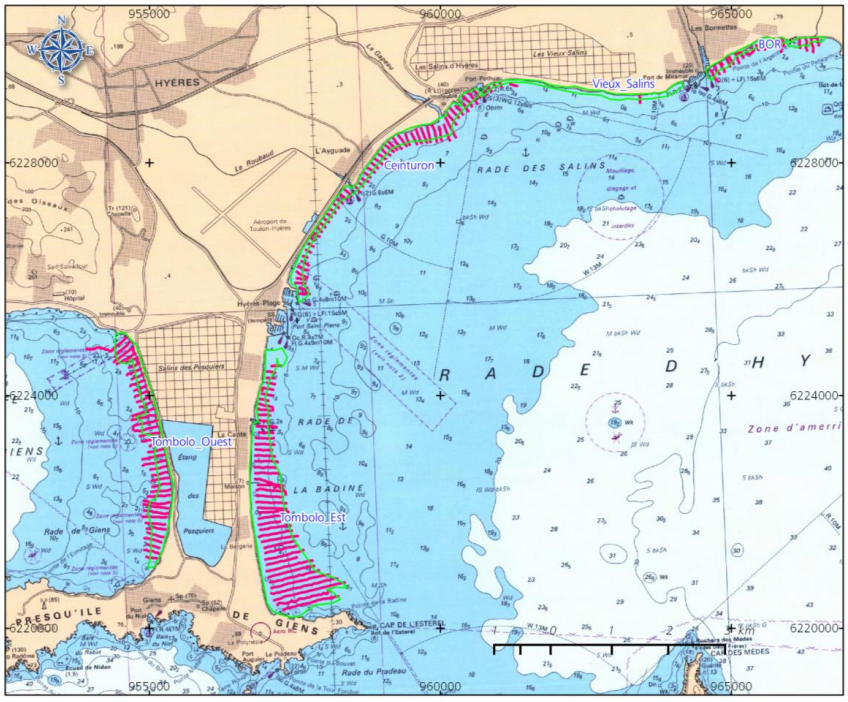


Illustration 17. Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - © SHOM)

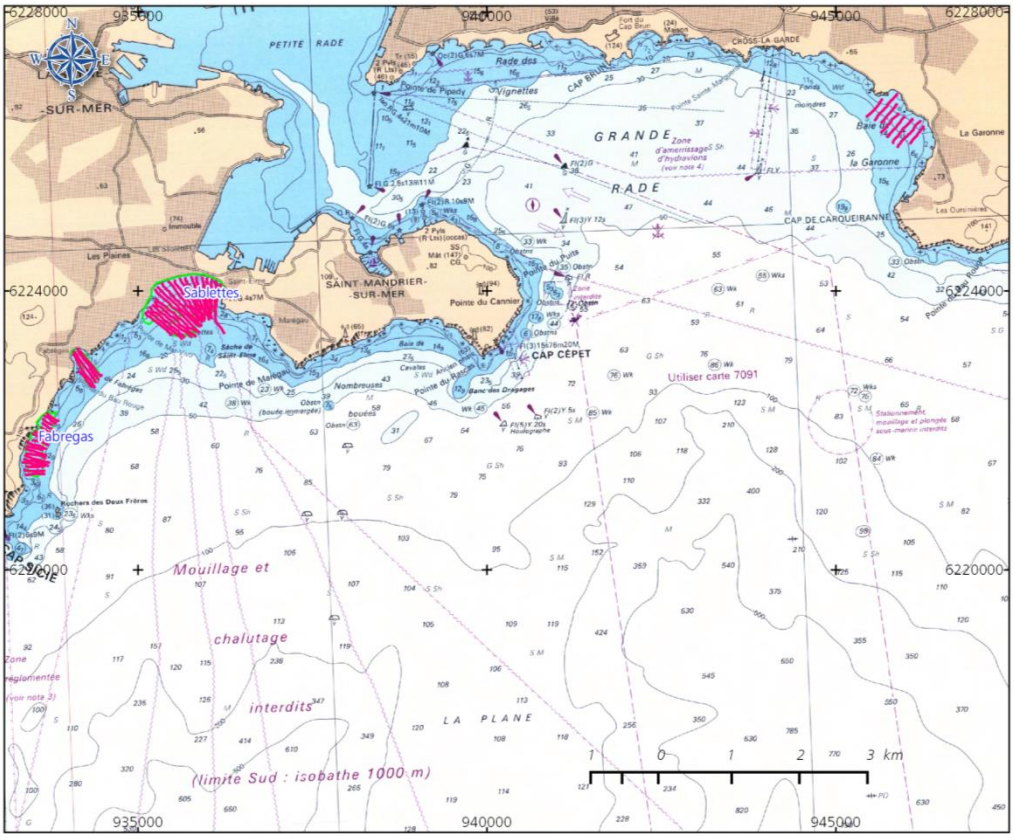


Illustration 18 - Zooms sur les différents secteurs de levé géophysique (fond : Carte marine - © SHOM)

3. Méthodologie – Interprétation

3.1. TRAITEMENT DES DONNEES BRUTES

Les enregistrements sismiques des profils sismiques sont traités sous Seismic-Unix afin d'améliorer l'image sismique. Un filtre numérique de la houle a été utilisé pour améliorer le rendu sur les différentes images.

Chaque ligne est ensuite interprétée par un pointé manuel des interfaces eau/fond et substratum/sédiments en mode numérique sous le logiciel d'interprétation Seisvision© (Illustration 19). Leur profondeur relative mesurée en secondes temps-double est numérisée pour établir les coupes-temps du terrain.

Le pointé d'horizon fournit une valeur de « profondeur temps-double » pour chacun des points de tir dont les coordonnées sont connues. La différence de temps de trajet des ondes sismiques entre deux interfaces définit l'épaisseur de sédiment, qui est obtenue en appliquant une loi de vitesse de propagation des ondes acoustiques en fonction de la nature probable des terrains traversés.

Ainsi, la différence de valeur de profondeur entre deux horizons (fond & toit du « substratum ») permet d'obtenir une valeur « d'épaisseur temps-double » pour chaque point de tir, avec les coordonnées géographiques correspondantes. La conversion entre « épaisseurs temps-double » et épaisseurs sédimentaires est permise par l'application d'une vitesse de propagation des ondes sismiques en fonction de la nature probable des sédiments traversés. Ainsi, en raison de l'absence de données de forage/sondage sur la zone prospectée, et en fonction de la nature du prisme littoral, on considère que les sédiments sont des sables fins à grossiers, saturés en eau : la vitesse de propagation des ondes sismiques retenue est donc de 1700 m/s (+/- 200 m/s).

Dans certaines zones, où les sédiments sont trop épais (atténuation de l'onde source), ou s'il y a des artefacts liés à la technique d'acquisition elle-même (multiple), le pointé peut être difficile et la donnée est une estimation de l'épaisseur et non une épaisseur vraie.

3.2. DONNEES D'EPAISSEUR DE SEDIMENTS

Les données sont disponibles au format ASCII :

X (RGF93) Y (RGF03) Temps (mstd) Epaisseur (m)

Leur exploitation diffère en fonction de leur densité sur chacune des zones :

- les informations sont ponctuelles le long de chacun des profils (données filaires)
- si les profils sont suffisamment nombreux, une interpolation est réalisée pour permettre des calculs de cubature pour estimer les volumes sédimentaires.

Les paramètres d'interpolation sont volontairement simples pour avoir une première estimation globale de la ressource sédimentaire (interpolation linéaire, maille à 25 m de résolution). L'exemple des données recueillies et l'interprétation des profils sur le tombolo Est est représenté sur Illustration 20.

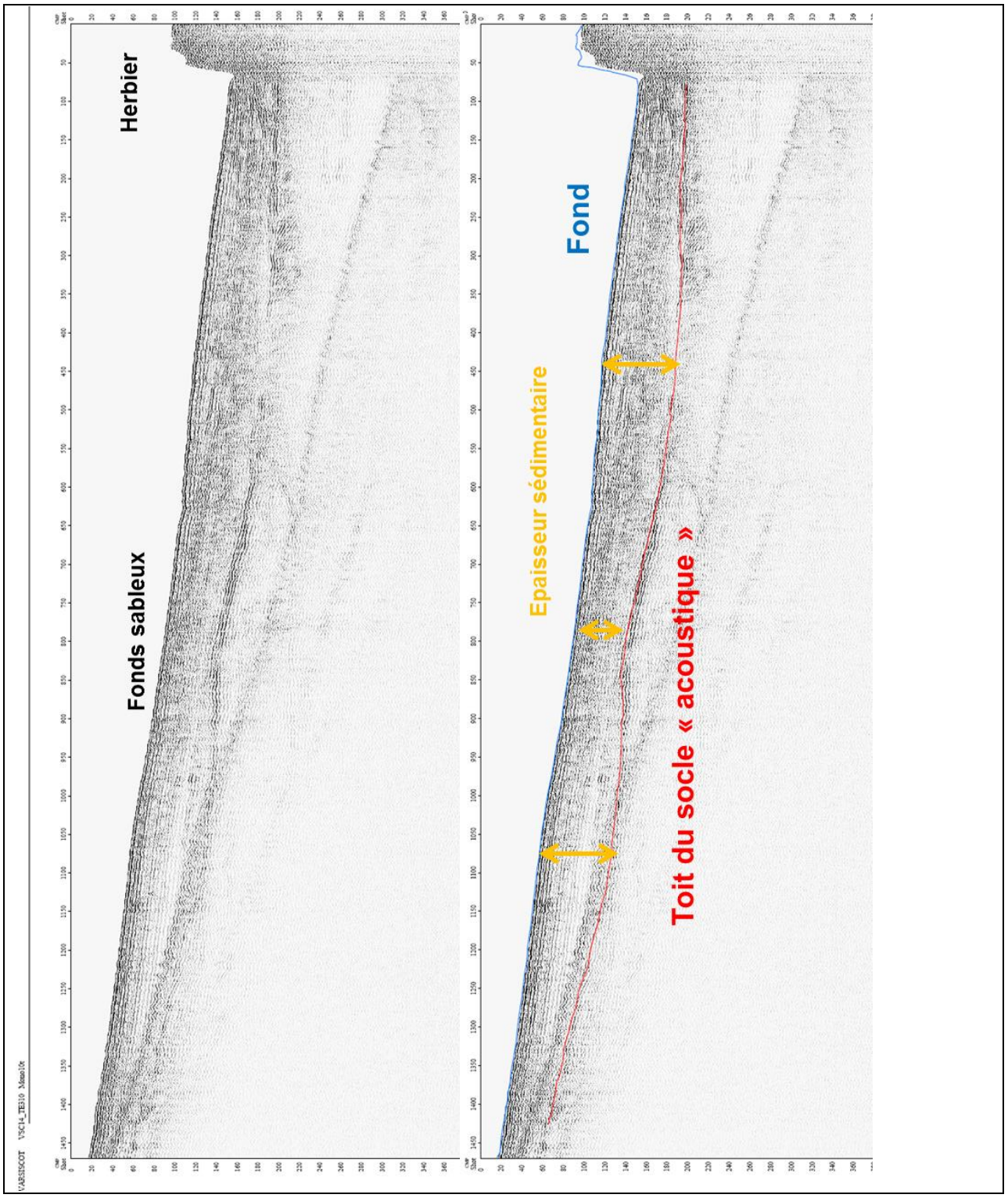


Illustration 19 – Méthodologie de l'interprétation géophysique et « pointé sismique » du toit du substratum rocheux sur l'avant-plage du tombolo Est.

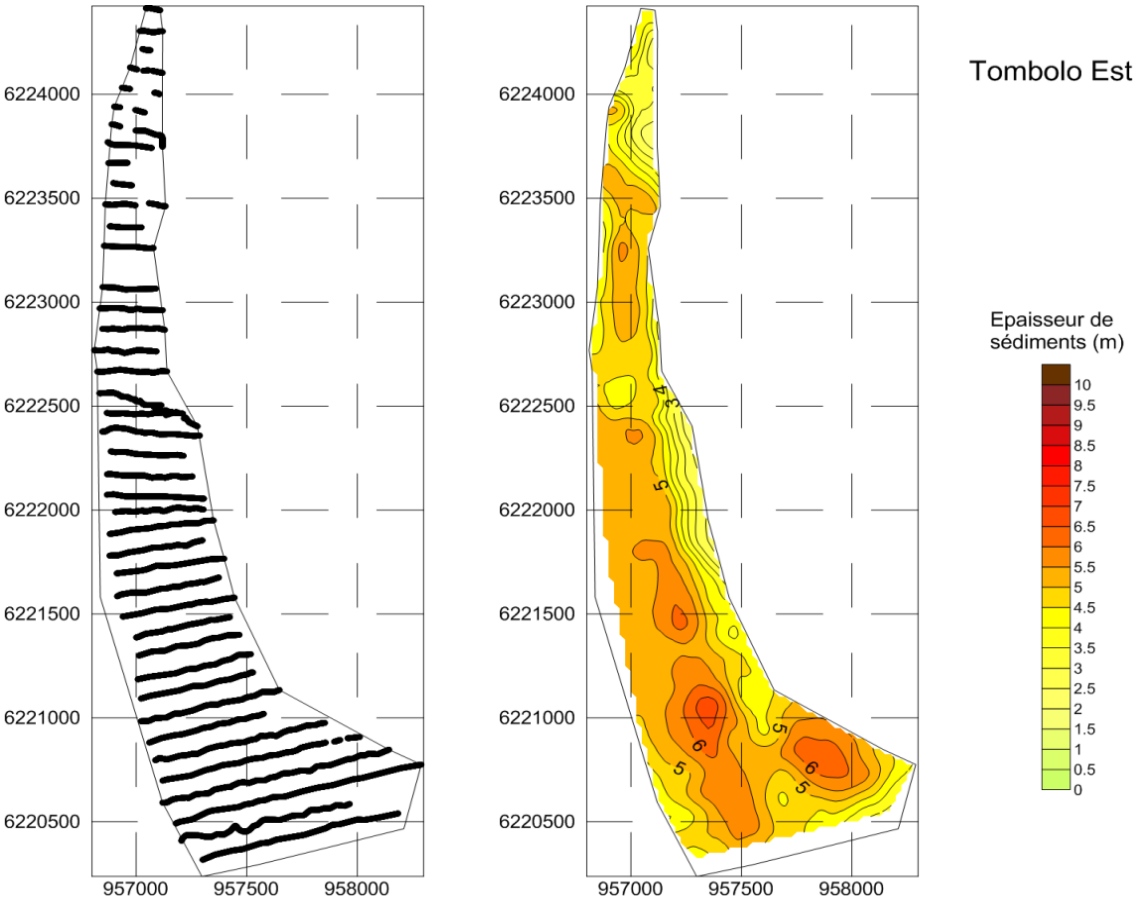


Illustration 20 – Données filaires et génération de MNT interpolation des épaisseurs sur le tombolo Est. Système de projection Lambert93/RGF93.

4. Résultats

Les résultats sont présentés sous la forme d'un atlas cartographique complet en Annexe 2.

Des extraits sur les différentes zones qui ont fait l'objet de prospection sont ici présentés d'Est en Ouest.

4.1. FALAISES DU JONQUIERS ET FABREGAS

Ces deux zones sont des cibles d'opportunité dans la mesure où elles n'avaient pas été identifiées lors de l'analyse préalable, mais elles ont pu être investiguées en profitant du temps de mobilisation disponible, et des bonnes conditions de mer, après la prospection au niveau des Sablettes.

Les cartes d'isopaques sont reportées sur l'Illustration 21.

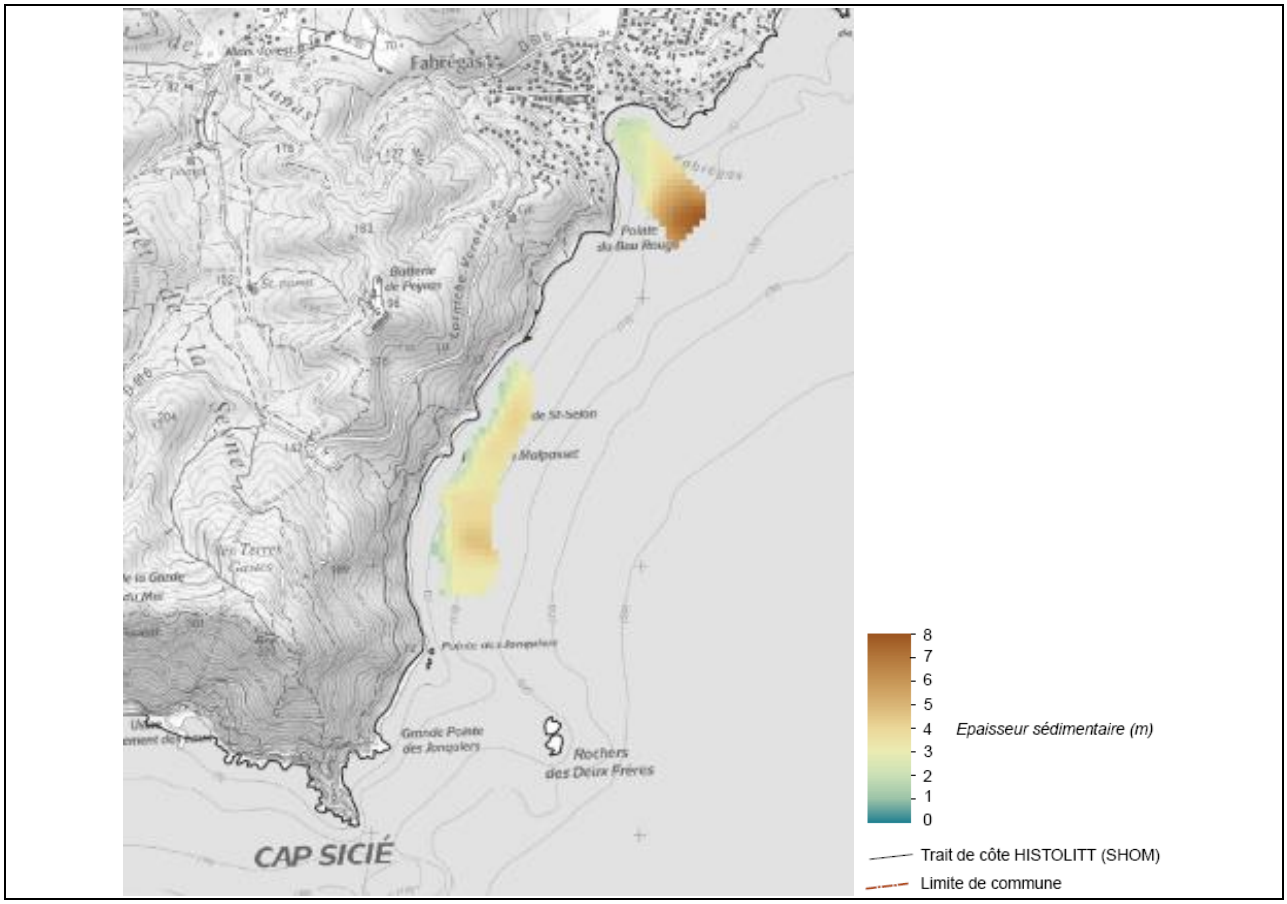


Illustration 21 - Cartes d'isopaques – Jonquiers / Fabregas

La zone au droit des falaises sur Jonquiers est une zone rocheuse avec des poches sableuses d'épaisseur relativement faibles, de l'ordre de 2 à 4 m. C'est une zone de placage sédimentaire plutôt qu'une zone d'accumulation.

A l'inverse les fortes épaisseurs au niveau de l'anse de Fabregas (8 m au maximum), peuvent laisser supposer que le substratum rocheux a été probablement incisé par le ruisseau du Fabregas, lors d'une période de bas niveau marin au cours des différents épisodes climatiques glaciaires qui se sont succédés depuis 120 000 ans (dernier maximum glaciaire, il y a 18 000 ans). Cette incision s'est comblée par les sédiments produits par l'érosion fluviale en amont, parallèlement à la remontée du niveau marin au cours de l'Holocène.

4.2. ANSE DES SABLETTES

Les prospections dans l'anse des Sablettes montrent une augmentation de l'épaisseur de sables au centre de la baie, alors qu'elle est faible dans les petits-fonds au contact de la plage, et semble se réduire également vers le large (Illustration 23).

La géométrie du toit du substratum rocheux est irrégulière et il tend à remonter vers la surface au contact de la plage.

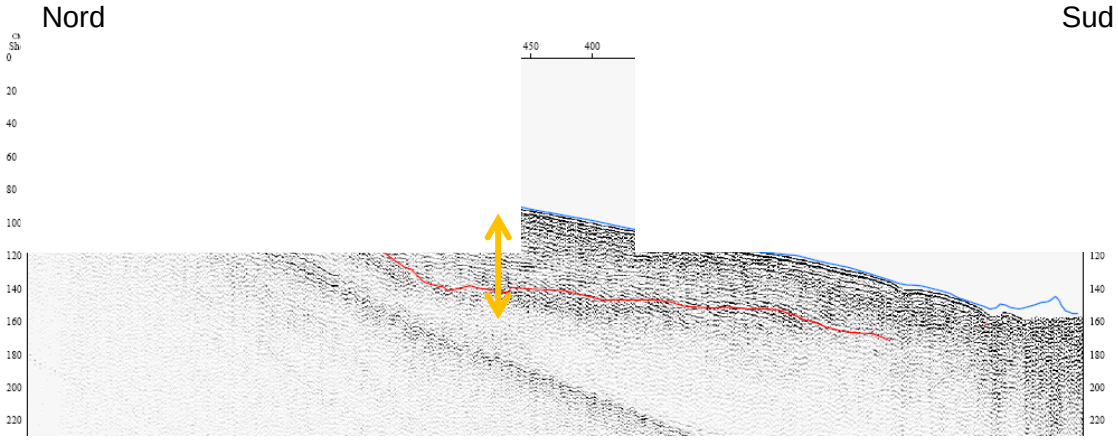


Illustration 22 - Profil SA110, au centre de la baie des Sablettes (Profil Nord-Sud).

Ceci est particulièrement vrai à l'Ouest de la baie, vers la zone de Mar Vivo, où les rochers affleurent dans les petits fonds. La plage est très étroite, parfois inexistante dans ce secteur, et est délimitée par un mur vertical, dont les fondations reposent probablement sur le platier rocheux, le sable étant en très faible épaisseur (Illustration 24).

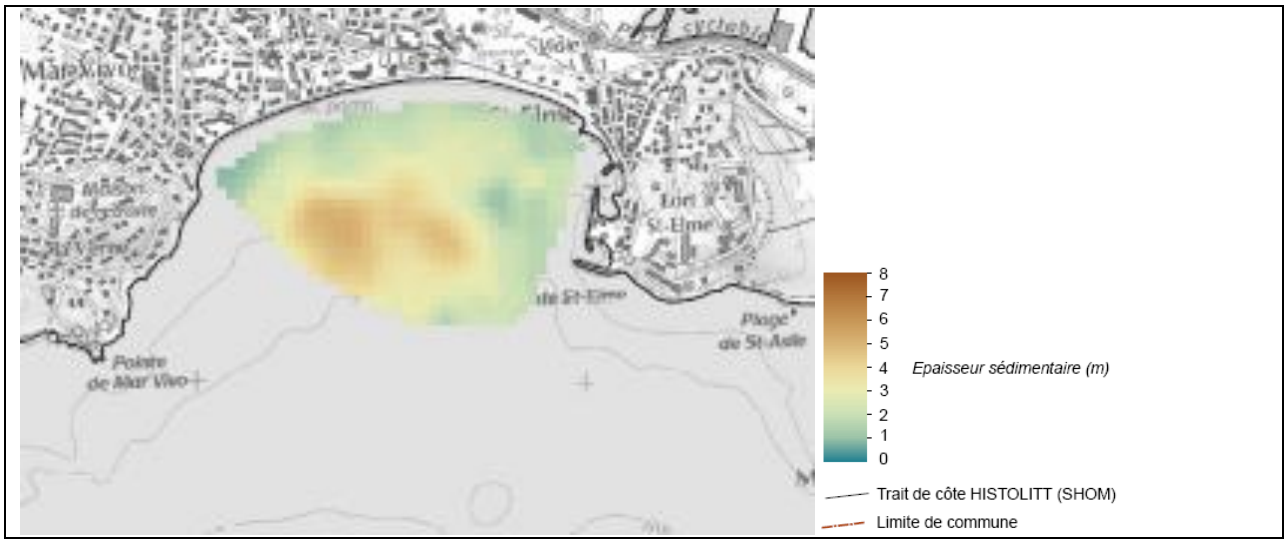


Illustration 23 - Cartes d'isopaques – Sablettes

Illustration 24 - Secteur Ouest de l'Anse des Sablettes côté Mar Vivo. La plage est étroite, bordée par un mur de protection vertical.

4.3. DOUBLE TOMBOLO DE GIENS

Les cartes des isopaques pour les deux tombolos sont reportées sur l'Illustration 25. Les masses sédimentaires le long du tombolo Ouest sont plus faibles en volume et en surface par rapport aux fortes épaisseurs évaluées sur le tombolo est : il a été mesuré 4 fois plus de sédiments du côté Est.

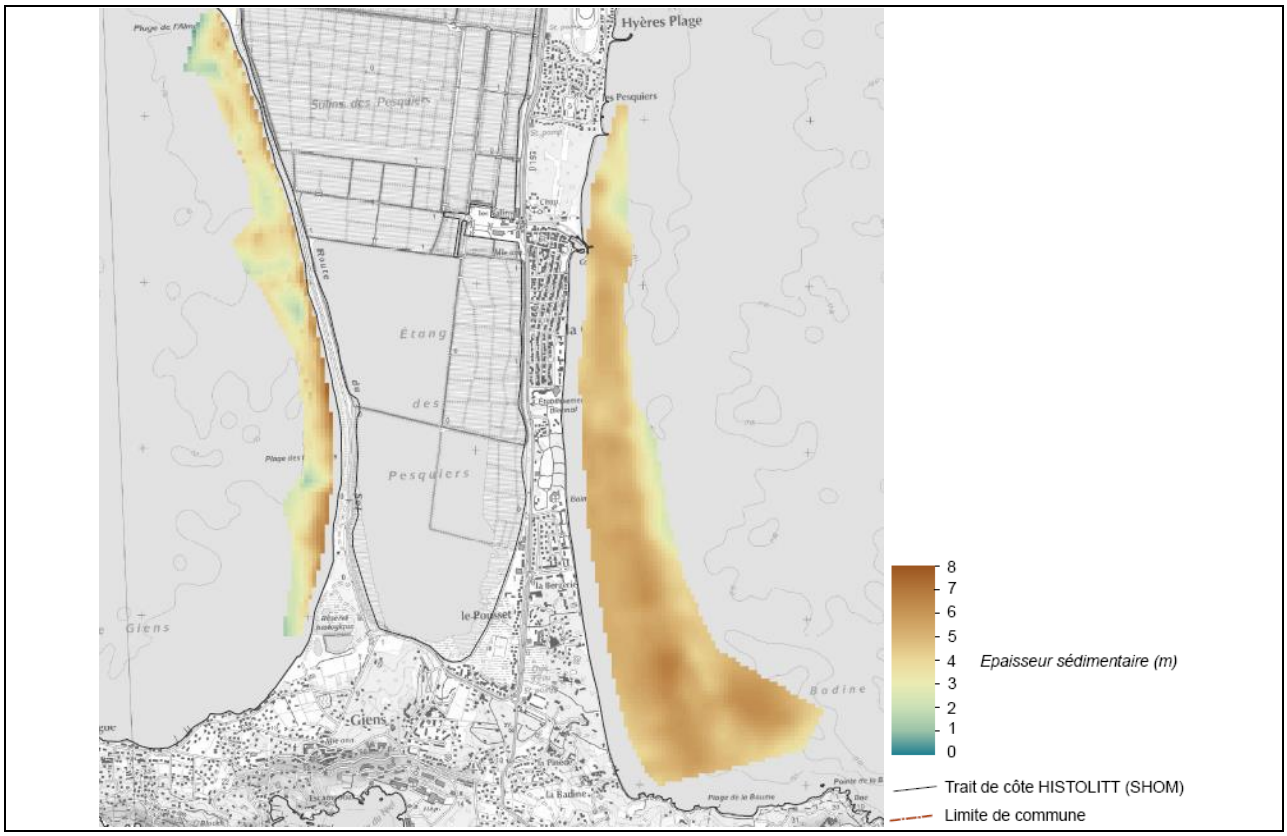


Illustration 25 - Cartes d'isopaques – Tombolo Ouest et Est

Le long du tombolo Ouest, la répartition des masses sédimentaires est assez variable et traduit probablement la complexité des transits sédimentaires et hydrodynamiques de cette portion du littoral décrits par Blanc (1975) et Courtaud (2000) avec :

- des transferts sableux bidirectionnels Nord-Sud et Sud-Nord dans l'ensemble de la cellule sédimentaire ;
- des courants d'arrachements, dirigés vers le large qui peuvent mettre à l'affleurement des dépôts indurés anciens et inciser l'herbier de posidonies.

Un extrait de profil sur le tombolo Ouest montre l'amincissement du prisme sédimentaire du large (Ouest) vers la cote (Est) (Illustration 26).

La zone acoustique sourde au droit de l'herbier masque la prolongation du substratum rocheux sous celui-ci. On distingue également une unité supérieure bien litée, probablement de sables fins qui reposent probablement sur des sédiments plus fins mais plus indurés.

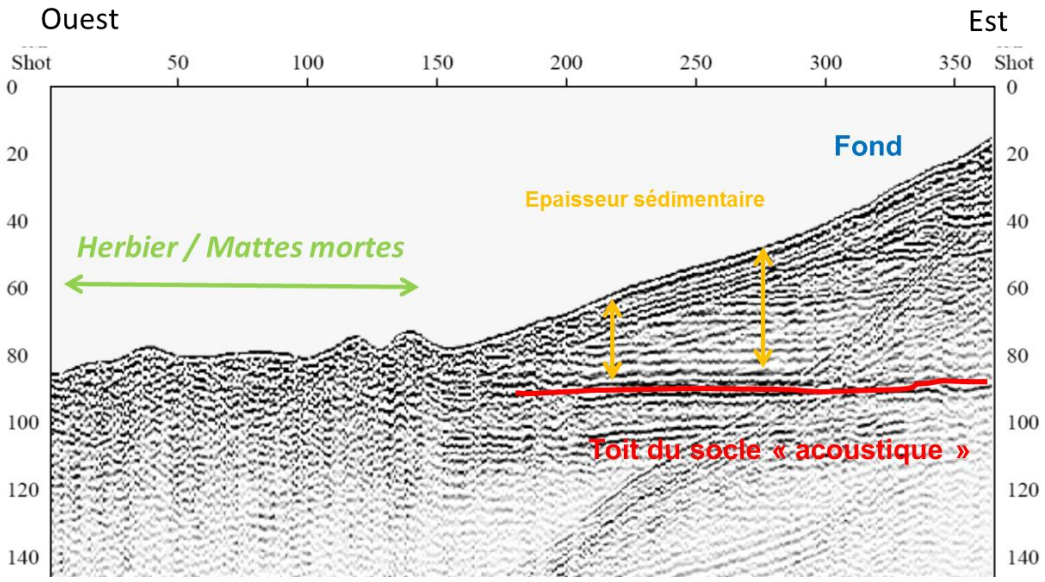


Illustration 26 - Extrait du profil TW270 au niveau du tombolo Ouest

Sur le tombolo Est, l'accumulation sédimentaire au Sud et la décroissance progressive de son épaisseur vers le Nord et vers le port d'Hyères semblent traduire la dérive littorale Nord-Sud prévalant sur cette portion.

Le déficit sédimentaire au Nord traduit également clairement le rôle de blocage des transits sédimentaires que jouent les jetées du Port de Hyères. Le transfert résiduel vers le Sud contribue à l'appauvrissement progressif du budget sédimentaire des plages situées directement en aval-dérive au Sud du Port (Anse de la Potinière, Bona, etc…), au niveau du trait de côte, mais donc également au niveau du prisme littoral dans les petits-fonds.

A l'inverse, on ne constate pas de diminution significative de l'épaisseur des stocks sableux dans les petits-fonds au droit de la plage de la Capte, qui est pourtant en érosion chronique. Il apparait ici des relations complexes entre la plage et le prisme sédimentaire qui nécessitent des investigations locales sur les transits sableux.

Enfin, la disposition des masses sédimentaires dans la zone sous-marine de part et d'autre du double tombolo laisse supposer que la morphologie actuelle de celui-ci n'est pas en équilibre avec les conditions hydrosédimentaires qui distribuent les volumes sableux.

Ainsi, on peut supposer qu'en l'absence d'aménagement du double tombolo (Salines, étangs, routes, etc..), qui contraignent artificiellement sa géométrie, l'orientation du double tombolo, aujourd'hui Nord-Sud, serait différente.

4.4. LITTORAL DU CEINTURON

L'avant-côte de ce littoral est caractérisée par des épaisseurs variables depuis le Port de Hyères jusqu'à l'embouchure du Gapeau (Illustration 27) :

- les plus fortes épaisseurs se concentrent au niveau du delta d'embouchure du Gapeau, et au niveau du Jardin des Mers, dans la zone d'engraissement au Nord de la digue portuaire du Port de Hyères, où s'accumulent les sables transportés par la dérive littorale résiduelle du Nord-Est vers le Sud-Ouest

- les plus faibles épaisseurs sont situées au droit de l'embouchure du Roubaud, devant la plage de l'Ayguade, sur la zone des épis juste au Sud, et au niveau de la petite lône au Sud de la digue des cabanes du Gapeau, au sud de l'embouchure du fleuve.

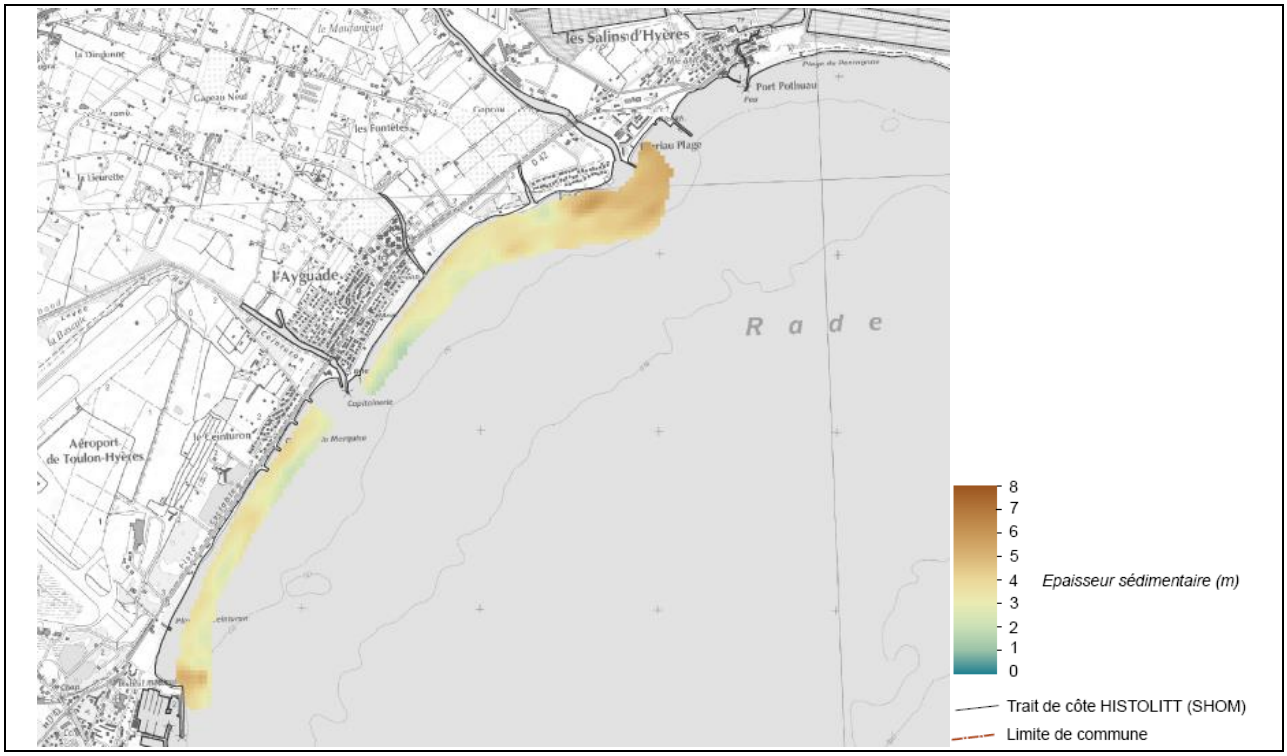


Illustration 27 - Cartes d'isopaques – Littoral du Ceinturon

4.5. LITTORAL DE BORMES

Les investigations ont porté sur l'avant-côte au Sud du port de Bormes-les-Mimosas (Illustration 28), dans la zone des petits-fonds au droit de la plage de la Favière et de la baie du Gau.

Les épaisseurs sédimentaires les plus importantes sont situées dans les secteurs les plus au large, au contact des herbiers de posidonies. Au niveau du littoral, les épaisseurs sont faibles, avec affleurements fréquents du substratum rocheux, en particulier au niveau de la baie du Gau.

La baie au Sud du port de la Favière, limitée par l'épi en T, n'a pu être investiguée, en raison d'une trop forte fréquentation le jour de la mission.

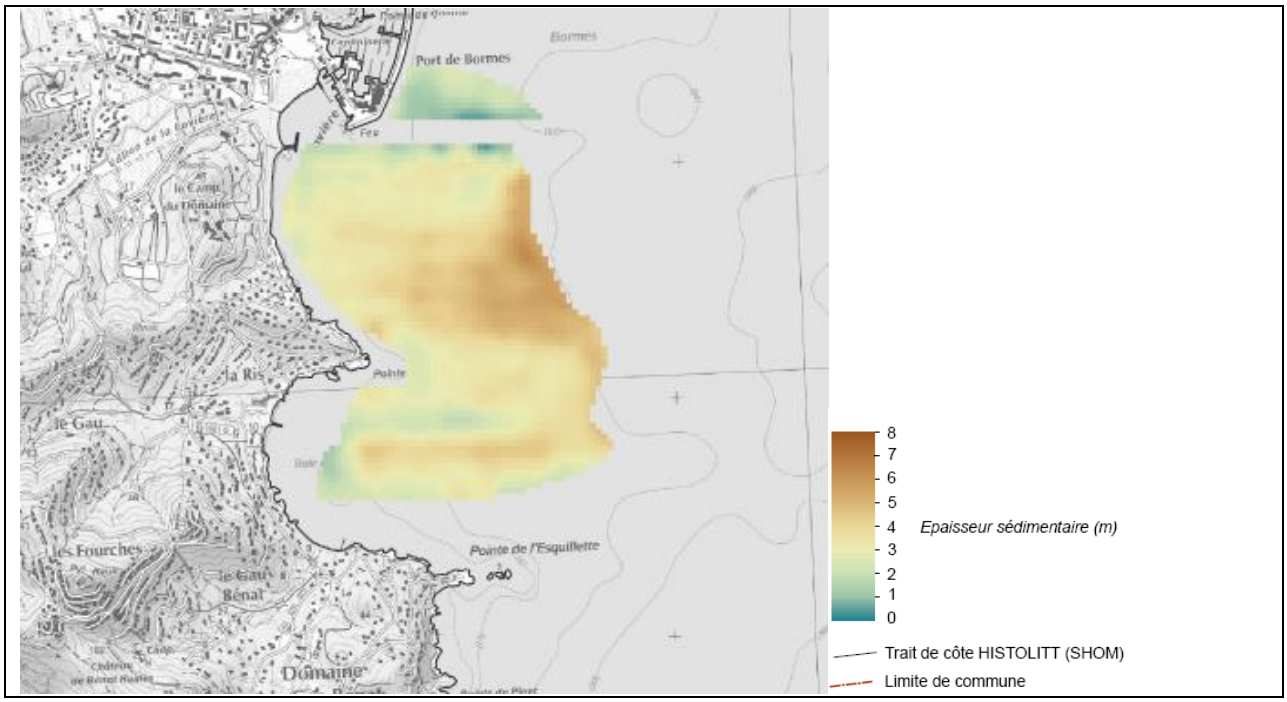


Illustration 28 - Cartes d'isopaques – Bormes les Mimosas

4.6. LITTORAL DU LAVANDOU

Au niveau du Lavandou, les investigations géophysiques ont été menées sur la grande plage de l'Anglade et au droit du centre-ville, entre les ports de Bormes et du Lavandou, et sur les plages de Saint-Clair, Aiguebelle et Cavalière (Illustration 29).

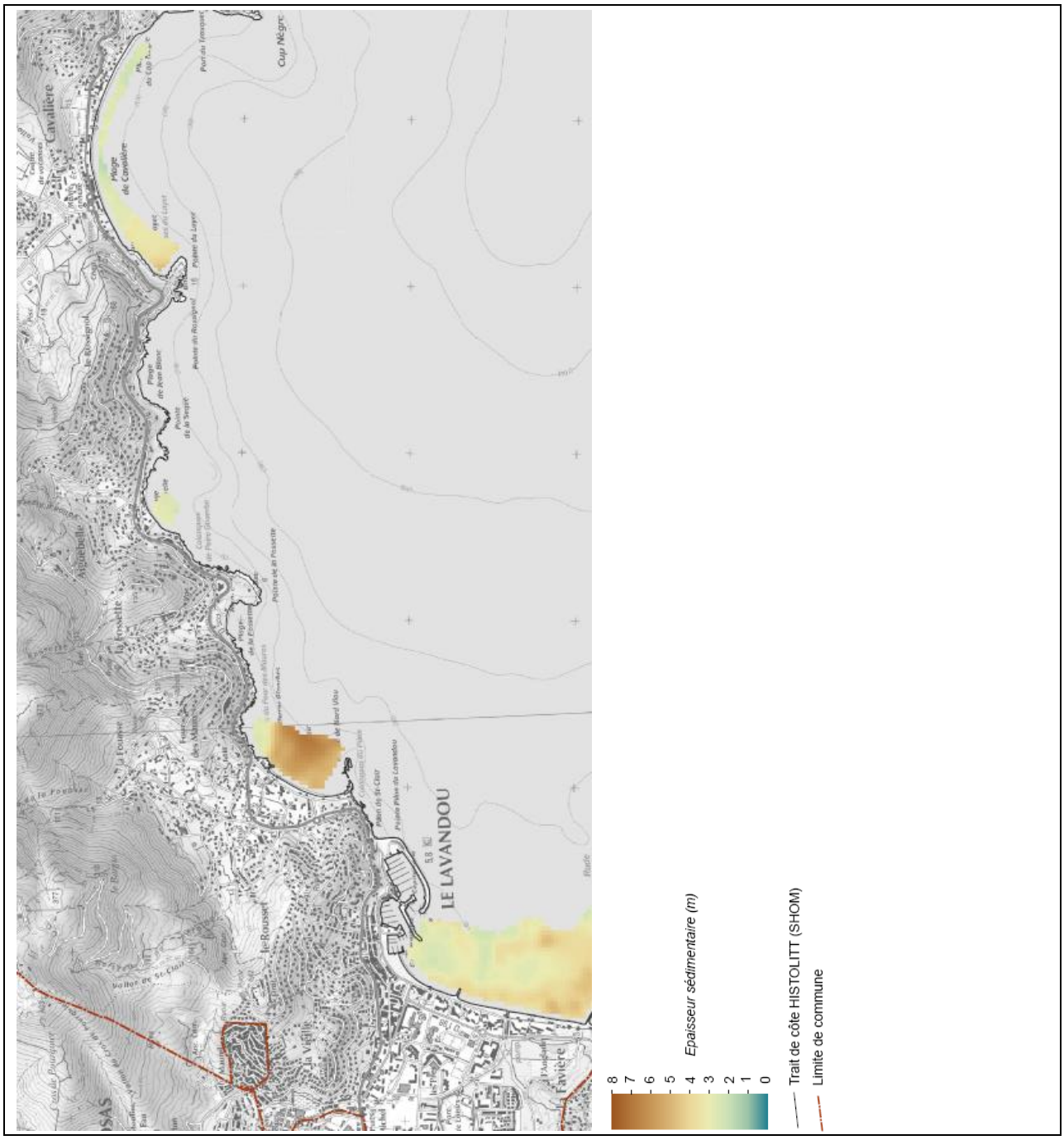


Illustration 29 - Cartes d'isopaques – Littoral du Lavandou

Devant le Lavandou, les plus fortes épaisseurs sédimentaires sont disposées vers le Sud, au niveau de la plage du Gouron et du Port de Bormes. La plage sous-marine devant Le Lavandou est caractérisée par des bancs sableux (barre d'avant-côte) qui constituent également une réserve de sables pour la plage (Illustration 30). Elle contribue également à leur protection contre les vagues de tempêtes en dissipant l'énergie des vagues.

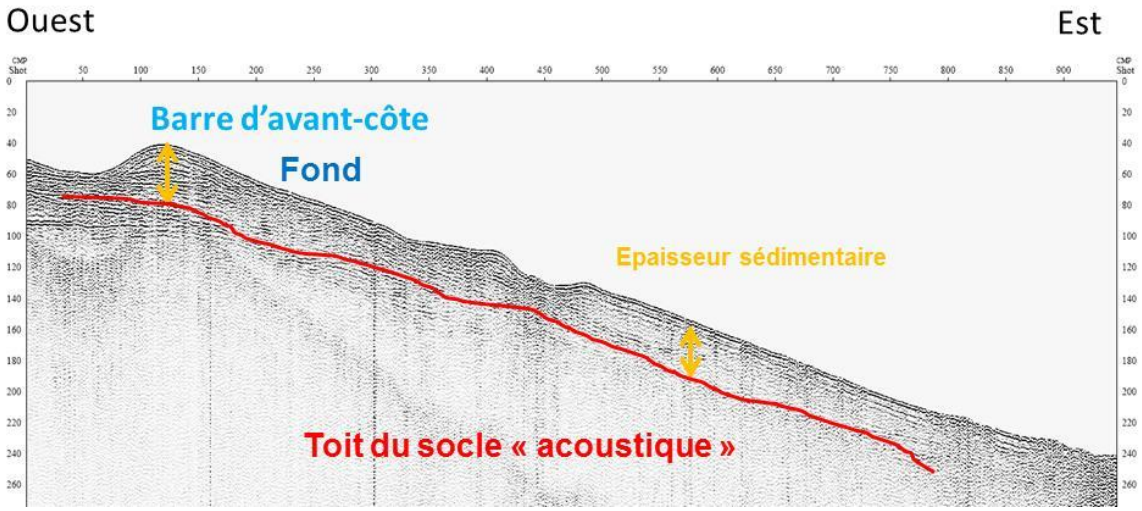


Illustration 30 - Profil sous-marin du prisme sédimentaire avec barre d'avant-côte au niveau du Lavandou (Profil LD240)

Ceci est cohérent avec la dynamique littorale résiduelle décrite du Nord vers le Sud, qui entraine chaque année l'ensablement des chenaux d'accès du port de Bormes, et les travaux de dragages nécessaires à leur entretien.

Les fortes épaisseurs constatées au droit de la plage de Saint-Clair sont remarquables et résultent probablement d'un surcreusement local du substratum rocheux. Les causes à l'origine d'une telle géomorphologie restent indéterminées (paleo-chenal fluviatile, affaissement,…).

Au niveau d'Aiguebelle, les faibles épaisseurs montrent que les masses sableuses sont réparties sous forme de placages sur les affleurements rocheux, sans lien géométrique avec le mince prisme sableux de la plage.

Sur la plage de Cavalière et du Layet, l'investigation géophysique montre la distribution dissymétrique des volumes sableux sur cette anse. Les plus fortes épaisseurs sont disposées à l'Ouest, alors qu'elles sont très faibles à l'Est. A l'échelle de cette plage de poche, la dérive sédimentaire résiduelle est dirigée vers l'Ouest, entrainant de fait l'érosion des parties Centrale et Est.

4.7. ESTIMATION DES VOLUMES SEDIMENTAIRES

Pour la majorité des zones investiguées, le nombre et la qualité des profils permettent de réaliser des calculs de cubature du volume de sédiments disposés sur l'avant-côte.

Ces calculs sont rassemblés dans l'Illustration 31. Les incertitudes absolue et relative sont également calculées avec une incertitude instrumentale estimée à +/-0.5 m, qui prend en compte la précision du Seistec et les imprécisions de mesures en mer et d'interpolation.

Ces calculs de volumes doivent être cependant considérés comme des ordres de grandeur des masses sédimentaires.

			Epaisseur (m)			*Volume (m3)*	*Surface (m2)*	*Incertitude*	
	Zone	*Communes*	*minimale*	*maximale*	*moyenne*			*absolue (m3)*	*relative (%)*
1	**Jonquiers**	La Seyne-sur-mer	1.4	4.6	4.2	486 914	116 898	58449	12
2	**Fabregas**	La Seyne-sur-mer	1.7	7.7	5.2	348 664	67 500	33750	10
3	**Sablettes**	La Seyne-sur-mer	0.8	5.2	3.0	1 077 191	356 250	178125	17
4	**Tombolo Ouest**	Hyères-les-Palmiers	0.5	7.4	4.1	2 880 227	698 963	349482	12
5	**Tombolo Est**	Hyères-les-Palmiers	2.1	6.7	5.2	9 138 896	1 754 764	877 382	10
6	**Ceinturon sud**	Hyères-les-Palmiers	2.0	5.2	4.3	923 208	216 272	108 136	12
7	**Ceinturon nord**	Hyères-les-Palmiers	1.5	5.8	4.4	1 830 725	411 899	205 949	11
8	**Plage du Château de Brégançon**	Bormes-les-Mimosas	3.0	4.1	4.0	745 607	185 883	92 942	12
9	**Galère/Brégançon**	Bormes-les-Mimosas	2.1	3.4	3.2	419 858	131 566	65 783	16
10	**Bormes Sud**	Bormes-les-Mimosas	0.4	6.3	3.7	5 284 704	1 436 341	718 170	14
11	**Bormes Nord**	Bormes-les-Mimosas	0.5	2.7	2.0	180 086	89 069	44 534	25
12	**Lavandou**	Le Lavandou	2.1	4.9	3.7	1 779 176	484 711	242 356	14
13	**Saint-Clair**	Le Lavandou	2.5	6.9	6.2	720 291	116 264	58 132	8
14	**Aiguebelle**	Le Lavandou	2.4	3.0	4.1	53 651	13 125	6 563	12
15	**Cavalière**	Le Lavandou	1.7	4.7	4.6	360 197	77 814	38 907	11

Illustration 31 - Synthèse des épaisseurs sédimentaires relevées sur les zones avec calcul des volumes et incertitudes absolues et relatives associées.

5. Conclusion

L'objectif de ce projet est de réaliser une première estimation des volumes des stocks sédimentaires littoraux, entre la plage et l'herbier de posidonies à l'échelle du littoral du SCoT Provence-Méditerranée.

La campagne VARSISCOT s'est déroulée du 24 au 30 octobre 2014 sur une série de zones cibles définies au préalable sur des critères bibliographiques et d'intérêts prioritaires en termes d'usages potentiels de la ressource sédimentaire.

Les objectifs principaux de cette évaluation des volumes sédimentaires étaient :

- de faire un état initial de la connaissance des épaisseurs sédimentaires sur les avant-plages ;
- d'avoir une estimation du potentiel de résilience naturelle des plages face à une érosion chronique.

L'évaluation des volumes et des épaisseurs sédimentaires sur les 15 sites prospectés met en évidence une grande variabilité du disponible sédimentaire avec des épaisseurs variant de 40 cm à près de 8 m. Bien que l'âge des dépôts ne soit pas connu (absence de données de carottages), une certaine cohérence est observée entre les zones amaigries/riches et le sens prédominant de la dérive littorale actuelle. Cela suggère des conditions de dépôts à long-terme comparables pour leur grande majorité à la situation actuelle, à l'exception de la rade d'Hyères, où la distribution des zones en accrétion et érosion est principalement conditionnée par les impacts des ouvrages transversaux (jetées des ports, épis, digue) sur le transit littoral.

Ces évaluations des épaisseurs sont basées sur des méthodes indirectes de géophysique et des interprétations, qui permettent de couvrir une grande zone d'étude. La vérification de l'épaisseur réelle du stock sédimentaire et la détermination de la nature des sédiments nécessitent cependant des sondages ou des forages ponctuels.

La présence d'un stock sableux sur l'avant-côte est indispensable à la résilience d'une plage aux phénomènes érosifs ponctuels que sont les tempêtes marines. Ainsi, certaines plages présentent une érosion chronique mais un stock relativement important sur l'avant-côte qui favorise potentiellement une reconstruction naturelle du profil de plage pendant la période post-tempête, et diminue ainsi la vulnérabilité du site à l'érosion côtière (Anse de la Badine, sud tombolo est).

D'autres sites, à recul modéré du trait de côte, présentent un stock très limité sur l'avant-côte, et donc une plus grande vulnérabilité face aux événements de tempête. C'est par exemple le cas de la plage de la Cavalière.

Enfin, les données sismiques acquises dans la campagne VARSISCOT sont des informations inédites sur la structure géologique locale du prisme sédimentaire côtier. Elles ont ainsi fait l'objet d'une interprétation orientée sur les épaisseurs sédimentaires. Cependant, elles sont également susceptibles d'alimenter les réflexions des décideurs pour les futurs projets d'aménagement du littoral.

6. Bibliographie

Blanc J.J. (1975) – Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection. CNEXO, 164 p.

Courtaud (2000) **-** Dynamiques géomorphologiques et risques littoraux. Cas du tombolo de Giens. Thèse Université Aix Marseille 1, 265 p.

Stépanian A. (2014) – Evaluation des Risques Naturels Littoraux - SCoT Provence-Méditerranée - Evaluation des stocks sédimentaires littoraux, diagnostic préliminaire. Rapport final. BRGM/RP-63951-FR, 81 p., 29 ill., 4 ann., 1 CD.

Annexe 1 - Caractéristiques du SEISTEC

SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION
BOOMER IKB SEISTEC

Spécifications générales et références techniques

Principe de la mesure : Un signal sonore est généré par déformation d'une plaque métallique. Ce signal se transmet dans la colonne d'eaun et est réfléchi sur les discontinuités du sous-sol marquées par un contraste d'impédance acoustique (produit de la vitesse par la masse volumique). Le signal est réfléchi est enregistre par une flûte d'hydrophones montrés sur le catamaran.

Avantage : géometrie du système (faible distance, environ 0,70 m, entre les unités d'émission et de réception, forme conique du récepteur) adaptée aux faibles profondeurs d'eau

Pénétration verticale d'environ 20 m dans les sables

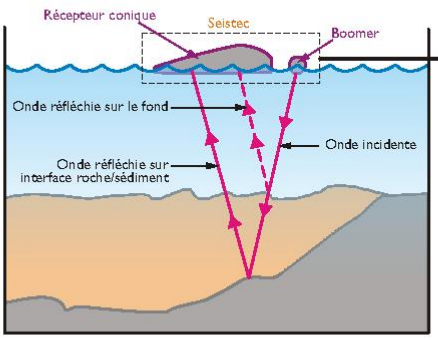
Résolution verticale décimétrique

Acquisition des données

Emetteur : boomer IKB Seistec tracté à l'arrière du navire / source Energos
Récepteur : flûte verticale équipée d'hydrophones
Cadence des tirs de 500 ms avec une puissance de 150 J
Conversion du signal analogique en signal numérique par la centrale d'acquisition Delph (Triton Elics Instruments) avec une fenêtre d'enregistrement de 100 ms
Enregistrement numérique des données sismiques et des données de navigation correspondantes

Traitement des données

Augmentation du rapport signal/bruit par filtrage et sommation du signal sous Delph
Interprétation conduite sur des profils sismiques traités et édités sur format papier



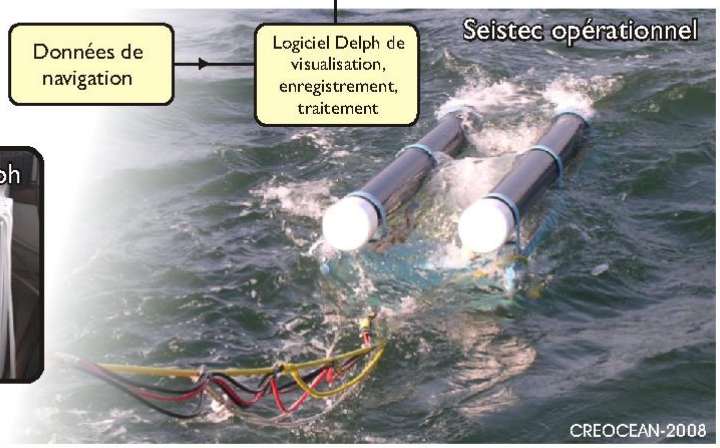
Emission
Puissance de 150 J, cadence de tir de 500 ms

Traitement du signal analogique

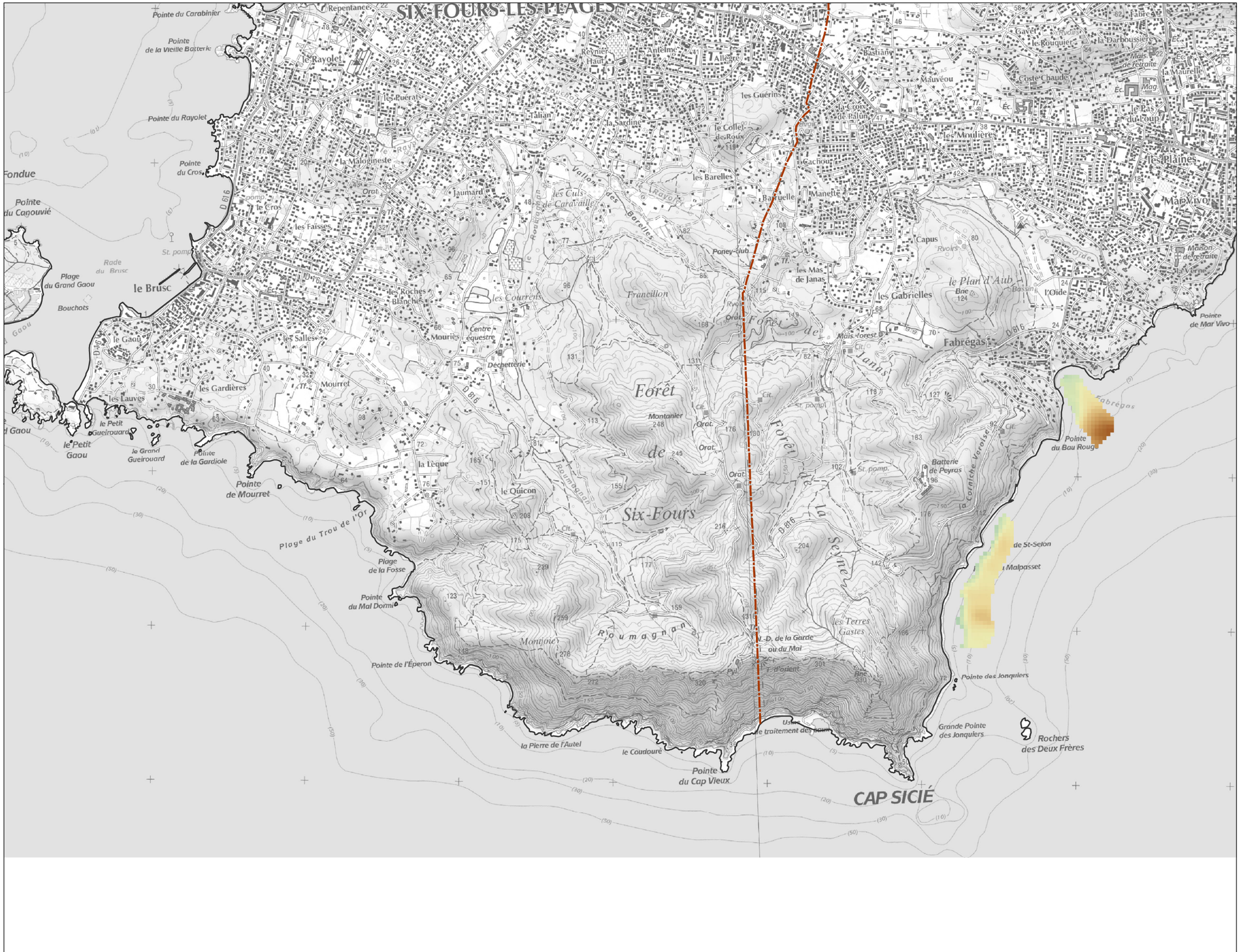
Conversion du signal analogique en numérique

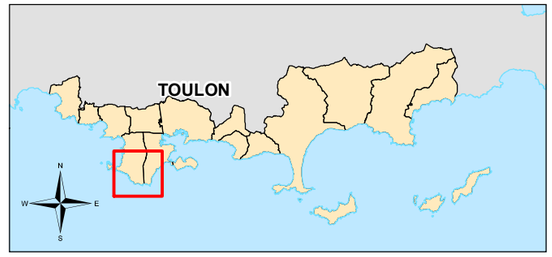
Données de navigation

Logiciel Delph de visualisation, enregistrement, traitement



Annexe 2 - Atlas cartographique des stocks sédimentaires





Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER

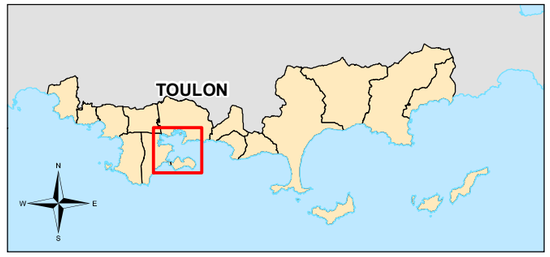
Région Provence Alpes Côte d'Azur

Le Département du Var

AU[dat]

SCOT Provence Méditerranée

Géosciences pour une Terre durable brgm



Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER
Région Provence Alpes Côte d'Azur
Le Département Var
AU[dat]
SCOT Provence Méditerranée
Géosciences pour une Terre durable brgm

Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

Epaisseur sédimentaire (m)

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER

Région Provence Alpes Côte d'Azur

Le Département Var

AU[dat]

SCOT Provence Méditerranée

Géosciences pour une Terre durable brgm

HYERES

Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER

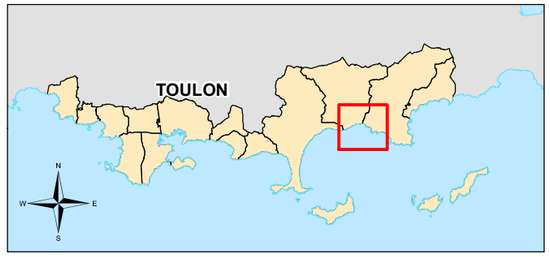
Région Provence Alpes Côte d'Azur

Le Département du Var

AU[dat]

SCOT Provence Méditerranée

Géosciences pour une Terre durable brgm



Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

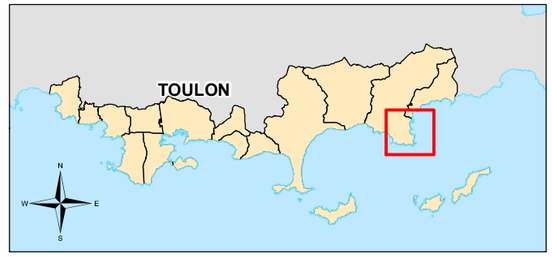
Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER
Région Provence Alpes Côte d'Azur
Le Département Var
AU[dat]
SCOT Provence Méditerranée
Géosciences pour une Terre durable brgm

BORMES-LES-MIMOSAS - LE LAVANDOU



Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER

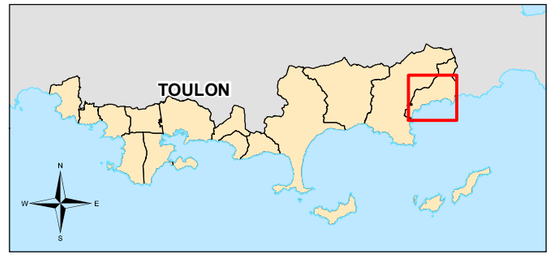
Région Provence Alpes Côte d'Azur

Le Département Var

AU[dat]

SCOT Provence Méditerranée

Géosciences pour une Terre durable brgm



Cartographie des stocks sableux sous-marins

SCoT Provence Méditerranée

Carte des isopaques

- Epaisseur sédimentaire potentielle au dessus du subtsratum rocheux (socle acoustique)

- Vitesse des ondes acoustiques : 1700 m/s

Légende

8
7
6
5
4
3
2
1
0

Epaisseur sédimentaire (m)

Trait de côte HISTOLITT (SHOM)

Limite de commune

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km

Sources : © IGN-Scan 1/25 000 ® (2010) - © IGN-BD CARTO ® limites des communes (1/100 000) - 2010

l'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le FEDER
Région Provence Alpes Côte d'Azur
Le Département Var
AU[dat]
SCOT Provence Méditerranée
Géosciences pour une Terre durable brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur
117 avenue de Luminy
BP176
13276 – Marseille Cedex 9 – France
Tél. : 04 91 17 74 77