



Opportunité d'un observatoire du trait de côte en région PACA - Inventaire des démarches de suivi

Rapport final

BRGM/RP-65919-FR

Juin 2016



Opportunité d'un observatoire du trait de côte en région PACA - Inventaire des démarches de suivi

Rapport final

BRGM/RP-65919-FR

Juin 2016

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2015-OBS-07

A. Stépanian

Vérificateur :

Nom : E. Palvadeau

Fonction : Ingénieur littoraliste

Date : 23 juin 2016

Signature :



Approbateur :

Nom : C. Arnal

Fonction : Directrice de la Direction
régionale PACA

Date : 28 juin 2016

Signature :



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 : trait de côte, érosion littorale, côte sableuse, côte rocheuse, observatoire, Provence-Alpes-Côte d'Azur

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

Stépanian A. (2016) – Opportunité d'un observatoire du trait de côte en région PACA - Inventaire des démarches de suivi. Rapport final. BRGM/RP-65919-FR, 83 p., 39 ill., 2 ann., 1 CD.

Synthèse

La mise en place de démarches d'observation systématiques de l'évolution du littoral participe à une démarche d'anticipation en développant la connaissance des processus hydro-sédimentaires en zone littorale. Celle-ci se base sur l'observation et la mesure régulière de l'évolution du trait de côte. La connaissance de la mobilité du trait de côte est nécessaire à l'évaluation de l'efficacité des modes de gestion de la bande littorale et à la caractérisation des risques liés au recul du trait de côte, érosion côtière et submersion marine.

Suite à un inventaire national des observatoires réalisés en 2011, il était apparu que le littoral de la région PACA souffrait d'un déficit de démarches d'observation et de l'absence d'une organisation à même de fédérer celles existantes et de capitaliser les données relatives à l'évolution du trait de côte. La mise en œuvre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte du MEEDD depuis 2012, a mis en lumière le rôle que doivent jouer des observatoires-référents, en tant qu'animateur au niveau régional, et point focal dans le cadre d'une mise en réseau des observatoires au niveau national qui doit être réalisée en 2018.

Cette étude a pour double objectif :

- de réaliser l'inventaire des démarches de suivi du trait de côte sur le périmètre régional en 2016 ;
- de proposer une organisation des acteurs locaux pour la mise en place d'un observatoire régional de l'évolution du trait de côte, à travers l'Observatoire Régional des Risques Majeurs (ORRM), qui est une structure à même de porter cette mission.

L'inventaire montre que la grande majorité du littoral de la région PACA est couverte par des observatoires locaux, ce qui signifie une prise de conscience des enjeux d'une surveillance du littoral pour mieux gérer la ressource sédimentaire et des enjeux naturels, sociaux et économiques qui en découlent. Les structures à l'origine des démarches de suivi sont recensées selon une typologie précise en fonction de leur organisation, de la méthodologie mise en œuvre, de la fréquence et la pérennité des mesures, et du mode de diffusion des données. A ce jour, il n'existe pas encore en PACA une organisation comme un observatoire régional dédié à la surveillance du trait de côte (dit observatoire de type 4) qui assure la production de données, la capitalisation de celles-ci, et leur diffusion par des moyens internet modernes aux normes d'interopérabilité.

Opérationnel en région PACA, l'Observatoire Régional des Risques Majeurs est une organisation des acteurs du risque qui à terme pourrait constituer un référent régional sur les risques côtiers et donc jouer le rôle d'observatoire de type 4 dans le réseau national des observatoires. Il intervient aujourd'hui sur la thématique des risques côtiers (érosion, côtière, submersion marine, tsunami), à travers l'inventaire des tempêtes marines qui ont affecté le littoral régional, la promotion d'un réseau de surveillance de celles-ci, et la diffusion des démarches de l'Etat en termes de Porté à Connaissance sur les aléas côtiers (submersion marine dans le cadre de la Directive Inondation et indicateur national d'érosion côtière réalisé dans le cadre de la SNGITC). Il dispose de l'interface cartographique ad hoc pour rendre visibles les données des observatoires locaux. Une démarche d'organisation est proposée, elle s'appuie sur les recommandations de la SNGITC pour la mise en réseau national des observatoires du trait de côte et sur la gouvernance actuelle de l'ORRM (DREAL PACA, Conseil Régional PACA et BRGM) qui sont trois acteurs impliqués sur la gestion des risques côtiers (érosion et submersion marine) à l'échelle régionale.

Une série d'actions est proposée pour dimensionner cet observatoire et le rendre opérationnel pour une meilleure gestion du littoral régional en synergie avec les démarches des observatoires locaux.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. PRINCIPE DES DEMARCHES D'OBSERVATION DU LITTORAL	9
1.2. STRATEGIE NATIONALE DE GESTION INTEGREE DU TRAIT DE COTE - SNGITC	10
1.3. OBJECTIF DE L'ETUDE	11
2. Rappels théoriques	13
2.1. LE TRAIT DE COTE	13
2.1.1. Définition	13
2.1.2. Facteurs d'évolution du trait de côte	14
2.1.3. Processus marins	15
2.1.4. Processus continentaux	15
2.1.5. Aménagements et actions anthropiques	15
2.2. OBSERVATOIRES DU TRAIT DE COTE	16
2.2.1. Méthodes de mesures et d'observation du trait de côte	16
2.2.2. Capitalisation/catalogage des données	17
2.2.3. Rôle et structure d'un observatoire	17
2.3. TYPOLOGIE DES OBSERVATOIRES	18
2.4. SITUATION SUR LA REGION PACA EN 2011	18
3. Les démarches de suivis du trait de côte en région PACA	21
3.1. DEMARCHES D'OBSERVATIONS A L'ECHELLE REGIONALE ET DEPARTEMENTALE	21
3.1.1. Conseils Généraux	21
3.1.2. Travaux du BRGM sur les falaises rocheuses de PACA	22
3.2. DEMARCHES DU SNO DYNALIT	24
3.2.1. Embouchure du Rhône	26
3.2.2. Rade d'Hyères	27
3.2.3. Diffusion des données de DYNALIT	28
3.3. PROGRAMME LITTO3D	28
4. Suivi du littoral sur le département des Bouches-du-Rhône	31
4.1. LITTORAL CAMARGUAIS	31
4.1.1. Réserve Naturelle de Camargue – Société Nationale de Protection de la Nature, (RNC-SNPN)	31

4.1.2. Centre de Recherche en Environnement et Géosciences (CEREGE)	34
4.1.3. Parc Naturel de Camargue (PNRC).....	35
4.1.4. Salins du Midi - Groupe SALINS.....	38
4.2. EMBOUCHURE DU RHONE – FLECHE DE LA GRACIEUSE	38
4.2.1. Levés généraux.....	38
4.2.2. Opérations du Grand Port-Maritime de Marseille.....	38
4.3. COTE ROCHEUSE DE FOS-SUR-MER A CASSIS	39
4.3.1. Les plages de poche de la côte bleue	39
4.3.2. Les plages urbaines de la métropole de Marseille	39
4.3.3. Suivi de l'évolution du littoral rocheux.....	39
4.4. BILAN DES OPERATIONS DE SUIVI RECENSEES SUR LES BOUCHES-DU- RHONE	42
5. Suivis du littoral sur le département du Var.....	43
5.1. LITTORAL DE LA RADE D'HYERES ET DE GIENS	43
5.1.1. Suivis réalisés par la commune d'Hyères-les-Palmiers.....	43
5.1.2. Suivis réalisés par le CEREGE.....	46
5.2. LITTORAL DU LAVANDOU.....	48
5.3. GOLFE DE SAINT-TROPEZ	49
5.3.1. Embouchure de l'Argens	52
5.4. BILAN DES OPERATIONS DE SUIVI RECENSEES SUR LE DEPARTEMENT DU VAR 55	
6. Suivis du littoral sur le département des Alpes-Maritimes	57
6.1. SUIVI DU LITTORAL DE NICE.....	57
6.2. SUIVIS REALISES PAR LE CEREGE	59
7. Structuration d'un observatoire régional du trait de côte.....	61
7.1. BILAN DE L'INVENTAIRE 2016	61
7.2. PROPOSITION D'ORGANISATION	63
7.2.1. ORRM : un observatoire de type 4 en région PACA ?	64
7.2.2. Missions possibles de l'ORRM sur le suivi du trait de côte	66
7.2.3. Etapes de la constitution d'un observatoire de type 4 en région PACA.....	69
8. Conclusions	71
8.1. BILAN DE L'INVENTAIRE	71
8.2. ORGANISATION DE L'ORRM EN OBSERVATOIRE DE TYPE 4 REFERENT	72

9. Bibliographie 75**Liste des illustrations**

Illustration 1 - Les différents indicateurs possibles de la position du trait de côte (Mallet et al., 2012).....	14
Illustration 2 - Typologie des observatoires du trait de côte (Buteau et al., 2011)	18
Illustration 3 - Démarches d'observation et typologie des observatoires recensés en 2011 (Buteau et al., 2011).....	20
Illustration 4 - Répartition des ortho photos sur le linéaire de la région PACA et évaluation des incertitudes (Giuliano, 2015).....	24
Illustration 5 - Les sites ateliers DYNALIT (https://www.dynalit.fr/fr).....	26
Illustration 6 - Evolution de la Flèche de la Gracieuse 1936-2009 (Sabatier, https://www.dynalit.fr/fr).....	27
Illustration 7 - Données Litto3D® sur le secteur Nice-Antibes-Cannes (data.shom.fr).....	29
Illustration 8 - Localisation des profils Dune-Plage suivis sur le territoire de la Réserve Nationale Naturelle de Camargue (SNPN, 2013).....	32
Illustration 9 - Exemple d'évolution dune-plage sur le profil de la Comtesse (SNPN, 2013).....	32
Illustration 10 - Evolution du trait de côte par comparaison des levés GPS 2013 (bleu) et 2014 (rouge) à l'Est des Saintes-Maries-de-La-Mer (en haut) et à la pointe de Beauduc (en bas) (Cheiron, 2015).....	33
Illustration 11 - Exemple des profils topographiques relevés par le CEREGE entre juin 2000 et aout 2001 au niveau de la Comtesse (en haut) et au niveau du Rousty (en bas) (Sabatier, 2001).....	34
Illustration 12 - Exemple de la ligne de rivage en Camargue entre 1985 (levé theodolite SHOM), 1950 (Photo-interpretation IGN) et 2000 (levé DGPS) in Sabatier (2001).....	35
Illustration 13 - Evolution du trait de côte de la Camargue 1942-2014 (Source : SIT du PNR de Camargue).....	36
Illustration 14 - Affichage des données trait de côte du PNRC sur l'Observatoire Régional des Risques Majeurs).....	37
Illustration 15 - Flèche de la Gracieuse – image Google earth.....	38
Illustration 16 - Installation du scan Laser sur bateau.....	40
Illustration 17 - Nuage de points du levé de février 2011 (Marçot et al., 2016).....	40
Illustration 18 – Visualisation de l'éboulement au Rouet entre juillet 2012 et novembre 2014 (Marçot et al., 2016.....	41
Illustration 19 - Exemple de cartographie de l'érosion du littoral rocheux à Carry-le-Rouet entre février 2011 et juillet 2012 (Marçot et al., 2016).....	41
Illustration 20 - Organismes opérateurs de mesures sur l'évolution des plages et du trait de côte recensés sur le littoral des Bouches-du-Rhône.....	42
Illustration 21 - Positionnement des profils topographiques et bathymétriques autour de la presqu'île de Giens sur la commune d'Hyères-les-Palmiers (Source EOL/Maire d'Hyères-les-Palmiers).....	44
Illustration 22 - Mesure de la position du trait de côte DGPS le 12/10/2011 (SEMANTIC, 2011).....	45

Illustration 23 - Données DGPS centimétrique (points) acquises en 2011 sur la rade Hyères, entre l'Ayguade et les Vieux-Salins à l'Est (données SEMANTICS, fond Google earth).	45
Illustration 24 - Levés topographiques par DGPS centimétrique et sondes bathymétriques acquises par le CEREGE dans le cadre de la Thèse de C. Brunel (2010).....	46
Illustration 25 – Exemple de différentiels topobathymétriques sur le littoral de la plaine du ceinturon sur la période juin-octobre 2007 et novembre 2007 – mai 2008 (Capanni, 2011).	47
Illustration 26 – Plage de la Capte (Hyères) (A) MNT réalisé en mars 2009 et évolution des traits de côte (février et juillet 2008, mars 2009). (B) Différentiel des MNT entre février et juillet 2008. (C) Différentiel des MNT entre juillet 2008 et mars 2009 (Meulé et al., 2008).	48
Illustration 27 - Bilan des données acquises sur le terrain entre 2002 et 2011 par l'Observatoire Marin (source : Observatoire Marin)	49
Illustration 28 - Exemple de profils topo-bathymétriques réalisés par EOL sur la plage de Cavalaire-La Croix Valmer dans le cadre des suivis des plages du littoral des Maures (EOL, 2011)	50
Illustration 29 - Exemple d'évolution des profils topographiques et bathymétrique de la plage de Cavalaire/La Corix Vamer, au cours de l'année 2011 (EOL, 2011).	51
Illustration 30 - Périmètre du Site NATURA 2000 – Embouchure de l'Argens.....	52
Illustration 31 - Suivi du trait de côte par GPS à l'interface plage/mer (http://embouchure-argens.n2000.fr/embouchure-de-l-argens/les-etudes/trait-de-cote)	53
Illustration 32 - Variabilité morphologique de l'embouchure de l'Argens entre 2011 et 2016 – Analyse par photographies aériennes (source : ville de Fréjus).....	53
Illustration 33 - Exemple de production de carte bathymétrique au droit de la plage de la Galiote (Fréjus).....	54
Illustration 34 - Organismes opérateurs de mesures sur l'évolution des plages et du trait de côte recensés sur le littoral des Bouches-du-Rhône.	55
Illustration 35 - Réseau des transects de suivis sur la plage de Nice (Cohen et Anthony, 2007).....	58
Illustration 36 - Evolution du profil de profil de plage n°15 entre le 10/12/2013 et le 06/012014 (Dumasdelage et al., 2016).....	58
Illustration 37 - Inventaire des démarches de suivis du trait de côte en région PACA - Observatoires de type 2 recensés en 2016	61
Illustration 38 - Inventaire des démarches de suivis du trait de côte en région PACA - Observatoires de type 3 recensés en 2016	61
Illustration 39 - Exemple des missions possibles d'un observatoire de type 4 à l'échelle régionale (exemple de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (Bulteau et al., 2011).	63

Liste des annexes

Annexe 1 Bilan des structures recensées et personnes référentes	77
Annexe 2 Exemple d'observatoires du trait de côte de type 4 opérationnels au niveau national	81

1. Introduction

Le littoral, zone de transition entre terre et mer, est un milieu fragile soumis à de fortes pressions naturelles et anthropiques, et aux interactions entre celles-ci. Le littoral n'est pas une limite fixe et pérenne, mais au contraire, il s'agit d'une zone d'interface extrêmement sensible aux contraintes qu'elle subit.

Cela conduit à des évolutions contrastées du trait de côte, qu'il est nécessaire de prévoir, en particulier dans un contexte de changement climatique avec une élévation attendue du niveau de la mer qui aura à terme des répercussions locales sur les sociétés littorales.

1.1. PRINCIPE DES DEMARCHES D'OBSERVATION DU LITTORAL

La mise en place de démarches d'observation systématiques de l'évolution du littoral participe à cette démarche d'anticipation, en développant la connaissance des processus hydro-sédimentaires en zone littorale. Celle-ci se base donc prioritairement sur l'observation et la mesure régulière d'indicateurs de l'évolution du trait de côte, au niveau des différents environnements littoraux (plages, falaises, estuaires, deltas).

La mise en place d'actions d'observation systématique du littoral doit répondre à des objectifs et des contraintes de fréquence, de précision et de pérennité des actions.

- Fréquence : le milieu littoral évolue à des échelles de temps variables (de la seconde à la dizaine de milliers d'années) et il est nécessaire d'adapter la fréquence des observations aux processus étudiés (de l'action de la vague sur les fonds à la remontée du niveau marin depuis le dernier maximum glaciaire). Les démarches de suivis du trait de côte se focalisent généralement sur l'évolution du trait de côte et de la plage lors d'une tempête, à l'échelle saisonnière, annuelle et pluriannuelle.
- Précision : la mesure de l'évolution du trait de côte nécessite une précision instrumentale suffisante pour décrire de manière satisfaisante les changements morphologiques et permettre les comparaisons des critères et indicateurs. Généralement, les applications topographiques de précision centimétrique sur les plages et les côtes rocheuses sont adaptées. Sur le domaine marin, les techniques bathymétriques permettent de mesurer les fonds à une précision décimétrique.
- Pérennité : les observatoires du trait de côte nécessitent un engagement des actions dans la durée pour mesurer les évolutions du littoral aux différentes échelles de temps.

Les structures à l'initiative des démarches d'observation (les observatoires) sont motivées par des objectifs variés en fonction de leur nature et de la politique qu'ils souhaitent poursuivre en termes de gestion du trait de côte.

Parmi ces objectifs et intérêts de l'observation systématique de l'évolution du trait de côte, on peut citer :

- la surveillance de l'érosion côtière et du recul du trait de côte ;
- l'amélioration de la connaissance des processus de l'évolution côtière ;
- la gestion des stocks sédimentaires (sables, galets,...) sur les plages ;
- le dimensionnement de travaux de rechargement et/ou de reprofilage de la plage ;

- les études d'avant-projet d'infrastructures portuaires ;
- les études d'impact ;
- le suivi de chantier et les travaux littoraux ;
- l'évaluation des risques littoraux recul du trait de côte, avancée dunaire, submersion marine (par rupture de cordon sédimentaire, et/ou digue de protection).

En fonction des observatoires, ces objectifs peuvent être multiples. Ils restent cependant limités à leurs secteurs géographiques d'intervention qui sont principalement les secteurs soumis à un risque d'érosion côtière important. De plus, il est apparu une grande diversité dans la répartition des observatoires sur les différentes façades littorales (Bulteau *et al.*, 2011), qui a amené à mettre en évidence en 2011, la nécessité de mettre en synergie ces diverses démarches. Il s'agit alors d'avoir une vision d'ensemble au niveau national inscrite en 2012 dans la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte.

1.2. STRATEGIE NATIONALE DE GESTION INTEGREE DU TRAIT DE COTE - SNGITC

La Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SNGITC) s'appuie sur les conclusions du rapport parlementaire du député Cousin (rapport Cousin, 2011).

Ce rapport, qui a fait suite à la tempête Xynthia, a retenu 4 propositions pour faire face à l'érosion du littoral, qui ont été reprises en 2012 dans la SNGITC :

- doter la France d'un outil d'observation de l'évolution du trait de côte et identifier, pour chaque façade maritime, des « zones à érosion forte » où l'action publique sera priorisée ;
- dans ces territoires à érosion forte, élaborer des « stratégies locales » partagées entre acteurs (État, collectivités territoriales, propriétaires privés ou réunis en association ...) en s'appuyant sur les responsabilités et les compétences de chacun ;
- sur l'ensemble du littoral français, renforcer la prise en compte de l'érosion côtière dans les outils de planification et d'urbanisme, dans les PPR et dans les autorisations d'occupation du domaine public maritime ;
- lancer enfin un appel à projets, au bénéfice des collectivités locales pour expérimenter les solutions de « repli stratégique » et de « relocalisation des biens et activités ».

La stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte lancée par le MEDDTL a été mise en œuvre à travers un premier plan d'actions 2012-2015 qui s'articule autour de quatre axes, et qui se décline en différentes actions :

- **Axe A - Développer l'observation du trait de côte et identifier les territoires à risque érosion pour hiérarchiser l'action publique**
 - o Action 1- Créer un réseau d'observation et de suivi de l'évolution du trait de côte à l'échelle nationale, en s'appuyant sur les acteurs régionaux
 - o Action 2 - Établir une cartographie nationale de l'érosion côtière et identifier les territoires à risque érosion
- **Axe B - Élaborer des stratégies partagées entre les acteurs publics et privés**
 - o Action 3 - Dans les territoires à risque érosion : élaborer des stratégies locales des risques érosion
 - o Action 4 - Mieux utiliser les outils d'urbanisme et de prévention des risques
 - o Action 5 - Faire évoluer les modalités de gestion du domaine public maritime
 - o Action 6 - Établir un plan de communication et de sensibilisation des populations aux risques littoraux

- **Axe C - Évoluer vers une doctrine de recomposition spatiale du territoire**
 - o Action 7 - Préparer la mise en œuvre de l'option relocalisation des activités et des biens dans une dynamique de recomposition territoriale
 - o Action 8 - Innover en matière de génie écologique
- **Axe D - Préciser les modalités d'intervention financière**
 - o Action 9 - Identifier des principes de financement pour la politique de gestion intégrée du trait de côte

La mise en place en janvier 2015 d'un Comité national de suivi de la SNGITC relative à l'érosion côtière a permis d'assurer des échanges sur les différentes actions de la stratégie nationale, et d'aboutir à une série de propositions sur la poursuite des actions sur la période 2016-2018.

Concernant l'Axe A et l'observation du trait de côte, il est ainsi prévu de mettre en place un Réseau National des Observatoires du trait de Côte (2016-2018) avec 3 fonctions principales :

- la production et la diffusion de données se traduisant notamment par la définition de méthodologies et de protocoles de suivi communs ;
- le partage des compétences et la mutualisation de moyens favorisant la conduite d'actions partenariales et l'expertise collective ;
- la mise en œuvre d'actions de communication et d'éducation et la participation de la société civile.

En 2011, le BRGM a réalisé pour le compte du MEDDE, un rapport sur les structures d'observation du trait de côte mises en œuvre dans les régions littorales (Bulteau *et al.*, 2011). Une typologie des observatoires (type 1 à 4) a été définie en fonction des types de mesures, de leur répétitivité, de la pérennité technique et financière des organismes partenaires, et du mode de diffusion/partage des données.

Les observatoires dits « de type 4 » sont les plus opérationnels pour un appui aux politiques publiques et la mise en réseau au niveau national doit s'organiser entre des observatoires de type 4, c'est-à-dire des observatoires qui ont une emprise géographique régionale, qui assurent la production de données sur le trait de côte de manière systématique et régulière, et qui garantissent leur capitalisation et leur diffusion auprès du public par des moyens internet aux normes d'interopérabilité.

1.3. OBJECTIF DE L'ETUDE

Au niveau de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'inventaire de 2011 mettait en lumière le peu de démarches d'observation par des mesures systématiques du littoral régional et l'absence d'un observatoire de type 4.

En lien avec les démarches nationales menées dans le cadre de la SNGITC, l'objectif du présent projet est une actualisation de l'inventaire des démarches de suivi du trait de côte pour produire un état des lieux des observations qui sont réalisées à ce jour en région PACA sur l'évolution du trait de côte et des plages. Cet inventaire doit permettre de juger de l'opportunité de la mise en place d'un observatoire régional du trait de côte en PACA.

Le rapport est composé de :

- un rappel théorique sur les observatoires du trait de côte et les techniques utilisées ;
- un inventaire des démarches régionales déclinées à l'échelle départementale ;

- une proposition d'organisation pour la mise en place d'un observatoire de type 4 en région PACA en s'appuyant sur les structures existantes et les démarches locales.

2. Rappels théoriques

Les éléments suivants sont issus pour une grande majorité de divers travaux :

- le guide de gestion du trait de côte (MEEDDM, 2010) ;
- le rapport BRGM/RP-59396-FR « Synthèse des travaux menés sur l'observation de l'évolution du trait de côte » (Bulteau et al., 2011) ;
- le rapport BRGM RP-60616-FR « Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte » (Mallet *et al.*, 2012).

Nous renvoyons le lecteur à ces documents pour plus d'exhaustivité.

Il s'agit ici de présenter les grandes lignes des caractéristiques des démarches de suivi qui seront illustrées par la suite par des exemples pris en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

2.1. LE TRAIT DE COTE

2.1.1. Définition

Le trait de côte n'a pas une unique définition. Par exemple sur certaines cartes IGN, il s'agit des « laisses de pleine mer » tandis que pour le SHOM, il s'agit de la limite supérieure atteinte par la mer aux plus fortes marées. Cette dernière définition est aussi celle retenue dans le guide de gestion du trait de côte du MEDDTL (MEEDDM, 2010).

Ainsi, le trait de côte peut être caractérisé par la corniche d'une falaise rocheuse ou dunaire, dans le cas de dunes en érosion, ou être matérialisé par la limite de végétation pour les dunes en accrétion. La variabilité de la définition du trait de côte provient de la particularité morphodynamique du littoral : c'est une zone en mouvement, sans cesse changeante, qui n'admet pas de limite fixe. De plus, chaque façade maritime est différente en termes de conditions de marnage et de types de côte (rocheuse, meuble, artificialisée) ce qui induit des divergences de définition du trait de côte (Illustration 1).

Par exemple, sur la façade méditerranéenne où il n'y a quasiment pas de marnage, le trait de côte au niveau des plages sableuses est souvent déterminé comme étant la limite supérieure de la zone du jet-de-rive (*swash*), ou le milieu de cette zone.

Pour effectuer un suivi dans le temps du trait de côte, il importe de travailler avec la même définition pour la zone étudiée. Il s'agit avant tout de faire des comparaisons entre différentes observations. Par conséquent, le choix de la définition du trait de côte n'est pas fondamental pourvu que l'on conserve la même définition pendant toute la durée du suivi.

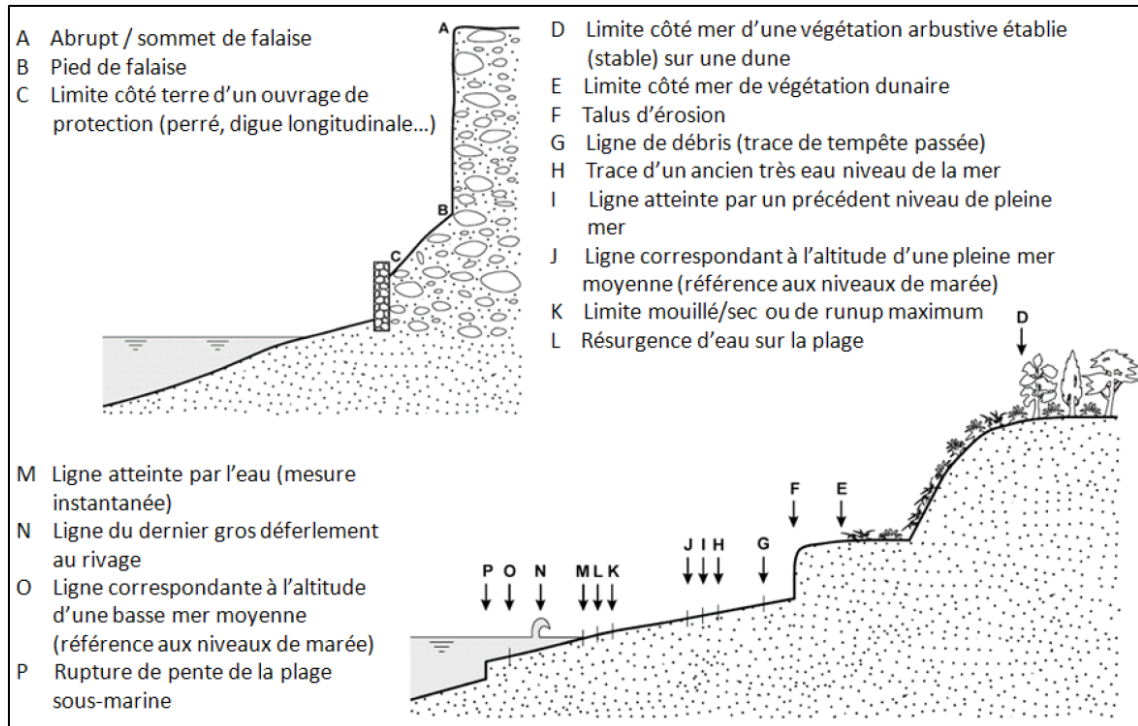


Illustration 1 - Les différents indicateurs possibles de la position du trait de côte (Mallet et al., 2012).

En revanche, l'analyse de l'évolution du trait de côte couvrant plusieurs sites où sa définition diffère posera des problèmes.

2.1.2. Facteurs d'évolution du trait de côte

La gestion de la zone côtière nécessite une bonne connaissance des processus responsables de la mobilité (érosion/accumulation) du littoral.

Quatre types de processus interviennent dans la mobilité du trait de côte :

- la baisse d'apport de sédiment d'origine continentale par les fleuves depuis la fin du dernier épisode glaciaire (Paskoff, 2005) ;
- les processus marins (houle, marée, courants associés...) ;
- les processus continentaux (vent, gel, hydrologie, altérations physico-chimiques des roches...) ;
- les processus anthropiques (ouvrages de défense...) qui agissent sur les matériaux et/ou déplacent les sédiments (sables, galets...), et qui aggravent la baisse des apports sédimentaires par fleuves côtiers en lien avec les aménagements des cours d'eau (barrages, endiguements, extraction de granulats,...).

Les matériaux peuvent être déplacés, par les courants et le vent par charriage (les matériaux sont roulés et glissent), saltation (le transport s'effectue par sauts successifs) ou suspension (les sédiments sont dispersés dans l'eau ou l'air sous l'effet de la turbulence).

2.1.3. Processus marins

Le profil des plages de sable ou de galets est en équilibre dynamique avec les conditions de forçage : par houle de tempêtes, les sédiments migrent vers le bas estran (phénomène de démaigrissement) ; par houle de beau temps, les sédiments remontent vers l'estran et le profil se relève (phénomène d'engraissement). Cet ajustement morpho-sédimentaire des plages aux conditions d'agitation est appelé variation saisonnière du profil de plage. On observe en effet en France métropolitaine plus de tempêtes en hiver et plus de périodes de calme en été.

Les courants liés à la houle sont prédominants près de la côte. Ils peuvent être longitudinaux (phénomène de dérive littorale) ou transversaux (en partie responsables du profil de plage). Les courants de marée sont eux prépondérants au large et dominés par les courants de houle à l'approche de la côte.

L'action incessante et directe des vagues est également en partie responsable de l'érosion des côtes rocheuses (impact de la pression de l'eau, abrasion due à la présence de sédiments en suspension).

La position du trait de côte est aussi fonction du niveau marin. Il y a aujourd'hui un consensus scientifique sur l'augmentation du niveau de la mer due au changement climatique actuel et au réchauffement des températures atmosphériques, malgré l'existence de débats quant à l'évaluation quantitative de cette augmentation.

2.1.4. Processus continentaux

Les processus d'érosion continentaux sont complexes. Dans le cas des côtes rocheuses, l'altération atmosphérique des roches (ou météorisation) est une combinaison de phénomènes :

- mécaniques (variations de température - gel/dégel, de teneur en eau de la roche ;
- physico-chimiques (altération, dissolution, hydrolyse...) ;
- biologiques (élargissement fissures avec la croissance racinaire, déstabilisation par les terriers des organismes fouisseurs...).

Les débris sont ensuite évacués selon divers modes : par mouvements individuels (chutes de pierre, écroulements...), par mouvements de masse (glissements de terrain, éboulements...) et par ruissellement. Les facteurs contrôlant ces modes de transport sont principalement la pesanteur et les agents atmosphériques (vent, gel, précipitations).

Le vent est un agent de transport fondamental pour les côtes d'accumulation sableuse. Au-delà de son influence sur la houle, il façonne la morphologie des dunes et par conséquent influence la position du trait de côte.

2.1.5. Aménagements et actions anthropiques

Les aménagements (digues, épis, brise-lames, etc.) et actions anthropiques (rechargement de plage, prélèvements de granulats...) modifient les conditions côtières et conduisent à des modifications des processus naturels par adaptation du système à ces nouvelles conditions.

Initialement les ouvrages répondent à une problématique bien précise et locale et sont généralement efficaces (localement). En contrepartie, ces ouvrages « durs » bloquent souvent les processus naturels tels que la dérive littorale conduisant à un déficit sédimentaire des zones

voisines. Celles-ci se retrouvent alors soumises à une érosion accrue du fait d'un bilan sédimentaire négatif.

D'autres actions anthropiques sont à l'origine d'une érosion accentuée du littoral, telles que la charge gravitaire des habitations en bord de falaises, la réduction des apports solides fluviaux due à la présence de barrages sur le cours des fleuves ou les extractions de sable.

2.2. OBSERVATOIRES DU TRAIT DE COTE

Les observatoires sont définis comme des structures et organismes qui réalisent des mesures systématiques de la position du trait de côte. Ils mettent en place un protocole de mesure défini, participent à la capitalisation des données, et sont au service d'une politique de gestion du littoral.

2.2.1. Méthodes de mesures et d'observation du trait de côte

Les méthodologies sont diverses et variées en fonction de la typologie du littoral qui est observée : plages, marais, falaises, seront observés avec des méthodes, des résolutions, des fréquences différentes. L'objectif de la mesure reste de déterminer un critère/indicateur à suivre dans le temps pour représenter et quantifier de manière précise les évolutions géomorphologiques du littoral sous l'effet des forçages qui les contrôlent.

Le BRGM a produit en 2012 une synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte commandé par le MEDDTL (RP-60616-FR ; Mallet *et al.*, 2012), qui s'inscrit dans la continuité du guide de gestion du trait de côte proposé par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM, 2010). A destination des gestionnaires, techniciens et scientifiques du littoral, cette référence méthodologique de suivi du trait de côte est un outil d'aide à la décision avec deux principaux objectifs, proposer un guide des bonnes pratiques et présenter différentes méthodes de suivi, d'acquisition et de traitement des données afin d'extraire le trait de côte et de représenter son évolution.

Il traite également de la définition du trait de côte et présente les différents types de milieux rencontrés sur le littoral : les côtes sableuses (tous types de plage y compris les plages coralliennes), les côtes rocheuses, les zones humides (marais maritimes et mangroves) et les côtes artificialisées. Les indicateurs de « trait de côte » sont décrits pour chacun de ces milieux littoraux.

Les méthodes d'acquisition et de suivi du trait de côte principalement utilisées en France métropolitaine et outremer y sont présentées et discutées :

- les acquisitions terrestres topographiques (GPS, DGPS, scanner 3D, repères, etc.) ;
- les acquisitions aériennes, avec des vecteurs avions ou drones, et satellitaires (télédétection : photographies aériennes, photogrammétrie, imagerie multispectrale SPOT, etc.)
- les méthodes d'acquisition en mer (levés bathymétriques, cartographie par sonar à balayage latéral, sismique réflexion pour les mesure d'épaisseurs sédimentaires).

Nous renvoyons le lecteur à ce rapport exhaustif¹ qui rassemble le savoir-faire national et international sur cette thématique.

¹ <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60616-FR.pdf>

Nous rappelons cependant que le présent rapport se concentre sur les actions régionales d'observations du trait de côte sur le terrain par des mesures régulières avec des techniques essentiellement topographiques et bathymétriques qui seront illustrées au cours de l'inventaire.

2.2.2. Capitalisation/catalogage des données

Les données récoltées sur le terrain doivent être vérifiées, validées puis analysées, notamment par comparaison avec des données antérieures. C'est cette analyse diachronique qui permet effectivement de mettre en évidence les évolutions du trait de côte dans le temps.

Pour certains observatoires, les données géo-référencées sont incorporées dans un SIG (Système d'Information Géographique) qui permet de réaliser des analyses et synthèses cartographiques.

Dans l'idéal, une base de métadonnées est associée aux données. Elle confère une *visibilité* aux travaux réalisés par l'observatoire sans pour autant fournir les données elles-mêmes, mais permettant de diffuser les informations en accord avec la directive européenne INSPIRE. Celle-ci vise à organiser et faciliter la mise à disposition et le partage d'informations géographiques, à des fins de politique environnementale.

2.2.3. Rôle et structure d'un observatoire

Un observatoire reste l'outil d'une politique ou d'une stratégie de gestion et d'aménagement du littoral.

Depuis les années 90, des techniques « douces », réversibles, de gestion du littoral sont de plus en plus employées (rechargement ou drainage de plage, accompagnement de la mobilité des dunes...) de manière alternative aux méthodes traditionnelles d'implantation d'ouvrages massifs de défense contre la mer.

De plus, la mise en œuvre en France de la GIZC (Gestion Intégrée de la Zone Côtière), décidée par le Comité interministériel le 29 avril 2003, a transféré l'application des politiques de développement durable au littoral. Celui-ci doit désormais être appréhendé comme un système, et les problématiques de la terre, de la mer, et des enjeux rendant compte de toutes les activités qui s'y exercent, ainsi que les différents acteurs, doivent y être intégrées. Ainsi, l'intervention sur les côtes n'est plus une opération définitive ; la gestion du littoral est dynamique, résultat d'une démarche continue entre observations et actions.

Le suivi de l'évolution du trait de côte fait donc partie intégrante de la solution puisqu'il permet de fournir une synthèse régionale sur la connaissance du secteur concerné, de détecter les zones vulnérables, de proposer un diagnostic à une échelle locale et d'optimiser en continu la technique de gestion retenue.

Les observatoires ont ainsi un rôle central dans la gestion du littoral en établissant de manière régulière l'évolution des processus, en mettant en évidence des tendances d'évolution, ce qui permet de passer du simple constat des phénomènes à une démarche d'anticipation de leurs conséquences.

Dans le cadre de la GIZC, certains observatoires s'intéressent à d'autres indicateurs en plus du trait de côte ou de la morphologie des plages, tels que la faune et la flore ou la pollution, l'occupation du sol, le développement urbain et les déchets. Des enjeux spécifiques la signification des indicateurs sur l'état écologique et la valeur patrimoniale du milieu peuvent

justifier ces choix. L'inventaire de toutes les données récoltées par tous les acteurs dépasse le cadre de cette étude, et nous nous sommes limités dans la suite de ce rapport à ne rendre compte que des données relatives au trait de côte.

2.3. TYPOLOGIE DES OBSERVATOIRES

A l'issue de l'inventaire des démarches nationales réalisé en 2011, au regard de la multiplicité des structures, une typologie des observatoires a été définie (Illustration 2).

Ils sont ainsi définis par la fréquence des suivis, l'objectif de l'application des mesures, l'échelle spatiale concernée, le critère de déclenchement des mesures et la mise à jour des données.

Type	Catégorie	Fréquence	Application	Échelle spatiale	Déclenchement	Mise à jour des données
1	Opération (observatoire ponctuel)	Mesures période unique, étude ponctuelle	Projet d'aménagements littoraux, risque	Généralement réduite, locale	Ponctuel	Opportuniste voire jamais
2		Mesures multitudes, non planifié	Aménagements littoraux, risque, activité de recherche	Réduite	Ponctuel	Opportuniste
3	Observatoire	Suivi pluriannuel de courte durée / plutôt mono-paramètres	Activité de recherche, veille	Réduite à étendue mais espace prédéfini	Programmé	Fréquence programmée
4		Observatoires pérennes (longue durée de vie, multi paramètres)	Suivi de l'évolution du trait de côte à différentes échelles de temps et à visée opérationnelle	Assez étendue à étendue, espace prédéfini	Programmé	Fréquence programmée et action si événement exceptionnel (tempête)
SIL	Méta-observatoire	Pas d'acquisition	Suivi du littoral (sens large : plusieurs thématiques, vision globale...)	Régionale à nationale	Pas d'acquisition propre	Fonction des accords avec les fournisseurs de données

Illustration 2 - Typologie des observatoires du trait de côte (Bulteau et al., 2011)

Les SIL (Systèmes d'Information sur le Littoral) sont « des centres de traitement de l'information permettant de produire des documents d'analyse et de synthèse, des diagnostics et des indicateurs sur l'évolution du littoral, sous forme de tableaux, de diagrammes ou de cartes, lisibles par des non spécialistes » (Bersani et al., 2006). Ce ne sont donc pas des observatoires au sens strict puisqu'ils ne récoltent pas de données sur le terrain et ne font pas de suivi du trait de côte. Cependant, les SIL nationaux ont la particularité de recenser et mutualiser des données à l'échelle nationale (BOSCO - Base d'observation pour le suivi des côtes²), Observatoire national de la mer et du littoral et Géolittoral).

2.4. SITUATION SUR LA REGION PACA EN 2011

Suite au rapport du député Cousin, et en préalable à l'élaboration de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SNGITC) du MEDDE, le BRGM a réalisé un inventaire des observatoires à l'échelle nationale (Bulteau et al., 2011).

² <http://bosco.brgm.fr>

En région PACA, il apparaissait que (Illustration 3) :

- des observatoires de type 1 couvraient la totalité de la région PACA à l'échelle des études départementales d'évolution du trait de côte basée sur des analyses de photographies aériennes, et diffusées via le CRIGE PACA ;
- des observatoires de type 2 étaient présents sur le littoral de Camargue à travers des démarches d'observations ponctuelles de plus ou moins longue durée, réalisées dans le cadre de travaux de thèse de doctorat (CEREGE, Univ. Aix-Marseille) ;
- deux observatoires de type 3 étaient présents en Camargue, avec des séries de mesure longues et répétitives le long du littoral de la Réserve Naturelle et au droit de l'exploitation des Salins-du-Midi ;
- il n'y avait pas d'observatoire de type 4 en région PACA à même de mener une action d'acquisition de mesure à long-terme et de capitalisation des données relatives à l'évolution du trait de côte.

La connaissance de l'évolution du littoral de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, et par conséquent celle de l'aléa érosion côtière, est principalement appréhendée au niveau régional par les démarches à large-échelle d'analyses des photographies aériennes. Au niveau local, il y a peu d'opérations de mesures de terrain et les données sont difficilement accessibles sans interopérabilité.

L'absence d'un observatoire de type 4, soit une structure régionale thématique à même de capitaliser les informations de mesures sur l'évolution du trait de côte, est le reflet d'une sectorisation des réflexions des différents acteurs, centrés essentiellement sur les problématiques locales.

Or, la mise en réseau des acteurs telle que prônée et affichée par le MEDDE dans le cadre de la SNGITC, est nécessaire à une analyse objective de l'évolution du trait de côte, et à terme de l'impact du changement climatique sur le littoral, au travers d'un partage collectif des données et des retours d'expérience. C'est autour du développement d'indicateurs communs sur le trait de côte que cette connaissance doit s'organiser.

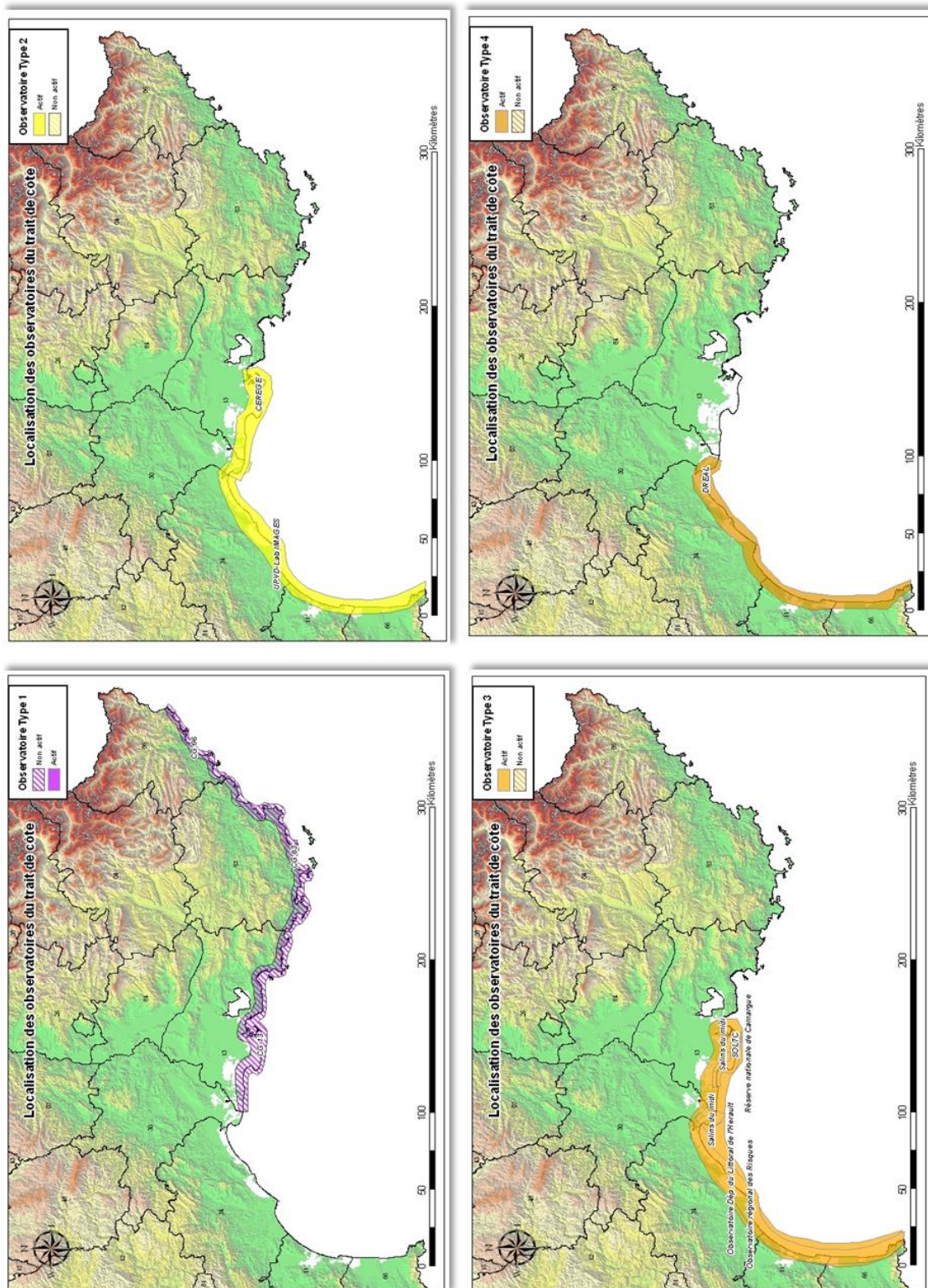


Illustration 3 - Démarches d'observation et typologie des observatoires recensés en 2011 (Buteau et al., 2011).

3. Les démarches de suivis du trait de côte en région PACA

3.1. DEMARCHES D'OBSERVATIONS A L'ECHELLE REGIONALE ET DEPARTEMENTALE

3.1.1. Conseils Généraux

Les Conseils Départementaux des trois départements littoraux de la région PACA ont lancé des appels d'offre sur l'étude de l'évolution du trait de côte historique.

Le Conseil Régional et l'Agence de L'eau Rhône – Méditerranée et Corse (AERM&C) ont cofinancé ces 3 études, qui constituent un état des lieux de l'évolution du trait de côte en région PACA à partir de données orthophotographiques.

Département du Var

Dans le département du Var, l'étude a été menée par IN VIVO et s'est achevée en novembre 2004 (IN VIVO 2004). L'objectif de l'étude était d'établir un diagnostic de l'évolution du trait de côte à l'échelle du département et de fournir un outil d'aide à la décision et à la gestion à la DEER (Direction de l'Environnement et de l'Equipement Rural) du Conseil Général.

Cela s'est traduit par la réalisation d'une synthèse bibliographique des données existantes et d'une analyse de l'évolution du trait de côte de 1950 à nos jours à partir de 3 campagnes de photographies aériennes de l'IGN (1950, 1970, 1998). 13 sites sensibles répartis uniformément le long du linéaire côtier du département ont été choisis pour mener l'étude. L'outil SIG d'aide à la décision a été créé sous ArcView3.2.

L'étude a permis de faire un point sur la situation et l'évolution du trait de côte à un instant T, mais elle conclut sur la nécessité de mener des campagnes de suivi du trait de côte pour pouvoir améliorer les connaissances sur les sites sensibles et fonder une réflexion globale pour l'aménagement et la gestion du littoral varois. Aucun suivi de terrain, sous maîtrise d'ouvrage du CD83, n'a été prévu pour le moment.

En 2013, le service Mer et Littoral du Conseil départemental du Var a réactualisé cette étude en prenant en compte des photographies plus anciennes (1920) et plus récentes (2008). Sur la base de ces données, ce travail a été précisé par le BRGM en 2014 sur le périmètre du SCoT Provence-Méditerranée (A. Stépanian, 2014).

Département des Alpes-Maritimes

Pour le département des Alpes-Maritimes, c'est le bureau d'études BCEOM qui a conduit l'étude sur l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes qui s'est achevée en février 2007 (BCEOM 2007).

L'objectif était de créer un outil d'aide à la décision à destination des élus et des gestionnaires afin de favoriser une politique de gestion du littoral globale et cohérente. Le diagnostic de la situation actuelle s'est basé sur l'analyse de 8 campagnes de photographies aériennes de l'IGN (1950, 1965, 1974, 1983, 1990, 1994, 1998 et 2004) et a conduit à l'élaboration d'une

cartographie des zones littorales à risque en fonction des aléas (submersion et érosion) et des enjeux. Enfin, l'outil évolutif d'aide à la décision présenté sous forme de SIG sous MapInfo a été créé avec l'ambition d'être un point de départ d'un programme de suivi et d'observation de l'évolution du littoral du département des Alpes Maritimes.

Les études et données détenues par les communes sont en cours d'acquisition dans le SIG. Aucun suivi sur le terrain n'est à notre connaissance engagée pour le moment.

Département des Bouches-du-Rhône

Le bureau d'études SAFEGE a réalisé l'étude sur l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine qui s'est achevée fin 2009.

L'objectif était d'améliorer la connaissance et la compréhension des phénomènes d'érosion et de submersion marine et de créer un outil d'aide à la décision en termes d'aménagement du littoral global et évolutif (SAFEGE 2008). La démarche a été coordonnée avec le CRIGE-PACA.

La zone d'étude couvrait l'ensemble du littoral du département, en partant du phare de l'Espiguette à l'Ouest jusqu'à la baie de la Ciotat à l'Est, ainsi que le pourtour de l'étang de Berre. Tout comme l'étude de BCEOM sur le littoral des Alpes Maritimes, l'évaluation de l'évolution du trait de côte s'est basée sur la comparaison de photographies aériennes (1920, 1935, 1940, 1950, 1977, 1990, 1998, 2003).

Les secteurs les plus problématiques ont été identifiés et une proposition d'un réseau de suivi de l'évolution du trait de côte (entre 15 et 20 stations) a été formulée, mais aucune suite n'a pour le moment été donnée par manque de crédits. Les données ont été incorporées dans un SIG mis à disposition des communes.

3.1.2. Travaux du BRGM sur les falaises rocheuses de PACA

a) A l'échelle régionale dans le cadre du 4^{ème} CPER (2004-2009)

Dans le cadre du 4^{ème} CPER « Risques Naturels et Nuisances Action : Données, informations, évaluation sur les risques naturels », le Service Géologique Régional PACA du BRGM a réalisé une étude en trois phases (de 2004 à 2008) pour le compte de l'ex DIREN et de la Région sur la stabilité des falaises côtières de la région PACA. 4/5^{ème} du littoral de la région PACA est constitué de côtes rocheuses et l'ensemble des falaises montre des indices d'instabilités liés à l'érosion plus ou moins forte selon les secteurs et à une géologie très variée. Ceci souligne l'importance de qualifier le risque d'instabilités de falaises, et de le cartographier.

La première année a consisté à faire l'état des lieux et des connaissances à partir d'études sur le terrain (une centaine de sites étudiés). Cela a permis de définir une typologie des instabilités en fonction de la lithologie, de la structure et de la morphologie des falaises côtières pour aboutir à une qualification de l'aléa (fort, moyen, faible, nul à faible) à l'échelle 1/100 000. Un outil SIG a également été créé dans ce but pendant cette première année (N. Marçot et C. Mathon, 2004).

La deuxième année a consisté à faire un inventaire des enjeux sur le littoral de la région PACA, à évaluer les dommages possibles vis-à-vis de chacun de ces enjeux et à hiérarchiser le risque instabilité de falaises (N. Marçot, 2006).

Enfin, lors de la troisième année, des propositions d'aménagements ont été analysées sur une sélection de 4 sites représentatifs du littoral à falaise de la région PACA, en termes d'instabilités de terrain. Sur l'un d'entre eux (Carry-le-Rouet), une analyse diachronique sur base de photographies (1970 et 2007) et l'utilisation d'un scan laser restituant la topographie du plan de falaise avec une précision centimétrique (deux levés, en octobre 2007 et avril 2008) ont permis d'évaluer finement l'amplitude de l'érosion sur une courte période. Une méthode de gestion du risque à l'échelle de la commune a finalement été proposée (N. Marçot et L. Azibi, 2008).

b) A l'échelle régionale dans le cadre du projet VALSE (2012-2016)

- **Descriptif du projet VALSE**

Le projet VALSE (Vulnérabilité et Adaptation pour Les Sociétés face aux Érosions de falaises côtières en région Provence Alpes Côte d'Azur) a démarré en 2012 pour 3 ans avec un financement du Conseil Régional PAC. Mené par le BRGM en collaboration avec le CEREGE, GEOAZUR, et le LPED, il s'appuie sur le fait que l'aléa d'éboulement de falaise est très mal contraint, et le comportement des personnes vivant en tête de falaise ou s'aventurant dans leur proximité directe, c'est à dire les facteurs modulant leur vulnérabilité, n'est pas compris. Ce projet s'est donc voulu interdisciplinaire et s'attache donc à quantifier l'érosion, évaluer l'occurrence des éboulements et qualifier le comportement humain pour améliorer la connaissance du risque et aider à sa gestion. L'objectif de ce projet de recherche mené était d'évaluer l'aléa d'éboulement d'abord en cartographiant le recul des falaises à l'échelle du 20^e siècle sur l'ensemble du littoral de la région PACA, valorisant ainsi les archives de photos aériennes ortho-rectifiées disponibles au CRIGE PACA. A une échelle locale le site de Carry-le-Rouet a été instrumenté pour quantifier de manière précise l'aléa éboulement.

Puis une étude de site s'est attachée à quantifier les éboulements de falaise à l'échelle de la commune de Carry-Le-Rouet, qui est connue pour être un des lieux vulnérables du littoral de la Région. Cette quantification de l'aléa s'est faite sur la base de scan laser acquis dans le cadre de la présente étude et cofinancés Région PACA, DREAL PACA et BRGM. Par ailleurs, le projet VALSE a financé l'installation d'un suivi photogrammétrique stéréo et géophysiques d'une section de falaise pour contraindre le moment de survenance des éboulements. En parallèle, des mesures environnementales (météo principalement) du même site ont été acquises pour cerner les causes des éboulements.

- **Analyse diachronique de l'évolution du trait de côte rocheux à l'échelle régionale**

Ce travail a été réalisé par Jérémy Giulano (2015) dans sa thèse adossée au projet VALSE.

Deux jeux diachroniques d'orthophotos ont été choisis (1924 et 1927 pour les plus anciennes, et 1998), compte tenu de la qualité des orthophotos et de leurs disponibilités. Les ortho photos anciennes ont été collectées auprès du CRIGE PACA suite à l'acquisition et à l'orthorectification d'anciennes photos du SHOM par le Conseil Régional PACA.

Les ortho-photos récentes ont également été collectées auprès du CRIGE PACA, l'année 1998 a été choisie en raison de la meilleure qualité de prise de vue par rapport aux ortho photos 2003 et aux ortho littorales de 2011. L'objectif était de comparer la position du trait de côte rocheux (base et/ou tête de la falaise). La méthode utilisée est une méthodologie classique communément utilisée pour estimer un taux d'érosion :

- Définition de l'objet étudié (définition du trait de côte rocheux à partir de différents profils d'une falaise) ;

- Géo-référencement et recouvrement des ortho photos ;
- Analyse sous SIG (Système d'Information Géographique).

Au terme de l'analyse des limites de la méthodologie ont été mises en évidence, et des incertitudes annoncées, liées aux données elles-mêmes et à la méthodologie. Un taux d'érosion d'un ordre de grandeur du mm.an^{-1} est proposé à partir de cette analyse, sur 72 ans. Même s'il est relativement faible, il montre une prédominance de l'érosion de la tête de falaise ($1,13 \text{ mm.an}^{-1}$) par rapport au pied de falaise ($0,087 \text{ mm.an}^{-1}$), et par conséquent une prédominance des processus sub aériens par rapport aux forçages marins.

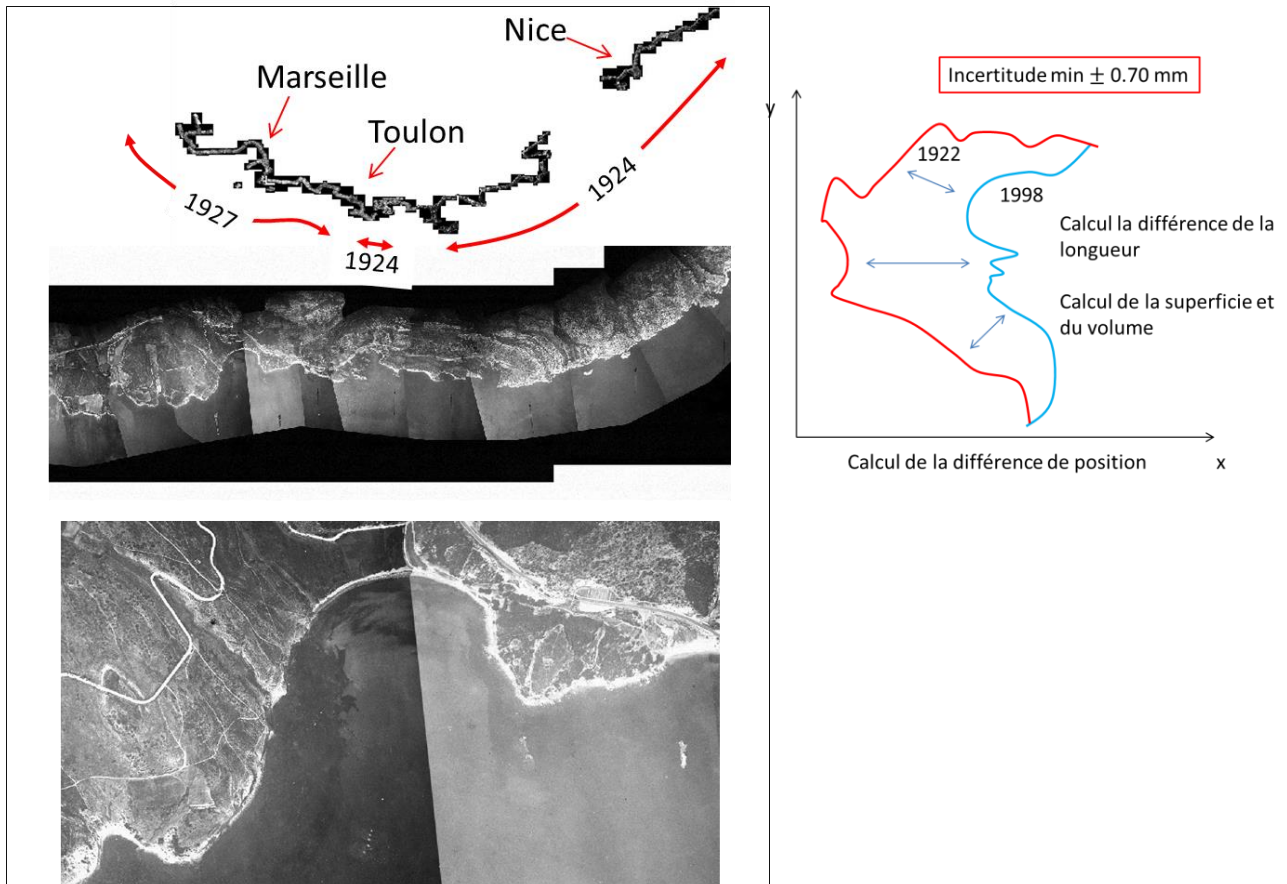


Illustration 4 - Répartition des ortho photos sur le linéaire de la région PACA et évaluation des incertitudes (Giuliano, 2015)

Ce taux d'érosion est à relativiser compte-tenu de la longueur du linéaire, et des contextes géomorphologiques différents, il serait à retraduire par tronçon de linéaire homogène. Néanmoins, il permet de disposer d'un ordre de grandeur significatif et est relativement cohérent par rapport à d'autres littoraux similaires. Cette méthodologie utilisée couramment sur les littoraux sableux et domaines côtiers rocheux à dynamique d'érosion rapide montre ses limites, en particulier dans ce cas d'évolution plus lente.

3.2. DEMARCHES DU SNO DYNALIT

DYNALIT est un Service National d'Observation labellisé par l'INSU (Institut National des Sciences de l'Univers) axé sur l'étude de la dynamique du littoral et du trait de côte. Piloté par des chercheurs, DYNALIT gère sur le long terme l'acquisition, la collecte et la mise en

cohérence de données météorologiques de qualité de 26 sites ateliers (côtes sableuses, falaises, embouchures) répartis sur toutes les façades maritimes françaises.

Ce SNO est coordonné par le Laboratoire Domaines Océaniques (UMR 6538) de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (Brest).

Les partenaires PACA impliqués sont :

- Aix-Marseille Université ;
- Université de Toulon.

L'objectif général de DYNALIT est de faire évoluer les connaissances actuelles sur les zones côtière, en participant à la construction de nouvelles théories et de nouveaux modèles conceptuels du fonctionnement du littoral. Il s'agit de développer la connaissance par la recherche en se basant sur des données d'observation acquises via des protocoles de mesure normalisés pour répondre à une série d'objectifs technologiques, scientifiques et stratégique, détaillés sur le site <https://www.dynalit.fr/fr>.

Le principe est de fédérer et de mutualiser les actions de recherche universitaires nationales sur la dynamique littorale, en domaine sableux et rocheux, à travers le suivi régulier de plusieurs sites ateliers sur le littoral national (Illustration 5).

En région PACA, les sites ateliers retenus sont :

- La rade d'Hyères entre la presqu'île de Giens et La Londe-les-Maures ;
- L'embouchure du Rhône.

Sur chacun de ces sites, l'objectif est de renforcer une démarche d'observation en mutualisant les diverses actions de recherche (contrat, thèse, post-doctorat...) réalisées par les laboratoires locaux et en en proposant de nouvelles.

Le SNO DYNALIT est en cours d'organisation. Il n'est pas à ce jour opérant en termes d'affichage et de diffusion des données.



Illustration 5 - Les sites ateliers DYNALIT (<https://www.dynalit.fr/fr>)

3.2.1. Embouchure du Rhône

a) Objectifs et justifications

Le Rhône est le principal pourvoyeur de sédiments en Méditerranée française. A ce jour les principaux travaux ont estimés les Matières En Suspensions (MES) transportées par les crues à la mer mais le volume des sables (transportés en suspension et par charriage), leur stockage et leur redistribution vers le trait de côte demeurent mal connus.

Il s'agit d'évaluer les flux en transit depuis le fleuve et de comprendre le fonctionnement morphodynamique de la barre d'embouchure qui semble se prolonger latéralement pour devenir une barre d'avant côte et participer au fonctionnement des plages.

b) Mesures proposées

Sur l'embouchure du Rhône, les mesures proposées sont :

- la mise en œuvre d'une mesure de trait de côte annuelle pour compléter la connaissance historique (Illustration 6) ;
- une couverture bathymétrique régulière tous les cinq ans ;
- des mesures continues de paramètres hydrosédimentaires (courantologie, MES, etc..).

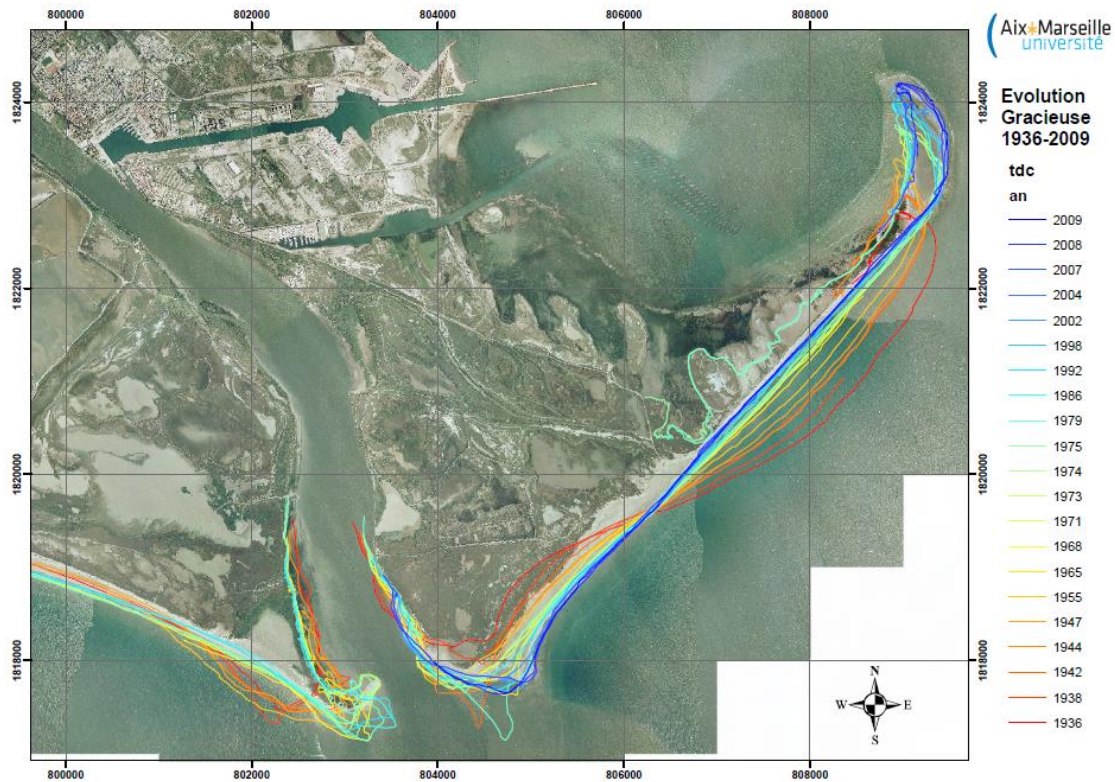


Illustration 6 - Evolution de la Flèche de la Gracieuse 1936-2009 (Sabatier, <https://www.dynalit.fr/fr>).

3.2.2. Rade d'Hyères

a) Objectifs et justifications

La rade d'Hyères constitue une zone à haute spécificité géomorphologique du Sud-Est de la France car elle recoupe :

- un tombolo double au rivage occupé par les activités humaines (ports, épis) qui cloisonnent les dynamiques et dont les enjeux impliquent la mise en place de méthodes d'ingénierie variée : épis, rechargement, géotextiles, déconstruction de digues et recul stratégique dont seul un suivi à long terme permet d'évaluer les impacts ;
- des plages de poches aux évolutions naturelles dont le rôle des processus liés à la montée de la mer sont prouvés mais pour lesquels une surveillance morphologique est nécessaire afin d'évaluer les modalités de transferts sédimentaires

Depuis 2000 le CEREGE réalise des travaux dans la zone (thèses de J. Courtaud, C. Brunel et R. Capanni) qui concernent essentiellement l'évolution de profils de plages, des MNT de plages

de poches et plusieurs campagnes de courantologie. Ces données doivent aujourd'hui être réorganisées et subir un protocole d'homogénéisation.

b) Mesures proposées

Les mesures proposées sont :

- la mise en œuvre d'un suivi du trait de côte tous les 5 ans ;
- la construction de Modèles Numériques de Terrain locaux pour la représentation de la déconstruction des digues et des overwashes tous les ans depuis 2010 ;
- la mise en place d'un réseau de profils avec relevé tous les 5 ans ;
- des campagnes de courantologie durant les tempêtes et des mesures de niveau marin pérenne (en cours d'installation à la Madrague de Giens).

3.2.3. Diffusion des données de DYNALIT

Le SNO DYNALIT a pour objectif une capitalisation de données issues du domaine de la recherche pour des applications de recherche mais également pour une diffusion des données large à travers la mise en place d'une base de données et de métadonnées interopérables et faciles d'accès au travers d'un portail unique. Ce portail n'est actuellement pas opérationnel via le site Dynalit.

3.3. PROGRAMME LITTO3D

Sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional PACA, et avec le soutien de la Direction Générale à la Prévention des Risques (MEEM), de DREAL PACA, et de l'Europe (FEDER), le SHOM a réalisé entre 2011 et 2014 une série de levés topo-bathymétriques de haute précision par technologie lidar aéroporté. Ils viennent compléter des levés lidar topographiques réalisés par l'IGN sur les zones terrestres littorales, réalisés en partie sur commande de la DGPR suite à l'évènement Xynthia en février 2010, et ceux réalisés au niveau des Territoires à Risques d'Inondations dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Inondation.

La fusion des données topographiques et bathymétriques constitue le produit Litto3D®. Le produit intégré terre-mer Litto3D® est ainsi disponible sur l'ensemble du littoral régional depuis 2014 (Illustration 7).

Il constitue une donnée-socle d'emprise spatiale large (région) et à haute résolution qui peut être utilisé comme couche de référence pour l'évaluation de changements topographiques et bathymétriques en zone côtière, eu égard la précision des données de l'ordre de (spécifications litto3D®³):

- 0.2 m (à 95%) sur les parties terrestres (produit semis de point) ;
- 0.3 à 0.5 m (à 95%) sur les parties immergées (produit semis de point).

Il est disponible sous différents formats :

- Semis de points (1-2 points/m² sur zone émergée ; 0.4-1 point/m² sur zone immergée);
- Modèle Numérique de Terrain (MNT) avec une maille de 1 m ;
- MNT avec une maille de 5 m.

³ http://professionnels.ign.fr/sites/default/files/DC_Litto3D.pdf

Les données sont diffusées à la consultation et au téléchargement sur le site data.shom.fr⁴.

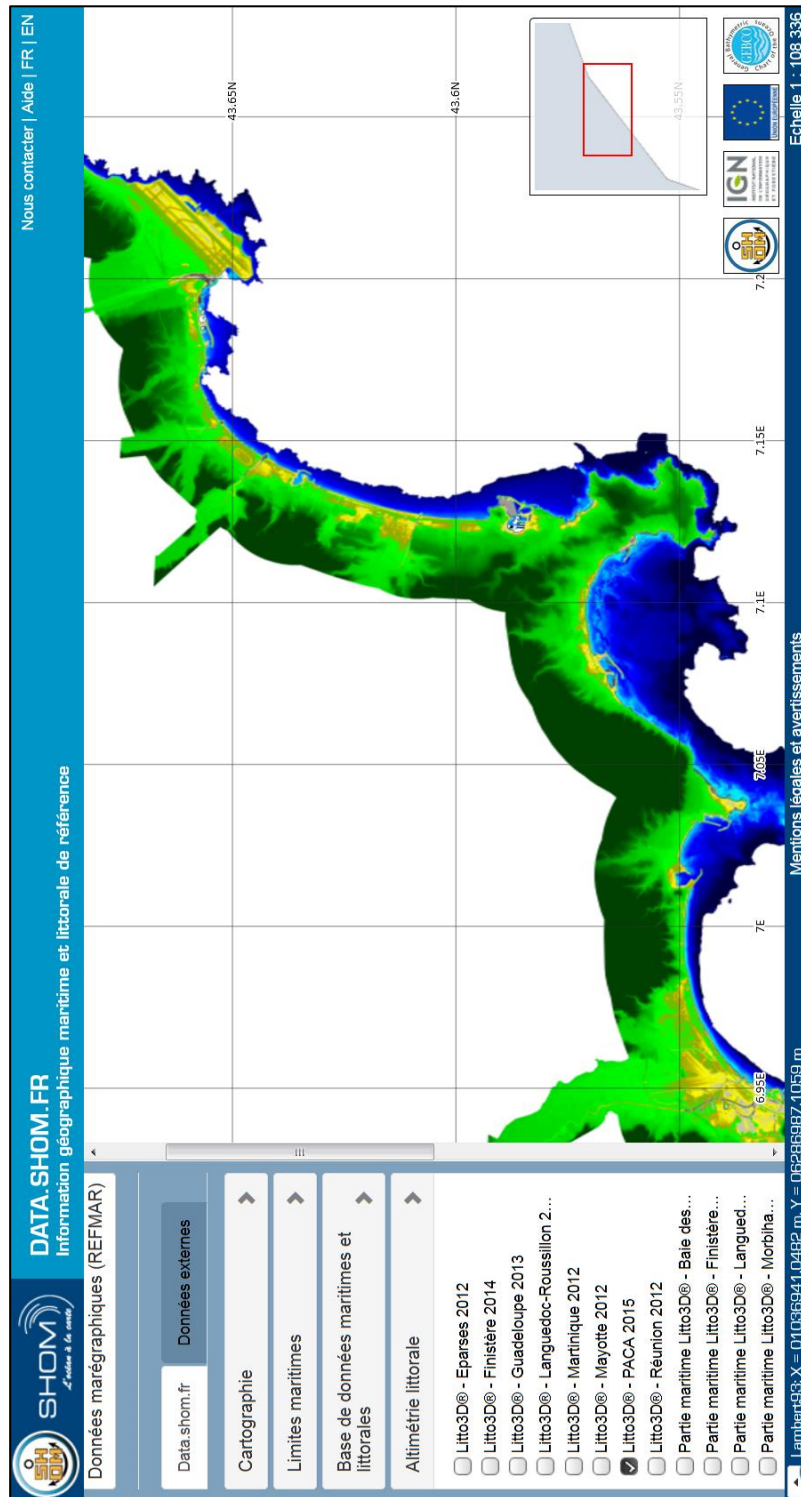


Illustration 7 - Données Litto3D® sur le secteur Nice-Antibes-Cannes (data.shom.fr)

⁴ <http://data.shom.fr>

4. Suivi du littoral sur le département des Bouches-du-Rhône

Le département des Bouches-du-Rhône est principalement composé de deux entités géomorphologiques :

- le littoral de la Camargue entre Les Saintes-Maries-de-la-Mer et Port-Saint-Louis du Rhône, et Fos-sur-Mer, qui a fait l'objet de nombreuses études en raison des problèmes chroniques d'érosion que connaît ce secteur, qui a fait l'objet de nombreux aménagements ;
- la côte rocheuse entre Fos-sur-Mer et La Ciotat qui est composée de la Côte Bleue, la rade de Marseille, le littoral des Calanques et des falaises de la Ciotat. Sur ce littoral, les problématiques historique d'érosion sableuse et de recul des plages est moindre, à l'inverse des secteurs rocheux où il est par endroits très importants, avec des enjeux significatifs (Carry-le-Rouet).

4.1. LITTORAL CAMARGUAIS

Sur le littoral de Camargue, les opérations de suivis recensées sont réalisées principalement à l'initiative des gestionnaires locaux, Parc Naturel Régional de Camargue, Réserve Naturelle de Camargue – SNPN, et gestionnaires des terrains du Conservatoire du littoral.

Au droit des terrains de la Compagnie des Salins à Salins-de-Giraud (Commune d'Arles), le suivi de l'évolution de la position du trait de côte est assuré par la Compagnie même, pour anticiper et prévenir des impacts de la mer (brèche dans la digue) sur la production en sel.

A l'Est, sur la flèche de la Gracieuse, le Grand-Port-Maritime de Marseille opère également des opérations de suivi.

4.1.1. Réserve Naturelle de Camargue – Société Nationale de Protection de la Nature, (RNC-SNPN)

La Réserve Nationale de Camargue réalise un suivi de l'évolution du trait de côte depuis le milieu des années 1980. Elle est financée par l'Etat (via la DREAL). Des levés longitudinaux du trait de côte (défini comme la limite terre/mer au moment du levé) au GPS (précision plurimétrique) ainsi que des profils de plage et de dunes sont effectués dans le but de suivre l'évolution à long terme du littoral de la réserve et l'efficacité des ouvrages de protection de dunes. La démarche fait suite à la tempête de novembre 1982 qui avait entraîné la destruction de nombreuses dunes. Après quelques temps, la reconstruction naturelle n'étant pas suffisante, une politique de protection des dunes par la mise en place de ganivelles a été décidée en partenariat avec l'ONF. Elle est associée à un programme de suivi du trait de côte en parallèle à des essais de protection des massifs situés à l'ouest des Douanes. Ces essais, débutés en 1986, consistaient en des filets "brise-vent". Ils ont été abandonnés dès 1987 au profit des ganivelles. L'ensemble de ces massifs dunaires sera par la suite équipé de ganivelles (dix kilomètres linéaires environ) entre 1987 et 1993.

Cinq profils topographiques sont mis en place en 1991, dans le double but de suivre l'évolution à long terme du littoral de la réserve (en lien avec la problématique plus globale d'élévation du niveau de la mer et d'érosion du trait de côte).

La zone étudiée s'étend des Saintes-Marie-de-la-Mer jusqu'à Beauduc. Les levés de terrain ont lieu une fois par an environ (1991-2000, 2002, 2004-2008, 2011-2012) en période de temps calme (été/automne).

Les 5 profils topographiques (Comtesse, Gacholle, Douanes, Longue Montille et Montille de Charles ; cf. Illustration 8) traversant dunes et plages ont été matérialisés et sont annuellement suivis au moyen d'un niveau d'ingénieur (LEICA NA 28). Les cotes (NGF) sont relevées tous les mètres dans la dune et tous les 10 mètres sur la plage (Illustration 9). Les profils sont géoréférencés et intégrés dans un outil SIG interne (GéoConcept).



Illustration 8 - Localisation des profils Dune-Plage suivis sur le territoire de la Réserve Nationale Naturelle de Camargue (SNPN, 2013).

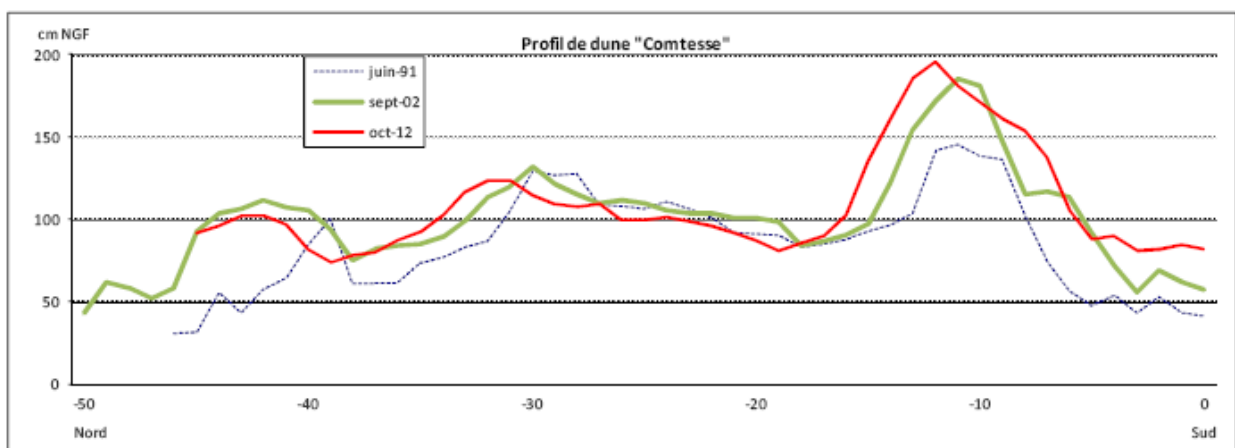


Illustration 9 - Exemple d'évolution dune-plage sur le profil de la Comtesse (SNPN, 2013).

En parallèle, des levés du trait de côte par GPS (précision 5 m) sont également réalisés sur le périmètre de suivi depuis 1999 à une fréquence de temps annuelle, avec un échantillonnage d'un point tous les 200 m et une densification des points dans les zones complexes.



Illustration 10 - Evolution du trait de côte par comparaison des levés GPS 2013 (bleu) et 2014 (rouge) à l'Est des Saintes-Maries-de-La-Mer (en haut) et à la pointe de Beauduc (en bas) (Cheiron, 2015).

Parallèlement aux levés de terrain, la Réserve acquiert tous les 5 ans les orthophotographies de la BD ORTHO de l'IGN. Une délimitation du trait de côte est ainsi également effectuée à une échelle de temps plus longue. Enfin, la numérisation du cadastre napoléonien vient d'être achevée en 2010. Toutes les parcelles ont été reprises, numérisées et superposées à la BD ORTHO. Cela permet d'avoir une vision de la Camargue avant la construction des premières digues (le cadastre date de 1823) avec une position historique de référence du trait de côte.

Les rapports annuels scientifiques sont disponibles en ligne sur le site de la réserve <http://www.reserve-camargue.org/Donnees-scientifiques>.

Les données sont accessibles sur demande. Elles ont vocation à être intégrées au Système d'Information Territorial géré par le Parc Naturel de Camargue (voir plus bas).

4.1.2. Centre de Recherche en Environnement et Géosciences (CEREGE)

Au travers des thèses menées sur l'embouchure du Rhône (Suanez, 1997 ; Sabatier, 2001 ; Samat 2006), le CEREGE a acquis de nombreuses données sur le littoral camarguais.

Un exemple de profils acquis dans ce travail est présenté sur l'illustration 11.

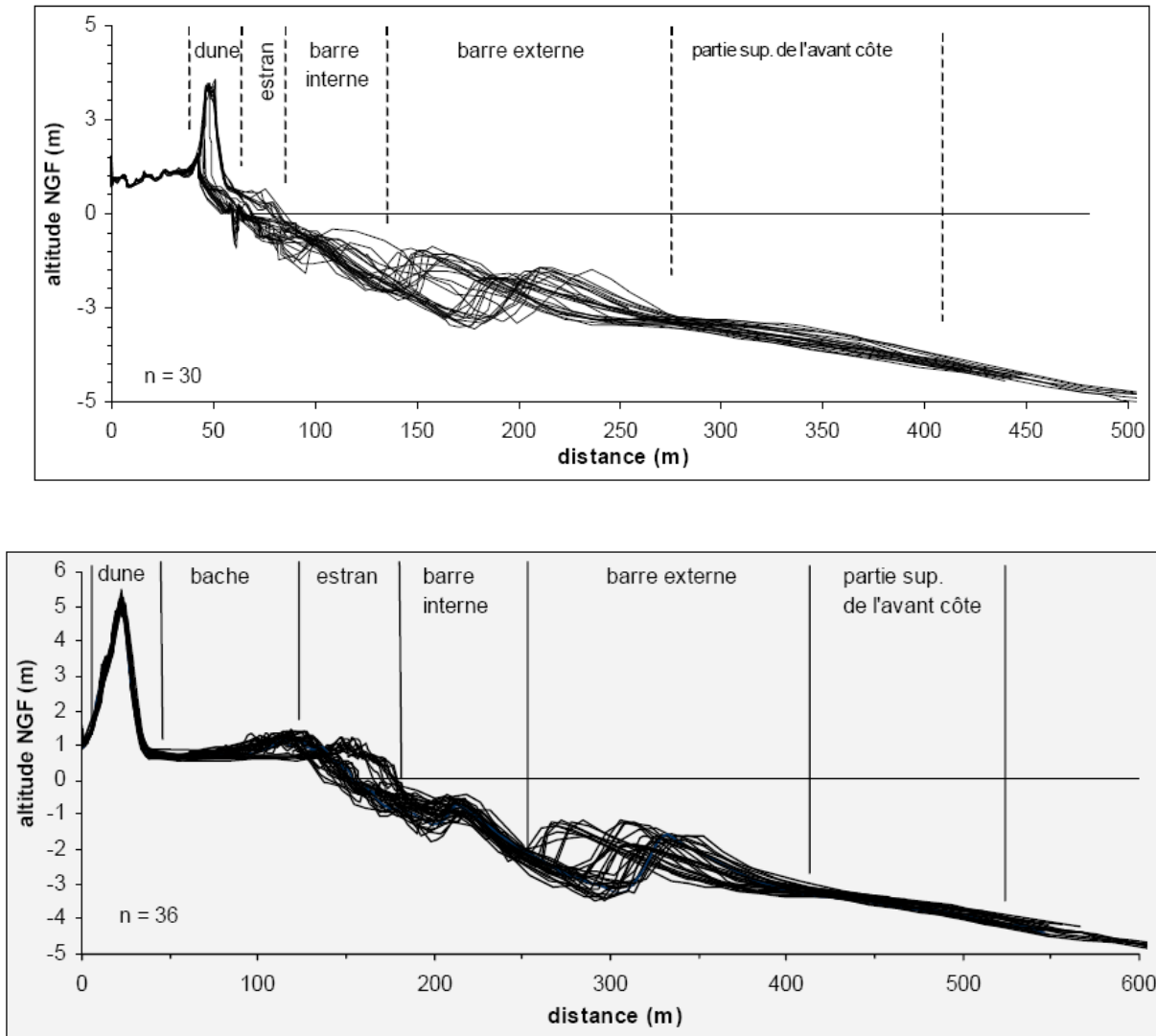


Illustration 11 - Exemple des profils topographiques relevés par le CEREGE entre juin 2000 et aout 2001 au niveau de la Comtesse (en haut) et au niveau du Rousty (en bas) (Sabatier, 2001).

Des levés de trait de côte réalisés par DGPS ont été également réalisés et comparés à des traits de côte issus de diverses origines (SHOM, photo-interprétation).

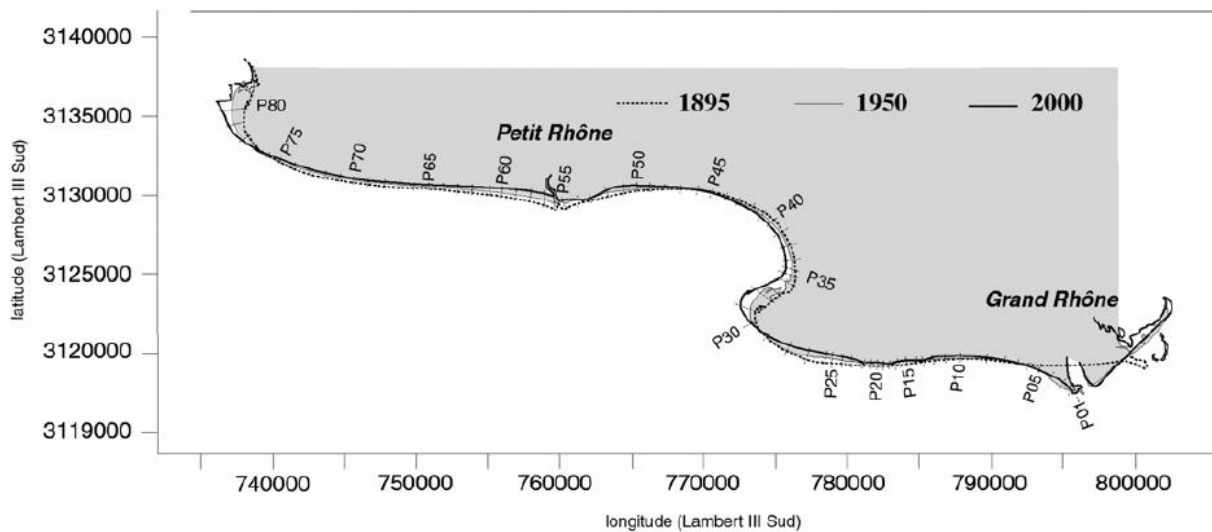


Illustration 12 - Exemple de la ligne de rivage en Camargue entre 1895 (levé theodolite SHOM), 1950 (Photo-interpretation IGN) et 2000 (levé DGPS) in Sabatier (2001).

Les données étant utilisées dans des activités de recherche, elles sont diffusées au cas-par-cas par convention d'organismes à organismes. Certaines données sont diffusées via l'interface cartographique développée par le Parc Naturel de Camargue (voir ci-dessous).

4.1.3. Parc Naturel de Camargue (PNRC)

Le Parc Naturel de Camargue réalise un suivi morphologique du trait de côte annuel par analyse de photographies aériennes.

Les données et analyse sont mises à disposition à travers l'observatoire territorial du Parc naturel régional de Camargue qui est un dispositif d'observation mis en place pour suivre l'évolution dans le temps du territoire, dans ses dimensions écologique, économique et sociale. Il est bâti autour d'un système d'information territorial (SIT) commun aux parcs naturels régionaux de la Région Provence-Alpes-Côte-D'azur.

Créé dans un objectif de mutualisation des moyens et des données entre les parcs et les partenaires associés au projet, le SIT s'inscrit dans la charte du Parc, notamment du point de vue de l'accessibilité des données, du partage des connaissances, de l'innovation et du transfert d'expérience.

Il est consultable à l'adresse suivante :

http://www.pnrcpaca.org/carto/camargue/carte_suivi_milieu_aquatique

En ce qui concerne l'évolution du trait de côte et par extension les données thématiques sur les dégâts dus aux tempêtes sur le littoral (érosion, dégradation des digues), les données suivantes sont consultables et/ou téléchargeables :

- Profils topographiques de RNC – SNPN ;
- Profils topographiques CEREGE ;
- Profils topographiques envisagés par le PNRC (suivis en cours de démarrage) ;
- Traits de côte digitalisés sur orthophoto (1942, 1952, 1977, 1996, 2003, 2009, 2011, 2014) ;

- Suivis des dégradations du cordon dunaire et des digues en terre internes ;
- Points de suivis annuels par photographies aériennes et vues obliques.

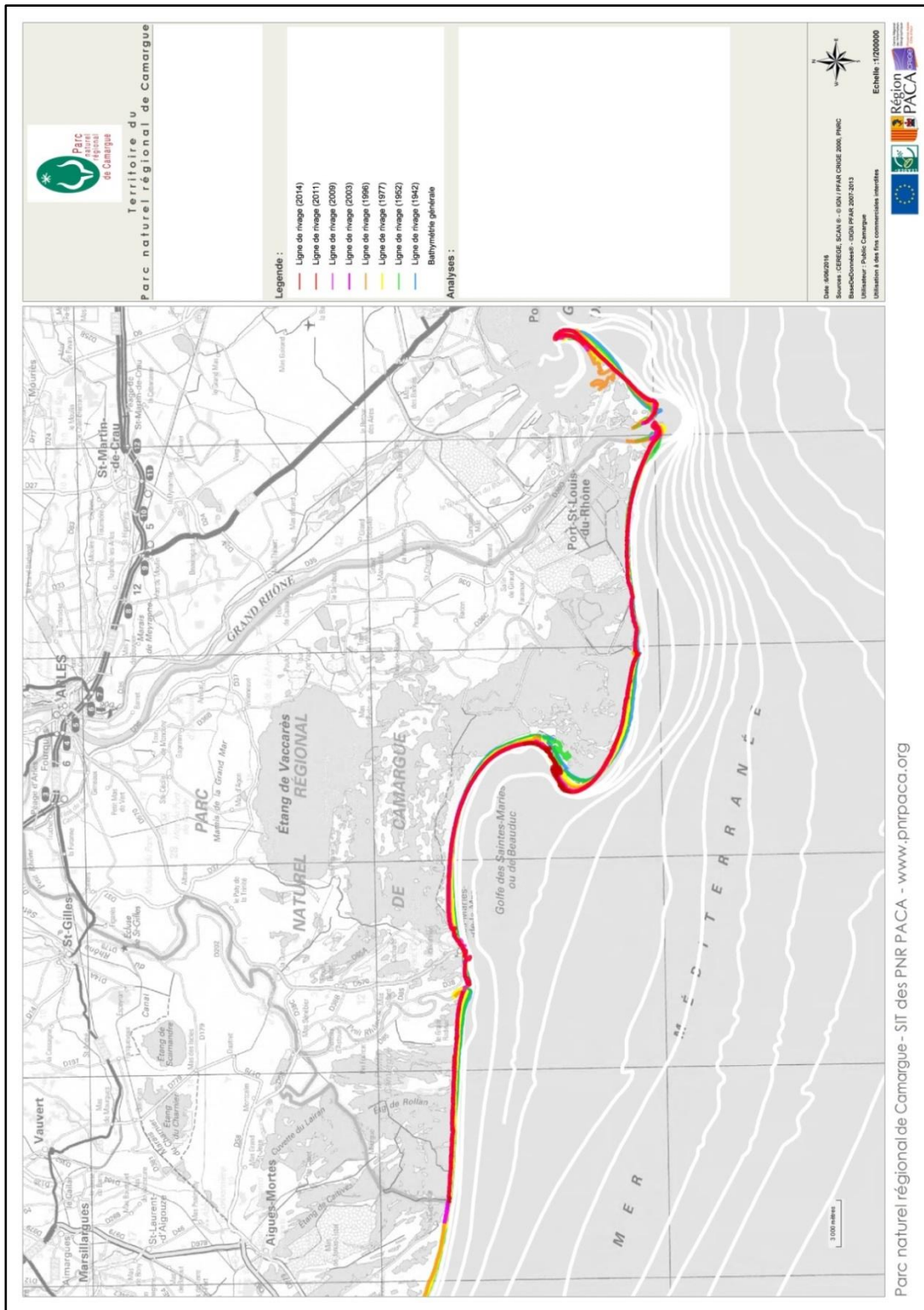


Illustration 13 - Evolution du trait de côte de la Camargue 1942-2014 (Source : SIT du PNR de Camargue).

Les données sont accessibles par signature de convention de mise à disposition.

Le SIT est également conforme aux normes en termes d'interopérabilité. Pour exemple, les données de traits de côte historiques du PNRC sont affichables sur le site de l'Observatoire Régional des Risques Majeurs (Illustration 14).

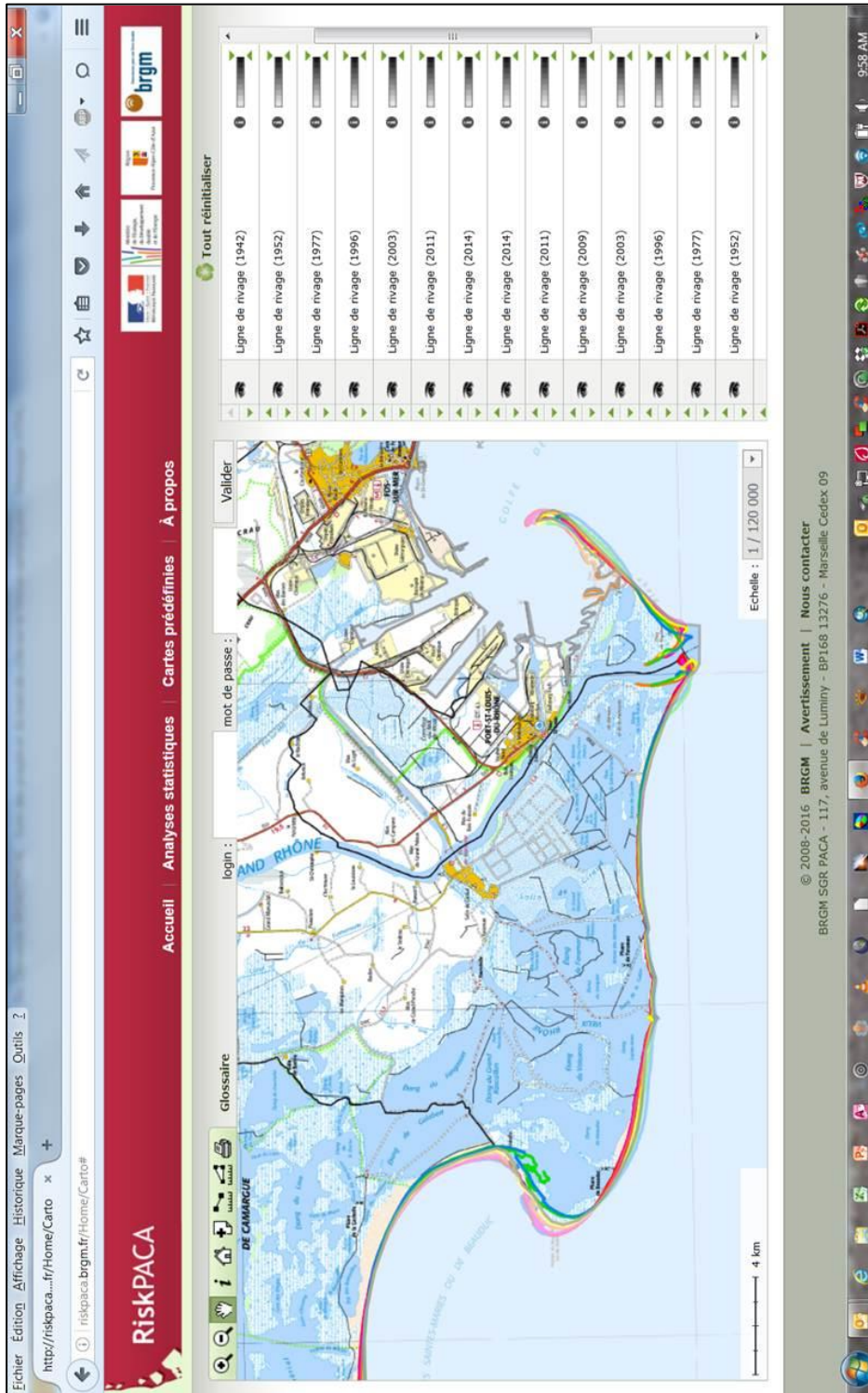


Illustration 14 - Affichage des données trait de côte du PNRC sur l'Observatoire Régional des Risques Majeurs).

4.1.4. Salins du Midi - Groupe SALINS

Un suivi du trait de côte est effectué tous les mois ou tous les 3 mois depuis plusieurs dizaines d'années sur deux sites, Salin-de-Giraud et Aigues-Mortes dans le Gard, représentant environ 30 km de plage.

La motivation pour un tel suivi provient d'une problématique d'érosion et de perte de terrain de production du sel. L'évolution du trait de côte est déterminée en mesurant la distance (à la roulette) séparant la limite de l'eau d'un repère fixe situé en retrait de la plage. Les repères ne sont pas géoréférencés, les mesures sont donc valables uniquement pour des comparaisons relatives entre elles.

Le stockage des données s'effectue sur fichier Excel. Aucune analyse de ces données n'est réalisée et publiée autre que pour les besoins des Salins. .

4.2. EMBOUCHURE DU RHONE – FLECHE DE LA GRACIEUSE

4.2.1. Levés généraux

La flèche de la Gracieuse est la digue naturelle de protection du port pétrolier de Fos-sur-Mer (Illustration 15). Elle fait l'objet d'un suivi intégré à l'action du PNR de Camargue et du CEREGE.



Illustration 15 - Flèche de la Gracieuse – image Google earth.

4.2.2. Opérations du Grand Port-Maritime de Marseille

Le service Bathymétrie du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) réalise des levés réguliers de la bathymétrie du chenal afin de garantir l'accès au port pétrolier, et également des mesures de la ligne de rivage sur la flèche, car sa progression vers l'Est sous l'effet de la dérive littorale

est à l'origine d'apports sableux dans le chenal. Le suivi régulier de cette dynamique permet ainsi d'anticiper les éventuelles périodes de comblement du chenal.

Le relevé de la position du trait de côte (ligne de rivage, limite sable/eau) est réalisé par DGPS centimétrique (TRIMBLE R6). Il est disponible pour les périodes suivantes : janvier 2005, décembre 2007, novembre 2008, mars 2009, février et septembre 2010, mars 2011, 2012 (levé topographique avant/après travaux de réhabilitation dunaire).

Les données (format dwg) ne sont pas diffusées, mais elles sont disponibles sur demande auprès du service bathymétrie.

4.3. COTE ROCHEUSE DE FOS-SUR-MER A CASSIS

4.3.1. Les plages de poche de la côte bleue

Les plages de poche de la côte rocheuse ne font pas l'objet à notre connaissance de suivis réguliers sur le terrain. Des opérations ponctuelles de mesures sont réalisées par le CEREGE au travers de travaux de terrain par les étudiants (plage du Rouet, plage de Sainte-Croix, plage de la Couronne). Les données ne sont pas diffusées.

4.3.2. Les plages urbaines de la métropole de Marseille

Le Service de l'Information Géographique de Marseille Provence Métropole assure régulièrement une photo-interprétation du trait de côte à l'échelle 1/1000, avec cependant un objectif de production de documents cartographiques généralistes et non pas d'analyse thématique spécifique sur l'évolution du trait de côte. Le critère de détermination du trait de côte sur les ortho-photographies n'est pas précisé.

Les plages ne font pas l'objet de suivi de terrain particulier, à l'exception de levés éventuels réalisés suite à des opérations de reprofilage et/ou de rechargement en matériau. Aucune diffusion d'information n'est faite sur ces éléments.

4.3.3. Suivi de l'évolution du littoral rocheux

Une opération de suivi innovante a été réalisée par le BRGM entre 2011 et 2015 sur la Commune de Carry-le-Rouet dans le cadre du projet de recherche VALSE (Marçot *et al.*, 2016).

Trois levés topographiques par scan laser embarqués pour un levé depuis la mer (Février 2011, Novembre 2011 et Juillet 2012) ont été réalisés par FUGRO GEOIDE (Illustration 16). Un levé complémentaire par photogrammétrie a été réalisé en octobre 2014.

Cette méthodologie est innovante par la reproductibilité des mesures qui permet d'avoir une visualisation de la falaise en 3 dimensions permettant la comparaison quantifiée des surfaces et donc une estimation des volumes rocheux éboulés entre deux levés consécutifs.

La méthodologie retenue et les résultats obtenus sont brièvement détaillés ci-dessous. Les données sont publiques et accessibles.



Illustration 16 - Installation du scan Laser sur bateau

Les 3,5 km de littoral rocheux ont été scannés, le nuage de points présenté ci-après montre l'ensemble du littoral de la commune (Illustration 17).

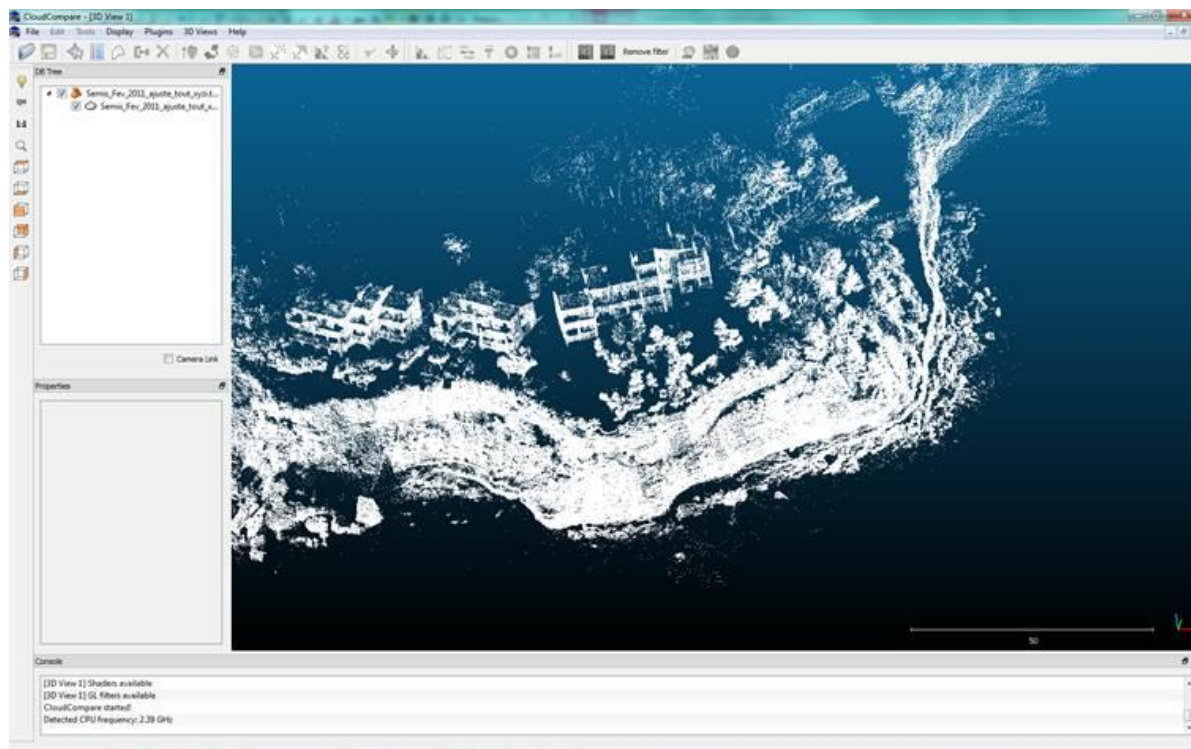


Illustration 17 - Nuage de points du levé de février 2011 (Marçot et al., 2016).

L'illustration 18 montre une visualisation d'un éboulement sur la falaise du Rouet par comparaison des nuages de points.

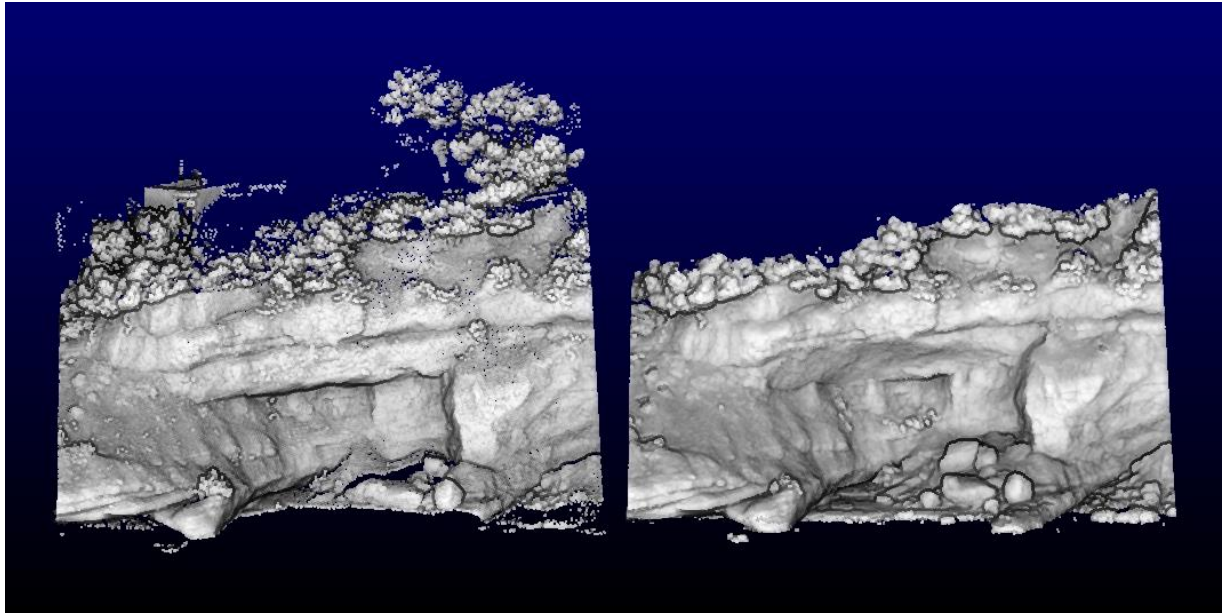


Illustration 18 – Visualisation de l'éboulement au Rouet entre juillet 2012 et novembre 2014 (Marçot et al., 2016).

Erosion mesurée (volumes - m3) par analyse différentielle entre les levés scan Laser de Février 2011 et Juillet 2012 sur les 3,5 km du littoral de Carry-le-Rouet - 13, et événements recensés

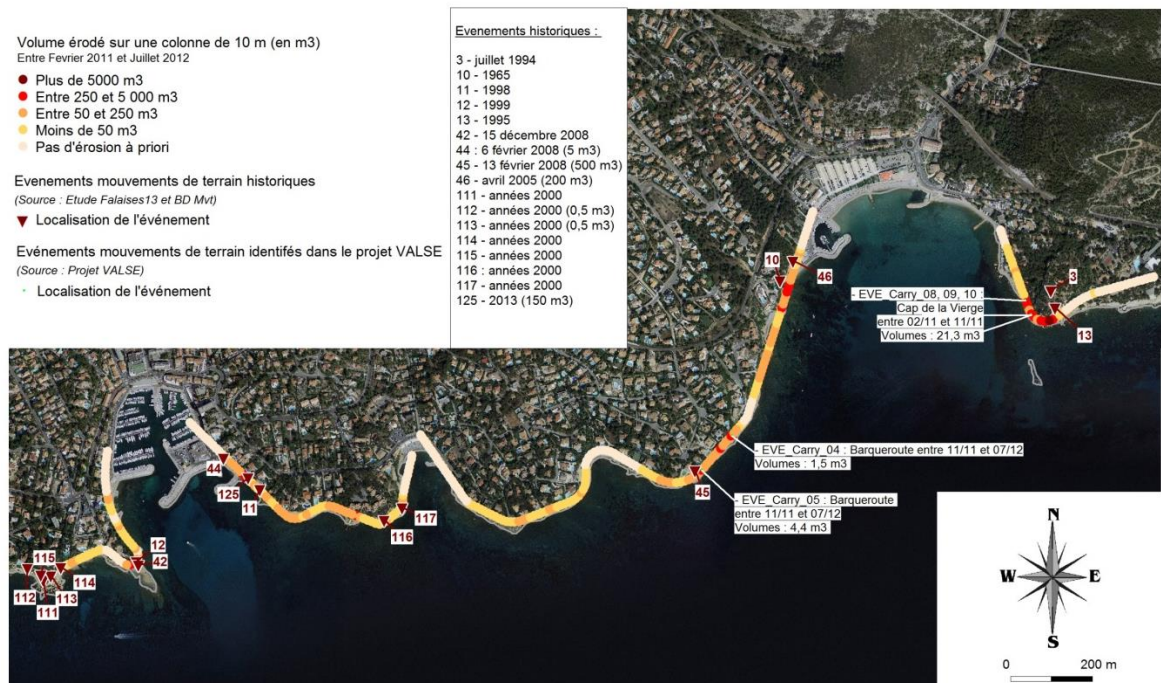


Illustration 19 - Exemple de cartographie de l'érosion du littoral rocheux à Carry-le-Rouet entre février 2011 et juillet 2012 (Marçot et al., 2016).

4.4. BILAN DES OPERATIONS DE SUIVI RECENSEES SUR LES BOUCHES-DU-RHONE

Sur le département des Bouches du Rhône, les opérations de mesures recensées portent essentiellement sur le littoral sableux de la Camargue où plusieurs acteurs locaux sont impliqués à divers niveaux. Les méthodologies employées sont classiques (topographie, GPS), adaptées aux objectifs et moyens de chacun des organismes, et les données sont relativement accessibles grâce notamment à la démarche de synthèse cartographique entreprise par le PNR Camargue via le portail cartographique du SIT.

Sur le secteur de la côte rocheuse, les levés disponibles sur les plages de poches sont rares et difficilement accessibles. L'étude du BRGM sur le suivi du littoral rocheux par scan-laser est originale et à forte composante technologique.

Le tableau sur l'illustration rassemble les informations principales des organismes recensés.

Structure	Secteur	Type de données	Diffusion des données	Interopérabilité	Pérennité des mesures	Typologie
PNRC	Camargue	Profils topographiques Trait de côte GPS Orthophotographies	Oui	Oui	Oui	2
RNNC - SNPN	Camargue	Profils topographiques Trait de côte GPS	Oui	Non	Oui	3
CEREGE	Camargue	Profils topographiques Trait de côte GPS Orthophotographies	Convention	Non	Non	2 - 3
Salins	Camargue	Profils topographiques	Non	Non	Oui	3
GPMM	Camargue	Trait de côte GPS	Oui	Non	Oui	2
BRGM	Côte Bleue Carry-le Rouet	Scan laser Photogrammétrie	Oui	Non	Non	2

Illustration 20 - Organismes opérateurs de mesures sur l'évolution des plages et du trait de côte recensés sur le littoral des Bouches-du-Rhône.

5. Suivis du littoral sur le département du Var

Le littoral varois est caractérisé par la prédominance des plages sableuses accolées à une falaise rocheuse en arrière (le terme géomorphologique adéquat pour caractériser ces systèmes côtiers est « plage de poche »). Leur particularité est que leur fonctionnement hydro-sédimentaire est, dans la plupart des cas, autonome à l'échelle de la plage, les transferts sédimentaires entre des plages de poches séparées par des caps rocheux étant le plus souvent inexistant. De plus, ces plages jouent un rôle important en tant que « matelas sédimentaire » qui, lorsqu'il est présent participe à la dissipation de l'énergie de la houle, avant que celle-ci n'attaque le front de la falaise et n'en accentue l'érosion par la création de sous-cavages par exemple.

Les plages de la rade de Hyères jusqu'à La Londe-les-Maures forment un cordon sableux quasi-continu qui constitue l'ossature du double tombolo de Giens. Elles sortent de cette définition géomorphologique, en raison de leur ampleur et de la présence, en position arrière-littorale, de la basse plaine alluviale des fleuves côtiers, Roubaud, Gapeau et Pansard-Maravenne. Sur ce secteur, les aménagements nombreux du trait de côte (épis, ouvrages portuaires) ont fortement perturbé la dynamique sédimentaire longitudinale au trait de côte liée à la dérive littorale générée par l'action des vagues, et ont divisé la cellule sédimentaire Miramar - La Badine (cellule n°23, AERM&C, 2005) en plusieurs sous-cellules, isolées artificiellement par les ports.

Cette disposition géomorphologique a pour caractéristique une sectorisation importante du littoral varois avec des plages qui sont principalement sur une seule emprise communale.

Ainsi, souvent les opérations de suivi du trait de côte sont réalisées à l'initiative des communes, avec généralement pour principal objectif de disposer de données actualisées pour leurs opérations annuelles d'aménagement des plages, reprofilage et rechargement en matériau.

Le CEREGE dans le cadre d'actions de recherche y réalise des levés plus ou moins réguliers.

5.1. LITTORAL DE LA RADE D'HYERES ET DE GIENS

5.1.1. Suivis réalisés par la commune d'Hyères-les-Palmiers

a) Description

Le littoral de la ville d'Hyères-les-Palmiers est suivi à une fréquence irrégulière depuis 1999. Le bureau d'études EOL réalise ainsi sous maîtrise d'ouvrage de la commune un suivi topographique et bathymétrique d'une série de profils au droit de la plupart des plages des rades de Giens et d'Hyères (Illustration 21).

Les plages de poche de la presqu'île de Giens ne font pas l'objet d'un suivi spécifique.

Des levés du trait de côte sont également réalisés de manière ponctuelle, dans le cadre de projets d'aménagement. Un levé a ainsi été réalisé en octobre 2011 sur l'ensemble du double tombolo. Suite à un coup de mer d'Est de forte importance en novembre 2011, ce littoral a fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (action mécanique des vagues). Le levé d'octobre 2011 constitue ainsi un état initial, avant les forts dégâts qui ont touché le littoral du Ceinturon et la digue des cabanes du Gapeau, à l'embouchure de celui-ci.

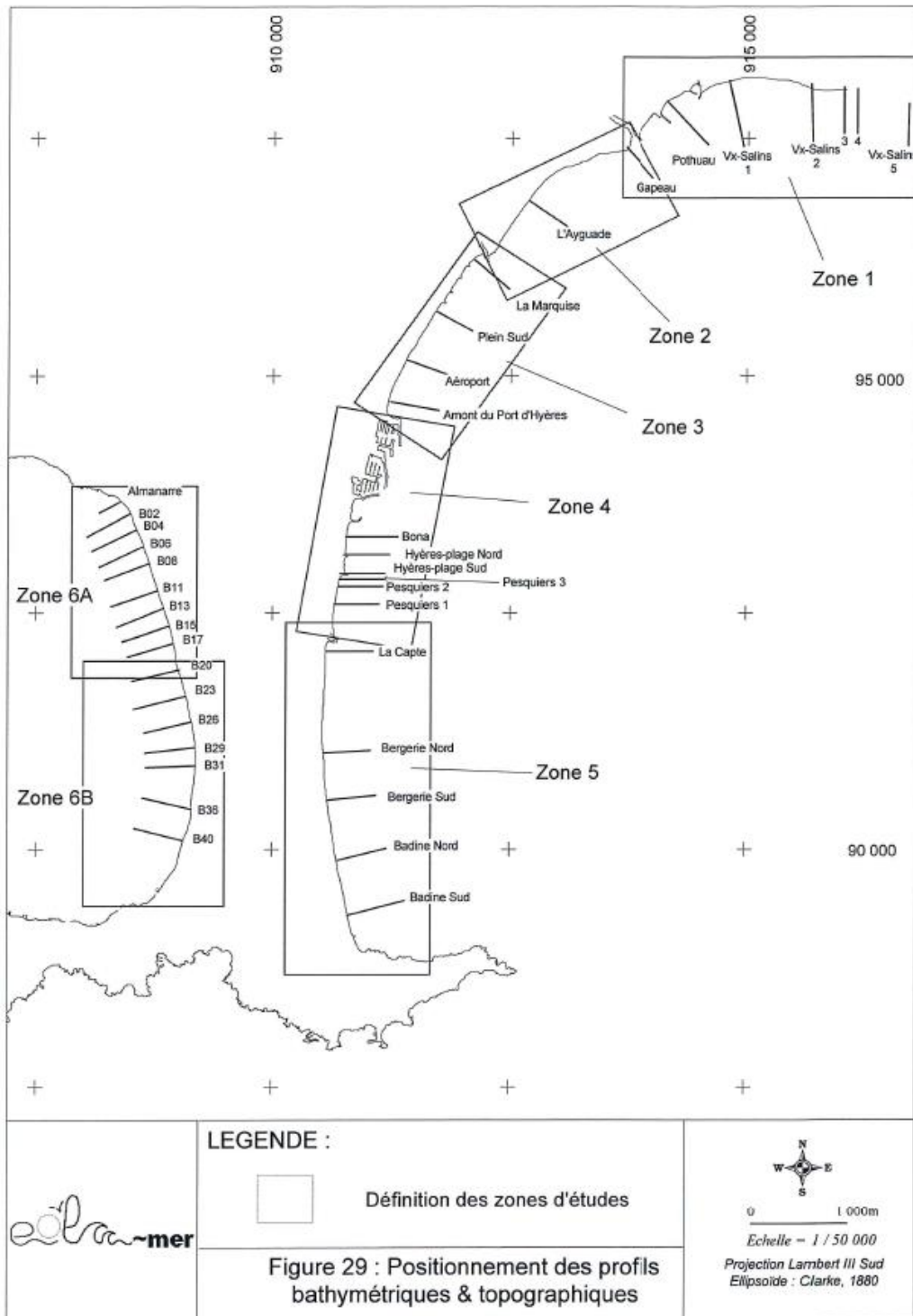


Illustration 21 - Positionnement des profils topographiques et bathymétriques autour de la presqu'île de Giens sur la commune d'Hyères-les-Palmiers (Source EOL/Maire d'Hyères-les-Palmiers).



Illustration 22 - Mesure de la position du trait de côte DGPS le 12/10/2011 (SEMANTIC, 2011).



Illustration 23 - Données DGPS centimétrique (points) acquises en 2011 sur la rade Hyères, entre l'Ayguade et les Vieux-Salins à l'Est (données SEMANTICS, fond Google earth).

b) Diffusion des données

Les données acquises sont diffusées dans des rapports commandés par la commune d'Hyères aux différents prestataires. La mise à disposition des données brutes est possible par convention avec la commune.

5.1.2. Suivis réalisés par le CEREGE

Dans le cadre de la thèse de C. Brunel (2010), le CEREGE a réalisé diverses actions de mesure sur le terrain dans la rade d'Hyères au niveau de Porquerolles et des plages de poche de Bormes-les-Mimosas (Illustration 24) :

- Profils topographiques ;
- Levé de la position du trait de côte par DGPS ;
- Levés bathymétriques ;
- Reconnaissances géophysiques au droit des plages de l'île de Porquerolles.



Illustration 24 - Levés topographiques par DGPS centimétrique et sondes bathymétriques acquises par le CEREGE dans le cadre de la Thèse de C. Brunel (2010).

Dans le cadre de la thèse de R. Cappani (2011), le CEREGE a réalisé des levés topographiques et bathymétriques réguliers le long du littoral de la plaine du Ceinturon

permettant des comparaisons topo-bathymétriques et des estimations des volumes sédimentaires déplacés (Illustration 25).

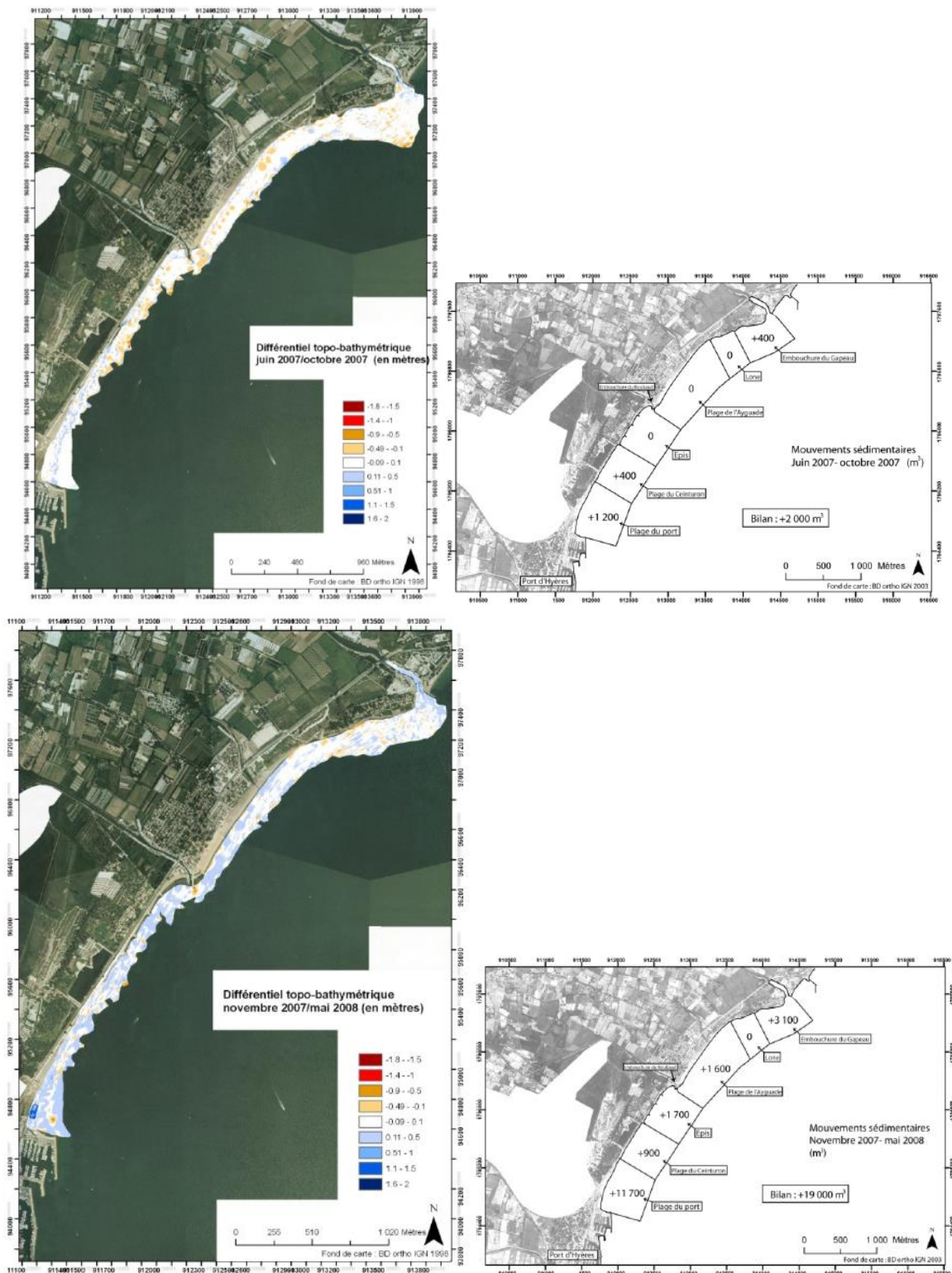


Illustration 25 – Exemple de différentiels topobathymétriques sur le littoral de la plaine du ceinturon sur la période juin-octobre 2007 et novembre 2007 – mai 2008 (Capanni, 2011).

Le CEREGE est également impliqué dans un suivi de l'efficacité de la digue géotextile sous-marine positionnée au droit de la plage de la Capte (Illustration 26, Meulé *et al.*, 2008). Des mesures bathymétriques et de courantologie y sont essentiellement réalisées.

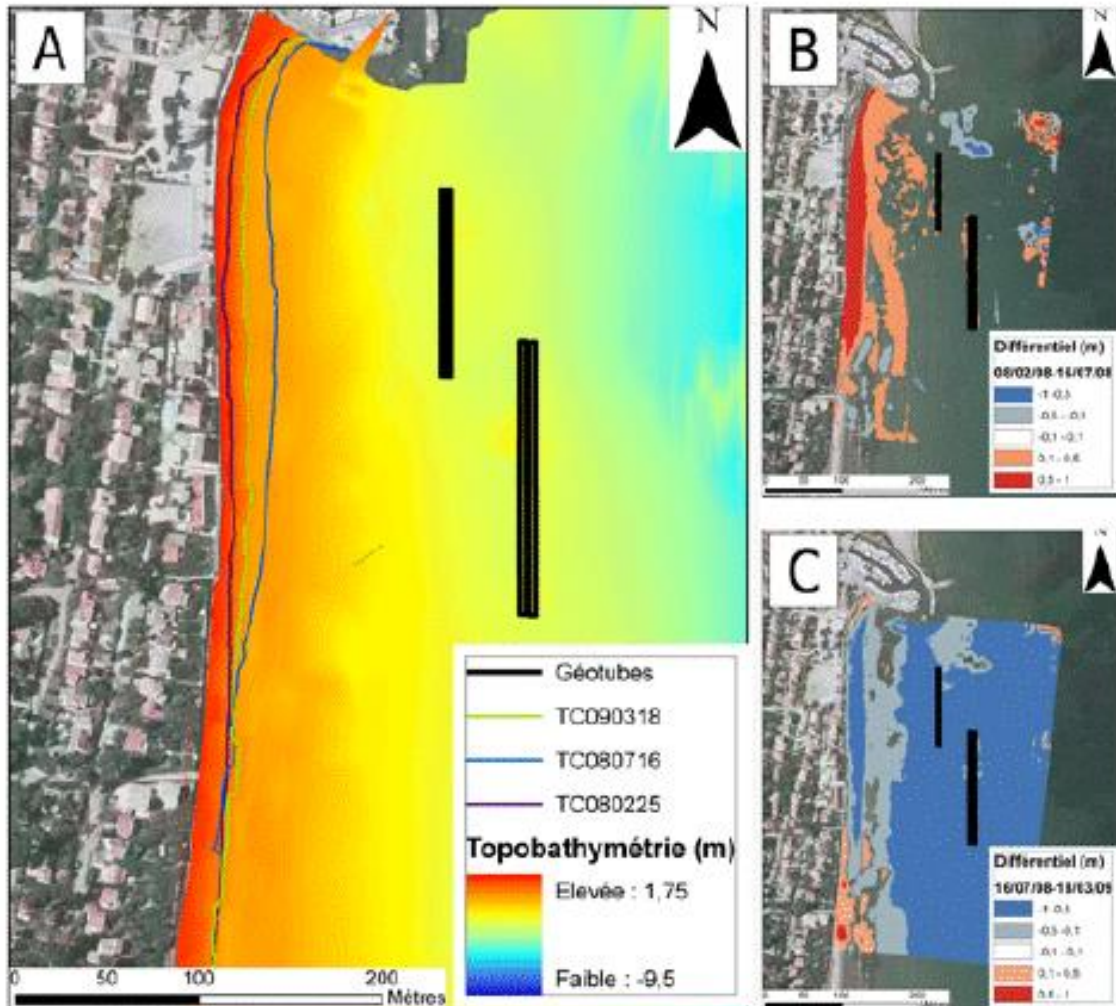


Illustration 26 – Plage de la Capte (Hyères) (A) MNT réalisé en mars 2009 et évolution des traits de côte (février et juillet 2008, mars 2009). (B) Différentiel des MNT entre février et juillet 2008. (C) Différentiel des MNT entre juillet 2008 et mars 2009 (Meulé *et al.*, 2008).

Concernant la diffusion des données, l'ensemble des informations acquises par le CEREGE dans la rade d'Hyères ont vocation à intégrer les démarches du SNO Dynalit qui a identifié celle-ci comme un site pilote (cf. chapitre 3.2.2).

5.2. LITTORAL DU LAVANDOU

La commune du Lavandou missionne régulièrement un bureau d'étude pour une surveillance de la bathymétrie des plages lui permettant d'accéder à la connaissance des mouvements sédimentaires au droit des plages. Dans le cadre de la mise en place de la digue géotextile sur la plage de Cavalière, un suivi bathymétrique est également réalisé. Les données ne sont pas diffusées.

Si des projets d'extension de la digue et de mise en place d'autres systèmes de lutte contre l'érosion sur d'autres plages sont à l'étude, ils devraient s'accompagner de mesures de suivi du trait de côte.

5.3. GOLFE DE SAINT-TROPEZ

L'Observatoire Marin, structure dépendante du SIVOM du littoral des Maures, puis de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez, a fait réaliser périodiquement des suivis topographiques des plages et de la bathymétrie des avants-côtes, pour le compte soit des communes soit de la communauté d'Agglomération (Illustration 27).

Année	Maitre d'ouvrage	Secteur	Méthode	Période	Bureau d'études
2002 - 2005	CCGST	Rayol-Canadel à Ramatuelle	position trait de côte GPS profils bathymétriques profils topographiques	Automne (02-03-04) Printemps (03-04-05)	EOL
2006	Grimaud	Grimaud	levés bathymétriques levés topographiques	Mars	in Vivo
2011	CCGST	Rayol-Canadel à Ramatuelle	position trait de côte GPS profils bathymétriques profils topographiques	Printemps	EOL
2011	CCGST	Rayol-Canadel à Ramatuelle	position trait de côte GPS profils bathymétriques profils topographiques comparaison photos	Suite à la tempête de novembre	EOL
2011	Sainte-Maxime	Sainte-Maxime	levés bathymétriques levés de biocénoses	Octobre	Semantic

Illustration 27 - Bilan des données acquises sur le terrain entre 2002 et 2011 par l'Observatoire Marin (source : Observatoire Marin)

L'Observatoire fait appel à un prestataire en tant que de besoin. A l'exception de la période 2002-2005, la fréquence des levés est ponctuelle et répond aux commandes des communes en ce qui concerne les problématiques d'érosion (Illustration 28 et Illustration 29).

Les données sont au format SIG. Elles ne sont pas publiques mais disponibles avec signature d'une convention avec l'observatoire marin.

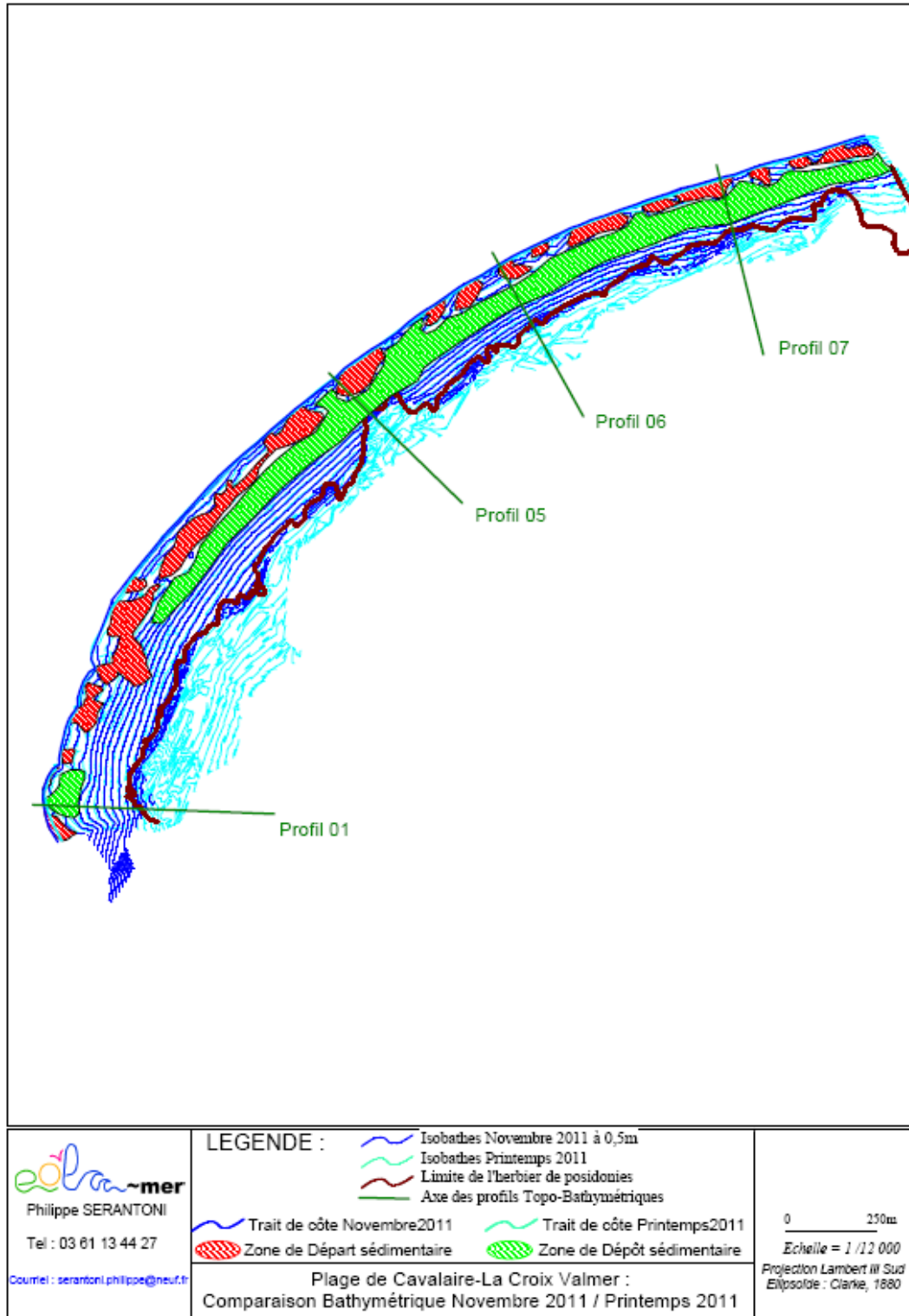


Illustration 28 - Exemple de profils topo-bathymétriques réalisés par EOL sur la plage de Cavalaire-La Croix Valmer dans le cadre des suivis des plages du littoral des Maures (EOL, 2011)

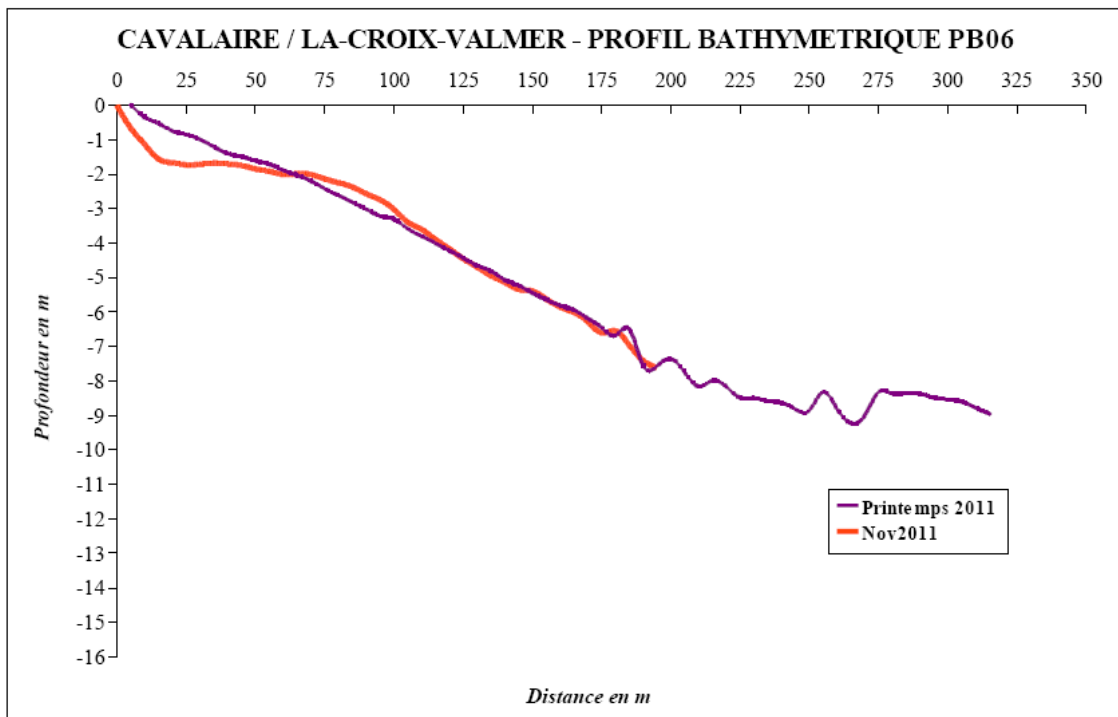
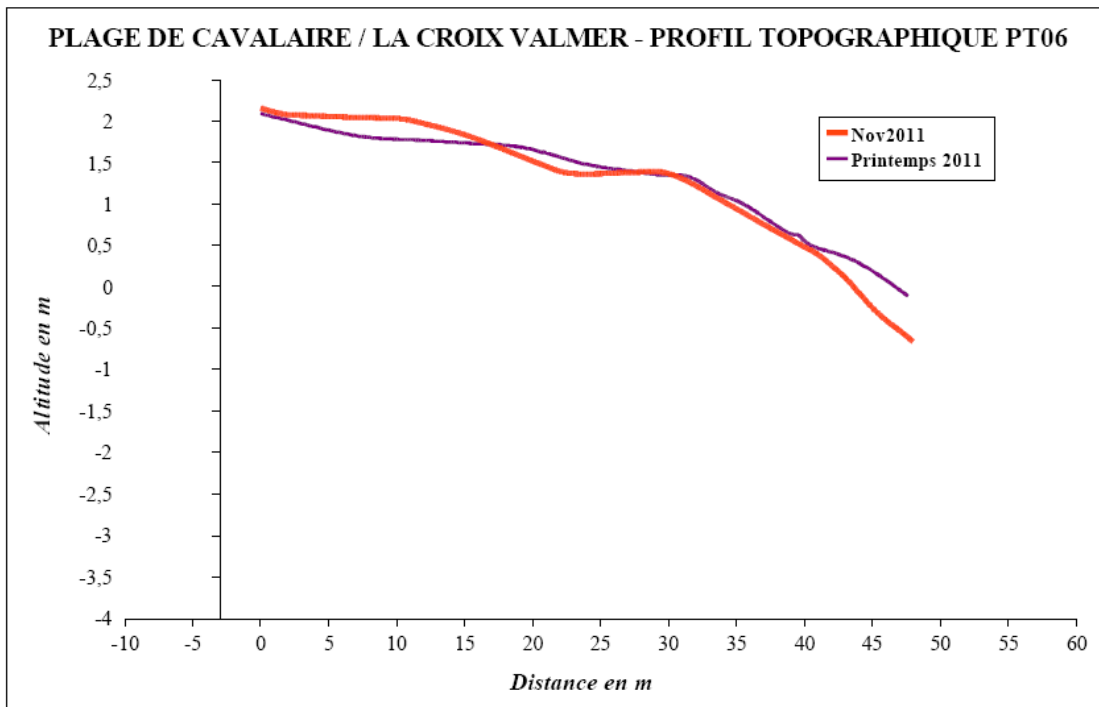


Illustration 29 - Exemple d'évolution des profils topographiques et bathymétrique de la plage de Cavalaire/La Corix Vamer, au cours de l'année 2011 (EOL, 2011).

5.3.1. Embouchure de l'Argens

La ville de Fréjus réalise une étude de suivi du littoral et de la bathymétrie sur le golfe de Fréjus, entre la plage de Saint-Aygulf et les plages de Saint-Raphaël, au droit du site NATURA 2000 de l'embouchure de l'Argens⁵ (Illustration 30).

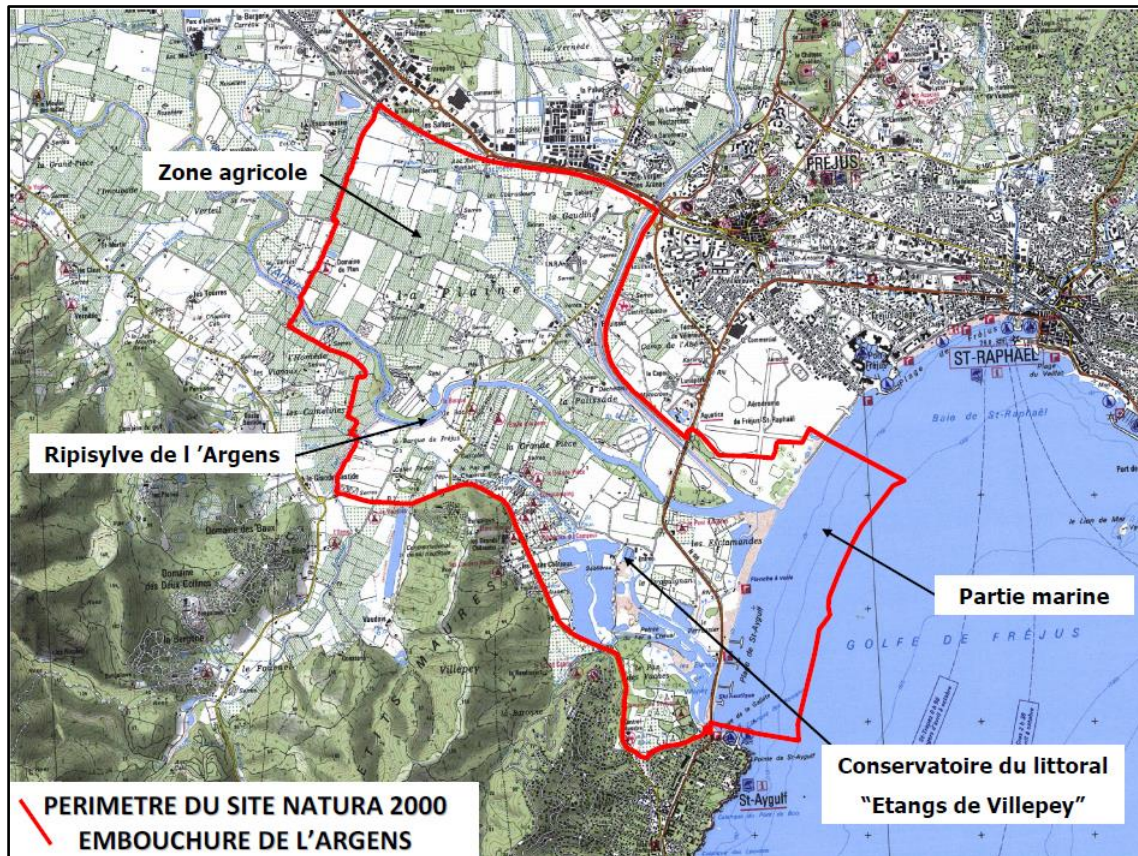


Illustration 30 - Périmètre du Site NATURA 2000 – Embouchure de l'Argens

Le suivi du trait de côte et de la bathymétrie sont deux actions inscrites au document d'objectifs du site NATURA 2000 (Ville de Fréjus, 2012).

L'étude de l'évolution du trait de côte consiste à suivre la frange littorale, qui correspond à l'interface plage/mer, par un pointage GPS (précision +/- 50 cm) par un opérateur (Illustration 31).

Ce suivi démarré en 2011 est régulier avec une périodicité de 3 mois (4 campagnes par an : mars, juin, septembre, décembre). Il a pour objectif de mieux connaître la variabilité du trait de côte sur la plage afin de gérer l'érosion et de dimensionner de manière plus précise les éventuels rechargements en sable de la plage.

Il a également pour objectif d'évaluer l'amplitude d'ouverture de l'embouchure de l'Argens à l'échelle annuelle et interannuelle (Illustration 32). L'embouchure est en effet mobile sous l'effet des accumulations sableuses par la dérive littorale, entraînant son comblement ponctuel. La question de la présence/absence ce bouchon sableux à l'embouchure de l'Argens et son effet

⁵ <http://embouchure-argens.n2000.fr/>

potentiellement aggravant sur les inondations ont été soulevés et traités par ARTELIA (2014) dans le cadre de la mise en place du PAPI de la Vallée de l'Argens sous pilotage du Conseil Départemental du Var.



Illustration 31 - Suivi du trait de côte par GPS à l'interface plage/mer (<http://embouchure-argens.n2000.fr/embouchure-de-l-argens/les-etudes/trait-de-cote>)



Illustration 32 - Variabilité morphologique de l'embouchure de l'Argens entre 2011 et 2016 – Analyse par photographies aériennes (source : ville de Fréjus).

Parallèlement à ces suivis de la position du trait de côte, un relevé bathymétrique régulier est réalisé sur la plage sous-marine (Illustration 33).

L'objectif est pour la commune de mettre en œuvre des actions de prévention des risques naturels et des phénomènes d'érosion marine et littorale, avec des propositions et études de faisabilité de moyens « doux » contre l'érosion du littoral, et une adaptation des activités et pratiques économiques sur l'ensemble de la frange littorale de Fréjus.

La finalité est de disposer d'un outil d'aide à la décision pour la commune pour lui permettre d'avoir une gestion à long terme de son littoral face aux changements climatiques futurs (élévation du niveau de la mer, tempêtes marines et érosion, etc...).

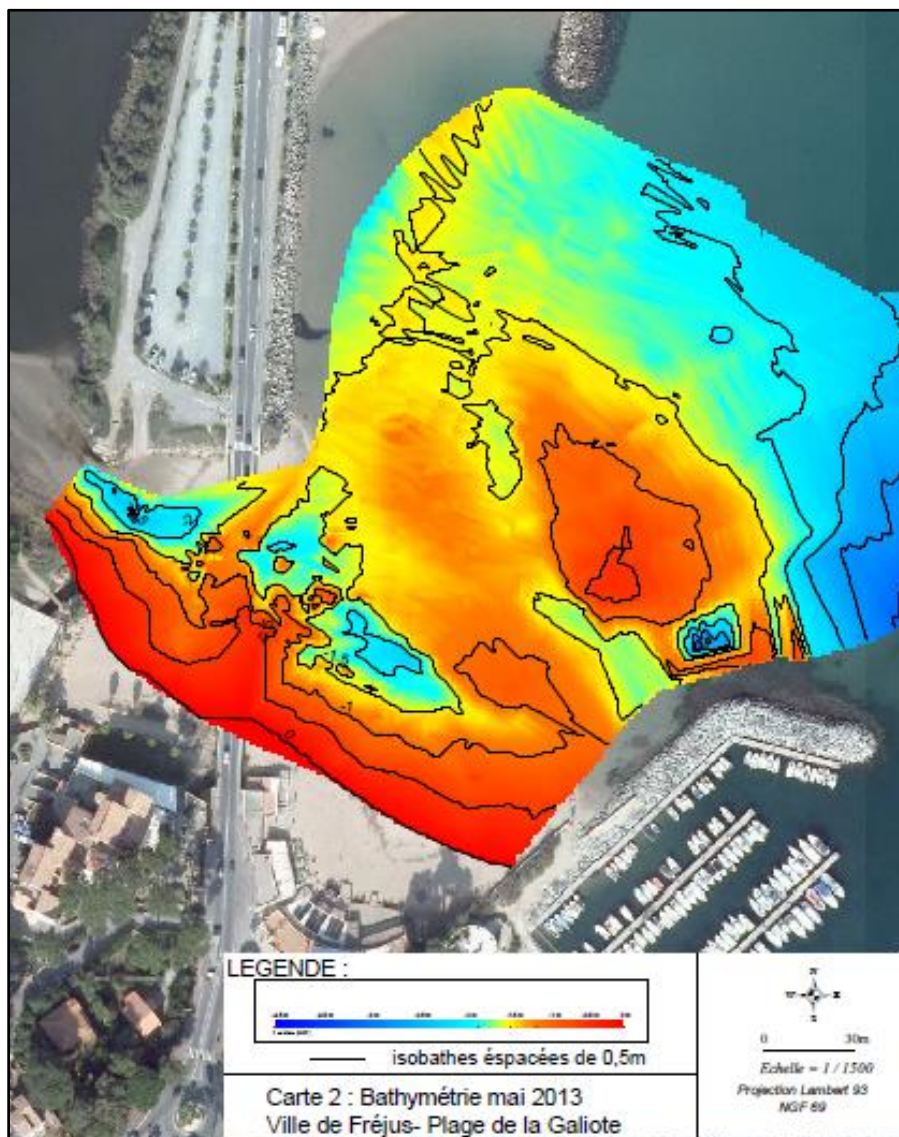


Illustration 33 - Exemple de production de carte bathymétrique au droit de la plage de la Galiote (Fréjus)

La communication des données est gérée au cas-par-cas par la ville de Fréjus avec une mise à disposition auprès du public sur demande directe.

5.4. BILAN DES OPERATIONS DE SUIVI RECENSEES SUR LE DEPARTEMENT DU VAR

Sur le département du Var, les opérations de mesure régulière de la bande littorale sont essentiellement réalisées à l'initiative des communes pour leurs besoins propres de gestion des plages et souvent de dimensionnement de rechargement.

Elles sollicitent principalement des prestataires et archivent la donnée papier (rapport) et numérique lorsqu'elle existe, et ceci pour les études récentes. Pour les études plus anciennes (au début des années 2000), elles ne disposent pas automatiquement et systématiquement des données numériques. Il n'y a pas de portail de diffusion large des données au public, et la mise à disposition des données est possible via une convention d'utilisation.

Les méthodologies employées sont classiques (topographie, bathymétrie, trait de côte GPS).

L'illustration 34 rassemble les informations principales des organismes recensés.

Structure	Secteur	Type de données	Diffusion des données	Interopérabilité	Pérennité des mesures	Typologie
Ville d'Hyères	Rade de Giens Rade d'Hyères	Profils topographiques Profils bathymétriques Trait de côte GPS	Convention	Non	Non	2
Ville du Lavandou	Le Lavandou	Profils topographiques Profils bathymétriques	Convention	Non	Non	2
Observatoire Marin	Le Rayol – Grimaud	Profils topographiques Profils bathymétriques	Convention	Non	Non	2
Ville de Fréjus	Embouchure de l'Argens	Profils bathymétriques Trait de côte GPS	Convention	Non	Oui	2
CEREGE	Rade d'Hyères Rade de Bormes	Profils topographiques Profils bathymétriques Trait de côte GPS	Convention	Non	Non	2-3 ⁶

Illustration 34 - Organismes opérateurs de mesures sur l'évolution des plages et du trait de côte recensés sur le littoral des Bouches-du-Rhône.

⁶ La mise en place des suivis dans le SNO Dynalit correspond à une structuration d'observatoires de type 3.

6. Suivis du littoral sur le département des Alpes-Maritimes

Le littoral des Alpes-Maritimes est caractérisé par une série de caps rocheux qui délimitent des baies au sein desquelles se développent des plages sableuses plus ou moins naturelles. La dynamique littorale y est donc très sectorisée.

L'analyse de l'évolution historique du trait de côte par les photographies aériennes du BCEOM (2007) montre que la dynamique du littoral est caractérisée par un gain de superficie général depuis 1950 en lien avec l'artificialisation du haut des plages, le développement aménagements du front de mer et des ports et par une vulnérabilité des plages artificielles en raison de leur position plus avancée en mer, des protections longitudinales de haut de plage et d'apports naturels inexistantes. Le risque érosion est fort sur le littoral du département. Il est la conséquence principale des forts enjeux en arrière de la frange littorale du fait de l'urbanisation importante et ce malgré l'artificialisation importante de la bande côtière (ouvrages portuaires, épis ou murs de haut de plage) qui est assez courante sur l'ensemble du linéaire.

Les démarches d'observation et de mesures du trait de côte sont peu nombreuses, malgré les forts enjeux. Les opérations de gestion des volumes sédimentaires sur les plages, et en particulier les plages artificielles, sont les principales motivations à l'origine de ces suivis à l'initiative des communes.

6.1. SUIVI DU LITTORAL DE NICE

Les plages de la ville de Nice se répartissent le long d'un cordon de galets de 4,5 km constitué devant la Promenade des Anglais. Ce cordon connaît des problèmes d'érosion car la Promenade des Anglais est très artificialisée, et coupée de ses sources naturelles de sédiments.

Afin de lutter contre l'érosion et maintenir une largeur de plage suffisante pour les activités balnéaires, la mairie a déposé près de 600 000 m³ de matériaux de rechargement depuis 38 ans. Depuis 1976, les services techniques de la mairie procèdent à des mesures de la largeur de la plage au niveau de 50 transects. Cela leur permet d'anticiper les phénomènes érosifs et de dimensionner les opérations de rechargement peu après un événement de tempête.

C'est un exemple de gestion opérationnelle de l'érosion originale sur le littoral de la région PACA. Entre 1976 et 2013, la ville réalisait des mesures de largeur de plage, entre le mur de front de mer et la ligne de rivage, sur les 50 transects, à une périodicité de 2 à 4 fois par an, soit 115 situations sur la période de mesures (Cohen, 2014). Depuis 2013, elle s'est dotée d'un dispositif de mesures topo avec un DGPS centimétrique et réalise des profils terre-mer, sur 78 transects entre les secteurs de Carras et Castel. La périodicité de ses levés est mensuelle avec des levés spécifiques pré- et post-tempête.

En termes de méthodologie, la ville a investi récemment dans un système d'acquisition photogrammétrique par drone pour augmenter la fréquence et la superficie de ces levés. Le premier suivi a été réalisé en mai 2016.

La municipalité complète ce dispositif par des outils de modélisation numérique (TELEMAC (TOMAWAC/ARTEMIS/TELEMAC2D/SYSIPHE/Xbeach-G) pour essayer de prévoir les évolutions futures du trait de côte et d'étudier l'impact de certains ouvrages, existants ou en

projets, sur le transport sédimentaire (Dumadelage *et al.*, 2013, 2014 ; 2016). Les mesures sont ainsi utilisées en données d'entrées dans les modèles et/ou en données de calage/validation de ceux-ci.

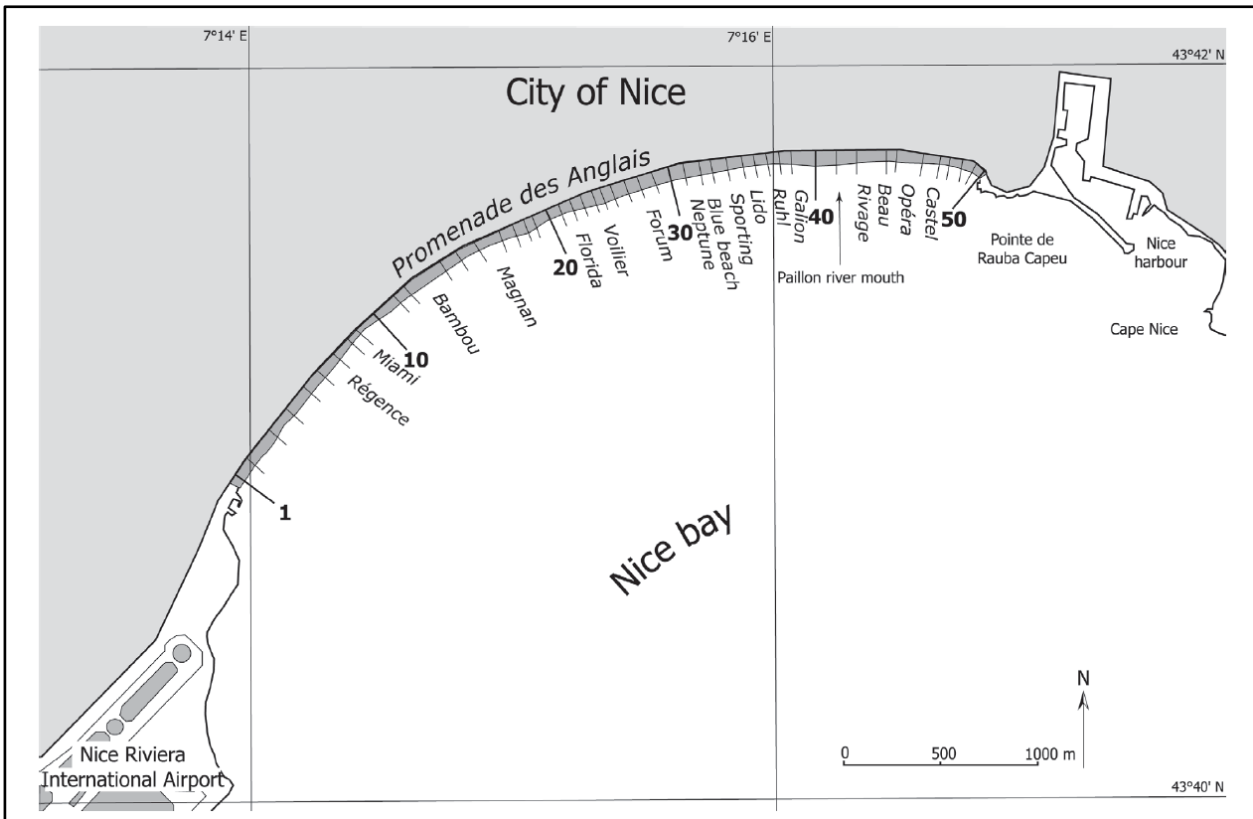


Illustration 35 - Réseau des transects de suivis sur la plage de Nice (Cohen et Anthony, 2007).

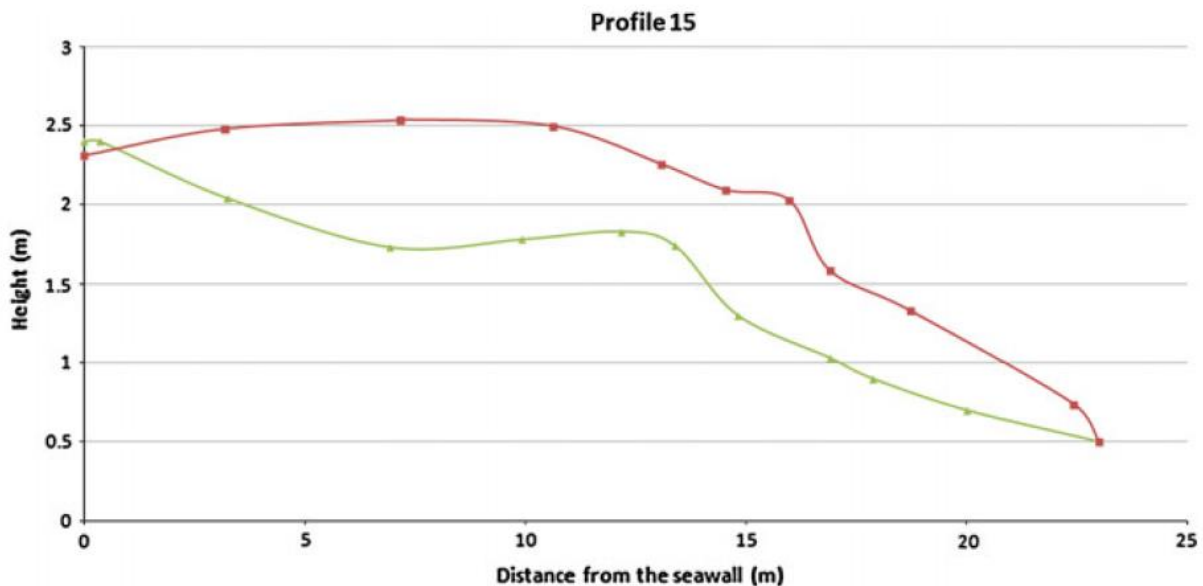


Illustration 36 - Evolution du profil de profil de plage n°15 entre le 10/12/2013 et le 06/01/2014 (Dumadelage *et al.*, 2016)

Les données sont utilisées pour dimensionner les rechargements, optimiser le système d'épis en place, et remobiliser au mieux les sédiments. Elles sont utilisées pour des articles de conférences scientifiques et diffusées auprès du public sur des supports de communication dédiés (plaquettes, presse, ...). Les données brutes ne sont pas diffusées et ne sont pas facilement accessibles.

6.2. SUIVIS REALISES PAR LE CEREGE

De manière très ponctuelle, le CEREGE dispose de levés topographiques sur quelques plages des Alpes-Maritimes. Les données ne sont pas publiées à ce jour.

7. Structuration d'un observatoire régional du trait de côte

7.1. BILAN DE L'INVENTAIRE 2016

Les illustrations suivantes rassemblent sur une vision cartographique les démarches de suivis du trait de côte réalisées à l'échelle de la région PACA par les divers organismes impliqués sur cette thématique qui ont été recensées dans le cadre de ce rapport. Les observatoires de type 2 et de type 3 sont représentés respectivement sur l'illustration 37 et l'illustration 38.

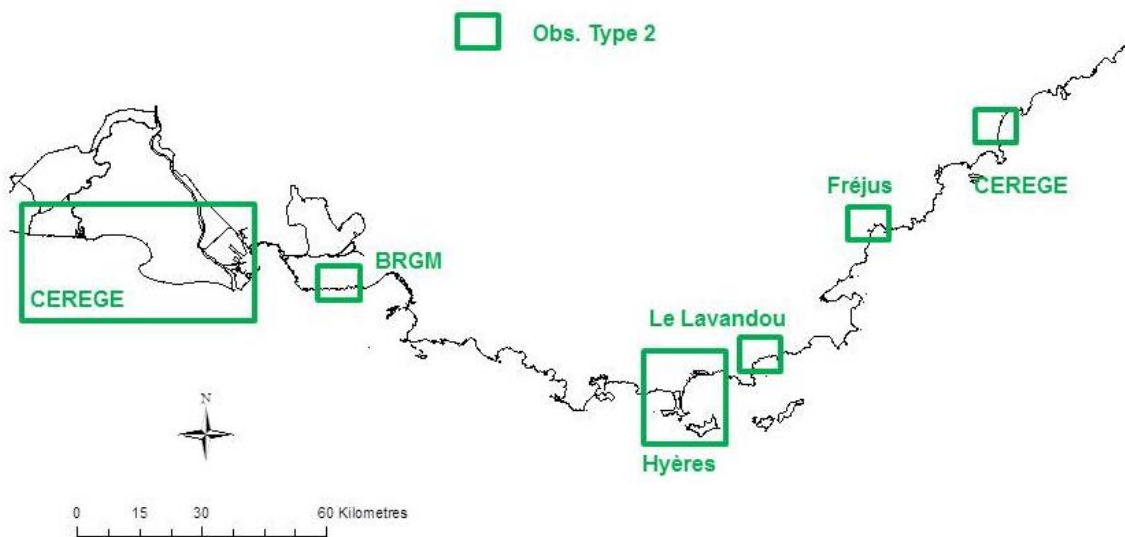


Illustration 37 - Inventaire des démarches de suivis du trait de côte en région PACA - Observatoires de type 2 recensés en 2016

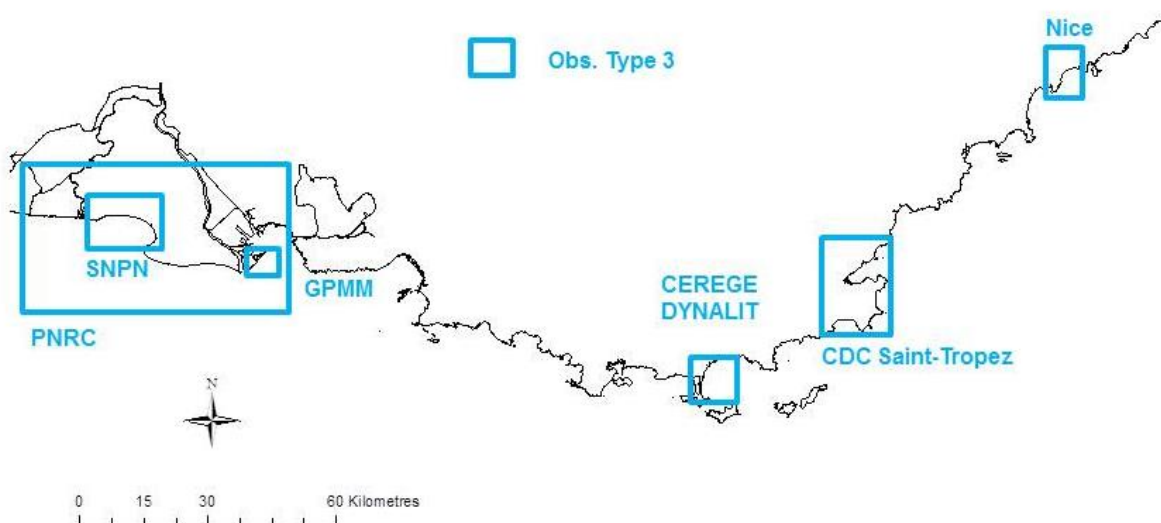


Illustration 38 - Inventaire des démarches de suivis du trait de côte en région PACA - Observatoires de type 3 recensés en 2016

En ce qui concerne les observatoires de type 1, les données des études départementales menées entre 2005 et 2009 ont été exploitées par les différents acteurs et parfois actualisées.

En 2016, il n'existe pas encore d'organisation comme un observatoire de type 4 qui assure la production de données, une capitalisation de celles-ci, leur diffusion par des moyens internet modernes aux normes d'interopérabilité, voire la production d'expertises et de conseils sur la thématique.

En Camargue, un observatoire de ce type émerge actuellement au travers de la mise en place d'une synergie des acteurs locaux sur la surveillance du trait de côte et la diffusion des données via le SIT du PNRC.

Les observatoires de type 2 et 3 recensés sont caractérisés, au-delà des protocoles techniques de mesures et de leur périmètre géographique, par la diversité des acteurs à leur initiative, par exemple :

- Sur la côte rocheuse du Var et des Alpes-Maritimes, les suivis sont réalisés très majoritairement à l'initiative des communes (Hyères, le Lavandou, CDC Saint-Tropez, Fréjus, Nice), en raison principalement de la géomorphologie très découpée du littoral, qui entraîne des comportements morphologiques de la plage isolés des plages voisines.
- A l'inverse sur le littoral de Camargue, les gestionnaires des terrains littoraux (Conservatoire du Littoral, PNRC, RNNC-SNPN) et le CEREGE, mènent une action de surveillance qui dépasse largement les limites administratives des communes pour avoir une vision large à l'échelle des cellules ou sous-cellules sédimentaires de l'évolution du littoral et du recul du trait de côte.
- Le BRGM est le seul opérateur impliqué sur la surveillance quantitative des falaises littorales, à la différence de secteurs de falaises et/ou glissement de terrain en domaine continental (ex : Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versant, <http://omiv.unice.fr/>);
- Le CEREGE est, à l'échelle régionale, impliqué sur des suivis ponctuels qui tendent à s'inscrire dans la durée à travers la mise en place du SNO DYNALIT et ses sites-pilotes (Embouchure du Rhône et Rade d'Hyères en région PACA).

Il est important de retenir que la grande majorité du littoral de la région PACA est couverte par des observatoires de type 2 ou 3, ce qui traduit une prise de conscience locale des enjeux d'une surveillance du littoral pour mieux gérer la ressource sédimentaire et les enjeux naturels, sociaux et économiques qui en découlent.

Certains secteurs restent cependant vierges de toute démarche d'observation :

- dans les Bouches-du-Rhône, sur la côte bleue, le long des calanques entre Cassis et La Ciotat ;
- dans le Var, sur l'ouest entre Saint-Cyr et La Seyne-sur-mer, et entre Toulon et Carqueiranne, au niveau des plages des îles d'Or (en particulier Porquerolles) ; le long du littoral de La-Londe-Les-Maures et Bormes-les Mimosas.
- dans les Alpes-Maritimes, au niveau de Cannes, Antibes et Cagnes-sur mer, et sur l'Est du département.

7.2. PROPOSITION D'ORGANISATION

Le réseau national d'observation de l'évolution du trait de côte doit s'appuyer autant que possible sur les structures existantes et en particulier les observatoires de type 4 au niveau régional qui auraient pour mission de travailler à l'échelle de la région en articulation avec les observatoires locaux de type 1-3 (Illustration 39) :

- à la production des données ;
- à l'échange de ces données entre les différents opérateurs (observatoires 1, 2, 3) ;
- à l'uniformisation des méthodes de production de données, afin d'homogénéiser les résultats restitués aux échelles régionale et nationale ;
- à rendre interopérable les bases de données ;
- à la sauvegarde des données qui ont été acquises dans le passé et à les pérenniser dans une structure adaptée et visible.

Au niveau national, ces observatoires de type 4 auraient pour mission de favoriser la remontée d'informations régionales précises, d'échanger les méthodes de travail (afin d'aller vers une harmonisation de ces méthodes), et de capitaliser les expériences acquises localement.

Structure	Principales missions
Observatoires de type 1 à 3	<ul style="list-style-type: none"> - Procèdent à un suivi du trait de côte sur leur zone d'étude - Analysent et traitent leurs données - Transmettent les métadonnées à l'observatoire régional de type 4 - Peuvent faire héberger leurs données par l'observatoire régional de type 4
Observatoire régional de type 4	<ul style="list-style-type: none"> - Centralise les métadonnées (et éventuellement les données) récoltées par les observatoires de la région - Met à disposition les métadonnées - Procède à un suivi opérationnel du trait de côte sur les zones actuellement non couvertes par des observatoires - Réalise des synthèses - Diffuse la connaissance - Donne des avis techniques sur les projets d'aménagements envisagés par l'instance décisionnelle - Aide à la décision

Illustration 39 - Exemple des missions possibles d'un observatoire de type 4 à l'échelle régionale (exemple de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (Bulteau et al., 2011)).

La proposition d'organisation qui est faite ici s'inspire de celles des observatoires du trait de côte de type 4 des autres façades maritimes qui sont actuellement basés sur un partenariat financier entre l'Etat, les collectivités locales et territoriales et le BRGM qui est aussi un opérateur technique (Aquitaine, Corse, Guyane, Réunion, littoral du Roussillon).

Un tableau descriptif sommaire des observatoires de type 4 opérationnels en 2016 est disponible en Annexe 2. Chacune de ces structures présente des particularités en termes de financements, de gouvernance, de moyens d'actions et de capacité d'expertise. Nous renvoyons le lecteur aux sites internet de ces observatoires pour des informations complètes.

7.2.1. ORRM : un observatoire de type 4 en région PACA ?

Opérationnel en région PACA, l'Observatoire Régional des Risques Majeurs en PACA⁷ est une organisation des acteurs du risque qui à terme pourrait constituer un référent régional sur les risques côtiers et donc jouer le rôle d'observatoire de type 4 dans le réseau national des observatoires.

Organisation

L'ORRM est un partenariat qui associe dans le cadre d'une convention tripartite, la DREAL PACA, le Conseil Régional PACA et le BRGM à travers sa direction régionale PACA. Aujourd'hui, l'observatoire souhaite fédérer un réseau régional d'acteurs (Etat, Région, collectivités, associations, industriels, assureurs, grand public...) et partager la connaissance pour :

- inciter les citoyens à être acteurs de la prévention ;
- adapter les champs d'observation au service de l'action en tenant compte des évolutions et des besoins des territoires.

Il s'appuie sur une plate-forme des risques majeurs RiskPACA qui a pour objectifs :

- De disposer d'un site internet qui permette de valoriser un certain nombre d'informations, de connaissances, de données techniques afin de disposer d'une vision globale de la thématique risques majeurs en Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- De constituer un espace d'échanges entre acteurs sur la thématique des risques, les liens avec l'aménagement du territoire et les aspects multirisques ;
- De développer la mémoire, la culture et la prévention des risques majeurs ;
- De relayer et mettre en valeur les informations qui relèvent du domaine des risques publiées sur des sites locaux (communes, départements ...)

Il convient de préciser que la plate-forme risques majeurs n'a pas pour objectif de se substituer aux différents sites existants lesquels collectent et fournissent les informations sur les risques majeurs au niveau local. L'ambition a été de créer une porte d'entrée régionale qui permette de présenter les données (géographiques ou non) des différents partenaires ou d'orienter l'internaute vers des sites spécifiques lorsque l'information n'a pas été capitalisée dans la BD RiskPACA.

L'intérêt pour le grand public est:

- la diffusion de la connaissance : La plate-forme des risques a pour vocation première de diffuser la connaissance sur les risques naturels et technologiques auprès du public afin d'intégrer le citoyen à la gestion du risque ;
- L'information et la communication : La plate-forme des risques a également l'obligation de vulgariser toute cette connaissance acquise et mise à disposition du public, pour qu'elle soit abordable et compréhensible par le plus grand nombre, notamment sous la forme de fiches pédagogiques, de cartographies interactives ;
- De disposer d'un portail SIG donnant accès à la base de données RiskPACA : cette plate-forme a pour vocation de centraliser les données numériques relatives aux risques naturels et technologiques en PACA. Elle permet également sa mise à jour régulière 2

⁷ <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/>

fois par an (interface de saisie). L'objectif est de donner au public une première information technique qui s'inscrit dans la connaissance générale sur les risques et dans l'information préventive.

L'intérêt pour les professionnels est de :

- Favoriser la coopération entre les acteurs : une des vocations de cette plate-forme est de permettre la concertation entre les acteurs en charge de la gestion des risques et les techniciens et chercheurs qui étudient les phénomènes, par le biais d'échanges (forums), et de réunions annuelles ;
- Disposer d'un outil d'aide à la décision et à la gestion des risques : rassembler l'ensemble des documents d'information, réglementaires, cartographiques, textes législatifs et réglementaires, décrets, études scientifiques... ;
- Disposer d'un portail SIG donnant accès à la base de données RiskPACA : cette plate-forme a pour vocation de centraliser les données numériques relatives aux risques naturels et technologiques en PACA. Elle permet également sa mise à jour régulière 2 fois par an (interface de saisie). L'objectif est de mettre à disposition des professionnels les documents nécessaires à la réalisation de leurs études d'aménagement, d'urbanisme ou tout document de communication à destination du public ;
- Réaliser une veille sur les réseaux de mesures : une des vocations de la plate-forme est également de recenser et de suivre les réseaux de mesures mis en place dans le cadre d'études scientifiques, comme par exemple le suivi du trait de côte, le suivi d'un glissement de terrain actif...
- Apporter un appui aux collectivités : la plate-forme doit également permettre la constitution d'un comité d'experts en risques naturels à travers les organismes scientifiques et techniques compétents afin de pouvoir aider et apporter des réponses techniques fiables et validées scientifiquement aux collectivités.

ORRM et risques côtiers

Sur la thématique des risques côtiers (érosion, côtière, submersion marine, tsunami), l'ORRM est déjà impliqué sur :

- l'inventaire des tempêtes marines qui ont affecté le littoral régional (Stéphanian *et al.*, 2014) ;
- la diffusion des cartes d'aléa submersion marine élaborée dans le cadre de la Directive Inondation par la DREAL PACA ;
- la diffusion de Porté à Connaissance sur les risques de submersion marine et d'érosion côtière ;
- la diffusion de l'indicateur national d'érosion côtière réalisé par le CEREMA (2016).

A travers la plate-forme RiskPACA, il dispose de l'interface cartographique ad hoc pour rendre visible les données des observatoires locaux.

La mise en place d'un groupe de travail « Evolution du trait de côte et risques côtiers » permettrait également de fédérer les démarches locales et de proposer des améliorations ou des évolutions de protocole méthodologique et d'optimiser les échanges de données via l'utilisation de standards compatibles INSIPRE.

7.2.2. Missions possibles de l'ORRM sur le suivi du trait de côte

Les paragraphes suivants précisent ce que pourraient être les missions de l'ORRM et l'organisation qui en découle.

Production, centralisation des données

La structure proposée est basée sur des liens et des échanges normalisés et formalisés par des conventions ou des accords faisant remonter les informations et données à partir des observatoires des types 1 à 3 vers l'observatoire régional de type 4 compétent sur la zone de littoral concernée (dans l'hypothèse où cet observatoire existe).

L'objectif d'un tel réseau est d'augmenter la visibilité des observatoires de moindre importance (types 1 à 3), de pérenniser les données et de centraliser l'information à un niveau adapté. Chaque observatoire (types 1 à 3) reste propriétaire de ses données, que celles-ci aient été produites dans le cadre d'une recherche scientifique ou pour une application spécifique.

Cependant les observatoires régionaux de type 4 pourront héberger directement les données si nécessaire. En revanche, les métadonnées, telles que l'information sur les méthodes utilisées pour acquérir les données, sur la précision des données, doivent remonter impérativement au niveau de l'observatoire régional de type 4.

Certains observatoires récoltent des données mais n'ont ni les moyens ni le temps de les exploiter systématiquement. Dans ce cas particulier, l'ORRM devrait être en mesure de traiter et d'analyser ces données et de renseigner les métadonnées.

Échanges entre l'ORRM et le CRIGE-PACA et le SNO DYNALIT

Le CRIGE-PACA (Centre Régional d'Information Géographique de Provence-Alpes Côte d'Azur) : il s'agit d'une association loi 1901 qui a pour objet l'appui au développement de la géomatique en région. Le CRIGE diffuse gratuitement, après autorisation, les référentiels géographiques régionaux acquis par la Région, pour en faire profiter une communauté large d'utilisateurs publics (organismes scientifiques, collectivités locales, Parcs, etc.. En échange, les « ayants-droits » sont incités à partager les informations et données géographiques qu'ils peuvent détenir.

Les lots de données sont regroupés en 10 pôles métiers dont un pôle « Mer et Littoral ». Le site internet du CRIGE-PAC propose un système de catalogage, de visualisation des données et de téléchargement des données en accord avec la directive INSPIRE.

Une complémentarité existe entre le CRIGE-PACA et l'ORRM. Les données SIG de l'ORRM qui sont inscrites au geocatalogue, sont disponibles au téléchargement sur le site du CRIGE-PACA.

Ainsi, chaque observatoire local gardera un contrôle sur la diffusion des données en fonction de sa propre politique en la matière, tout en les valorisant via la visualisation sur le portail dédié de l'ORRM soit :

- par diffusion internet si l'observatoire local dispose d'un portail dédié (SIT PNRC par exemple)
- par intégration directe des données brutes, validées en termes de format, pour les structures sans moyen de diffusion (observatoire communal).

De la même manière, si le portail DYNALIT répond aux normes d'interopérabilité et de diffusion des données, une convention entre l'ORRM et le SNO DYNALIT permettrait de rendre complémentaires les démarches régionales de suivi dirigées vers les gestionnaires et les politiques publiques (via l'ORRM) et les démarches orientées vers la Recherche (SNO DYNALIT).

Cela augmenterait aussi la visibilité des travaux menés sur l'observation de l'évolution du trait de côte en région PACA et faciliterait la diffusion de l'information vers d'autres acteurs qui pourraient être intéressés par ces données.

Promouvoir de nouvelles démarches de suivi du trait de côte

A travers un Groupe de travail dédié à l'observation du trait de côte et des risques côtiers au sens large, l'ORRM aurait également pour mission de promouvoir les nouvelles méthodologies de suivi du trait de côte adaptées aux caractéristiques des plages régionales.

L'inventaire régional a en effet montré que les techniques utilisées restent classiques (topographie, bathymétrie), alors que des technologies nouvelles émergent pour assurer des suivis plus fréquents, ou plus précis, ou sur de plus grandes emprises. Elles sont de plus en plus fréquemment employées sur les plages méditerranéennes, mais restent sous-utilisées en région PACA.

Parmi ces techniques, on peut retenir :

- les techniques de surveillance vidéo, qui permettent de suivre en temps-réel l'évolution des plages, même pendant les tempêtes, et qui donnent une information très détaillée ;
- les techniques de photogrammétrie via des vecteurs aéroportés (drones ou avion) ;
- les techniques de topographie laser et/ou de Lidar embarqué qui permettent le relevé de grandes emprises à des précisions centimétriques.

Optimiser et améliorer les suivis sur les plages naturelles caractéristiques du littoral PACA

L'inventaire 2016 a montré que le littoral sableux de Camargue est relativement bien surveillé et qu'une démarche intégrée des suivis émerge à travers le SIT du PNRC. Or, ce secteur faiblement urbanisé et à très haute valeur patrimoniale et environnementale ne concentre que peu d'enjeux économiques.

A l'inverse, les plages de poche de la côte rocheuse entre la Côte bleue et la Côte d'Azur, concentrent une forte valeur économique et souffrent, à l'exception des plages niçoises, d'un déficit de connaissance sur les processus qui contrôlent leur évolution, en raison d'un manque de données de suivis systématiques. De plus, ce sont des plages qui pour une grande partie sont soit artificielles car créées par rechargement massif sur le domaine maritime, soit naturelles mais entretenues régulièrement par des rechargements plus ou moins importants.

A l'issue de cet inventaire et au regard des informations récoltées, il semble plus intéressant de promouvoir des efforts de suivis sur les plages de poche de la côte rocheuse en insistant sur plusieurs types de plages :

- les plages encore naturelles, sans aménagement, qui sont des témoins de l'évolution du littoral et des sites-pilotes pour la compréhension de l'effet de l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique. C'est au travers de la capitalisation de nombreuses

données sur ces systèmes que se développera la compréhension des processus qui contrôlent la formation et l'évolution des plages à différentes échelles de temps et qui permettront de développer des modèles numériques opérationnels pour anticiper cette évolution. Les plages de Bormes-Les-Mimosas, de Porquerolles, certaines plages de la corniche des Maures et de la Presqu'île de Giens sont des sites-pilotes potentiels ;

- les plages qui présentent des risques d'érosion chronique pour anticiper et adapter les efforts de gestion à venir pour contraindre cette érosion. La cartographie de l'indice national d'érosion côtière (CEREMA, 2016), et les informations locales, peuvent permettre de hiérarchiser plus précisément les sites-pilotes. Parmi eux, les plages de la rade d'Hyères (Vieux-Salins d'Hyères), du tombolo de Giens, les plages du Lavandou... ;
- les plages emblématiques du littoral de la région PACA. En tant que vitrine touristique et patrimoniale régionale, les suivis permettraient de mieux gérer l'érosion liée à la fréquentation et d'optimiser les modes de gestion : anse de Pampelonne à Ramatuelle, plage de Cavalaire, plage de l'Almanarre et le tombolo ouest à Hyères, et d'autres secteurs à définir ;
- Les plages artificielles et/ou fortement rechargées sont nombreuses, en particulier sur le département des Alpes-Maritimes. Ces plages méritent des suivis pour gérer au mieux les volumes d'entretien et de rechargement. Les démarches de la ville de Nice sont à ces titres exemplaires. Le stockage des données topographiques et de trait de côte exigées dans le cadre des procédures d'autorisation des opérations de rechargement instruites par la DREAL serait possible via l'ORRM et permettrait de capitaliser cette donnée qui peut être utile à d'autres thématiques liées au littoral (risques de submersion marine, ...).

Organiser les démarches régionales et produire de l'expertise

L'ORRM aurait également pour rôle d'animer un réseau régional d'experts et d'acteurs dans le champ des risques côtiers à travers par exemple :

- l'animation du réseau régional de surveillance des tempêtes qui est en cours de constitution ;
- l'organisation de journées d'échanges thématiques sur le suivi du trait de côte ;
- la co-production d'expertises sur l'évolution du trait de côte, les risques côtiers régionaux, et la gestion du trait de côte ;
- la production d'un compte-rendu d'activité annuel sur le contexte régional :
 - o les événements marquants de l'année (tempêtes, coups de mer, submersion marine) ;
 - o les zones littorales concernées par le recul du trait de côte ;
 - o un indicateur cartographique quantitatif de l'érosion côtière à l'échelle régionale sur la base des observations annuelles.
- un rapportage annuel au national de ce compte-rendu en relation avec les standards définis par le réseau national des observatoires.

Assurer l'interface entre le niveau local et le niveau national

Comme décrit récemment, l'ORRM aurait pour mission de favoriser la remontée d'informations régionales précises, d'échanger sur les méthodes de travail (afin d'aller vers une harmonisation,

une optimisation de ces méthodes), et à capitaliser l'expérience acquise localement, dans le cadre de la mise en réseau des observatoires du trait de côte de la SNGITC.

7.2.3. Etapes de la constitution d'un observatoire de type 4 en région PACA

Mise en place et gouvernance

La mise en place de l'organisation de l'ORRM pour jouer un rôle d'observatoire de type 4 sur l'évolution du trait de côte nécessite plusieurs étapes principales :

- Accord de la gouvernance de l'ORRM (DREAL PACA, CR PACA, BRGM) sur cette orientation ;
- Détermination précise des missions et objectifs de l'ORRM sur l'évolution du trait de côte et les risques côtiers ;
- Organisation par l'ORRM d'une journée dédiée à « la surveillance et la mesure de l'évolution du trait de côte en région PACA pour présenter les résultats de l'inventaire 2016 et motiver les démarches locales via un recueil des besoins ;
- Constitution d'un Groupe de Travail dédié en associant les experts scientifiques régionaux (BRGM, CEREMA, Université) et utilisateurs des données produites (gestionnaires).

Capitalisation de la donnée

La fourniture d'informations de la part des observatoires de type 1, 2, 3 vers l'ORRM ne pourra se faire qu'après la mise en place d'accords ou de conventions spécifiant aussi bien les conditions matérielles, fonctionnelles que financières de cette mise à disposition. En effet, les données acquises par les observatoires de type 1 à 3 l'ont été par des financeurs variés ; certaines données de base pourraient être protégées ou constituer des données « stratégiques » pour l'activité du financeur et de l'opérateur. Par exemple, les données acquises par des universités dans le cadre de programme de recherche et dont la mise à disposition pour le public est différée afin de laisser du temps pour valoriser les travaux sous forme de publications).

Cependant, il faudrait que l'accès aux données soit facile et qu'il ne soit pas nécessaire de formuler des demandes systématiquement auprès des fournisseurs de données (observatoires type 1 à 3 principalement).

Dans le cadre d'une convention de partenariat entre l'ORRM et les observatoires locaux, il pourrait être intégré la mise à disposition des données pour le grand public selon des modalités à définir (exemple : données en libre accès mais « obligation » tacite de citer un certain nombre d'articles scientifiques ou de références).

Production d'expertise

L'ORRM pourra réaliser des synthèses à l'échelle régionale et infra régionale sur l'évolution du trait de côte à destination des élus et du public, donner des avis techniques, réaliser des expertises en vue d'aménagements du littoral ou suite à des événements (tempête, érosion, submersion marine...), tout en respectant le protocole REX⁸.

⁸ http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/rex

Il aura également pour mission d'homogénéiser les données autant que possible pour qu'elles soient utilisables à l'échelle nationale.

Coordination régionale

La coordination, l'animation et le pilotage du réseau régional d'observatoires sera assuré par un comité d'orientation constitué par les financeurs de l'ORRM, des représentants des structures locales éventuellement d'autres partenaires (Conservatoire du Littoral,...). Son rôle est d'animer et de traiter des modalités de fonctionnement du réseau régional, ainsi que des questions courantes.

Un comité scientifique, peut également être formé afin d'aider le comité d'orientation dans ses choix stratégiques et scientifiques, en relation avec les enjeux scientifiques d'actualité et les problématiques locales liées à l'érosion.

Une rencontre annuelle entre les différents intervenants, fournisseurs de données et observatoires locaux (types 1 à 3) sera organisée afin d'échanger et de comparer les résultats, partager des expériences et de nouvelles technologies, etc. Ces rencontres seront aussi l'occasion de tendre vers une harmonisation des méthodes et des jeux de données.

Les acteurs mis en réseau pourront partager leurs données en interne via le serveur de l'ORRM et le CRIGE-PACA, et chaque observatoire de niveau inférieur devra être sensibilisé à l'importance de l'interopérabilité des données, notamment en ce qui concerne les métadonnées qu'ils devront renseigner.

8. Conclusions

La mise en place de démarches d'observation systématiques de l'évolution du littoral participe à une démarche d'anticipation en développant la connaissance des processus hydro-sédimentaires en zone littorale. Celle-ci se base donc prioritairement sur l'observation et la mesure régulière de l'évolution du trait de côte, au niveau des différents environnements littoraux (plages, falaises, estuaires, deltas). La connaissance de la mobilité du trait de côte est nécessaire à l'évaluation de l'efficacité des modes de gestion de la bande littorale et à la caractérisation des risques liés au recul du trait de côte, érosion côtière et submersion marine.

Suite à un inventaire des observatoires réalisés en 2011, il était apparu que le littoral de la région PACA souffrait d'un déficit de démarches d'observation et de l'absence d'une organisation à même de fédérer celles existantes et de capitaliser les données relatives à l'évolution du trait de côte régionale.

La mise en œuvre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte SNGITC du MEEDD depuis 2012, a mis en lumière le rôle que doivent jouer des observatoires-référents, en tant qu'animateur au niveau régional, et point focal dans le cadre d'une mise en réseau des observatoires au niveau national qui doit être réalisée en 2018.

Cette étude a pour double objectif :

- de réaliser l'inventaire des démarches de suivi du trait de côte sur le périmètre régional en 2016 ;
- de proposer une organisation des acteurs locaux pour la mise en place d'un observatoire régional de l'évolution du trait de côte, à travers l'Observatoire Régional des Risques Majeurs (ORRM), qui est une structure à même de porter cette mission.

8.1. BILAN DE L'INVENTAIRE

L'inventaire montre que sur le département des Bouches du Rhône, les opérations de mesure recensées portent essentiellement sur le littoral sableux de la Camargue où plusieurs acteurs locaux sont impliqués à divers niveaux. Les méthodologies employées sont classiques (topographie, GPS), adaptées aux objectifs et moyens de chacun des organismes, et les données sont relativement accessibles grâce notamment à la démarche de synthèse cartographique entreprise par le PNR Camargue. Sur le secteur de la côte rocheuse, les levés disponibles sur les plages de poches sont rares et leurs données difficilement accessibles. L'étude du BRGM sur le suivi du littoral rocheux de Carry-Le-Rouet par scan-laser est originale et à forte composante technologique. Sur le département du Var, les opérations de mesure régulière de la bande littorale sont essentiellement réalisées à l'initiative des communes pour leurs besoins propres de gestion des plages et souvent dans une optique de dimensionnement de rechargement. Elles sollicitent principalement des prestataires privés et archivent la donnée papier (rapport) et numérique lorsqu'elle existe, et ceci pour les études récentes. Pour les études plus anciennes (au début des années 2000), elles ne disposent pas automatiquement de celle-ci. Il n'y a pas de portail de diffusion large des données au public, et leur mise à disposition est possible via une convention d'utilisation. Les méthodologies employées sont classiques (topographie, bathymétrie, trait de côte GPS). Sur le littoral des Alpes-Maritimes, les démarches d'observation et de mesures du trait de côte sont peu nombreuses, malgré les forts enjeux. Les opérations de gestion des volumes sédimentaires sur les plages, et en particulier les plages artificielles, sont les principales motivations à l'origine de ces suivis à l'initiative des

communes. La Ville de Nice possède une organisation efficace, moderne et très opérationnelle sur ce point particulier.

Enfin, en 2016, il n'existe pas encore en PACA une organisation comme un observatoire régional dédié à la surveillance du trait de côte (dit « observatoire de type 4 ») qui assure la production de données, une capitalisation de celles-ci, et leur diffusion par des moyens internet modernes aux normes d'interopérabilité. En Camargue, un observatoire de ce type émerge actuellement grâce à une synergie entre acteurs locaux sur la surveillance du trait de côte et la diffusion des données via le SIT du PNRC.

Il est cependant important de retenir que la grande majorité du littoral de la région PACA est couverte par des observatoires locaux, ce qui signifie une prise de conscience locale des enjeux d'une surveillance du littoral pour mieux gérer la ressource sédimentaire et les enjeux naturels, sociaux et économiques qui en découlent.

8.2. ORGANISATION DE L'ORRM EN OBSERVATOIRE DE TYPE 4 REFERENT

Opérationnel en région PACA, l'Observatoire Régional des Risques Majeurs est une organisation des acteurs du risque qui à terme pourrait constituer un référent régional sur les risques côtiers et donc jouer le rôle d'observatoire de type 4 dans le réseau national des observatoires.

L'ORRM est un partenariat qui associe dans le cadre d'une convention tripartite, la DREAL PACA, le Conseil Régional PACA et le BRGM à travers sa direction régionale PACA. Aujourd'hui, l'observatoire souhaite fédérer un réseau régional d'acteurs (Etat, Région, collectivités, associations, industriels, assureurs, grand public...) et partager la connaissance pour inciter les citoyens à être acteurs de la prévention et adapter les champs d'observation au service de l'action en tenant compte des évolutions et des besoins des territoires.

Sur la thématique des risques côtiers (érosion, côtière, submersion marine, tsunami), l'ORRM est déjà impliqué sur l'inventaire des tempêtes marines qui ont affecté le littoral régional, la promotion d'un réseau de surveillance de celles-ci, et la diffusion des démarches de l'Etat sur le Porté à Connaissance sur les aléas côtiers (submersion marine dans le cadre de la Directive Inondation et l'indicateur national d'érosion côtière réalisé dans le cadre de la SNGITC). A travers la plate-forme RiskPACA, il dispose de l'interface cartographique *ad hoc* pour rendre visible les données des observatoires locaux. La mise en place d'un groupe de travail « Evolution du trait de côte et risques côtiers » permettrait également de fédérer les démarches locales.

Une démarche d'organisation est proposée, elle s'appuie sur les recommandations de la SNGITC pour la mise en réseau national des observatoires du trait de côte. L'ORRM aurait donc pour mission de :

- Centralisation des données produites par les observatoires locaux ;
- Produire des données sur des zones non ou insuffisamment couvertes ;
- Assurer les échanges avec les démarches du CRIGE-PACA et du SNO DYNALIT pour la diffusion des données ;
- Promouvoir de nouvelles démarches de suivi du trait de côte ;
- Optimiser et améliorer les suivis sur les plages naturelles caractéristiques du littoral PACA ;
- Organiser les démarches régionales et produire de l'expertise ;
- Assurer l'interface entre le niveau local et le niveau national.

Cette proposition doit s'appuyer sur la gouvernance actuelle de l'ORRM assurée par la DREAL PACA, le Conseil Régional PACA et le BRGM, qui sont trois acteurs impliqués sur la gestion des risques côtiers (érosion et submersion marine) à l'échelle régionale. Une série d'actions est proposée pour mettre en place cet observatoire et le rendre opérationnel pour une meilleure gestion du littoral régional en synergie avec les démarches des observatoires locaux.

9. Bibliographie

ARTELIA (2014) - Etude de la conjonction entre crue et submersion marine à l'embouchure de l'Argens. Action n°6 du PAPI Argens et Affluents. Rapport de phase 3. 84 p.

BCEOM (2007) – Étude de l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes, Résumé non technique, Février 2007. MAR N°60554C, 6 p.

Bersani C., Simoni ML., Allain YM., Ribière G., Denègre J., Planques P., Tugayé Y. (2006) – Rapport relatif au schéma d'organisation des dispositifs de recueil de données et d'observation sur le littoral. Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire (Inspection générale de l'administration), Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer (Conseil Général des Ponts et Chaussées), Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Inspection Générale de l'Environnement), 120 p.

Brunel C. (2010) - Evolution séculaire de l'avant-côte de la Méditerranée Française, impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes. Thèse, Université Aix Marseille 1, 470p.

Bulteau T., Garcin M., avec la participation de Oliveros C., Lenôtre N. (2011) – Synthèse des travaux menés sur l'observation de l'évolution du trait de côte. Rapport BRGM/RP-59396-FR, 156 p., 27 fig., 4 tab., 1 ann.

Capanni R. (2011) - Etude et gestion intégrée des transferts sédimentaires dans le système Gapeau/Rade d'Hyères. *Thèse d'Université, Aix-Marseille I*, 280 p. + Annexes

Cheiron A. (Coord.) 2015 - Bilan annuel d'activités 2014. Société Nationale de protection de la Nature - Réserve Naturelle Nationale de Camargue. 151p.

Cohen O. & Anthony E.J. (2007) - Gravel beach erosion and nourishment in Nice, French Riviera. *Méditerranée*, Vol. 108, pp 98-103. <http://dx.doi.org/10.4000/mediterranee.182>.

Cohen O. (2014) - Trente-huit ans de rechargements sur la plage de Nice, Côte d'Azur : une synthèse statistique. XIII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Dunkerque, 2-4 juillet 2014, 281-288. DOI:10.5150/jngcgc.2014.031.

Cousin (2011) - Propositions pour une stratégie nationale de gestion du trait de côte, du recul stratégique et de la défense contre la mer, partagée entre l'État et les collectivités territoriales. Rapport parlementaire. La Documentation Française 61 p.

Dumadelage R., Delestre O., Clamond D., Bonnin A., Ceruti P., Moretti M., Gouberville P. (2013) - *Modeling of the erosion phenomena on Nice shoreface and the impact of coastal structures*. Proceeding IAHR 2013, Chengdu, 7 p.

Dumadelage R., Delestre O., Clamond D., Bonnin A., Moretti M., Ceruti P., Gouberville P. (2014) - *Numerical modeling of the erosion phenomena on Nice shoreface using TELEMAC system*. Proceeding IAHR 2014, Porto, 9 p.

Dumadelage R., Delestre O., Clamond D., Gourbesville P. (2016) - Storm Events of Nice Bay : A Numerical Modeling of the Interactions Between Wave, Current, and Solid Transport. In P. Gourbesville et al. (eds.), *Advances in Hydroinformatics*, Springer Water, DOI 10.1007/978-981-287-615-7_2.

EOL (2011) - Suivi de l'évolution des plages pour le SIVOM du littoral des Maures, campagne 2011. Communes du littoral des Maures. 67 p. + Annexes.

Giuliano J. (2015) - Erosion des falaises de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : évolution et origine de la morphologie côtière en Méditerranée : télédétection, géochronologie, géomorphologie. Sciences de la Terre. Université Nice Sophia Antipolis. 415 p.

IN VIVO (2004) – Évolution du trait de côte du littoral varois. Rapport définitif, novembre 2004, 139 p.

Mallet C., Michot A., avec la collaboration de De La Torre Y, Lafon V., Robin M., et B. Prevotaux (2012) – Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 p., 100 fig., 7 ann.

Marçot N. (2006) – Prise en compte des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte d'Azur – Année 2 : Définition des enjeux sur le linéaire de falaises côtières, caractérisation et hiérarchisation des risques. Rapport BRGM RP-54316-FR. 72 p., 27 ill., 1 ann., 12 cartes hors texte.

Marçot N., Azibi L., avec la collaboration d'E. Boucher (2008) – Prise en compte des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte d'Azur – Année 3 : Etude de segments représentatifs, propositions d'aménagement et établissement d'une méthodologie pour réduire la vulnérabilité à l'échelle d'une commune. Rapport BRGM/RP-56090-FR. 129 p., 36 ill., 3 ann. et 1 document hors texte.

Marçot N., Dewez T., Giuliano J., Claeys C., Lebourg T., Godard V., Premaillon M., Fissier L., Rouadja A., Tepongning-Megnifo H. (2016) – Projet VALSE : Vulnérabilité et Adaptation pour Les Sociétés face aux Érosions de falaises côtières en région Provence Alpes Côte d'Azur – Synthèse des travaux. BRGM/RP-64069-FR, p., ill., fig., tabl., 8 ann., CD.

Marçot N., Mathon C. (2004) – Prise en compte des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte d'Azur – Année 1 : Bilan des connaissances, définition des instabilités et qualification de l'aléa. Rapport BRGM RP-52829-FR, 69 p., 24 fig., 6 tabl., 4 ann., 1 pl h.t.

MEEDDM (2010) – La Gestion du Trait de Côte, Éditions Quae.

Meulé S. Paquier A.E., Certain R., Bouchette F., Gratiot J., Sabatier F. et Robin N. (2008) - Morphodynamique de la plage de la Capte, Hyères, Var, suite à la mise en place d'atténuateurs de houle en géotextile. XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010 - DOI:10.5150/jngcgc.2010.044-M.

SAFEGE (2009) – Étude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine. Rapports pour le Conseil Général des Bouches-du-Rhône.

SEMANTIC (2011) - Rapport de Synthèse - Suivi de l'évolution du trait de côte - Levé du trait de côte. Mairie de Hyères-Les-Palmiers, 6 p.

S.N.P.N. Réserve Naturelle Nationale de Camargue (2013) - Compte rendu scientifique 2012, 67 p.

Ville de Fréjus (2012) - Document d'objectifs – Site NATURA2000 « Embouchure de l'Argens » FR9301627, 284 p.

Annexe 1

Bilan des structures recensées et personnes référentes

Département	Structure	Secteur	Type	Référent	Contact
Département des Bouches-du-Rhône	PNRC	Camargue	2	Lassus-Débat Aurelie Chargé d'études réseaux de suivi des eaux et milieux aquatiques	Parc naturel régional de Camargue Tel : 04.90.99.19.76 suivi.eau@parc-camargue.fr
	RNNC - SNPN	Camargue	3	Yves Chérain Chargé de mission scientifique	Réserve Naturelle Nationale de Camargue – Société Nationale de Protection de la Nature Tel : 04.90.97.00.97 yves.cherain@espaces-naturels.fr
	CEREGE	Camargue	2 - 3 ⁹	François Sabatier Maitre de conférences	CEREGE – Aix-Marseille Université sabatier@cerège.fr
	Salins	Camargue	3	Jean-Baptiste Durantis	jbdurantis@salins.com
	GPMM	Camargue	2	Henri-Georges GAILLARD Hydrographe	Grand Port Maritime de Marseille Activité bathymétrie Tel : 04.42.40.60.67 hg.gaillard@marseille-port.fr
	BRGM	Côte Bleue Carry-le Rouet	2	Nathalie Marçot	BRGM – Direction régionale PACA Marseille Tel : 04.91.17.74.77 n.marcot@brgm.fr
Département du Var	Ville d'Hyères	Rade de Giens Rade d'Hyères	2	Magali Bayle Directrice Service Littoral	Mairie d'Hyères Téléphone : 04 94 00 78 50 mbayle@mairie-hyeres.com
	Ville du Lavandou	Le Lavandou	2	Caroline Blatte Mairie du Lavandou	Mairie du Lavandou Tel : 04.94.05.15.71 secretariat.maire@le-lavandou.fr
	Observatoire Marin	Le Rayol – Grimaud	2	Jean -Philippe Morin Chef du service Observatoire marin	Observatoire Marin CDC Golfe de Saint-Tropez Siège Cogolin : 04 94 55 70 30 Antenne Cavalaire : 04 94 00 46 25 jpmorin@cc-golfedesainttropez.fr
	Ville de Fréjus	Embouchure de l'Argens	2	Kevin Bergeron Chargé de mission NATURA2000	Ville de Fréjus – Service Environnement et Développement Durable Tel : .0494519791 k.bergeron@ville-frejus.fr
	CEREGE	Rade d'Hyères Rade de Bormes	2-3 ¹⁰	François Sabatier Maitre de conférences	CEREGE – Aix-Marseille Université sabatier@cerège.fr

⁹ La mise en place du SNO DYNALIT correspond à un observatoire de type3.

Département	Structure	Secteur	Type	Référent	Contact
Département des Alpes-Maritimes	Ville de Nice	Nice	3	Rémi Dumas-Delage Division Mer et Littoral	Mairie de Nice Tel : 04.97.13.44.04 remi.dumasedelage@ville-nice.fr
	CEREGE	Antibes-Cagnes-sur-mer	2	François Sabatier Maitre de conférences	CEREGE – Aix-Marseille Université sabatier@cerege.fr

Annexe 2

Exemple d'observatoires du trait de côte de type 4 opérationnels au niveau national

Observatoire	Région	Partenaires financeurs	Opérateurs techniques principaux	Lien
OCA Observatoire de la Côte Aquitaine	Aquitaine	Conseil régional BRGM ONF Conseils départementaux (33, 40, 64) Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon DREAL Aquitaine Europe (FEDER)	BRGM ONF	http://littoral.aquitaine.fr/
ROL Réseau d'Observation du Littoral de Corse	Corse	Collectivité Territoriale de Corse Office de l'Environnement de Corse Conseils départemental (2B) Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien DREAL Corse	BRGM	http://www.littoral-corse.fr/
Observatoire de la dynamique côtière	Guyane	DEAL Guyane BRGM	BRGM Université	http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/observatoire-de-la-dynamique-cotiere-seminaire-a1295.html
OBSCOT OBServation et gestion de l'érosion CÔtière à La Réunion	Réunion	DEAL Réunion Conseil Régional Réunion BRGM	BRGM	http://www.brgm.fr/projet/obscot-projet-observation-aide-gestion-erosion-cotiere-reunion
SOLTC Système d'Observation Littoral – Trait de Côte	Languedoc-Roussillon	DREAL Languedoc-Roussillon Conseil régional Languedoc-Roussillon Université de Perpignan, Montpellier, Aix-Marseille	DREAL LR Universités	www.soltc.org/
ROLNP Réseau d'Observation du Littoral Normand-Picard	Basse-Normandie Haute-Normandie Picardie	Conseil régional Basse Normandie Conseil Régional Haute Normandie Conseil Régional Picardie Syndicat Mixte Littoral Normand Conservatoire du Littoral	Réseau partenarial large	http://www.rolnp.fr
OBSCAT OBSrvatoire de la côte Sableuse CATalane	Littoral du Roussillon	Perpignan Méditerranée Métropole BRGM AERM&C	BRGM Université de Perpignan	http://obscat.fr/



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
BP.168
13276 – Marseille - France
Tél. : 04 91 17 74 77