





Document public

# Expertise et mise en place d'un suivi interne des plages et des falaises sur le territoire du Parc national de Port-Cros

Rapport final

**BRGM/RP-68812-FR**  
Mars 2019

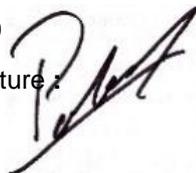
Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2018-OBS-07

**A. Stépanian et N. Marçot**

**Vérificateur :**

Nom : Eric Palvadeau  
Fonction : Chef de projet littoral  
Date : 27/03/2019

Signature :



**Approbateur :**

Nom : Jean-Louis Lambeaux  
Fonction Directeur régional  
Date : 29/03/2019

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.  
Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)



**Mots-clés** : Érosion littorale, Trait de côte, Falaise, Réseau de surveillance, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Var, Port-Cros, Porquerolles ;

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

**Stépanian A. et Marçot N.** (2019) - Expertise et mise en place d'un suivi interne des plages et des falaises sur le territoire du Parc national de Port-Cros. Rapport final. BRGM/RP-68812-FR, 116 p., 75 ill., 3 ann.

## Synthèse

Dans un contexte d'élévation du niveau de la mer, de probable augmentation de la fréquentation d'événements météorologiques extrêmes, d'érosion des plages (et plus généralement dans le cadre du changement global et de la fréquentation des îles), le Parc national de Port-Cros (PNPC) souhaite mettre en place en interne un suivi des plages sableuses et des falaises rocheuses. C'est dans ce cadre qu'un partenariat scientifique avec le Parc national de Port-Cros et le BRGM a abouti pour permettre à ce dernier d'apporter son appui scientifique et technique, en termes de gestion du trait de côte et des risques côtiers, sur des espaces littoraux préservés des modifications humaines directes.

Afin de dimensionner le réseau de suivi des plages et des falaises à mettre en place sur le périmètre du Parc de Port-Cros (île de Port-Cros, île de Porquerolles et presqu'île de Giens), la Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur du BRGM a réalisé une expertise de celles-ci pour qualifier leur état actuel et leur exposition à un aléa érosion et/ou instabilité, pour déterminer les secteurs sur lesquels la mise en place d'un suivi s'avère nécessaire et/ou intéressant.

Des propositions d'actions à mener en termes de méthodes et de fréquence de suivi sont faites pour chacun des sites. Elles sont discutées avec les agents du PNPC pour les adapter aux contraintes de celui-ci en termes de moyens matériels et de ressources humaines, et sont accompagnées d'actions de formation à destination des agents du Parc.

Ces propositions permettent ainsi au Parc national de Port-Cros de mettre en place une démarche de suivi de ces environnements, plages et falaises, sur lesquels pèsent des menaces d'impacts, à moyen et long-terme, liés au changement climatique global et à la remontée attendue du niveau de la mer.



# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
1.1. LE PARC NATIONAL DE PORT-CROS (PNPC) ET LES AIRES MARINES PROTÉGÉES .....	11
1.1.1. Présentation générale.....	11
1.1.2. Périmètre du PNPC .....	11
1.1.3. Missions et besoins du PNPC .....	12
1.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE .....	13
1.3. PLAN DU RAPPORT .....	15
<b>2. Le suivi du trait de côte .....</b>	<b>17</b>
2.1. MÉTHODES DE SUIVI DU TRAIT DE CÔTE .....	17
2.2. REMONTÉE D'INFORMATIONS SUR LES IMPACTS DES TEMPÊTES .....	17
2.2.1. Protocole d'activation avant la tempête.....	18
2.2.2. Base de données tempête .....	18
<b>3. Expertise des plages du Parc national de Port-Cros .....</b>	<b>23</b>
3.1. PRINCIPE DE L'EXPERTISE .....	23
3.2. LES PLAGES DE PORT-CROS.....	25
3.2.1. Plage de la Baie de Port Man .....	25
3.2.2. Plage de la Palud.....	27
3.2.3. Plage de l'Anse Portuaire.....	29
3.2.4. Plage du Sud .....	30
3.3. LES PLAGES DE PORQUEROLLES.....	33
3.3.1. Plage Notre Dame .....	34
3.3.2. Plage de la Courtade .....	36
3.3.3. Plage d'Argent .....	40
3.3.4. Plage de l'Anse de Bon Renaud .....	42
3.3.5. Plage noire du Grand Langoustier .....	43
3.3.6. Plage du Grand Langoustier .....	44
3.4. LES PLAGES DE LA PRESQU'ÎLE DE GIENS.....	46
3.4.1. Plage des Darboussières .....	47
3.4.2. Plage de la Calanque du Four à Chaux .....	48
3.4.3. Plage de la Madrague.....	49
3.4.4. Plage de l'Aiguade .....	50
3.5. SYNTHÈSE .....	52
3.5.1. Test du suivi du trait de côte par DGPS RTK de précision centimétrique .....	52

3.5.2. État morphologique des plages.....	52
3.5.3. Proposition de suivi sur les plages du PNPC .....	54
<b>4. Expertise des falaises du Parc national de Port-Cros .....</b>	<b>57</b>
4.1. INTRODUCTION .....	57
4.2. NOTIONS GÉOLOGIQUES POUR DESCRIPTION DES INSTABILITÉS ROCHEUSES .....	57
4.2.1. Lithologie en milieu cristallin .....	57
4.2.2. Foliation et schistosité, et lien avec les instabilités.....	58
4.2.3. Notion d'altération.....	59
4.2.4. L'érosion .....	60
4.2.5. Les mécanismes d'instabilités.....	62
4.3. INVENTAIRE DES ÉVÈNEMENTS D'ÉBOULEMENTS DE FALAISES CÔTIÈRES SUR LE PÉRIMÈTRE DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS.....	65
4.3.1. Mode opératoire.....	65
4.3.2. Méthodologie de suivi pour inventaire d'évènements d'instabilités de falaises côtières .....	69
4.4. SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE L'ALÉA.....	69
4.4.1. Expertise photographique .....	70
4.4.2. Comparaison photographique.....	71
4.4.3. Photogrammétrie .....	73
4.4.4. Scan laser / Lidar.....	75
4.4.5. Érosion et végétation .....	78
4.5. SYNTHÈSE SUR LES SUIVIS PROPOSÉS POUR LES FALAISES ROCHEUSES DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS .....	80
<b>5. Conclusions.....</b>	<b>81</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>83</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 -	Le territoire du Parc depuis juin 2016 .....	12
Illustration 2 -	Page d'accueil du site internet de la houle espagnol (source : <a href="http://www.puertos.es">www.puertos.es</a> ) .....	18
Illustration 3 -	Interface de consultation de la BD Tempête PACA (site ORRM) .....	19
Illustration 4 -	Exemple de fiche tempête .....	20
Illustration 5 -	Liste des plages expertisées sur le périmètre du Parc national de Port-Cros. ....	23
Illustration 6 -	Suivi de la position du trait de côte sur la plage de l'Anse portuaire (Port-Cros) .....	24
Illustration 7 -	Carte des sites de Port-Cros. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS.....	25
Illustration 8 -	Plage de Port-Man (Port-Cros) .....	26
Illustration 9 -	Plage de Port-Man (Port-Cros), vue vers l'est.....	26
Illustration 10 -	Plage de Port-Man (Port-Cros), vue vers l'ouest.....	27
Illustration 11 -	Plage de la Palud (Port-Cros).....	28
Illustration 12 -	Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de la Palud. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	28
Illustration 13 -	Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de l'Anse portuaire. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	29
Illustration 14 -	Plage de l'Anse portuaire (Port-Cros) - Au nord du ponton de cale de mise à l'eau.....	30
Illustration 15 -	Plage de l'Anse portuaire (Port-Cros) - Au sud du ponton de cale de mise à l'eau .....	30
Illustration 16 -	Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage du Sud. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	31
Illustration 17 -	Plage du Sud (Port-Cros) .....	31
Illustration 18 -	Plage du Sud - Ganivelles en haute plage et banquettes de posidonies .....	32
Illustration 19 -	Plage du Sud - Muret en pied en haute plage protégé par les ganivelles.....	33
Illustration 20 -	Carte des sites de Porquerolles. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS.....	33
Illustration 21 -	Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Vue vers l'ouest .....	34
Illustration 22 -	Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Falaises quaternaires à l'extrémité est .....	35
Illustration 23 -	Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Cordons dunaires résiduels en arrière-plage .....	35
Illustration 24 -	Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Banquettes de posidonies à l'extrémité ouest .....	36
Illustration 25 -	Plage de La Courtade (Porquerolles), vue vers l'ouest.....	37
Illustration 26 -	Plage de La Courtade (Porquerolles), micro-falaise d'érosion sur la haute-plage.....	37
Illustration 27 -	Plage de La Courtade (Porquerolles), barrière de protection de la falaise, vue vers l'ouest.....	38
Illustration 28 -	Plage de La Courtade (Porquerolles), banquettes de posidonies au niveau de la berme et panache de feuilles sur l'avant-plage. ....	38
Illustration 29 -	Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de la Courtade. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	39
Illustration 30 -	Plage d'Argent (Porquerolles), panache de feuilles de posidonies sur l'avant-plage, vue vers l'est.....	40
Illustration 31 -	Plage d'Argent (Porquerolles), vue vers l'ouest. Enrochements en haute plage .....	40
Illustration 32 -	Plage d'Argent (Porquerolles), vue vers l'ouest. Mur en enrochements en haute plage .....	41

Illustration 33 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage d'Argent et de l'Anse du Bon Renaud. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	41
Illustration 34 - Plage de l'Anse de Bon Renaud (Porquerolles), vue vers l'ouest. Les banquettes de posidonies sont en escalier sur la plage de graviers.....	42
Illustration 35 - Plage de l'Anse de Bon Renaud (Porquerolles), vue vers l'est.....	42
Illustration 36 - Plage noire du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'est.....	43
Illustration 37 - Plage noire du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'ouest.....	43
Illustration 38 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'est.....	44
Illustration 39 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), aménagement du cordon dunaire résiduel au centre de l'anse .....	44
Illustration 40 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), érosion de la falaise meuble en arrière-plage.....	45
Illustration 41 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), amas de posidonies déposées par les vagues de tempêtes sur l'arrière-plage .....	45
Illustration 42 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage du Langoustier. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015) .....	46
Illustration 43 - Carte des sites de la Presqu'île de Giens. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS .....	47
Illustration 44 - Plage des Darboussières (Giens), banquettes de posidonies. ....	47
Illustration 45 - Plage de la Calanque du Four à Chaux (Giens), vue vers l'est. ....	48
Illustration 46 - Plage de la Calanque du Four à Chaux (Giens), vue vers l'ouest .....	48
Illustration 47 - Synthèse des données de position du trait de côte sur les plages de la Calanque du four à chaux, de la Madrague, et de l'Ayguade (d'est en ouest). Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian <i>et al.</i> , 2015).....	49
Illustration 48 - Plage de la Madrague (Giens), vue vers l'ouest.....	50
Illustration 49 - Plage de la Madrague (Giens), vue vers l'est.....	50
Illustration 50 - Plage de l'Ayguade (Giens), vue vers l'est.....	51
Illustration 51 - Plage de l'Ayguade (Giens), vue vers l'ouest.....	51
Illustration 52 - Synthèse des propositions de suivi sur les plages de Port-Cros .....	55
Illustration 53 - Relations entre le pendage des discontinuités et le pendage des versants (Cruden <i>et al.</i> , 2000).....	58
Illustration 54 - Profil d'altération type développé sur un substratum rocheux du massif cristallin des Maures (Thiery Y. <i>et al.</i> , 2019) .....	60
Illustration 55 - Érosion différentielle verticalisée sur le littoral sud de l'île de Port Cros - Pointe du Cognet © BRGM 2019.....	61
Illustration 56 - Érosion de type Taffoni dans les phyllades de Port-Cros © BRGM 2019.....	61
Illustration 57 - Sous-cavage dans les phyllades du sud-ouest de Porquerolles © BRGM 2019 .....	61
Illustration 58 - Différents types d'instabilités rencontrés sur le littoral de Port-cros et Porquerolles © BRGM 2019 de gauche à droite : 1 : éboulement en masse limitée ; 2 : éboulement en masse ; 3 : ravinement ; 4 : chutes de blocs ; 5 : chutes de pierres liées à du fauchage ; 6 : glissement de terrain superficiel ; 7 : glissement banc sur banc ; 8 : éboulement en masse. ....	63
Illustration 59 - Schéma des principaux mécanismes de rupture (Groupe Falaise, 2001) .....	64

Illustration 60 - Localisation des zones d'aléa instabilités de falaises côtières sur le linéaire rocheux des îles d'Hyères et de la presqu'île de Giens © RiskPACA : <a href="http://riskpaca.brgm.fr/Home/Carto">http://riskpaca.brgm.fr/Home/Carto</a> .....	66
Illustration 61 - Évènement récent sur la falaise des Darboussières (presqu'île de Giens) © BRGM 2019 .....	67
Illustration 62 - Évènement chute de blocs récent recensé le 28 février 2019 sur la plage du Langoustier au niveau de la falaise de déblais industriels ) l'extrémité est de la plage © BRGM.....	68
Illustration 63 - Cicatrice d'un éboulement survenu en 2008-2009 sur la falaise de la plage des Darboussières dans les Phyllades altérées.....	68
Illustration 64 - Zoom sur l'île de Porquerolles pour identifier les zones d'aléa instabilités de falaises côtières revues lors de la mission de terrain du 28 février 2019 © RiskPACA .....	70
Illustration 65 - Exemple de comparatif photo possible sur un même site (Pointe du Tuf, Port Cros) entre une prise de vue à gauche datant de 2005 et une autre à droite de 2019 .....	71
Illustration 66 - Extrait de l'étude Falaises côtières de 2008 <sup>11</sup> avec comparaison d'images .....	72
Illustration 67 - Schéma d'acquisition des photos prises dans le cadre du projet VALSE pour réalisation de photogrammétrie .....	74
Illustration 68 - Principe de l'acquisition laser (Giuliano J., 2015).....	75
Illustration 69 - Installation du scan Laser sur bateau (Valse 6 2014 : Rapport BRGM/RP-64069-FR) .....	76
Illustration 70 - Exemple de mise en évidence de perte de matière correspondant à un éboulement entre deux nuages de points acquis dans le cadre du projet VALSE (Rapport BRGM/RP-64069-FR).....	76
Illustration 71 - Illustration des deux relations issues des travaux réalisés dans le projet VALSE (Rapport BRGM/RP-64069-FR) : relation magnitude - Fréquence (à gauche) et relation surface - Volume (à droite) .....	77
Illustration 72 - Extrait sur la presqu'île de Giens du rôle de la végétation sur l'érosion des falaises côtières (Rapport BRGM-ONF/RP-64753-FR) .....	78
Illustration 73 - Principe de la dendrochronologie (Rapport BRGM/RP-65947-FR).....	79
Illustration 74 - Illustration montrant les années de déchaussement sur la racine étudiée dans le rapport BRGM/RP-65947-FR .....	79
Illustration 75 - Synthèse des différents types de suivis proposés pour les falaises côtières.....	80

## Liste des annexes

Annexe 1 - Diaporama sur les techniques de suivi du trait de côte .....	85
Annexe 2 - Formation pas-à-pas à l'utilisation de BD-Tempête sur l'ORRM PACA .....	99
Annexe 3 - Description des champs de l'outil de remontée de terrain (ORRM) sur les mouvements de terrains (MVT) en région PACA .....	111



# 1. Introduction

## 1.1. LE PARC NATIONAL DE PORT-CROS (PNPC) ET LES AIRES MARINES PROTÉGÉES

### 1.1.1. Présentation générale

Créé le 14 décembre 1963, le Parc national, dont les cœurs Port-Cros et Porquerolles occupent 1 700 ha de terres émergées et 2 900 ha de surfaces marines, est le plus ancien parc marin en Europe et en France. Le Parc national de Port-Cros est un pionnier des aires marines protégées (AMP) françaises et européennes. Plongée, pêche professionnelle et de loisir et activités nautiques sont gérées dans un espace restreint au bénéfice de la biodiversité marine.

Le tout fait l'objet de suivis scientifiques et un observatoire a été conçu comme un outil d'aide à la décision et à la gestion des territoires littoraux et marins suivis par le Parc national de Port-Cros.

### 1.1.2. Périmètre du PNPC

L'aire d'adhésion du Parc national s'étend depuis juin 2016 sur 5 communes situées entre La Garde à l'ouest et Ramatuelle à l'est. Le Parc national concerne potentiellement 11 communes du littoral varois (Illustration 1). On y distingue trois entités :

- les cœurs de Parc national ;
  - côté terre : l'île de Port-Cros, les îlots de la Gabinière et de Bagaud et les espaces de l'île de Porquerolles (1 681 ha) qui correspondent aux territoires terrestres appartenant à l'État, à l'exception du village, de certains espaces techniques, des zones agricoles et de la route de contournement du village,
  - côté mer : une bande marine de 600 m autour des deux îles et de leurs îlots à l'exception pour Porquerolles du chenal d'accès au port (2 940 ha) ;
- l'aire d'adhésion des espaces des communes de La Garde, Le Pradet, Hyères-les-Palmiers, La Croix-Valmer et Ramatuelle ;
- l'aire maritime adjacente (118 745 ha), équivalant en mer de l'aire d'adhésion. Elle reste sous la juridiction du Préfet maritime, mais le Parc national peut y développer des projets avec les acteurs du milieu marin (pêcheurs, plaisanciers, etc.) L'Aire maritime adjacente débute à la côte, de la limite de rivage des communes classées en aire potentielle d'adhésion et s'étend au large à 3 milles marins au sud des îles d'Or.

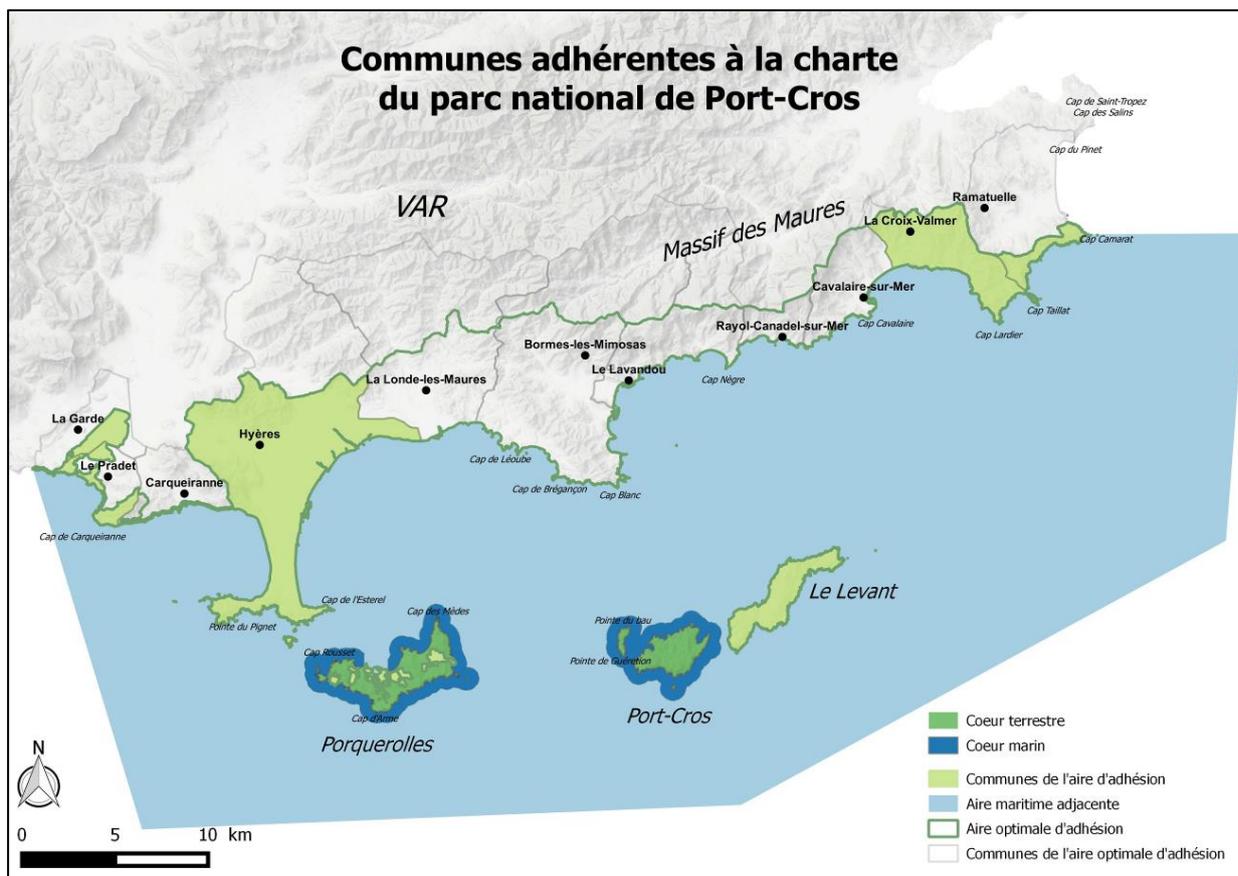


Illustration 1 - Le territoire du Parc depuis juin 2016.

Le Parc national de Port-Cros met en œuvre annuellement un programme d'études et de recherches pour contribuer à la connaissance de ces territoires et, en conséquence, en assurer une gestion adaptée.

Les orientations de ce programme, conformes à la Stratégie scientifique de l'Établissement, sont arrêtées par la Direction après avis du Conseil scientifique de l'Établissement. Ce programme est principalement divisé en trois grandes thématiques : sciences humaines, terre et mer, avec cependant des thématiques transversales et des programmes fédérateurs (ex : restauration écologique de l'îlot de Bagaud, Observatoire de la biodiversité).

### 1.1.3. Missions et besoins du PNPC

Le territoire du Parc national a pour vocation de servir d'espace de travail à la recherche et d'accueillir des équipes de chercheurs de façon à contribuer à l'acquisition de connaissances fondamentales aussi bien qu'appliquées.

En outre, l'établissement dispose de budgets limités pour contribuer aux besoins de recherche nécessaires à la gestion des territoires dont il a la charge. Le Parc national élabore donc des partenariats auprès des laboratoires de recherche, d'équipes universitaires ou de chercheurs pour répondre aux besoins définis. Les données issues de ces études et recherches auront vocation à court terme à entrer dans le domaine public, après l'étape de valorisation sous forme de publications scientifiques.

## ***Le programme européen MPA-ADAPT***

Le projet MPA-ADAPT a pour objectif d'accompagner les Aires marines protégées de la côte méditerranéenne dans leur stratégie d'adaptation au changement climatique. Pour cela, il vise à renforcer les capacités des gestionnaires d'AMP et des collectivités locales dans ce domaine, et à sensibiliser sur le rôle que peuvent jouer les AMP pour améliorer la résilience des territoires face à cette problématique.

Au sein des 5 Aires Marines Protégées partenaires (AMP de Portofino, des îles Pelages, Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Parc national de Brijuni, Parc national de Port-Cros), plusieurs actions sont mises en œuvre : la préparation d'un plan d'adaptation au changement climatique, l'intégration d'une approche « climat » dans les suivis scientifiques, des évaluations de la vulnérabilité de la biodiversité et des activités socio-économiques, ainsi que des activités de sensibilisation du public.

Des séminaires de formation entre les partenaires permettent quant à eux d'adopter une approche commune, d'échanger sur les méthodes de travail et de renforcer les capacités des 5 AMP.

La mise en place d'un suivi des plages et des falaises sur le périmètre du Parc National de Port Cros fait partie intégrante d'une action pilote de ce projet qui vise à intégrer le climat dans les activités de suivis des AMP « D.3.8.2. Integrating climate into MPA Monitoring activities for Port-Cros ».

## ***Convention BRGM - Parc national de Port-Cros***

C'est dans ce cadre qu'un partenariat scientifique avec le Parc national de Port-Cros et le BRGM a abouti pour permettre à ce dernier d'apporter son appui scientifique et technique, en termes de gestion du trait de côte et des risques côtiers, sur des espaces littoraux préservés des modifications humaines directes.

En effet, l'intérêt scientifique de travailler sur les espaces du PNPC est que les effets sur les risques côtiers liés au changement climatique (élévation du niveau de la mer, modification des régimes de vagues) y sont potentiellement plus facilement observables et mesurables que sur la plupart des milieux littoraux, soumis à des impacts anthropiques forts et où la détermination de la contribution de chacun de ces facteurs sur une évolution totale est difficile.

Ces sites peuvent ainsi faire l'objet de déploiement de méthodologies innovantes en termes de suivi morphologique des littoraux sableux et rocheux ce qui permettrait d'aboutir à une amélioration des développements de modèles conceptuels et numériques de l'évolution morphologique de ces environnements sédimentaires.

## **1.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE**

Dans un contexte d'élévation du niveau de la mer, de probable augmentation de la fréquentation d'événements météorologiques extrêmes, d'érosion des plages (et plus largement dans le cadre du changement global et de la fréquentation des îles), le Parc national de Port-Cros souhaite donc mettre en place en interne un suivi des plages sableuses et des falaises rocheuses. Ce suivi a vocation à être réalisé par les agents du Parc national de Port-Cros.

Il permettrait pour le Parc national de Port-Cros :

- d'acquérir des données scientifiques fondamentales à l'échelle du territoire du Parc national et en cohérence avec les réseaux régionaux et nationaux ;
- de mettre en regard à l'échelle locale et d'adapter si besoin, les différentes pratiques de gestion et d'aménagement développées sur le territoire du Parc ;
- d'être en mesure de pouvoir communiquer sur cette thématique actuelle.

La mise en place d'un suivi en interne permettrait d'avoir un protocole standardisé, homogène, réalisé à des fréquences régulières par les agents sur les secteurs du Parc national de Port-Cros. Les méthodologies mises en œuvre seront également proposées aux communes adhérentes.

Le Parc national de Port-Cros souhaiterait acquérir des données sur :

- les mouvements sédimentaires des plages (érosion et accrétion) ;
- l'érosion sur les arrières plages (stigmates de tempêtes, etc.) ;
- l'évolution du trait de côte (pas uniquement la limite atteinte par l'eau mais aussi la rupture de pente sous-marine, le pied de falaise ou pied de dune) ;
- l'évolution des banquettes de Posidonie ;
- l'érosion des falaises.

Trois secteurs prioritaires pour le développement de ce suivi ont été identifiés :

- sur l'île de Port-Cros :
  - les plages du Sud et de La Palud, plages emblématiques et fortement fréquentées,
  - le fond de l'anse portuaire, où des données sur ce secteur permettraient d'optimiser les choix de gestion (problématique ponton type digue, piste du village au manoir, remblais dans le cheminement de la roselière),
  - une zone de falaise rocheuse à définir, en fonction de l'historique des instabilités et des conditions d'accès ;
- sur l'île de Porquerolles :
  - les plages d'Argent et du Bon Renaud, au nord-ouest,
  - la plage de la Courtade,
  - une zone de falaise rocheuse à définir, en fonction de l'historique des instabilités et des conditions d'accès ;
- sur la Presqu'île de Giens, il s'agira d'identifier des zones peu ou pas étudiées par la commune d'Hyères :
  - zones de plages sur l'ouest de Giens où le PNPC est gestionnaire des terrains (domaine des chevaliers et plage des Darboussières),
  - une zone de falaise rocheuse à définir, en fonction de l'historique des instabilités et des conditions d'accès.

### 1.3. PLAN DU RAPPORT

Le présent rapport rend compte de l'expertise menée par la Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur du BRGM sur les plages et falaises côtières sur le périmètre du Parc national de Port-Cros pour déterminer les secteurs sur lesquels la mise en place d'un suivi s'avère nécessaire et/ou intéressant.

Des propositions d'actions à mener en termes de méthodes et de fréquence de suivi sont faites pour chacun des sites. Ils sont discutés avec les agents du PNPC pour les adapter aux contraintes de celui-ci en termes de moyens matériels et de ressources humaines.

Il est organisé de la façon suivante :

- la première partie traite de la méthodologie générale de suivi du trait de côte (quelles méthodes ? quels objectifs ?) et des outils de bancarisation et capitalisation des informations liées à l'impact des tempêtes remontées par des observateurs de terrain. Ce chapitre fait l'objet de supports de la formation dispensée par le BRGM aux agents du Parc sur cette thématique ;
- la seconde partie présente l'expertise de terrain réalisée sur les plages du PNPC ;
- la troisième partie se consacre aux éléments d'expertise sur les falaises côtières du PNPC.



## 2. Le suivi du trait de côte

Le suivi de l'évolution du trait de côte à l'échelle locale ou régionale comporte deux échelles spatiales et temporelles complémentaires :

- le suivi moyen et long-terme : c'est l'acquisition systématique de données sur le temps long (mois, année) pour essayer de comprendre, d'identifier, de modéliser et de prévoir les processus naturels ou anthropiques qui permettent d'expliquer et qui contrôlent l'évolution du littoral, plages ou falaises rocheuses ;
- le suivi évènementiel à court-terme : c'est l'acquisition des données avant et/ou après une tempête, qui est le phénomène majeur qui contrôle l'évolution des plages, et dont les effets peuvent être transitoires et réversibles.

Bien que les méthodologies d'acquisition de données à ces deux échelles peuvent être similaires, c'est la démarche de l'observatoire qui doit intégrer l'aspect évènementiel dans sa programmation d'acquisition. Ainsi, s'il est plus facile de mobiliser des personnels en planifiant un levé par an par exemple. En revanche la mobilisation avant ou après une tempête, dont la survenue est connue quelques jours avant, nécessite une réactivité et donc une organisation *ad hoc*.

### 2.1. MÉTHODES DE SUIVI DU TRAIT DE CÔTE

Ce point fait l'objet d'une formation dispensée par le BRGM aux personnels du PNPC. Le diaporama est disposé en Annexe 1.

Cette formation est basée sur l'expérience du BRGM dans ce domaine, et est issue en particulier des rapports suivants<sup>1</sup> :

- rapport BRGM/RP-60616-FR - Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – MEDDE/DGALN 2012 (Mallet *et al.*, 2012) ;
- rapport BRGM/RP-65919-FR - Opportunité d'un observatoire du trait de côte en région PACA - Inventaire des démarches de suivi - DREAL PACA 2016 (Stéphanian, 2016) ;
- rapport BRGM/RP-68373-FR - Réseau d'Observation du Littoral de la Corse – Compte rendu de la campagne 2017 - Office de l'Environnement de la Corse (Laignre *et al.*, 2018) ;
- rapport BRGM/BRGM/RP-68515-FR - Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT : rapport technique d'année 5 - CA Perpignan Méditerranée Métropole (Bossennec et Palvadeau, 2018).

### 2.2. REMONTÉE D'INFORMATIONS SUR LES IMPACTS DES TEMPÊTES

Le BRGM a développé dans le cadre de l'Observatoire Régional des Risques Majeurs<sup>2</sup> en Provence-Alpes-Côte d'Azur des outils pour anticiper la mobilisation des équipes et permettre la remontée de l'information acquises sur le terrain, après une tempête pour décrire les impacts des tempêtes et capitaliser les informations à travers une base de données tempête :

- un système d'activation de veille pour mobiliser les équipes avant l'évènement ;
- une base de données pour renseigner les dégâts recensés après l'évènement.

---

<sup>1</sup> Les rapports BRGM sont téléchargeables sur [www.infoterre.fr](http://www.infoterre.fr).

<sup>2</sup> <http://observatoire-regional-risques-paca.fr>

### 2.2.1. Protocole d'activation avant la tempête

Un déclenchement automatique est basé sur une routine informatique qui accède à un modèle de prévision de houle à 3 jours et qui envoie un message électronique aux membres du réseau tempête si le seuil de  $H_s = 3$  m est atteint ou dépassé<sup>3</sup>. Cette routine pointe en permanence vers le serveur ftp du modèle espagnol des Puertos del Estado.

Ce modèle est implémenté à l'échelle de la Méditerranée occidentale et génère les prévisions de vagues (hauteur, période, direction) parmi d'autres paramètres océanographiques (Illustration 2).

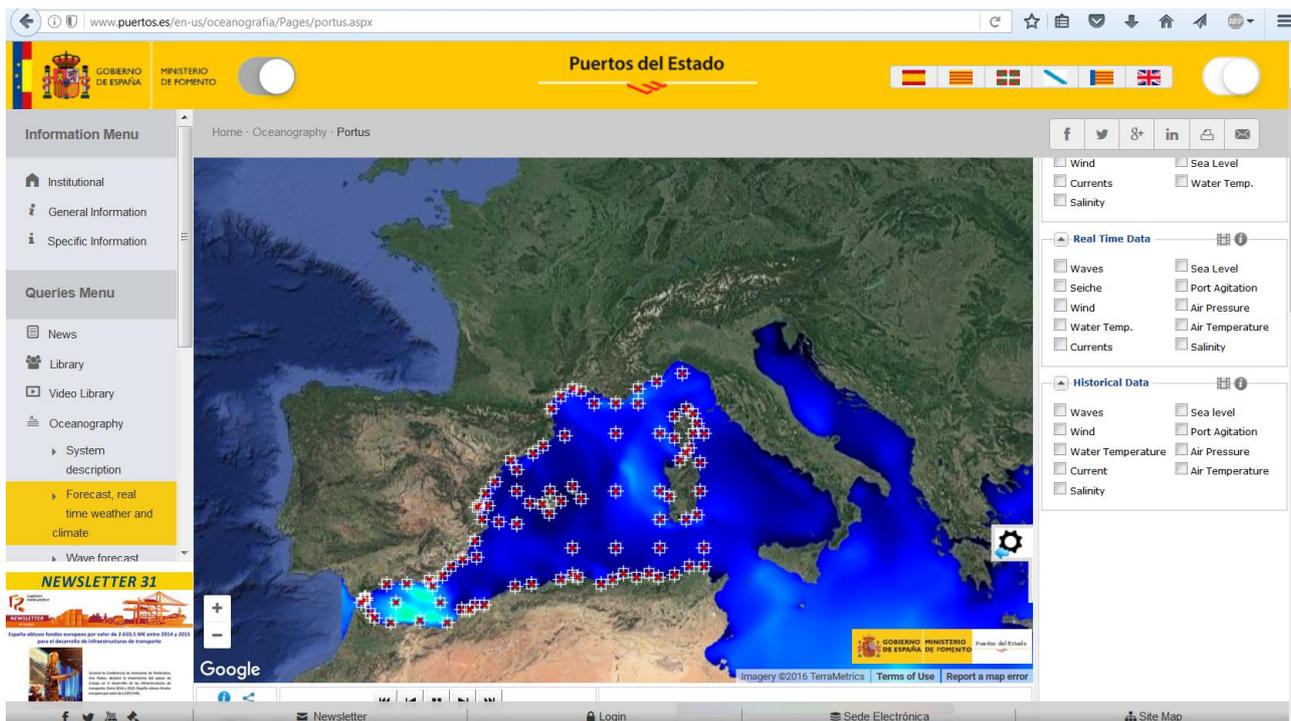


Illustration 2 - Page d'accueil du site internet de la houle espagnol (source : [www.puertos.es](http://www.puertos.es)).

La correspondance entre les données issues des sorties de modèle et celles issues des observations du réseau CANDHIS ont été réalisées sur le Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes Côte d'Azur. Elle montre une bonne représentativité des conditions hydrodynamiques avec cependant une légère surestimation des conditions notamment lorsque les mesures des hauteurs significatives ne dépassent pas 2 mètres.

Ainsi, 2 à 3 jours avant un évènement, des observateurs de terrain (agents du Parc National, par exemple) reçoivent ce message et peuvent ainsi se préparer, et s'organiser pour réaliser leurs observations après l'évènement.

### 2.2.2. Base de données tempête

La base des données sur les tempêtes historiques est consultable sur le site de l'ORRM PACA :

<sup>3</sup>  $H_s$  : Hauteur significative de la houle (en m). Elle correspond à la moyenne des hauteurs du tiers des vagues les plus fortes sur la période d'observation. À partir de 3 m de  $H_s$  au large (sur les côtes méditerranéennes), les impacts à la côte sont très importants en termes d'évolution morphologique des plages (Stéphanian *et al.*, 2016). En 2017 et 2018, ce seuil a été dépassé 5 et 7 fois respectivement.

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

C'est une base de données Postgres qui permet la consultation et la saisie en ligne des informations.

Une formation à l'utilisation de cette base de données est dispensée aux agents du Parc national de Port-Cros pour leur permettre de renseigner leurs observations dans une infrastructure libre et sécurisée.

### **Outil de consultation**

L'interface de consultation des données pointe sur la base en ligne et permet l'affichage, des fiches de tempêtes accessibles par date (Illustration 3).

Un module de sélection donne aussi la possibilité de sélectionner les tempêtes avec des filtres géographiques (littoral régional, département, commune littorale).

L'implémentation html est basée sur une fiche principale dite « Fiche tempête » qui regroupe les informations sur les mesures et les impacts à la commune (déclaration CATNAT notamment) et à partir de laquelle un lien oriente vers les fiches de site plus détaillées contenant les observations (érosion, submersion, impacts sociétaux) et les photos attenantes (Illustration 4).

La base est également une base documentaire avec la possibilité d'y archiver des fichiers types .pdf, .jpeg, .tif (coupure de presse, par exemple).

Les fiches de consultation par tempête sont générées automatiquement dès la création d'une tempête dans la base avec une dynamisation entre la base et la fiche, qui se met à jour dès qu'une information nouvelle est saisie sur la tempête concernée.

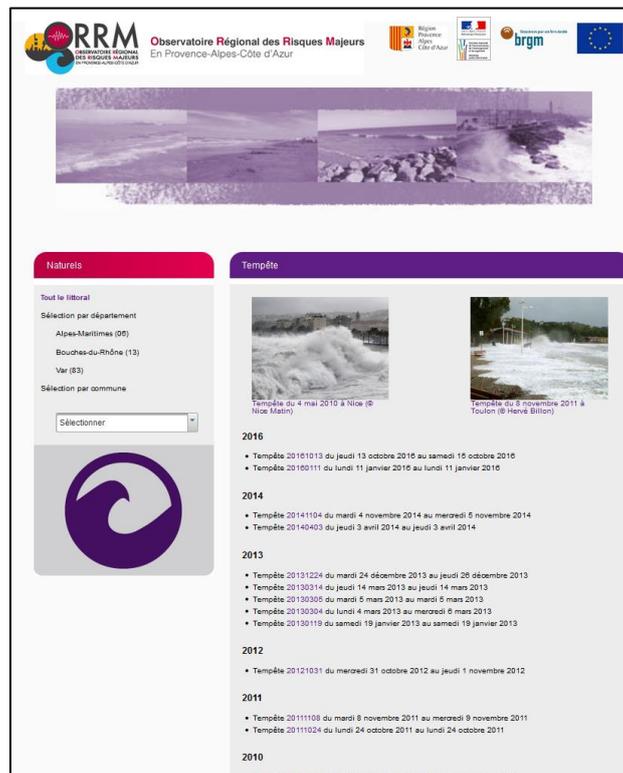


Illustration 3 - Interface de consultation de la BD Tempête PACA (site ORRM).



**20160111** Fiche tempête

**Début de tempête :** 11/01/2016 à 00:00  
**Fin de tempête :** 11/01/2016 à 23:59

**Durée de la tempête :** 23h 59m

**Commentaires :** Vigilance orange "vague submersion" de Météofrance



Accéder aux documents

**Caractéristiques hydrométéorologiques**

**Données de vent (au pic de la tempête)**

Station	Vitesse maximum moyenne	Vitesse maximum instantanée	Direction	Heure	Source

**Données de pression (au pic de la tempête)**

Station	Pression	Heure	Source

**Données de houle (au pic de la tempête)**

Houlographe	Hauteur max	Hauteur significative	Période	Direction	Heure	Source	Commentaire

**Données de niveau d'eau (au pic de la tempête)**

Station	Hauteur max	Surcote	Type de cote	Heure surcote	Heure	Source

**Mesures de précipitation (au pic de la tempête)**

Station	Cumul journalier max.	Heure	Source

**Impacts à la commune**

**Le Pradet**

Dommages

Bâtiments  Bâteaux  Ouvrage de protection  Infrastructure portuaire  Victimes

Autres infrastructures :

Illustration 4 - Exemple de fiche tempête.

### Outil de saisie en ligne

L'outil de saisie en ligne est accessible avec un login et un mot de passe délivré par l'administrateur (BRGM).

- **Profils d'utilisateurs**

L'accès est fonction de profils d'utilisateurs et de droit associés, les principaux sont :

- administrateur ;
- gestionnaire de tempête ;
- gestionnaire de mesure ;
- observateur.

L'administrateur a pour charge la gestion des utilisateurs qui peuvent se connecter à l'application. Il assure la création des comptes, la désactivation (interdire l'accès à un utilisateur) et l'affectation des autorisations selon les profils. Ce rôle est dévolu au BRGM qui assure la gestion des bases de données tempêtes en région Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aquitaine et prochainement Corse.

Le gestionnaire de tempête est la personne habilitée à déclarer une nouvelle tempête et à en modifier ou compléter la description ultérieurement.

Le gestionnaire de mesures est la personne autorisée à renseigner les mesures faites au cours d'une tempête.

L'observateur est la personne pouvant saisir des observations sur l'impact de la tempête. Les observations peuvent respecter le protocole et sont donc établies en des points prédéfinis et remarquables du littoral, mais peuvent également être des observations non contraintes géographiquement. Le dépôt de clichés est également assuré par ce rôle d'observateur.

Les agents du Parc national de Port-Cros sont des observateurs potentiels. Les points d'observations réguliers devront être définis au préalable sur les différents sites, si leur présence se justifie.

- **Utilisation**

Le tutoriel « pas-à-pas » d'utilisation de l'outil de saisie en ligne est disposé dans l'annexe 2.



### 3. Expertise des plages du Parc national de Port-Cros

#### 3.1. PRINCIPE DE L'EXPERTISE

L'expertise de terrain s'est déroulée sur l'île de Port-Cros le 27 février 2019, et le 28 février 2019 sur l'île de Porquerolles et la presqu'île de Giens. La grande majorité des plages a fait l'objet d'une visite avec une reconnaissance générale et un test de relevé de la position du trait de côte à l'aide d'un DGPS topographique (Illustration 5).

Plage	Secteur	Reconnaissance photographique	Levé DGPS RTK
Plage de la Baie de Port Man	Port-Cros	Oui	Non
Plage de la Palud	Port-Cros	Oui	Partiel
Plage de l'Anse Portuaire	Port-Cros	Oui	Complet
Plage du Sud	Port-Cros	Oui	Complet
Plage Notre Dame	Porquerolles	Oui	Partiel
Plage de la Courtade	Porquerolles	Oui	Partiel
Plage d'Argent	Porquerolles	Oui	Partiel
Plage de l'Anse de Bon Renaud	Porquerolles	Oui	Complet
Plage noire du Grand Langoustier	Porquerolles	Oui	Non
Plage du Grand Langoustier	Porquerolles	Oui	Complet
Plage des Darbousnières	Giens	Oui	Non
Plage de la Calanque du Four à Chaux	Giens	Oui	Complet
Plage de la Madrague	Giens	Oui	Complet
Plage de l'Ayguade	Giens	Oui	Complet

*Illustration 5 - Liste des plages expertisées sur le périmètre du Parc national de Port-Cros.*

Chaque plage a été parcourue pour une reconnaissance géomorphologique et une couverture photographique. Un relevé des indices d'érosion de la plage et des falaises en arrière plage a été réalisé. La présence de banquettes de posidonies, et leur position sur la plage, a été également notée.

Des levés de la position du trait de côte (critère berme et/ou limite plage-mer) ont été effectués à l'aide d'un DGPS cinématique Trimble R6 en mode RTK (Real Time Kinematics). Les positions du DGPS sont déterminées en temps réel, à l'aide du service ORPHEON<sup>4</sup>, qui permet de disposer des corrections de positionnement, par réseau GSM, depuis des bases fixes. Ces tests ont permis de tester la possibilité d'un levé DGPS RTK avec ce système sur les différentes plages, avec différents résultats :

<sup>4</sup> <http://reseau-orpheon.fr/>

- non : pas de réception des corrections ORPHEON sur la totalité de la plage (en raison du relief et de la distance des bases situées sur le continent) ;
- partiel : réception et acquisition des points sur une partie de la plage mais pas la totalité (généralement au centre de l'anse dans laquelle s'est développée la plage de poche) ;
- complet : acquisition sur la totalité du linéaire de l'anse.

Le levé DGPS consiste à suivre un critère géomorphologique reconnu comme marqueur du trait de côte, tout le long de la plage (Illustration 6).



*Illustration 6 - Suivi de la position du trait de côte sur la plage de l'Anse portuaire (Port-Cros).*

Le critère retenu est la position de la berme de basse plage (la plus récente, ou à défaut de la ligne de rivage) qui correspond au niveau moyen de l'eau en période calme ou « trait de côte moyen » (Laigre *et al.*, 2018). Morphologiquement, la berme de basse plage est très comparable au « trait de côte » relevé sur les données issues de l'analyse des photographies aériennes du SHOM et/ou de l'IGN.

Lorsque les données DGPS sont disponibles, elles sont reportées sur un fond cartographique, avec les données préexistantes (sur Giens et Porquerolles), produites par le BRGM dans l'étude Risques Naturels Littoraux pilotée par le SCoT Provence-Méditerranée (Stéphanian *et al.*, 2015). Sur Port-Cros, où le travail précédent n'a pas été menée, les données acquises sont reportées sur un fond de carte de 2011 (orthophotographie 2011) et sur un fond orthophotographique de 1924). Cela permet d'évaluer de manière qualitative la variation de position du trait de côte (mobilité) à des échelles de temps longues pour objectiver et quantifier les tendances évolutives perçues par différents acteurs et gestionnaires.

Les observations géomorphologiques et les relevés DGPS sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Il faut retenir que les conditions d'observations les 27 et 28 février 2019 se sont déroulées dans des conditions météorologiques clémentes, avec des pressions atmosphériques fortes, et à l'issue d'une période hivernale 2018-2019 marquée régionalement par de fréquents épisodes de vents de secteur nord (Mistral) et de hautes-pressions.

Ceci joue un rôle important sur le niveau de la mer lors de l'expertise, qui est plus bas qu'à la normale, mais également sur la morphologie des plages orientées vers le nord, qui ont été exposées à des coups de vents, et les observations qui y sont faites rendent compte de cette exposition. De manière idéale, les levés ultérieurs devraient être réalisés hors périodes de dépression ou d'anticyclone marqués, mais cela est compliqué à anticiper. Des relevés des niveaux d'eau, en même temps que les levés topographiques, sur le réseau de capteurs présents dans la rade d'Hyères, peuvent être également utilisés pour contraindre les incertitudes de positionnement de la ligne de rivage liées aux fluctuations du plan d'eau (Rey *et al.*, 2018)<sup>5</sup>.

### 3.2. LES PLAGES DE PORT-CROS

Sur Port-Cros, les plages sont des plages de poche de petite taille (50-100 m de linéaire), situées au fond d'anses rocheuses (Illustration 7).



Illustration 7 - Carte des sites de Port-Cros. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS.

#### 3.2.1. Plage de la Baie de Port Man

La plage de Port-Man est située en fond de baie. C'est une anse sableuse bordée en arrière plage par une zone humide avec une roselière (Illustration 8 et Illustration 9).

En février 2018, la plage est étroite (3-5 m), avec des banquettes de posidonies (0,5 m d'épaisseurs en moyenne qui montrent des falaises d'érosion le jour de la visite de terrain (Illustration 9).

<sup>5</sup> [https://www.paralia.fr/ingcgc/15\\_97\\_rey.pdf](https://www.paralia.fr/ingcgc/15_97_rey.pdf)



*Illustration 8 - Plage de Port-Man (Port-Cros).*



*Illustration 9 - Plage de Port-Man (Port-Cros), vue vers l'est.*

Sur la partie ouest de la plage, l'érosion chronique du rivage se caractérise par une microfalaise dans la haute plage, qui affecte des tamaris exposés au retrait du rivage, et qui à terme vont être déchaussés (Illustration 10).



*Illustration 10 - Plage de Port-Man (Port-Cros), vue vers l'ouest.*

Concernant les suivis morphologiques possibles :

- pour des levés DGPS précis, les tests n'ont pas permis de disposer des corrections du service ORPHEON, mais la mise en place d'une base de référence locale est possible ;
- la présence d'aménagements fixes (ponton au centre de la plage, cale béton à l'est) permettrait de disposer de points de référence sur la plage pour comparer des séries de photographies obliques depuis des points fixes de part et/ou d'autre de la baie.

### **3.2.2. Plage de la Palud**

La plage de la Palud est également bordée par une zone humide avec roselière et tamaris, exposée elle aussi au recul du trait de côte et soumise à l'érosion à court terme (Illustration 11). Lors de la visite de terrain, des banquettes de posidonies étaient présentes dans la partie sud.

D'après les agents du Parc, on note que le centre de la baie est particulièrement soumis à l'érosion au niveau des tamaris, dont plusieurs individus ont été déchaussés par le recul du trait de côte dans les 10 dernières années.

Sur cette plage, la réception des signaux de corrections DGPS ORHEON est partielle et concentrée au niveau du centre de la baie (Illustration 12). Le levé DGPS montre que, par rapport à la situation de 2011 (fond cartographique BD HR IGN 2011), le recul est particulièrement prononcé sur ce secteur (de l'ordre de 5 à 10 m). Cette évolution très significative justifie pleinement la mise en place d'un suivi sur cette plage, et de préférence avec un système de relevé précis (DGPS RTK).



Illustration 11 - Plage de la Palud (Port-Cros).

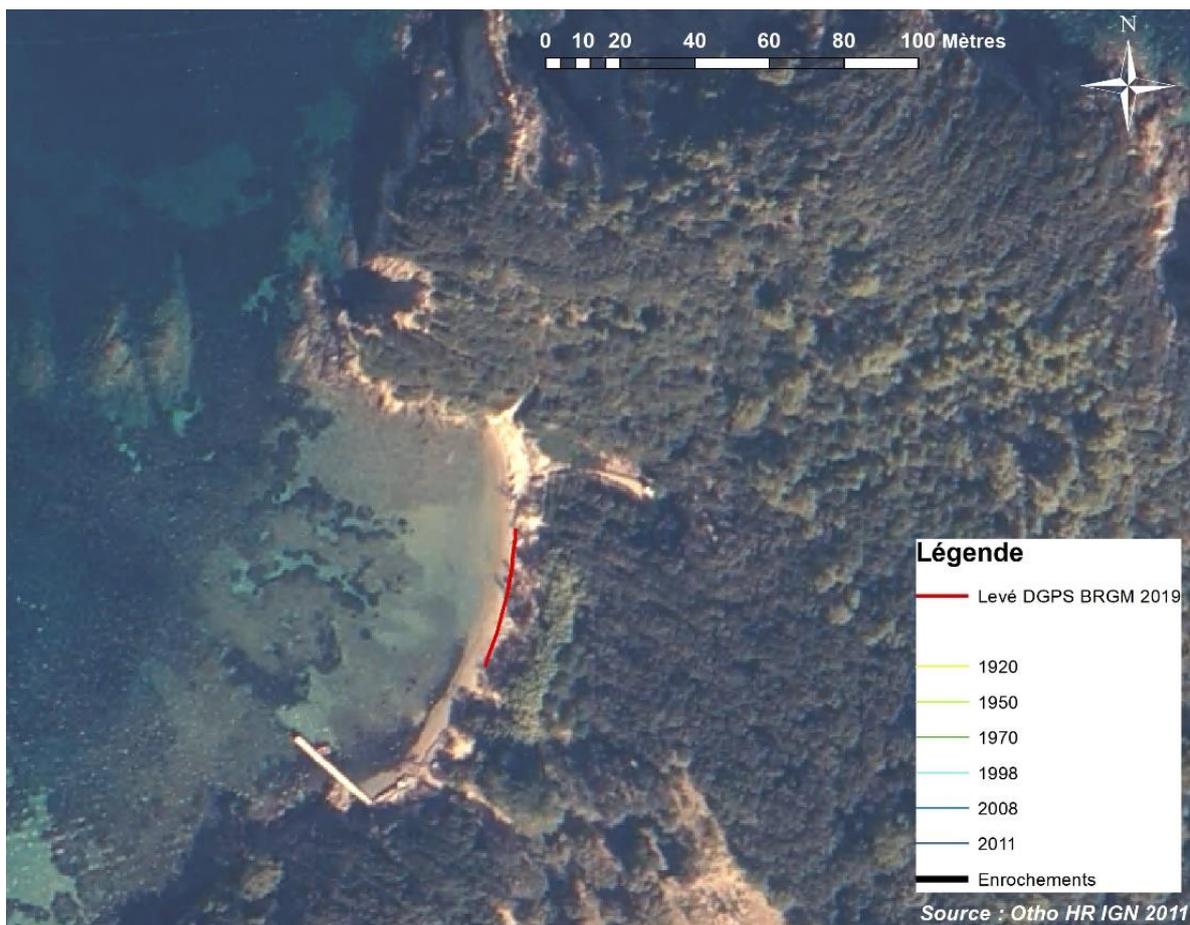


Illustration 12 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de la Palud.  
Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stéphanian et al., 2015).

### 3.2.3. Plage de l'Anse Portuaire

Cette plage est située en fond de baie. Elle est constituée de deux tronçons individualisés par un ponton-digue (Illustration 13) :

- une partie au nord, sablo-graveleuse, en amont d'une dérive littorale résiduelle nord-sud, attestée par l'accumulation sur le flanc nord du ponton (Illustration 14) ;
- une partie au sud, sableuse, constituée de matériaux plus fins, avec une zone humide en arrière-plage (Illustration 15). En 2018, des banquettes de posidonies se sont déposées sur ce secteur.

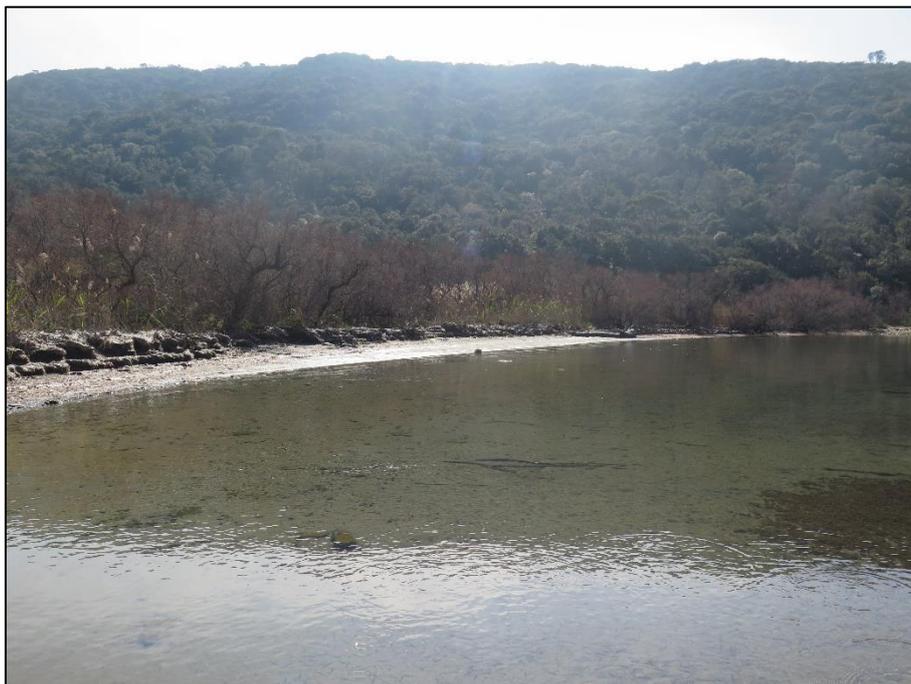


Illustration 13 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de l'Anse portuaire.  
Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian et al., 2015)

La réception des corrections ORHEON est opérationnelle sur l'ensemble du linéaire de cette plage et permet donc sa couverture complète par le levé DGPS. Celui-ci montre que la position actuelle est comparable à celle de 2011 (en position avancée pour la partie nord).



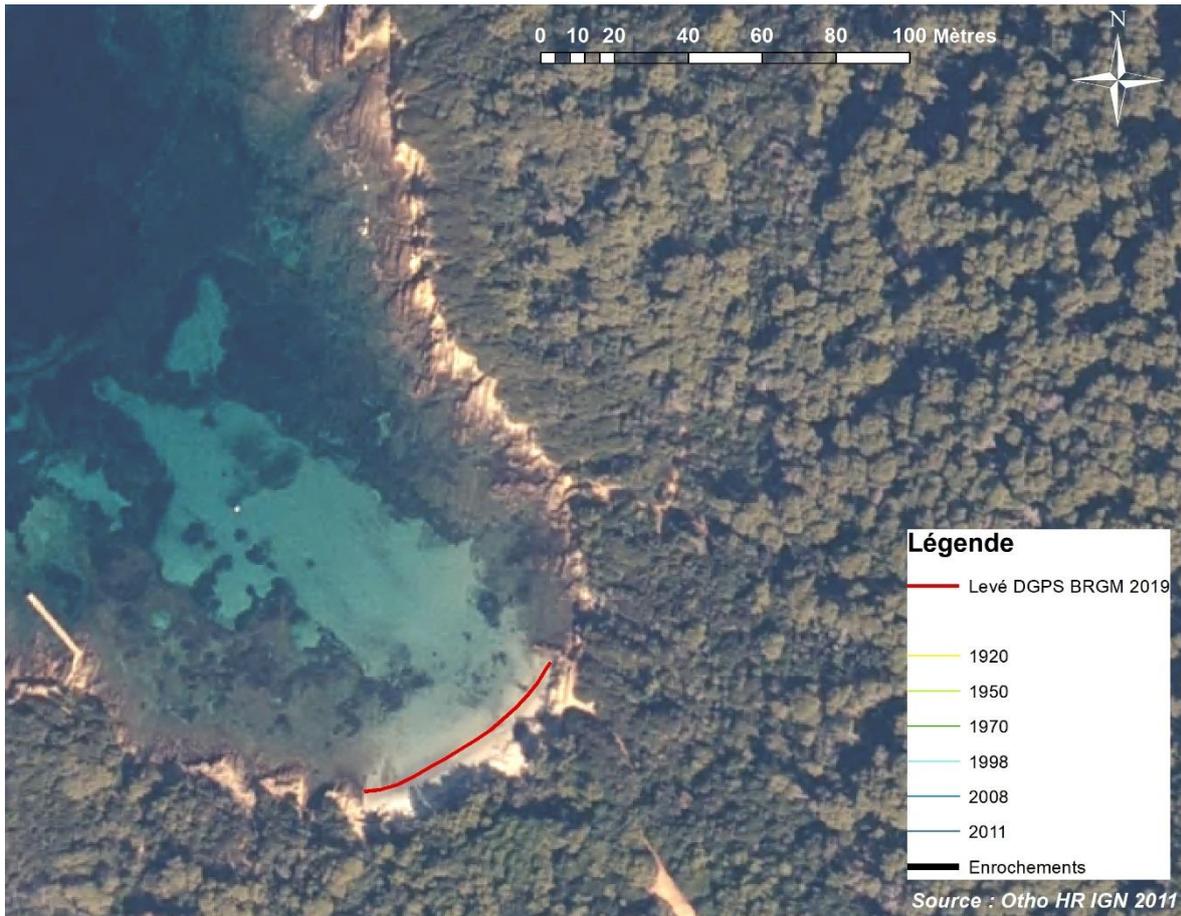
*Illustration 14 - Plage de l'Anse portuaire (Port-Cros) - Au nord du ponton de cale de mise à l'eau.*



*Illustration 15 - Plage de l'Anse portuaire (Port-Cros) - Au sud du ponton de cale de mise à l'eau.*

#### **3.2.4. Plage du Sud**

Cette plage emblématique de Port-Cros est une petite anse sableuse en fond de baie rocheuse (Illustration 16 et Illustration 17).



*Illustration 16 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage du sud.  
Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian et al., 2015).*



*Illustration 17 - Plage du sud (Port-Cros).*

Le relevé par DGPS RTK est disponible sur tout le linéaire de cette plage (ORHEON opérationnel). La position du trait de côte en 2018 est en position légèrement avancée par rapport à 2011 (Illustration 16). La géométrie très fermée de la baie tend à renforcer l'idée que les fuites de sables de part et d'autre de la baie sont nulles, et que les évolutions morphologiques se font à budget constant à l'échelle de la plage, émergée et immergée. Les herbiers de posidonies limitent les pertes sédimentaires vers le large et contraignent les sables érodés de la plage dans les petits fonds, où ils sont susceptibles d'être remobilisés pour l'alimentation de la plage.

Des banquettes de posidonies importantes (0,5 - 1 m d'épaisseur) sont présentes lors de l'expertise terrain (Illustration 18). On note également que le haut de plage est occupé par une rangée de ganivelles qui protègent un mur constitué de pierre de la désstabilisation et dégradation par la fréquentation (Illustration 19).



*Illustration 18 - Plage du Sud - Ganivelles en haute plage et banquettes de posidonies.*

Ce muret dont le linéaire couvre la quasi-totalité de la plage, protège l'arrière-plage boisé des impacts des vagues en tempête. Il est affecté lui-même par endroits, par des désordres, suite à ces impacts (Illustration 19).

Ce mur est sujet de questionnements relatifs à son rôle dans la dynamique sédimentaire de la plage, en empêchant l'érosion des sables de l'arrière-plage, et par conséquent à sa contribution à la réserve sédimentaire de la baie.

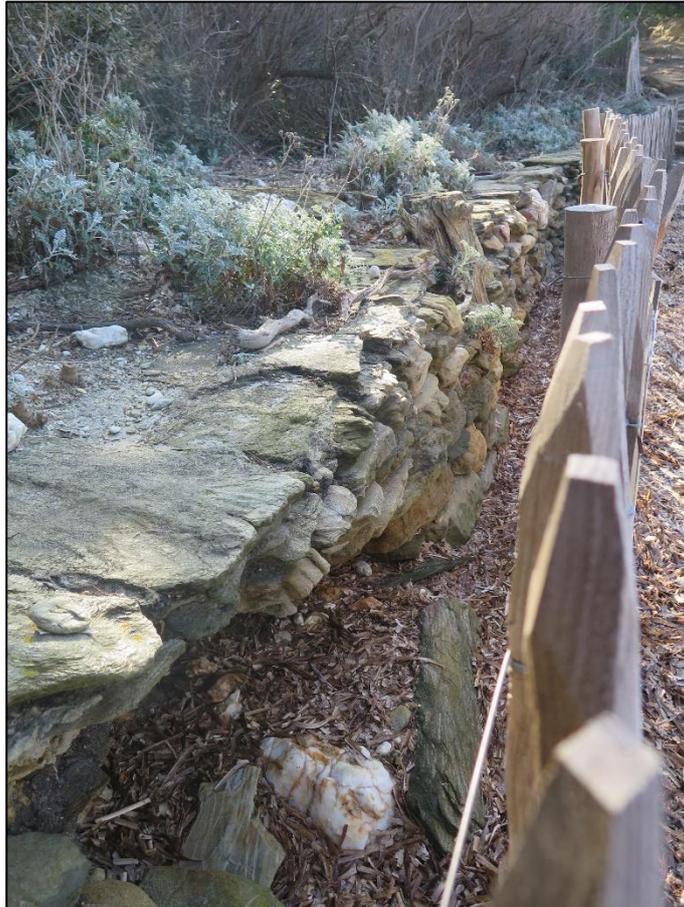


Illustration 19 - Plage du Sud - Muret en pied en haute plage protégé par les ganivelles.

### 3.3. LES PLAGES DE PORQUEROLLES

Les plages expertisées sur Porquerolles sont reportées sur l'illustration 20.



Illustration 20 - Carte des sites de Porquerolles. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS.

Les plages de Porquerolles sont des plages de poche de plus grande ampleur que celle de Port-Cros (100-500 m). Elles diffèrent également en raison de leur arrière-plage qui est le plus souvent constitué par des falaises quaternaires meubles avec des blocs et/ galets (terrasses alluviales glacières du Würm), avec un cordon dunaire est parfois présent, alors que celles de Port-Cros (Port Man, La Palud, Anse portuaire) sont situés au-devant de zones humides plus plates sur lesquelles se développent une végétation de type roselière et tamaris.

La relation plage falaise est ici étroite : les plages sableuses adossées à ces falaises les protègent de l'action érosive des vagues et les falaises sont source de sédiments fins (sables, sables fins) et des galets à la plage.

### 3.3.1. Plage Notre Dame

La plage de Notre Dame est une plage emblématique de l'île de Porquerolles de 500 à 600 m de long et de 10 à 20 m de large (Illustration 21).



*Illustration 21 - Plage Notre-Dame (Porquerolles) - vue vers l'ouest.*

Elle est bordée en arrière plage par des falaises meubles (Illustration 22) et par endroits, par des cordons dunaires résiduels, avec une pinède associée (Illustration 23). La quasi-totalité du linéaire de haute plage est protégé par des ganivelles et/ou barrières de régulation de la fréquentation et de protection de la flore d'arrière-plage.

Lors de la visite de terrain, les banquettes de posidonies sont concentrées sur la partie ouest de la plage (Illustration 22). Les indices d'érosion sont essentiellement visibles sur les falaises meubles qui enregistrent les impacts des vagues de tempêtes, avec un profil de falaise pseudo-vertical (Illustration 22).



*Illustration 22 - Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Falaises quaternaires à l'Extrémité est.*



*Illustration 23 - Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Cordons dunaires résiduels en arrière-plage.*



*Illustration 24 - Plage Notre-Dame (Porquerolles) - Banquettes de posidonies à l'extrémité ouest.*

Sur cette plage, les corrections du service ORPHEON, ne fonctionnent pas et aucun levé DGPS RTK n'a pu être effectué lors de la visite.

### **3.3.2. Plage de la Courtade**

La plage de la Courtade est une grande plage de Porquerolles, d'environ 600 m de long, bordée en arrière-plage par une falaise meuble sur laquelle se développe une végétation arborée (Illustration 25).

Les indices d'érosion constatés lors de la visite de terrain sont localement des microfalaises d'érosion qui marquent l'impact des dernières grosses vagues (Illustration 26), et plus généralement sur l'ensemble du linéaire, les profils verticaux des falaises meubles, dont le pied est protégé par des barrières et des ganivelles en haut de plage (Illustration 26, Illustration 27).

Comme sur la plage de Notre Dame, les banquettes de posidonies se concentrent sur l'extrémité ouest de la plage, dans une zone de calme, à proximité du cap rocheux (Illustration 28).



*Illustration 25 - Plage de La Courtade (Porquerolles), vue vers l'ouest.*



*Illustration 26 - Plage de La Courtade (Porquerolles), micro-falaise d'érosion sur la haute-plage.*



*Illustration 27 - Plage de La Courtade (Porquerolles), barrière de protection de la falaise, vue vers l'ouest.*



*Illustration 28 - Plage de La Courtade (Porquerolles), banquettes de posidonies au niveau de la berme et panache de feuilles sur l'avant-plage.*

Sur cette plage, le levé DGPS RTK a été possible sur la partie ouest (pas de connexion ORPHEON sur la partie est). La position du trait de côte sur cette partie est très comparable avec les données antérieures (Illustration 29), à l'exception du centre de la plage, où le trait de côte 2019 est en légèrement en retrait par rapport aux positions de 1920 et 1950.



Illustration 29 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage de la Courtade.  
Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian et al., 2015).

### 3.3.3. Plage d'Argent

La plage d'Argent est une plage d'environ 300 m de long et d'une largeur de 10-12 m au maximum à l'est (Illustration 30) et 1 à 2 m au minimum au niveau des enrochements vers l'extrémité ouest (Illustration 31, Illustration 32). L'arrière-plage est constituée de falaises meubles, protégées par des enrochements assez chaotiques, qui traduit leur exposition aux fortes vagues et leur non-entretien.



*Illustration 30 - Plage d'Argent (Porquerolles), panache de feuilles de posidonies sur l'avant-plage, vue vers l'est.*



*Illustration 31 - Plage d'Argent (Porquerolles), vue vers l'ouest. Enrochements en haute plage.*



Illustration 32 - Plage d'Argent (Porquerolles), vue vers l'ouest. Mur en enrochements en haute plage.

La réception des corrections ORPHEON est partielle sur la plage et seuls quelques tronçons ont pu être levés au DGPS RTK (Illustration 33). Le trait de côte à l'extrémité Est dans la courbure de la côte est en position avancée par rapport aux positions récentes (2011), et dans une position similaire aux données de 1920 et 1950.

Plus vers l'ouest, la position du trait de côte sur les différents tronçons est comparable avec la gamme des positions connues antérieurement.



Illustration 33 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage d'Argent et de l'Anse du Bon Renaud. Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stéphanian et al., 2015)

### 3.3.4. Plage de l'Anse de Bon Renaud

L'anse du Bon Renaud est une petite anse au nord-ouest de la plage d'Argent.

La plage est sablo-graveleuse, avec des banquettes de posidonies très massives, disposées en « escaliers » successifs, le jour de l'expertise (Illustration 34 et Illustration 35). L'arrière-plage est constituée de falaises rocheuses dures (phyllades), avec un cheminement aménagé pour l'accès à la plage.

La position du trait de côte a été levé de manière complète sur cette plage au DGPS RTK et elle se trouve en situation avancée par rapport aux données antérieures (Illustration 33).



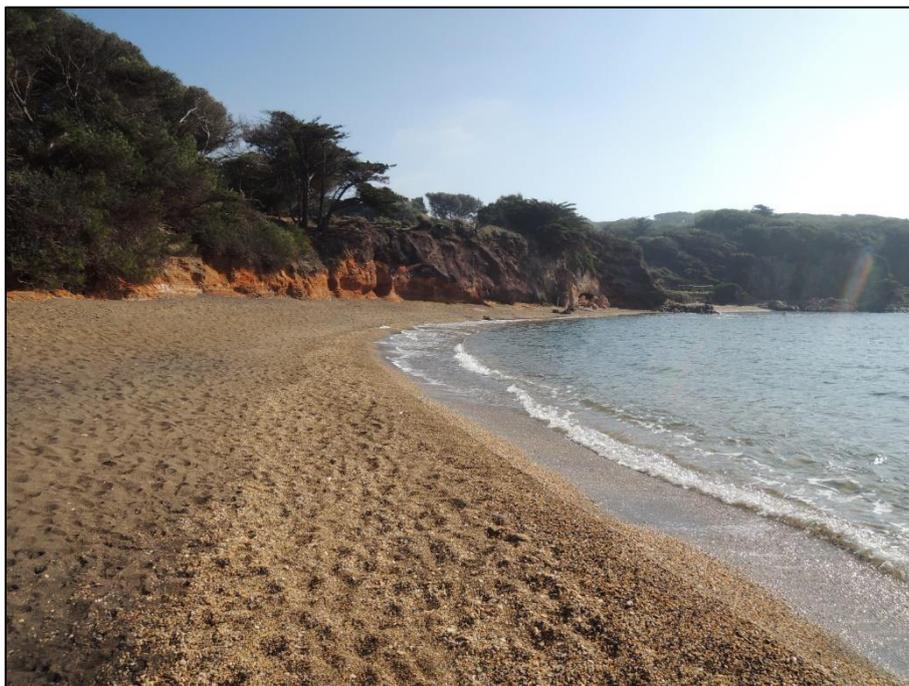
*Illustration 34 - Plage de l'Anse de Bon Renaud (Porquerolles), vue vers l'ouest.  
Les banquettes de posidonies sont en escalier sur la plage de graviers.*



*Illustration 35 - Plage de l'Anse de Bon Renaud (Porquerolles), vue vers l'est.*

### 3.3.5. Plage noire du Grand Langoustier

Cette plage est située au sud de l'isthme du Langoustier. C'est une plage large (15-20 m) bordée par des falaises meubles et des affleurements rocheux (Illustration 36 et Illustration 37). Elle est constituée de sables et graviers avec des apports de matériel issus de la dégradation des falaises par l'érosion de celles-ci.



*Illustration 36 - Plage noire du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'est.*



*Illustration 37 - Plage noire du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'ouest.*

La liaison au réseau ORPHEON n'est pas opérationnel sur cette plage, aussi elle n'a pas fait l'objet d'un levé DGPS RTK.

### 3.3.6. Plage du Grand Langoustier

La plage du Grand Langoustier est située au nord de l'isthme du langoustier. C'est une plage constituée principalement de sables fins, avec un arrière-plage composite (falaises rocheuses à l'est, cordon dunaire au centre et falaise meuble/sols à l'ouest ; cf. Illustration 38 à Illustration 40)



*Illustration 38 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), vue vers l'est.*



*Illustration 39 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), aménagement du cordon dunaire résiduel au centre de l'anse*



*Illustration 40 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), érosion de la falaise meuble en arrière-plage.*

La partie ouest subit une érosion chronique. Elle se traduit par l'attaque de la falaise meuble avec un risque de déchaussement des arbres (Illustration 40). La plage est affectée périodiquement par des vagues de tempêtes qui participent à cette érosion, mais constituant également des banquettes de posidonies à des altitudes élevées sur les falaises ou sur le cordon dunaire (Illustration 41).



*Illustration 41 - Plage du Grand Langoustier (Porquerolles), amas de posidonies déposées par les vagues de tempêtes sur l'arrière-plage.*

Le long de la plage la réception des corrections ORPHEON est opérationnelle aussi, la position du trait de côte a pu être relevée au DGPS RTK (Illustration 42). Sa position actuelle est très similaire à celle de 2011 (fond ortho-photographique).



Illustration 42 - Synthèse des données de position du trait de côte sur la plage du Langoustier.  
Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stéphanian et al., 2015)

### 3.4. LES PLAGES DE LA PRESQU'ÎLE DE GIENS

Les plages de la presqu'île de Giens qui ont fait l'objet de l'expertise sont les plages du Parc des Chevaliers situé sur l'ouest de Giens et la plage des Darboussières, sous la gestion conjointe du Parc national de Port-Cros et de la métropole Toulon-Provence Méditerranée (Illustration 43).

Sur ces plages, à l'exception de celle des Darboussières, la réception des corrections ORPHEON est correcte, et les levés de trait de côte au DGPS en mode RTK ont pu être réalisés.

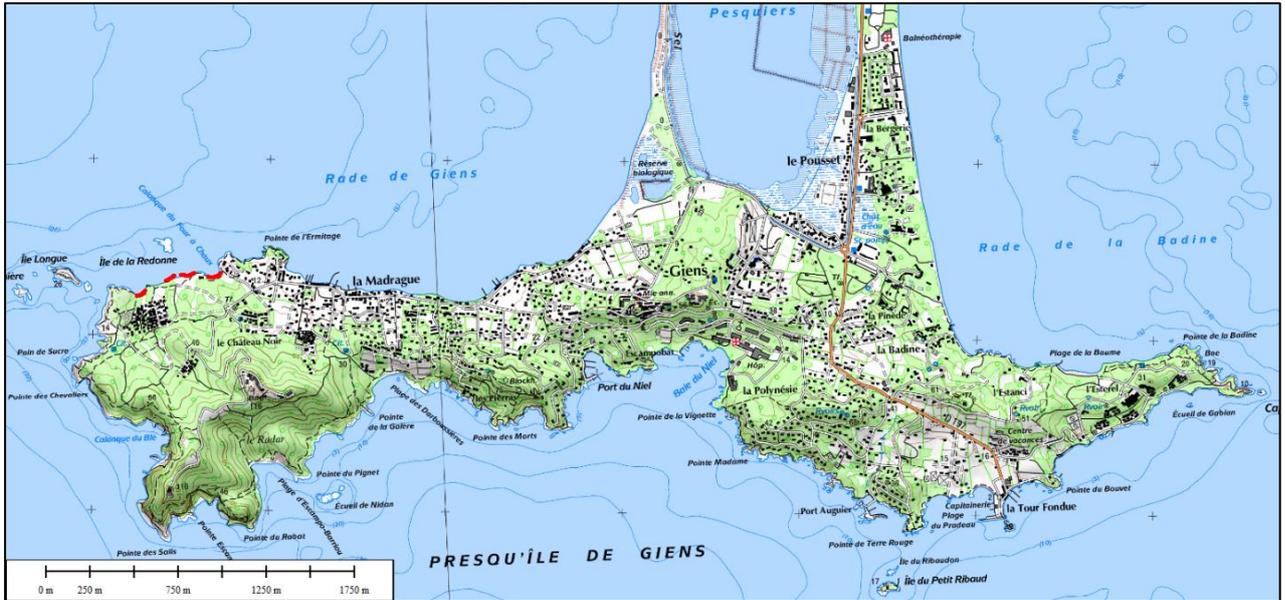


Illustration 43 - Carte des sites de la Presqu'île de Giens. En rouge, les linéaires qui ont fait l'objet d'un levé DGPS.

### 3.4.1. Plage des Darboussières

La plage des Darboussières est une petite plage sablo-graveleuse accolée aux falaises rocheuses. Elle est très étroite, sujette à des dépôts massifs de posidonies (Illustration 44).

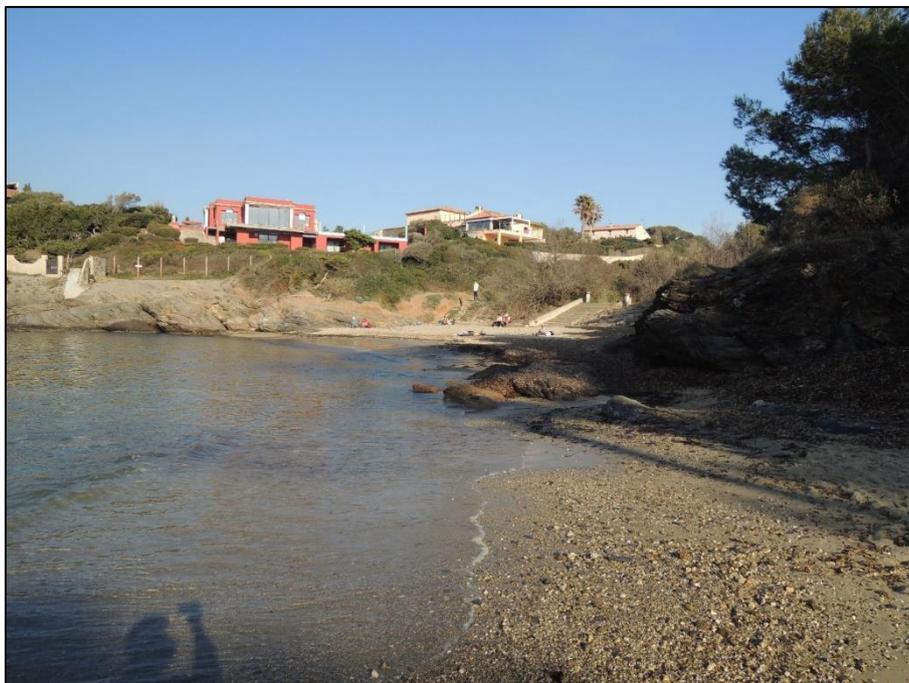


Illustration 44 - Plage des Darboussières (Giens), banquettes de posidonies.

Sa situation très proche des falaises ne permet pas de capter les corrections du réseau ORPHEON et le relevé de la position du trait de côte n'a donc pas pu être réalisé.

### 3.4.2. Plage de la Calanque du Four à Chaux

C'est une petite plage sableuse au cœur de l'anse rocheuse de la calanque, bordée par des falaises rocheuses (Illustration 45 et Illustration 46).



*Illustration 45 - Plage de la Calanque du Four à Chaux (Giens), vue vers l'est.*



*Illustration 46 - Plage de la Calanque du Four à Chaux (Giens), vue vers l'ouest.*

L'illustration 47 montre les positions du trait de côte entre la calanque du four à chaux et la plage de l'Aiguade.

Sur la calanque du Four à chaux, les évolutions du trait de côte sont minimales depuis 1920 et la morphologie générale du littoral est très stable.



Illustration 47 - Synthèse des données de position du trait de côte sur les plages de la Calanque du four à chaux, de la Madrague, et de l'Aiguade (d'est en ouest). Source : cette étude et données SCoT PM / BRGM (Stépanian et al., 2015)

### 3.4.3. Plage de la Madrague

La plage de la Madrague est un bourrelet sédimentaire, sablo-graveleux, avec une forte proportion de galets, qui est la racine d'un pseudo-tombolo sous-marin qui relie Giens avec l'île de la Redonne (Illustration 48). L'arrière-plage est constitué de falaises meubles quaternaires, dont le talus de pied est protégé par des ganivelles (Illustration 49).

L'évolution du trait de côte est peu dynamique, conformément aux données du trait de côte qui montre une relative stabilité au cours du temps (Illustration 47). La dynamique du trait de côte et de la plage réagit ici probablement directement en interaction avec celle du tombolo sous-marin.



*Illustration 48 - Plage de la Madrague (Giens), vue vers l'ouest.*



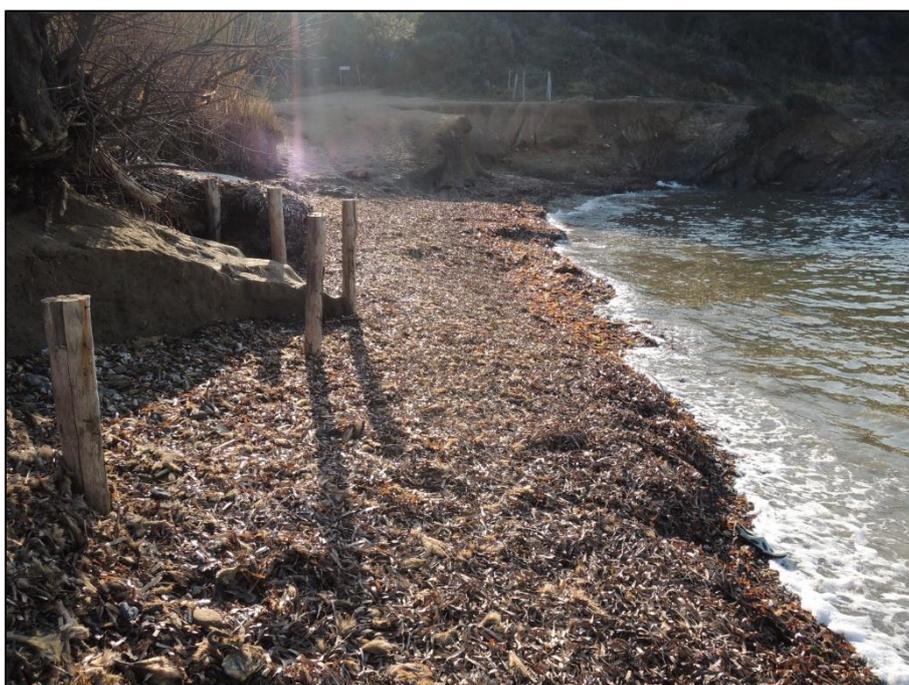
*Illustration 49 - Plage de la Madrague (Giens), vue vers l'est.*

#### **3.4.4. Plage de l'Ayguade**

La plage de l'Ayguade est une petite anse sableuse bordée par une falaise meuble arborée (Illustration 50). Elle est le lieu de dépôts massifs de posidonies (Illustration 51), dont une banquette est restée très longtemps en place, avant d'être érodée récemment. On observe la banquette résiduelle, d'ampleur métrique à l'ouest de la plage (rond sur l'illustration 50).



*Illustration 50 - Plage de l'Aiguade (Giens), vue vers l'est.*



*Illustration 51 - Plage de l'Aiguade (Giens), vue vers l'ouest.*

Les données d'évolution du trait de côte sur l'illustration 47 montrent que sa position en 2019 est particulièrement en recul par rapport aux données antérieures.

### 3.5. SYNTHÈSE

L'expertise menée sur les plages du PNPC les 27 et 28 février montre plusieurs éléments utiles à la définition d'un réseau de suivi interne au Parc de l'évolution morphologique de celles-ci tel qu'envisagé au début de ce travail.

#### 3.5.1. Test du suivi du trait de côte par DGPS RTK de précision centimétrique

La réception des corrections de positionnement par DGPS RTK par le service ORPHEON est assez aléatoire sur les différents secteurs, principalement en fonction des obstacles physiques entre la plage de levé et le continent (caps, falaises). Ce point est contraignant pour un relevé rapide sur l'ensemble des plages qui pourrait potentiellement être réalisé en 2 jours.

En revanche, il est quand même possible de faire les relevés par DGPS RTK en installant une base locale temporaire, mais qui nécessitera un temps supplémentaire pour son montage-mise en route/démontage. Ceci serait particulièrement intéressant pour les grandes plages de Porquerolles (Notre-Dame, Courtade et Argent).

Un suivi par DGPS centimétrique est à privilégier sur les plages du PNPC (et plus généralement sur les plages varoises), car celles-ci sont souvent étroites (0-20 m), avec des amplitudes d'évolutions saisonnières métriques. Aussi, des méthodologies par DGPS classique de précision pluri-métrique, ne permettent généralement pas de mettre en évidence des évolutions significatives, à l'exception des érosions importantes en cas de tempête. Il permettrait également de rajouter au relevé du trait de côte, des relevés de profils de plage, transversaux au littoral, de la haute-plage vers la mer, voire les petits fonds proches pour avoir une vision des évolutions topographiques de la plage, à comparer avec l'évolution du trait de côte.

Le coût d'acquisition d'un DGPS centimétrique est important (20-40 k€). En revanche, il est accessible à la location (250-400 €/jour).

En l'absence de DGPS centimétrique, d'autres solutions existent avec des DGPS de précision métrique ou pluri-métrique, ou avec l'utilisation des puces GPS des smartphone via des applications dédiés (RIVAGES<sup>®</sup> du CEREMA). Cependant au regard des largeurs de plage du PNPC et des évolutions saisonnières de celle-ci, le degré de précision annoncé n'est pour l'instant pas suffisant pour une représentation correcte des tendances évolutives de ces environnements.

#### 3.5.2. État morphologique des plages

Un certain nombre d'indices d'érosion a pu être constaté sur des différentes plages :

- déchaussements des tamaris sur Port-Cros (Port-Man, La Palud) et Porquerolles, Grand Langoustier) ;
- front verticaux des falaises meubles, avec attaque du pied de falaise (Notre-Dame, Courtade, Ayguade) ;
- largeur de plage étroite au droit d'enrochements (Argent) ;
- microfalaises d'érosion de la haute plage ou dans les banquettes de posidonies (Courtade, Bon Renaud, Ayguade).

---

<sup>6</sup> <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/suivi-du-trait-de-cote-par-smartphone-r489.html>

Ces divers indices sont à relativiser en fonction des phénomènes qu'ils représentent. Ainsi, les microfalaises d'érosion de la haute-plage (et banquettes) sont des indicateurs d'érosion ponctuelles (dernières vagues de tempêtes), alors que les déchaussements des tamaris traduisent un recul chronique du trait de côte à une échelle de temps pluriannuelle. Il en est de même pour les profils des falaises meubles et rocheuses, dont le pied est attaqué par les tempêtes actuelles, mais dont la morphologie générale est héritée de phénomènes géologiques de plus grande ampleur. En effet, lors du dernier optimum climatique à l'Eémien (entre 116 000 et 129 000 ans avant la période actuelle), on estime que le niveau marin a dépassé le niveau actuel d'environ 6 m (estimation la plus probable ; Masson-Delmotte *et al.*, 2013), ce qui a contribué à façonner les falaises littorales, encore visibles aujourd'hui.

La comparaison des levés de trait de côte par DGPS réalisés en 2019 avec les données antérieures sur la période 1920-2011 (Stéphanian *et al.*, 2015), montre que les positions sont d'une manière générale, dans une position comparable, à quelques mètres près, ce qui souligne la nécessité d'un relevé précis au regard des évolutions constatées.

Elle permet cependant de mettre en avant des secteurs où le recul est particulièrement significatif :

- sur la plage de la Palud ;
- sur la partie sud de la plage de l'Anse portuaire ;
- au centre de la plage de la Courtade ;
- sur la plage de l'Ayguade.

On retrouve ici une correspondance entre ces secteurs et les indices d'érosion chronique d'échelle de temps pluri-annuelle (tamaris).

Au-delà des indices d'érosion, l'expertise a permis de constater des indices de résilience des plages, plutôt favorables. En effet, les positions du trait de côte sur les plages sont en grande majorité proches des données antérieures et les plages se maintiennent à l'échelle de temps historique.

De plus, les plages sont des « plages de poche », dans des anses semi-fermées, où les fuites sédimentaires latérales restent probablement faibles. Les transferts sédimentaires entre la plage et les fonds proches sont les principaux responsables des cycles accrétion-érosion constatés à l'échelle saisonnière, et la géométrie des masses sédimentaires sur les fonds à proximité des herbiers de posidonies, tend à montrer que les sédiments perdus par la plage, restent proches et sont susceptibles d'être remobilisés par les vagues en conditions de beau temps pour réalimenter la plage.

Enfin, les banquettes de posidonies qui participent également à la stabilité des plages par le maintien en place du stock sédimentaire sont bien présentes. Les observations réalisées les 27 et 28 février 2019 montrent que les banquettes étaient concentrées sur la partie ouest des anses sableuses de Porquerolles. Leur répartition dépend directement des conditions hydrodynamiques les dernières semaines avant observation.

Dans la perspective de mise en place d'un suivi de l'évolution morphologique, l'inventaire systématique de leur répartition et de leur importance doit être réalisé pour à terme disposer de données statistiques sur chacune des plages. Un simple catalogage des informations dans une fiche de terrain simple à remplir (présence/absence, hauteur minimale/maximale, etc.) permettrait dans un premier temps de suivre leur dynamique.

### 3.5.3. Proposition de suivi sur les plages du PNPC

Sur la base des éléments recueillis sur chacune des plages lors de l'expertise et au regard des bonnes pratiques générales en termes de suivi du trait de côte, les propositions de suivi sont résumées dans le tableau suivant (Illustration 52).

Pour chaque plage il est rappelé :

- la longueur de son trait de côte ;
- ses caractéristiques principales et ses intérêts particuliers ;
- sa sensibilité à l'érosion : cette classification, établie par avis d'expert à l'issue de la visite de terrain et des données disponibles sur son évolution, ne tient pas compte de l'impact des tempêtes sur les plages. La sensibilité est définie par 3 critères :
  - faible : plage relativement stable à l'échelle de temps historique, sans indices d'érosion chronique,
  - fort : recul du trait de côte attesté par l'évolution historique et indices d'érosion concordants,
  - à préciser: état impossible à déterminer au regard des éléments précédents ;
- suivi justifié : oui/non en fonction des critères précédents ;
- priorité : Priorisation des suivis (1, 2 ou 3) dans le cas où un arbitrage serait nécessaire ;
- méthodologies : sont précisées ici les méthodologies les plus à même de satisfaire les besoins d'acquisition de données. Le relevé par DGPS (RTK au mieux) reste la solution aujourd'hui la plus rentable pour obtenir des données de qualité au regard des évolutions constatées. Sur les plages petites (50-150 m), avec des points hauts, des solutions de suivis photographiques (points fixes et/ou panorama) peuvent être proposées. Au-delà, sur les grandes plages, cette solution n'est pas opérante ;
- fréquence minimale : fréquence d'acquisition minimale :
  - annuelle : 1 levé par an,
  - 2-5 ans : 1 levé tous les 2 à 5 ans en fonction des moyens disponibles.

Dans le cas d'un seul levé annuel, la période printanière est la plus intéressante pour réaliser les levés morphologiques, pour avoir une information dans un contexte où la plage a été, probablement, affectée par des tempêtes hivernales.

Plage	Secteur	Longueur	Intérêt	Sensibilité à l'érosion	Suivi justifié	Priorité	Méthodologies	Fréquence minimale
Plage de la Baie de Port Man	Port-Cros	130 m	Zone humide en arrière-plage, érosion des tamaris	Fort	Oui	P3	1. Suivi photographique	2-5 ans
Plage de la Palud	Port-Cros	110 m	Plage en érosion chronique (tamaris)	Fort	Oui	P1	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage de l'Anse Portuaire	Port-Cros	120 m	Zone humide en arrière plage sur la partie sud (tamaris)	Fort	Oui	P2	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage du Sud	Port-Cros	70 m	Plage naturelle, mais impact du muret d'arrière-plage	?	Oui	P2	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage Notre-Dame	Porquerolles	950 m	Plage relativement stable à l'échelle inter-annuelle, pas d'érosion marquée sur la partie émergée hors falaise	?	Oui	P3	1. Levé DGPS RTK si possible	2-5 ans
Plage de la Courtade	Porquerolles	870 m	Plage étroite par endroits, diversité de l'arrière-plage (falaise, dune, zone humide)	Fort	Oui	P1	1. Levé DGPS RTK	Annuelle
Plage d'Argent	Porquerolles	400 m	Plage avec enjeux (restaurant, poste de secours), érosion chronique (enrochements)	Fort	Oui	P1	1. Levé DGPS RTK	Annuelle
Plage de l'Anse de Bon Renaud	Porquerolles	130 m	Plage graveleuse plutôt stable en zone abritée, importance des posidonies à surveiller	Faible	Oui	P2	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	2-5 ans
Plage noire du Grand Langoustier	Porquerolles	240 m	Plage large et graveleuse	Faible	Oui	P3	1. Suivi photographique	2-5ans
Plage du Grand Langoustier	Porquerolles	240 m	Plage large avec érosion marquée à l'Ouest et cordon dunaire résiduel en arrière plage	Fort	Oui	P1	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage des Darboussières	Giens	110 m	Plage étroite en bas de falaise rocheuse, pas d'enjeux de suivi	?	Non			
Plage de la Calanque du Four à Chaux	Giens	80 m	Plage « urbaine », évolution historique du trait de côte stable	Faible	Oui	P2	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage de la Madrague	Giens	180 m	Bourrelet sableux à la racine d'un tombolo sous-marin, plage graveleuse, avec forte évolution de son profil	Faible	Oui	P2	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle
Plage de l'Ayguade	Giens	70 m	Plage semi-fermée, en érosion chronique à l'échelle de temps historique, importance des banquettes de posidonies	Fort	Oui	P1	1. Levé DGPS RTK 2. Suivi photographique	Annuelle

Illustration 52 - Synthèse des propositions de suivi sur les plages de Port-Cros.



## 4. Expertise des falaises du Parc national de Port-Cros

### 4.1. INTRODUCTION

Suite à la visite sur les sites de Port-Cros, Porquerolles, et de la presqu'île de Giens des 27 et 28 février 2019, un certain nombre d'observations ont pu être faites sur l'évolution du trait de côte rocheux, et des conclusions ont pu être tirées pour proposer différents types de suivis possibles sur ce type de littoraux très caractéristiques marqués par une évolution lente mais subissant néanmoins des événements ponctuels de volume important.

Ainsi, deux catégories de suivi peuvent être envisagées pour suivre l'évolution des instabilités de falaises côtières sur la zone du Parc national de Port Cros :

- un inventaire d'événements historiques ;
- un suivi de l'évolution de l'aléa instabilités de falaises côtières.

Ces deux types de suivis peuvent être envisagés indépendamment, avec des périodes de retour distinctes. Pour ce faire, et spécifiquement sur le contexte géologique des falaises de Port-Cros, Porquerolles et de la presqu'île de Giens, nous rappellerons quelques notions importantes en préambule.

### 4.2. NOTIONS GÉOLOGIQUES POUR DESCRIPTION DES INSTABILITÉS ROCHEUSES

#### 4.2.1. Lithologie en milieu cristallin

Le littoral varois est principalement cristallin. Les faciès géologiques évoluent entre différents degrés de métamorphisme : faible métamorphisme à l'ouest (schistes et phyllades) et fort métamorphisme à l'est accompagné de plutonisme (amphibolites, gneiss et migmatites + granite).

Les faciès<sup>7</sup> observés principalement sur les îles de Port-Cros, Porquerolles et la presqu'île de Giens sont des lithologies de type :

- quartzites ;
- phyllades ;
- micaschistes ;
- gneiss.

On remarquera quelques formations de dépôts sédimentaires comme par exemple des :

- alluvions anciennes ;
- grès dunaires ;
- déblais industriels.

---

<sup>7</sup> cf. carte géologique au 1/50 000 du BRGM, n° 1065 « Hyères-Porquerolles ».

#### 4.2.2. Foliation et schistosité, et lien avec les instabilités

La stratification dans les roches métamorphiques cristallines est appelée schistosité/foliation. Elle correspond à la structure visible des minéraux entre eux liée à leur cristallisation selon une schistosité de flux. À ces structures internes à la roche s'ajoutent la possibilité de rencontrer des joints, des diaclases ou des failles. Ces discontinuités majeures conditionnent la plupart du temps le processus de génération de discontinuités. L'action de facteurs dits de préparation (géologie, climat, végétation, anthropique...), le long de ces discontinuités ou, la plupart du temps, sur la roche elle-même, induit une déformation interne du massif rocheux, disposant peu à peu le versant à la rupture (Illustration 53).

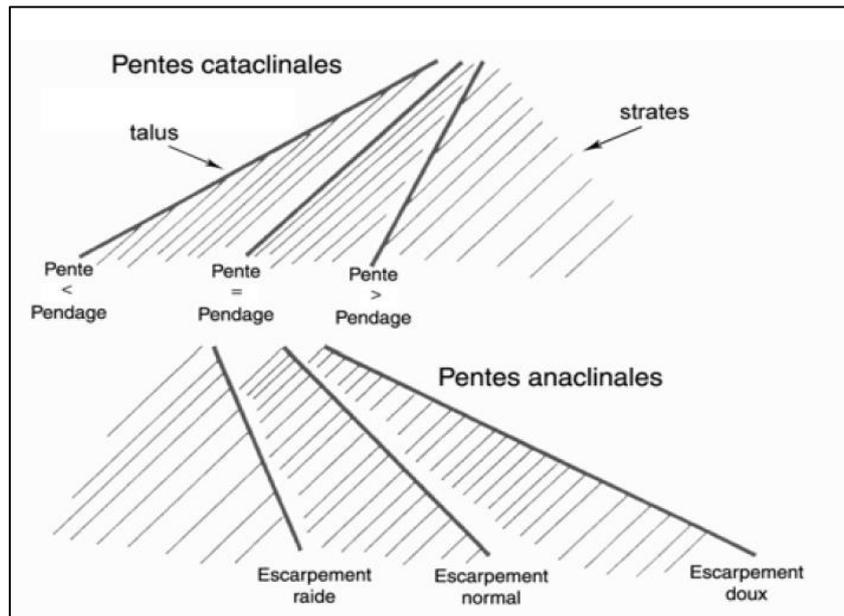


Illustration 53 - Relations entre le pendage des discontinuités et le pendage des versants (Cruden et al., 2000) ;

Les facteurs de prédisposition à l'instabilité gravitaire sont inhérents au massif rocheux, à sa structure et à ses caractéristiques lithologiques. Ils affectent le versant sur une période de temps très longue. Ainsi, ces facteurs prédisposent la pente au mouvement lent ou à la rupture. Tous les versants fluent sous l'effet de la gravité, à une vitesse plus ou moins importante et sont donc susceptibles d'aboutir à une rupture brutale. Cependant, certaines structures particulières du massif rocheux autorisent cette rupture. Des secteurs précis de fronts de falaise présentent des caractéristiques topographiques, géomorphologiques, pétrologiques et structurales distinctes qui, individuellement ou en combinaison, favorisent la rupture des versants et la génération de mouvements gravitaires rapides de grandes masses rocheuses. C'est l'existence de structures particulières inclinées favorablement par rapport à la pente qui permettent ces déplacements (Cruden *et al.*, 2000).

Un travail a été réalisé par le BRGM en 2018<sup>8</sup> pour tester la possibilité de mettre en relation tridimensionnelle, l'interpolation des trajectoires de foliation mesurées sur le terrain et les pentes de la topographie afin d'identifier les zones de faiblesse, en particulier la configuration cataclinale (pente inclinée dans le même sens que la foliation), susceptible de générer des mouvements gravitaires. Ce premier travail est une analyse préliminaire de faisabilité qui doit se poursuivre de manière plus fine à l'avenir pour pouvoir être utilisée de manière fiable dans les analyses de susceptibilité aux aléas gravitaires de type glissement de terrain. Ce travail a été réalisé sur un secteur au sud du Massif des Maures très similaire géologiquement et morphologiquement au littoral des îles de Port-Cros et Porquerolles.

<sup>8</sup> BRGM RP-65819-FR

### 4.2.3. Notion d'altération

L'ensemble du Massif des Maures (y compris les îles d'Hyères) a subi au cours du temps une histoire complexe qui l'a amené à se retrouver, à plusieurs reprises, recouvert par des séries volcaniques et sédimentaires puis remis en surface à la faveur de la formation des Alpes.

Sur les cartes géologiques existantes concernant les îles d'Hyères (1065 - Hyères-Porquerolles), il n'y a aucune information renseignant le régolite<sup>9</sup>. Les observations faites sur le terrain lors de la visite des 27 et 28 février 2019, ont confirmé qu'à l'affleurement la quasi-totalité des roches présentent une altération plus ou moins intense.

L'étude réalisée en 2018 par le BRGM sur le rôle de l'altération dans les phénomènes gravitaires en milieu cristallin a montré que deux phases d'altérations peuvent être caractérisées : l'altération ancienne dite « paléoaltération » et l'altération « morphologique ».

- la paléoaltération se caractérise par un profil épais de plusieurs dizaines de mètres constitué par une isaltérite<sup>10</sup> reposant sur un horizon fissuré. Ce profil n'est présent que localement. Il est morcelé par des failles, basculé et fortement érodé par le réseau des rivières actuelles. Sa puissance suggère une mise en place lors d'une phase d'altération longue et stable ;
- l'altération « morphologique » affecte l'ensemble du massif. Récente, elle accompagne la formation du relief actuel qui résulte en fait d'une compétition entre altération et érosion. Elle est de faible épaisseur (d'une vingtaine de mètres maximum).

L'article publié dans « Engineering Geology »<sup>11</sup> sur ce sujet propose une méthode exploratoire pour extraire rapidement les informations liées à l'altération des formations géologiques favorisant les glissements de terrain. L'approche doit pouvoir s'adapter à des échelles opérationnelles et les résultats doivent être une aide pour améliorer la connaissance sur la prédisposition et les facteurs déclenchants aux glissements de terrain superficiels que l'on trouve notamment dans les massifs cristallins du sud-est de la France. L'étude n'a pas concerné le phénomène chute de blocs car les mécanismes de mise en mouvement sont différents. Néanmoins, l'altération joue également un rôle important dans le déclenchement des chutes de blocs et éboulements comme ceux visibles sur le littoral de Port-Cros et Porquerolles.

L'illustration ci-dessous (Illustration 54) présente la définition des niveaux d'altération pour chaque classe de formation géologique sensible aux glissements de terrain, et l'élaboration d'un modèle conceptuel d'altération pour les massifs cristallins du sud-est de la France.

---

<sup>9</sup> Régolite : formation superficielle résultant de la fragmentation des roches sans que les fragments aient été transportés (sinon, on a un éboulis)

<sup>10</sup> Altérite qui a conservé la structure apparente de la roche (préservation des litages, de la schistosité)

<sup>11</sup> Thierry Y. *et al.* (2019) – Landslides triggered in weathered crystalline rocks of moderate latitudes: A case study in Mediterranean environment (The Maures Massif, France) - ENGEO

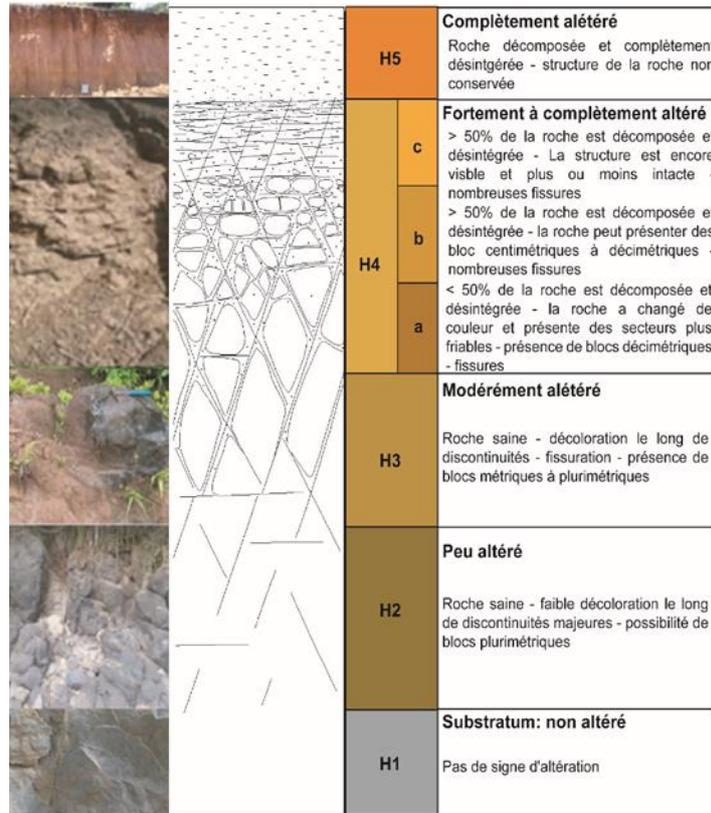


Illustration 54 - Profil d'altération type développé sur un substratum rocheux du massif cristallin des Maures (Thierry Y. et al, 2019).

#### 4.2.4. L'érosion

Le facteur morphologique est conditionné par les processus d'érosion. Or, on a pu observer sur le littoral rocheux différents types d'érosion, dépendant très fortement de la nature géologique du terrain.

Quatre grands types d'érosion ont été distingués dans l'étude de cartographie de l'aléa instabilités de falaises côtières sur l'ensemble du littoral de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2004 et 2005 par le BRGM<sup>12</sup>, trois d'entre eux sont très souvent observés sur le littoral à falaises des îles d'Hyères sur le Parc de Port-Cros :

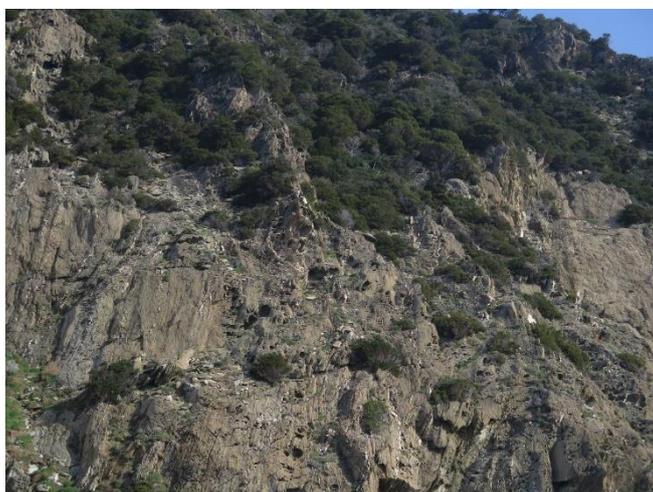
- érosion différentielle, (Illustration 55) qui montre une mise en surplomb d'une roche plus résistante au détriment d'une roche plus facilement érodable et créant ainsi une instabilité ;
- érosion de type Taffoni (Illustration 56) dans les faciès minéralisés qui désagrègent les roches en formant des alvéoles de diamètre parfois supérieur à 1 mètre ;
- sous cavage (Illustration 57) qui correspond à une érosion marine formant une excavation en pied de falaise.

Les formes d'érosion de type lapiaz étant spécifiques des massifs calcaires, ils n'ont pas été observés ici.

<sup>12</sup> BRGM RP-52829-FR ; BRGM/RP-53951-FR



*Illustration 55 - Érosion différentielle verticalisée sur le littoral sud de l'île de Port Cros  
- Pointe du Cognet © BRGM 2019.*



*Illustration 56 - Érosion de type Taffoni dans les phyllades de Port-Cros © BRGM 2019.*



*Illustration 57 - Sous-cavage dans les phyllades du sud-ouest de Porquerolles © BRGM 2019.*

#### **4.2.5. Les mécanismes d'instabilités**

Les instabilités rencontrées sur le littoral à falaises du Var et plus particulièrement des îles d'Hyères sont liées à la nature cristalline du rocher.

La structure interne joue aussi énormément dans la stabilité : les plans de foliation structurant les roches métamorphiques offrent des plans privilégiés de déstabilisation. Les pendages forts de ces foliations peuvent induire des glissements bancs sur bancs, notamment dans les complexes à Phyllades bien visibles sur la côte rocheuse de Porquerolles.

Une typologie des instabilités de falaises, dépendant des différents facteurs évoqués précédemment, a été définie dans le contexte régional de l'étude du BRGM de 2004 et 2005.

- ravinement Ra ;
- glissement de terrain GI ;
- glissement bancs sur bancs Gb ;
- chutes de pierres Cp ;
- chutes de blocs Cb ;
- éboulement en masse limité Ebl ;
- éboulement en masse Ebm.

Les critères de définition concernent à la fois le type de mécanismes de déformation, de rupture, et de déplacement des matériaux, le type de matériaux déplacés ainsi que le volume de matériaux déplacés qui peut aller d'une chute de blocs par exemple à un éboulement en masse.

Une diversité d'instabilités a été observée sur le littoral de Port-Cros et Porquerolles lors de la visite des 27 et 28 février 2019 (Illustration 58).



*Illustration 58 - Différents types d'instabilités rencontrés sur le littoral de Port-cros et Porquerolles © BRGM 2019 de gauche à droite : 1 : éboulement en masse limitée ; 2 : éboulement en masse ; 3 : ravinement ; 4 : chutes de blocs ; 5 : chutes de pierres liées à du fauchage ; 6 : glissement de terrain superficiel ; 7 : glissement banc sur banc ; 8 : éboulement en masse.*

L'illustration 59 ci-dessous reprend les différents mécanismes qui ont pu être observés sur le terrain.

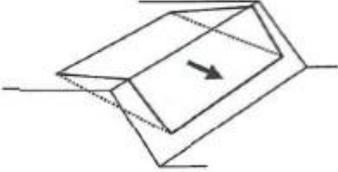
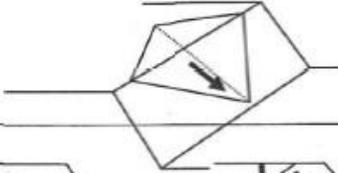
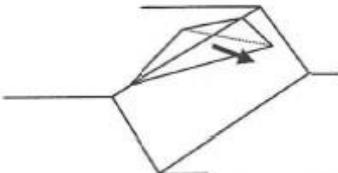
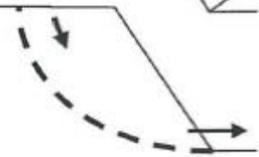
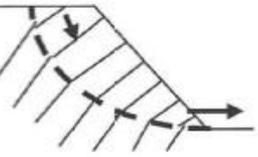
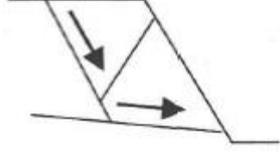
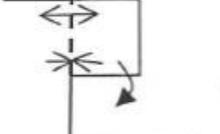
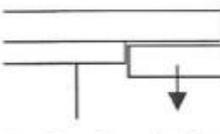
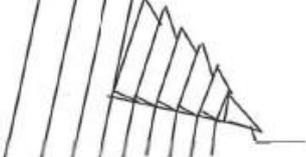
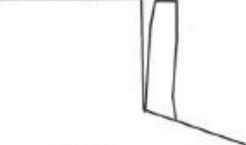
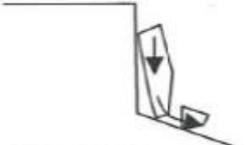
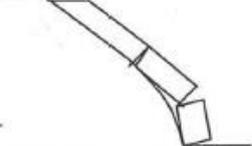
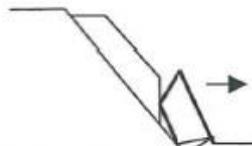
Configurations / mécanismes	Mécanisme d'instabilité
 	Glissement plan Gp
 	Glissement dièdre ou plan Gd
  	Glissements rotationnel et fractionné Gr
 <p data-bbox="368 1182 651 1238">Configuration plutôt verticale (rupture en cisaillement)</p>  <p data-bbox="785 1182 1098 1238">Configuration plutôt horizontale (rupture en traction)</p>	Rupture de surplomb S
 	Basculement de colonne ou de blocs Cb
 	Rupture de colonne en pied Cp
  	Rupture de banc (par flambage ou sur fracture) Bf

Illustration 59 - Schéma des principaux mécanismes de rupture (Groupe Falaise, 2001).

### **4.3. INVENTAIRE DES ÉVÈNEMENTS D'ÉBOULEMENTS DE FALAISES CÔTIÈRES SUR LE PÉRIMÈTRE DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS**

#### **4.3.1. Mode opératoire**

Les inventaires d'événements dits historiques sont importants pour capitaliser l'historicité des phénomènes sur un linéaire de falaise. Il s'agit là de repérer des événements récents, de les géo-référencer et de les décrire succinctement pour renseigner une base de données.

Aujourd'hui, il existe une base de données nationale sur les événements mouvements de terrain, qui a fait l'objet dans le passé d'inventaires départementaux financées par la DGPR, et qui aujourd'hui est renseignée par le BRGM et le CEREMA en fonction des données communiquées par les acteurs de terrain.

Cette base est accessible sur l'outil Géorisques<sup>13</sup> du Ministère, ainsi que sur l'outil cartographique RiskPACA<sup>14</sup> de l'ORRM<sup>15</sup>.

Ce type de suivi ne nécessite pas de technologie particulière, si ce n'est de pouvoir géo-référencer correctement le point correspondant à l'événement (en général la zone de départ). Un GPS standard suffit, voire le GPS du bateau si l'observation se fait depuis la mer, avec un report sur carte de l'événement observé.

La DREAL PACA a financé le BRGM en 2015 pour le développement d'un outil de remontée de terrain dédié aux agents de terrain des Parcs naturels ou des collectivités, services de l'État, etc.

Cet outil est toujours en développement aujourd'hui, et l'application n'est pas encore totalement optimale. De plus elle nécessite un géo-référencement en direct sur le terrain qui s'avère difficile sur le secteur de Port-Cros notamment.

Ce suivi doit s'effectuer en priorité sur les secteurs décrits en aléa moyen à fort dans l'étude BRGM de 2004 et 2005<sup>16</sup>, c'est à dire dans les secteurs à plus forte probabilité d'occurrence d'un événement (Illustration 60). Un passage journalier voire hebdomadaire est intéressant pour dater au mieux l'événement en cas de survenance.

---

<sup>13</sup> Géorisques : <http://www.georisques.gouv.fr/>

<sup>14</sup> RiskPACA : <http://riskpaca.brgm.fr/Home/Carto>

<sup>15</sup> ORRM Observatoire Régional des Risques Majeurs en PACA : <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/>

<sup>16</sup> BRGM RP-52829-FR ; BRGM/RP-53951-FR

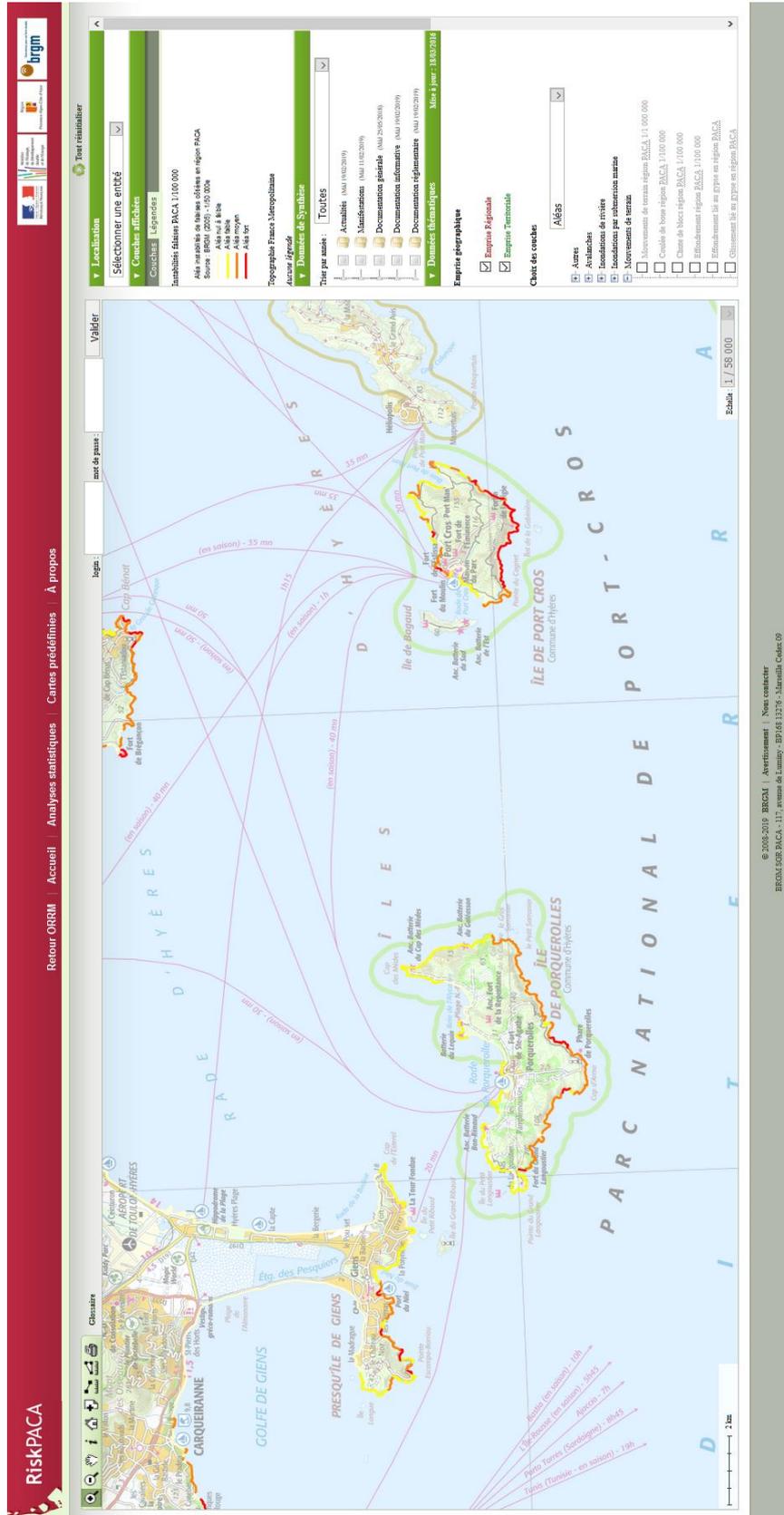


Illustration 60 : Localisation des zones d'aléa instabilités de falaises côtières sur le linéaire rocheux des îles d'Hyères et de la presque île de Giens © RiskPACA : <http://riskpaca.brgm.fr/Home/Carto>

Les tâches à entreprendre pour réaliser cet inventaire d'événements historiques sont les suivantes (voir plus loin sur le détail des champs à saisir) :

- repérer un événement récent sur la falaise avec soit une cicatrice fraîche de la roche en amont, souvent de couleur plus claire, soit un amas de blocs, ou un bloc unitaire éboulé en pied montrant une couleur plus claire également signe d'une cassure fraîche de la roche ;
- repérer par GPS la localisation exacte de l'événement (X,Y) ;
- décrire le phénomène :
  - nature du phénomène (chute de pierres, chute de blocs, éboulement en masse, glissement banc sur banc, glissement de terrain, ravinement, coulée de boue),
  - volume mis en mouvement (unitaire par bloc et/ou total),
  - nature de la roche (gneiss, micaschiste, phyllades, autres...),
  - état de l'altération (faible, forte, niveau d'altération si possibilité de description),
  - phénomène résiduel (si des blocs restent en surplomb ou en équilibre instable),
  - date de l'observation,
  - date supposée de l'événement,
  - photographie associée.



*Illustration 61 - Évènement récent sur la falaise des Darboussières (presqu'île de Giens)  
© BRGM 2019.*

À ce jour, le BRGM renseigne sa base de données mouvements de terrain de manière discontinue, au fil de l'eau en fonction des données fournies. Cette solution n'est pas la plus optimale car la saisie se fait au coup par coup.

Le BRGM a pour objectif, notamment via son application de remontée de terrain, de déléguer ce travail à une communauté d'acteurs toujours présente sur le terrain, comme par exemple les agents du Parc de Port Cros, ou des techniciens de collectivités, de gestionnaires, etc.

Pour cela, la donnée doit toujours être structurée de la même façon, et être fournie dès qu'elle est collectée pour être capitalisée par des outils permettant des grandes capacités de stockage.

La visite sur le terrain des 27 et 28 février 2019 a permis de repérer quelques événements récents, notamment :

- sur Porquerolles, un événement récent sur la plage de du Langoustier dans les déblais industriels formés de scories et de soufre (Illustration 62) ;



*Illustration 62 - Évènement chute de blocs récent recensé le 28 février 2019 sur la plage du Langoustier au niveau de la falaise de déblais industriels ) l'extrémité Est de la plage © BRGM.*

- sur la presqu'île de Giens, un événement datant d'après l'agent du Parc de 2008-2009 sur la plage des Darboussières du côté est (Illustration 63).



*Illustration 63 : Cicatrice d'un éboulement survenu en 2008-2009 sur la falaise de la plage des Darboussières dans les Phyllades altérées.*

Ces événements n'ont pas été décrits de manière complète lors de la visite des 27 et 28 février 2019, néanmoins ils sont traités en exemples d'événements à recenser dans les bases présentées précédemment.

#### 4.3.2. Méthodologie de suivi pour inventaire d'événements d'instabilités de falaises côtières

Ce travail de suivi doit se réaliser principalement sur les zones de falaise en aléa moyen à fort (cf. Étude BRGM de 2004 et 2005)<sup>17</sup>.

Il ne nécessite pas de technologie particulière si ce n'est un moyen d'approcher les falaises suffisamment près pour pouvoir décrire l'événement, un GPS ordinaire pour géolocaliser l'événement, et un appareil photo pour une prise de vue de l'événement.

Les données décrivant l'événement peuvent être saisies sur un tableur Excel selon les champs décrits précédemment, et transféré au BRGM.

Ce suivi doit s'opérer très régulièrement pour détecter un éventuel événement. À chaque passage d'un agent du Parc au pied des falaises ou en bateau, l'objectif est de recenser tout événement qui paraîtrait récent.

Dans un premier temps, des champs sont proposés dans les différents lexiques afin d'orienter des premières informations de terrain en l'absence d'outil plus pertinent de type application (cf. Annexe 3). À terme, ce système sera optimisé via une application terrain adaptée ne nécessitant pas de connexion au réseau GPS via télécom (3G, 4G), ou directement via un service dédié sur l'ORRM qui permettra un envoi direct sur la base de données en ligne.

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Inventaire d'événements	Très régulièrement (journalier, hebdomadaire)	Appareil photo, GPS, tableur Excel	BRGM

#### 4.4. SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE L'ALÉA

Dans le cadre cette fois d'un suivi de l'évolution de l'aléa instabilité de falaises côtières plusieurs possibilités de suivi sont envisageables en fonction des budgets disponibles.

Sur la base de l'étude d'aléa instabilités de falaises côtières du BRGM de 2004 et 2005<sup>18</sup>, un certain nombre de secteurs de falaises avaient été identifiés comme « sites caractéristiques » montrant un aléa moyen à fort et qu'il serait pertinent de continuer à suivre.

**De nouveaux sites notamment à Porquerolles ont été cités par les agents du Parc lors de la visite de terrain des 27-28 février 2019. Suite à la visite effectuée en bateau le 28 février, il s'est avéré que des secteurs initialement qualifiés avec un aléa moyen seraient davantage à caractériser avec un aléa plus élevé (aléa fort), et de même pour un secteur en aléa initialement faible qu'il serait judicieux de passer en aléa moyen, il s'agit :**

<sup>17</sup> BRGM RP-52829-FR ; BRGM/RP-53951-FR

<sup>18</sup> BRGM RP-52829-FR ; BRGM/RP-53951-FR

Sur Porquerolles (Illustration 64) :

- zone 1 : tronçon entre le Phare de Porquerolles au sud et la Pointe de l'Oustaou de Dieu qui devrait, au vue des observations, être qualifiée avec un aléa fort plutôt que moyen ;
- zone 2 : tronçon entre la Pointe du Gros Baou et le Cap des Medes, au nord-est, qui devrait au vue des observations être caractérisé en aléa moyen plutôt que faible.



Illustration 64 - Zoom sur l'île de Porquerolles pour identifier les zones d'aléa instabilités de falaises côtières revues lors de la mission de terrain du 28 février 2019 © RiskPACA.

Pour les autres tronçons qualifiés avec un aléa allant de faible à fort sur Port Cros, Porquerolles et presqu'île de Giens, ceux-ci restent pertinents aujourd'hui au regard des observations faites sur le terrain les 27 et 28 février 2019.

Partant de ce constat d'aléa représentant une probabilité d'occurrence de la survenue d'un événement de type chute de blocs, éboulement en masse ou non, ou glissement de terrain, il peut être intéressant sur certains secteurs caractéristiques de suivre l'évolution de ces instabilités par différents types de suivis, et ainsi étudier l'évolution du trait de côte rocheux et son recul dans certains cas.

#### 4.4.1. Expertise photographique

Un premier type de suivi correspond à la prise de photographies des zones de falaises pertinentes, afin de décrire spécifiquement des secteurs instables et de comparer d'un passage à l'autre et à dire d'expert, l'évolution du phénomène, à savoir si la portion de falaise montre de nouvelles chutes de blocs, ou des ravinements prononcés suite à de gros apports d'eau (pluies intenses par exemple).

Une description rapide de l'état de la falaise peut être associée à la prise de vue photographique : lithologie, état de l'altération, densité de fracturation, foliation marquée, plis, formes d'érosion (sous-cavage, taffonis, etc.).

Ces informations peuvent être capitalisées sous la forme de données rapportées à un tronçon géo-référencé dans une base de données SIG par exemple, avec une métadonnée correspondant à un commentaire sur les observations réalisées, et la photo associée.

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Expertise photographique	1 fois par an	Appareil photo, GPS	BDD interne Parc

#### 4.4.2. Comparaison photographique

Une deuxième solution serait de repasser systématiquement sur les mêmes points d'observations, de prendre des photographies orientées de la même façon que les précédentes et de comparer plus finement l'évolution entre deux époques (minimum 1 an, 5 ans par exemple, voire plus). Ce travail peut se faire à dire d'expert par observation, ou en utilisant des logiciels libres de comparaisons d'images. Cela nécessite une prise de vue avec la même orientation, et si possible le même niveau d'ensoleillement et de lumière, et à la même période de l'année (pour la végétation).

L'objectif étant de repérer et cartographier les dépôts de matières sur la falaise, et/ou les dépôts de matériaux en pied de falaise si la mer ne les a pas emportés entre temps.

L'exercice a été réalisé sur la base des photos prises en 2005 dans le cadre de l'étude BRGM<sup>19</sup> et lors de la visite des 27 et 28 février 2019, soit 14 ans après (Illustration 65).



*Illustration 65 - Exemple de comparatif photo possible sur un même site (Pointe du Tuf, Port Cros) entre une prise de vue à gauche datant de 2005 et une autre à droite de 2019*

Sur cet exemple (Illustration 65), la prise de vue n'est pas optimale, la lumière est aussi différente d'une photo à l'autre il est difficile à ce stade de comparer spécifiquement ces deux photographies. Néanmoins, à dire d'expert, il semble qu'il n'y ait pas eu d'évènement suffisamment important pour modifier la morphologie de la falaise et ainsi montrer une évolution rapide de recul du trait de côte rocheux.

<sup>19</sup> BRGM RP-52829-FR ; BRGM/RP-53951-FR

Pour exemple, l'exercice avait été réalisé dans l'étude Falaises du BRGM de 2008<sup>20</sup>, en utilisant à l'époque le logiciel ENVI® (Illustration 66). Le travail sur photographies avait été réalisé à l'aide d'une analyse d'images. Après avoir ouvert deux images, une commande permet de les lier et les superposer afin de mettre en évidence les différences de reliefs les plus marquantes. La photographie des années 1970 étant de moins bonne qualité que celle de 2007 (en noir et blanc, ombres assez puissantes, à une échelle plus petite que l'ortho photo de 2007 réalisée avec une précision du cm), ce travail de comparaison ne se voulait pas aussi précis que celui réalisé à l'aide du scan laser mais il permet de mettre en évidence une érosion non négligeable de ce type de falaises côtières sur plus de 30 ans, et d'estimer approximativement les surfaces érodées.

En affichant simultanément deux photographies superposées, un clic sur l'image à l'écran fait apparaître celle placée en-dessous. On peut ainsi analyser rapidement une même zone de la falaise sur deux photos distinctes préalablement calées l'une par rapport à l'autre, et déterminer des changements dans le relief de la paroi. L'exemple présentait des zones où des volumes de roches existants en 1970 n'apparaissaient plus en 2007. L'outil « measurement tools » dans le logiciel ENVI permet en sélectionnant une zone prédéfinie, d'obtenir la surface de cette zone en pixels. Dans l'exemple du rapport de 2008 la hauteur de la falaise est approximativement 35 m, soit environ 1 030 pixels. Les surfaces en pixels ont été converties en m<sup>2</sup>, malgré les nombreuses incertitudes.

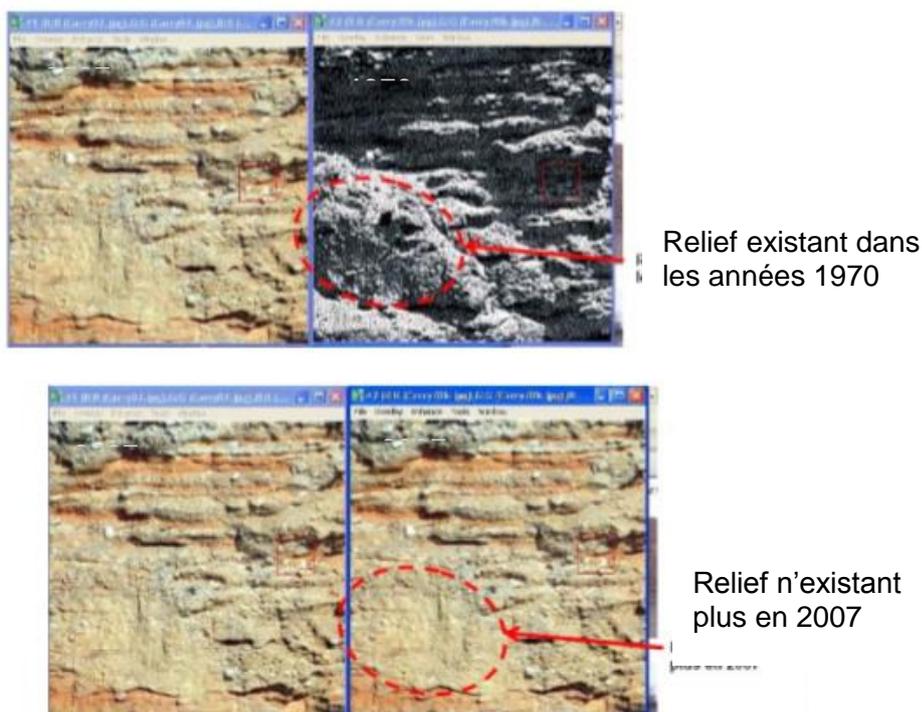


Illustration 66 - Extrait de l'étude Falaises côtières de 2008<sup>11</sup> avec comparaison d'images.

D'autres outils comme par exemple <https://juxtapose.knightlab.com/> permettent également de comparer de manière qualitative deux images.

<sup>20</sup> Rapport BRGM RP-56090-FR

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Comparaison photographique	Dépend de l'état du site identifié	Appareil photo, GPS, logiciel de comparaison d'images	BDD interne Parc

#### 4.4.3. Photogrammétrie

Dans la mesure où le Parc disposerait d'agents formés pour la prise de vue photo dans un objectif de rendu photogrammétrique, ce type de suivi peut être intéressant sur des portions de falaises qui connaissent une évolution visible.

L'objectif étant de générer un nuage de points de la falaise afin de reconstituer un modèle numérique de terrain, qui peut être superposé à un levé précédent afin de mettre en évidence des départs de matières et donc des événements mouvements de terrain. Ce suivi permet également d'estimer des volumes et surfaces érodées.

La prise de photo pour de la photogrammétrie doit suivre des règles spécifiques. Et le traitement des nuages de points ainsi que l'analyse différentielle sur deux périodes de temps nécessitent un savoir-faire qui peut également être sous-traité à des bureaux d'études spécialisés.

Ce travail a été réalisé en complément d'une acquisition par scan Laser dans le projet de recherche VALSE du BRGM en 2014<sup>21</sup>.

Dans l'étude VALSE, la photogrammétrie est décrite comme une méthode basée sur le principe de parallaxe obtenue à partir de photographies selon des points de vue différents. Depuis l'évolution informatique, la photogrammétrie moderne exploite à partir des calculs de corrélation des images numériques afin de modéliser les images en 3D sur un MNT (Modèle Numérique de Terrain) soit horizontal (aérien) ou bien vertical (paroi de falaise, relief...). En géomorphologie, cette technique est appliquée sur les environnements fluviaux, terrestres et sur des falaises.

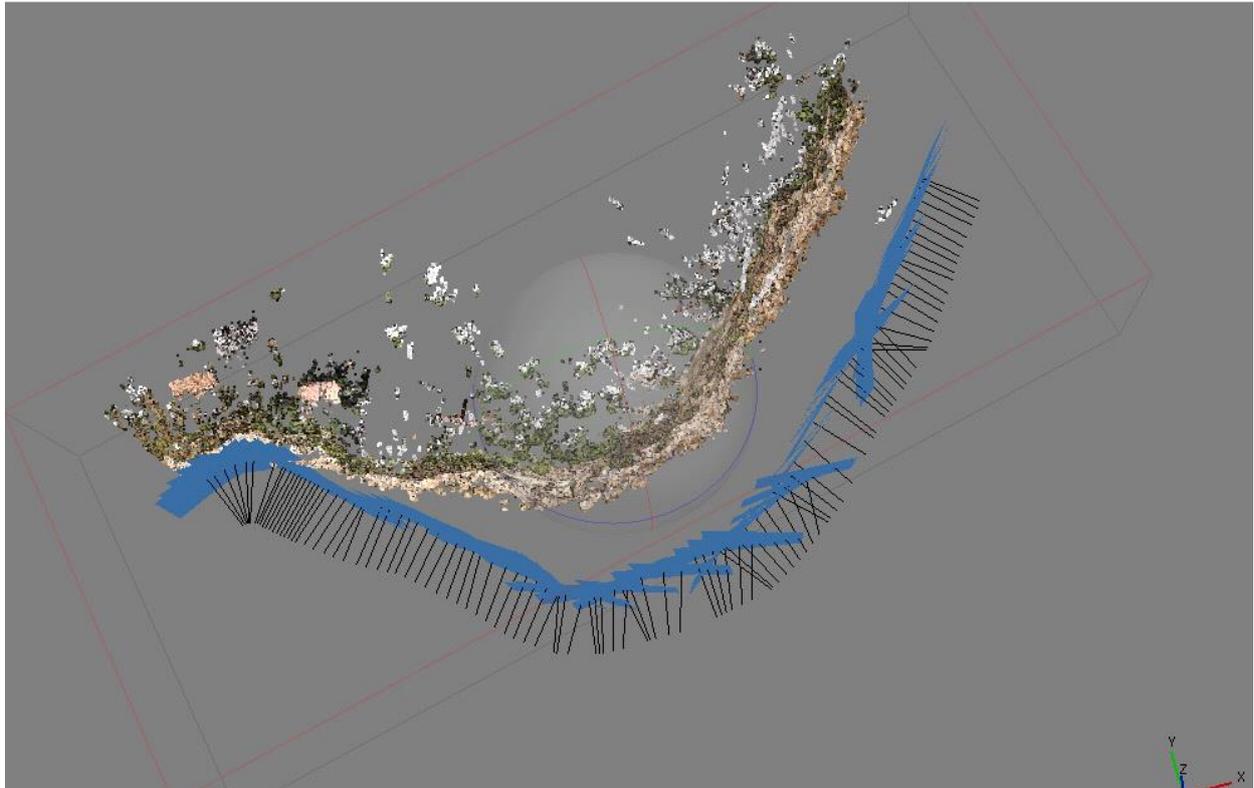
L'acquisition nécessite une caméra avec une prise grand angle (focale de 28 mm par exemple) sur la partie basale à sommitale de la falaise. Un nombre de 3 à 6 prises est suffisant pour une section horizontale de 20 m, assurant un recouvrement de 66 %. Afin de se caler aux dimensions la falaise, il est prérequis d'attribuer des coordonnées sur certains points remarquables des cibles fixes de la falaise à partir d'un théodolite (Illustration 67).

De nombreux programmes (OrthoBase Professional, Topcon ImageMaster Photo, Visual SFM) permettent d'associer les images par corrélation (phase de « matching ») et interpolation (phase de « densification ») afin de produire un MNT, mis à l'échelle à partir des coordonnées des points remarquables (transformation de matrice de la totalité des points du modèle). Les gammes de couleurs rouge et vert présenteraient un meilleur contraste et augmenteraient la qualité du « matching ».

<sup>21</sup> Rapport BRGM RP-64069-FR

Comme pour la lasergrammétrie, cette méthode permet de comparer pour des acquisitions temporelles différentes (tous les mois durant 20 mois ou plus) d'une même falaise, le MNT obtenu, et par conséquent d'observer, et quantifier l'évolution de la paroi des falaises. Cependant cette évolution est l'expression de la modification de la rugosité de la paroi, ce qui influence fortement la qualité des mesures postérieures comparées aux antécédentes.

Par ailleurs, l'acquisition photo pour traitement par photogrammétrie ne nécessite aucun matériel particulier si ce n'est un appareil photo et revient donc beaucoup moins cher en termes de budget.



*Illustration 67 - Schéma d'acquisition des photos prises dans le cadre du projet VALSE pour réalisation de photogrammétrie.*

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Photogrammétrie	Dépend de l'état du site identifié	Appareil photo, GPS, logiciel de traitement de nuages de points	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM

#### 4.4.4. Scan laser / Lidar

La technique de scan laser ou de Lidar aéroporté est une technique spécifique permettant d'acquérir avec une précision centimétrique, un nuage de points extrêmement dense, et ainsi reconstituer un modèle numérique de terrain fin d'une falaise. Le scan laser est soit posé devant la falaise sur trépieds (difficile en contexte côtier méditerranéen sans marée), soit embarqué sur bateau (voir expérimentations menées dans le cadre du projet de Recherche VALSE<sup>22</sup>), soit transporté en aéronef (drone, avion, hélicoptère).

L'objectif est le même que la photogrammétrie mais la précision est nettement augmentée. Tout dépend de la finesse d'observation que l'on souhaite.

Dans l'étude VALSE, le LASER (acronyme anglophone de "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation") est décrit comme une technologie qui permet la saisie automatique de points en 3-Dimensions sans contact de la surface avec une densité de mesure élevée (>10<sup>6</sup> points). Elles sont effectuées depuis le sol pour les falaises abruptes (LiDAR terrestre) ou depuis un avion pour les zones côtières étendues (LiDAR aéroporté). Les acquisitions depuis le sol permettent une meilleure description des parois verticales par rapport aux vues aériennes. Cette distinction est due à de plus faibles angles de vision incidents entre la falaise et le point de vue terrestre par rapport aux acquisitions aériennes (Illustration 68).

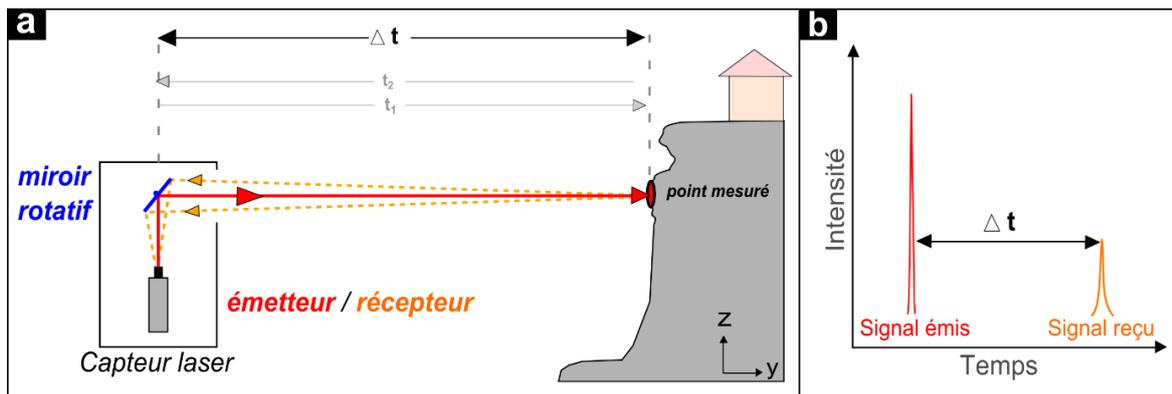


Illustration 68 - Principe de l'acquisition laser (Giuliano J., 2015).

Les mesures sont généralement réalisées au moyen d'un TLS ("Terrestrial Laser Scanner"), qui une fois positionné face à la falaise calcule des distances euclidiennes grâce à l'émission de faisceaux laser. Parmi les différentes méthodes de mesure, la méthode la plus employée est celle du temps de vol ("time of flight") appelée aussi scanner à impulsion. Le principe de la mesure des distances (d) repose sur le temps mis pour une impulsion laser à effectuer un aller-retour. À noter que l'intensité (I) du signal reçu est plus faible que celle du signal émis. Elle correspond à la quantité de lumière reçue après réflexion du rayon incident sur la surface mesurée. Afin de visionner la totalité de la scène, un miroir rotatif multi-directionnel dévie progressivement la source lumineuse selon un pas angulaire (balayage laser). La rapidité de la mesure permet d'enregistrer les coordonnées spatiales de plusieurs millions de points par minute sous la forme d'un nuage de points ("point-cloud") représentant la scène numérisée.

Mais la principale contrainte est que le TLS doit être déployé depuis une certaine distance de portée par rapport aux falaises (portée minimum). Cette distance dépend de la hauteur des falaises à scanner puisqu'on souhaite mesurer à la fois le pied et la tête de falaise. Pour une hauteur de 20-30 m, la portée classiquement utilisée est d'une centaine de mètres. Ainsi le

<sup>22</sup> Rapport BRGM/RP-64069-FR

TLS ne peut pas être déployé pour toutes les configurations côtières. Son utilisation est réservée aux environnements macrotidaux durant les marées basses. En effet, pour les configurations microtidales, la mesure n'est pas toujours possible à cause d'une distance de portée, entre le bord de mer et la falaise, souvent trop faible et fixe. Seule une acquisition depuis la mer permet d'acquérir un maximum d'informations en limitant les contraintes terrestres (Illustration 69).

Cette technique est en général sous-traitée, et le budget d'une telle prestation est relativement important, même si les prix ont nettement diminués depuis quelques années. La prestation d'acquisition du nuage de points doit également comporter le traitement de la donnée pour la rendre utilisable voir l'intégrer à un SIG.

Cette technique permet aussi de l'analyse différentielle entre deux périodes d'acquisition, afin d'estimer des pertes de matières, et par conséquent des volumes et surfaces érodées (Illustration 70).



Illustration 69 - Installation du scan Laser sur bateau (Valse – 2014 : Rapport BRGM/RP-64069-FR).

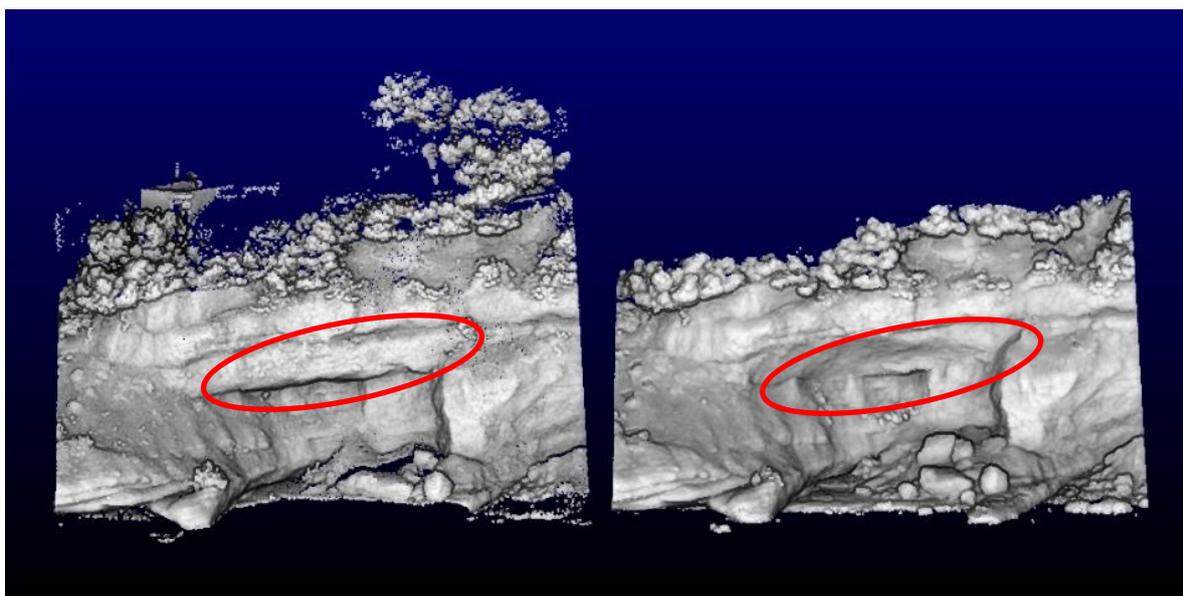


Illustration 70 - Exemple de mise en évidence de perte de matière correspondant à un éboulement entre deux nuages de points acquis dans le cadre du projet VALSE (Rapport BRGM/RP-64069-FR).

De manière globale, les techniques de photogrammétrie et de scan Laser permettent de générer un modèle numérique de terrain suffisant fin pour être comparé d'une acquisition à une autre et ainsi estimer les événements mouvements de terrain produits (en volume et en surface).

Deux résultats sont ensuite pertinents à exploiter dans le cadre de ce type de suivi, à savoir :

- une relation magnitude fréquence permettant de déterminer la probabilité d'observer par an et par kilomètre de falaise, la chute d'un bloc au-delà d'une taille donnée. Par exemple, on risque d'observer 8 éboulements d'un mètre cube par an et pour un kilomètre de falaise, tandis qu'on ne risque d'avoir qu'un seul évènement de 4 m<sup>3</sup> tous les ans. Cette loi est purement probabiliste et peut être affinée en augmentant le temps d'observation (Illustration 71) ;
- une relation surface-volume (par type de lithologie) qui peut être très utile pour la prévention des risques car elle permet ensuite de pouvoir déduire un volume érodé à partir de la surface de la cicatrice sur la falaise (plus facilement mesurable sur le terrain ou à partir d'une photo (Illustration 71).

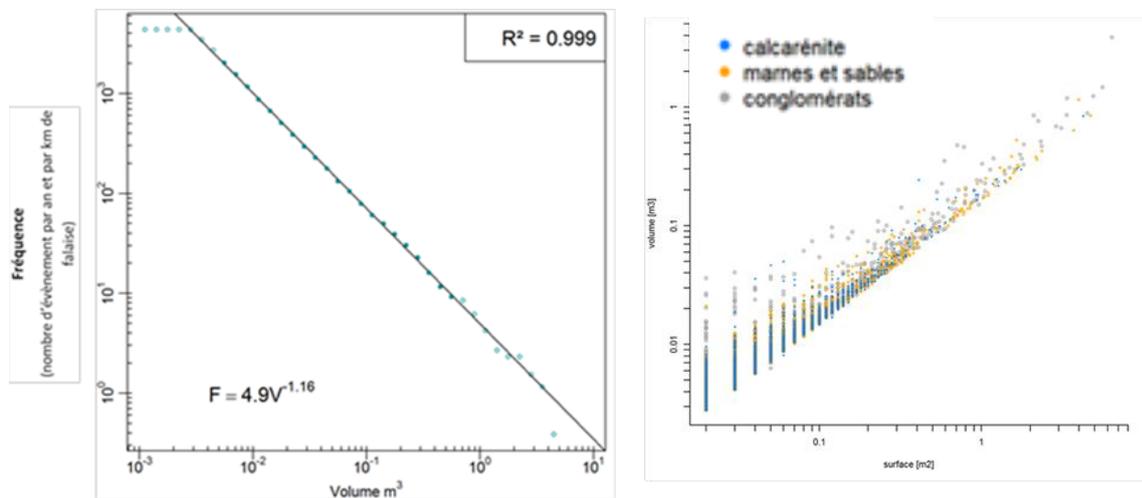


Illustration 71 - Illustration des deux relations issues des travaux réalisés dans le projet VALSE (Rapport BRGM/RP-64069-FR) : relation magnitude - Fréquence (à gauche) et relation surface - Volume (à droite).

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Scan Laser	Dépend de l'état du site identifié	Scan Laser, système d'acquisition comprenant centrale inertielle, appareil photo, GPS, logiciel de traitement de nuages de points	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM

#### 4.4.5. Érosion et végétation

Même si la végétation n'est pas forcément la cause principale des instabilités observées sur les falaises côtières du littoral, elle peut néanmoins jouer un rôle dans le déclenchement d'évènements de mouvements de terrain. Ce sujet a notamment été abordé dans un travail collaboratif BRGM-ONF sur l'interaction entre l'érosion et la végétation<sup>23</sup>, afin de délimiter sur l'ensemble du linéaire côtier rocheux de la région PACA, les secteurs sur lesquels l'érosion pouvait être réduite par l'entretien de la végétation en place ou de la revégétalisation, et les secteurs sur lesquels la réduction de l'érosion de la falaise ne peut se faire que par méthode d'aménagement plus lourds.

Cette étude peut être intéressante à consulter non pas dans une optique d'aménagement qui n'est pas la mission du Parc, mais plus dans un esprit de gestion du littoral pour mieux comprendre son évolution en fonction du type de végétation présente. Le littoral des îles de Port Cros et Porquerolles n'avait pas été intégré dans l'étude, en revanche celui de la presqu'île de Giens oui, un extrait cartographique est présenté ci-dessous (Illustration 72).

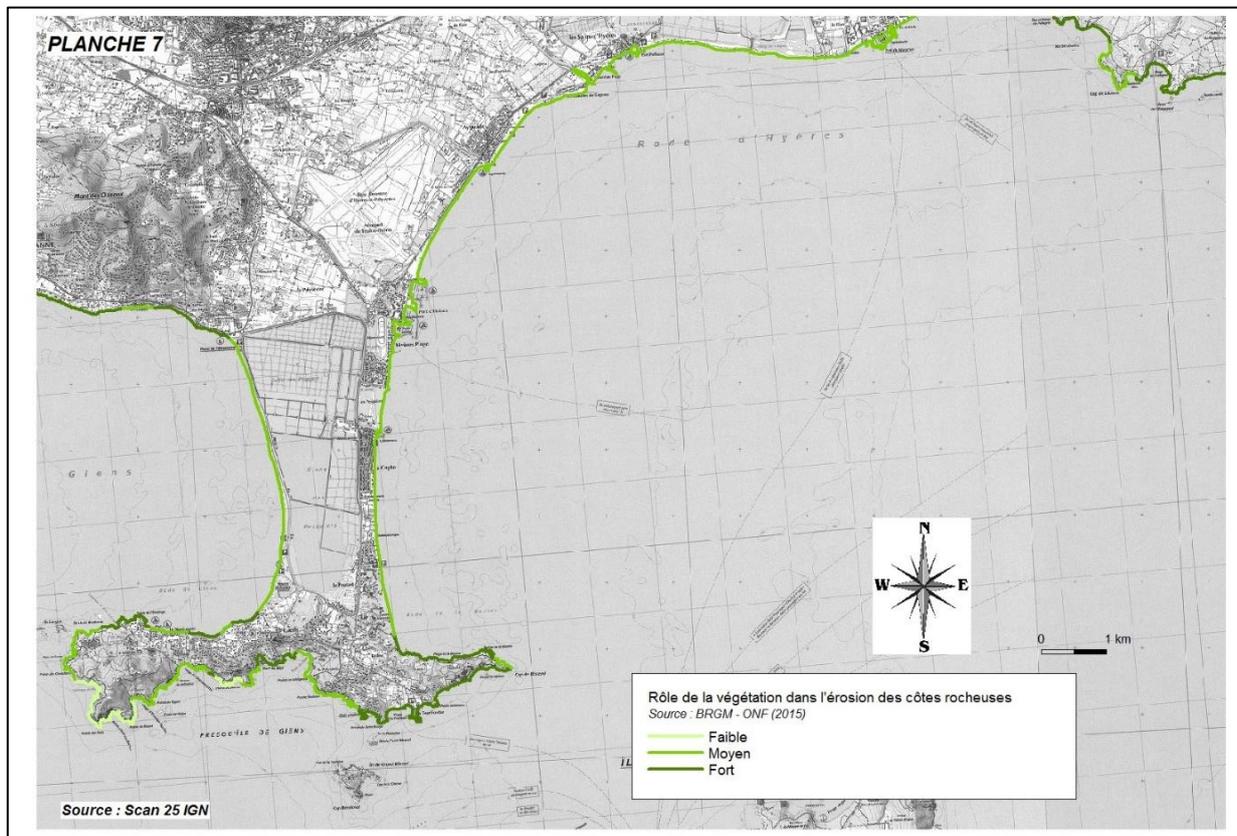


Illustration 72 - Extrait sur la presqu'île de Giens du rôle de la végétation sur l'érosion des falaises côtières (Rapport BRGM-ONF/RP-64753-FR).

Une autre étude du BRGM<sup>24</sup> en collaboration avec l'IRSTEA a permis de mettre en évidence le rôle de la dénudation racinaire des plantes présentes sur les falaises côtières, pour dater par la dendrochronologie la période de mise à nue des racines, et ainsi évaluer l'âge du départ de matière et donc la date de l'évènement mouvement de terrain (Illustration 73 et Illustration 74).

<sup>23</sup> Rapport BRGM-ONF/RP-64753-FR

<sup>24</sup> Rapport BRGM/RP-65947-FR

Même si les deux techniques de dendrochronologie et photogrammétrie ont déjà fait leurs preuves depuis quelques années, la spécificité de la présente étude réside dans le couplage méthodologique des deux techniques et de la valeur ajoutée d'associer la photogrammétrie dans la mesure de distance de la racine avec la falaise pour ensuite calculer un taux d'érosion.

La comparaison des résultats de distance et de taux d'érosion des deux méthodes permet de mettre en évidence l'intérêt de la photogrammétrie dans certains cas pour mesurer la distance racine-falaise et en déduire un taux d'érosion avec l'année de mise à l'air.

Cette technique très spécifique et encore de l'ordre de l'expérimentation. Associées à de la photogrammétrie de la racine, elle peut très ponctuellement permettre de dater un événement ou une série d'événements d'un tronçon de falaise, notamment sur une zone à enjeux par exemple.



Illustration 73 - Principe de la dendrochronologie (Rapport BRGM/RP-65947-FR).

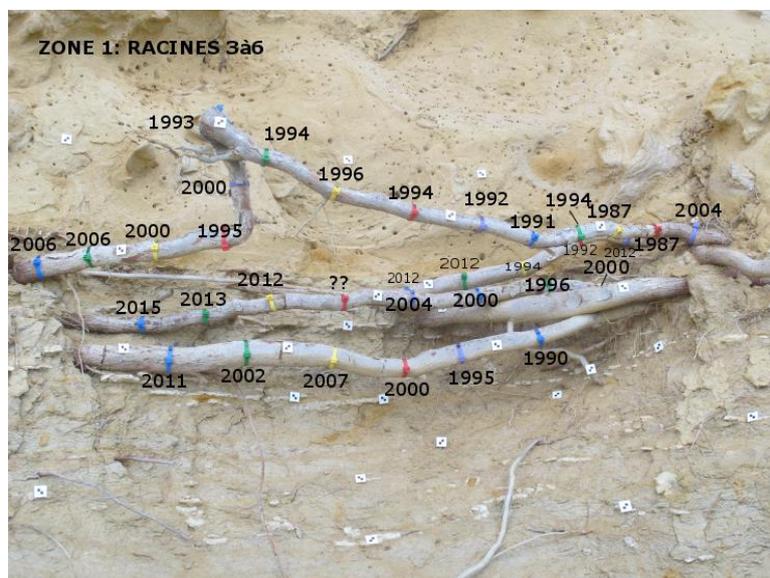


Illustration 74 - Illustration montrant les années de déchaussement sur la racine étudiée dans le rapport BRGM/RP-65947-FR.

#### 4.5. SYNTHÈSE SUR LES SUIVIS PROPOSÉS POUR LES FALAISES ROCHEUSES DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS

En résumé, les différents types de suivis sont synthétisés dans le tableau ci-dessous (Illustration 75) :

Type de suivi	Occurrence	Matériel	Destination
Inventaire d'évènements	Très régulièrement (journalier, hebdomadaire)	Appareil photo, GPS, tableur Excel	BRGM pour intégration BDD Mvts
Expertise photographique	1 fois par an	Appareil photo, GPS	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM
Comparaison photographique	Dépend de l'état du site identifié, à définir (tous les ans/5 ans/10 ans)	Appareil photo, GPS, logiciel de comparaison d'images	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM
Photogrammétrie	Dépend de l'état du site identifié, à définir (tous les ans/5 ans/10 ans)	Appareil photo, GPS, logiciel de traitement de nuages de points	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM
Scan Laser	Dépend de l'état du site identifié, à définir (tous les ans/5 ans/10 ans)	Scan Laser, système d'acquisition comprenant centrale inertielle, appareil photo, GPS, logiciel de traitement de nuages de points	BDD interne Parc puis envoi pour information BRGM

*Illustration 75 - Synthèse des différents types de suivis proposés pour les falaises côtières.*

Les suivis à envisager sur le PNPC doivent en priorité se focaliser sur les zones côtières référencées en aléa fort. De plus, l'expertise a montré que certaines zones définies en aléa moyen en 2004-2005, mériteraient d'être reclassifiées en aléa fort aujourd'hui.

Le choix des zones à suivre doit donc être contraint par une analyse concertée, à la lumière de l'aléa mais également des enjeux et des habitudes des visiteurs en termes de fréquentation et d'usages des sites rocheux du Parc.

## 5. Conclusions

Afin de dimensionner le réseau de suivi des plages et des falaises à mettre en place sur le périmètre du Parc de Port-Cros (île de Port-Cros, île de Porquerolles et presqu'île de Giens), le BRGM a réalisé une expertise de celles-ci pour qualifier leur état actuel et leur exposition à un aléa érosion et/ou instabilité.

Des actions de formation à destination des agents du Parc sont également réalisées dans le cadre de cette étude.

Des propositions d'actions à mener en termes de méthodes et de fréquence de suivi, à réaliser par les agents du Parc sont faites pour chacun des sites. Les suivis proposés sont discutés pour les adapter aux contraintes de la structure en termes de moyens matériels et de ressources humaines. Ces propositions permettent ainsi au Parc national de Port-Cros de mettre en place une démarche de suivi de ces environnements, plages et falaises, sur lesquels pèsent des menaces d'impacts à moyen et long-terme liées au changement climatique global et à la remontée attendue du niveau de la mer.

Pour les plages en particulier, cette démarche s'inscrit dans la ligne de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (MTES), qui encourage les actions de surveillance du littoral, pour discriminer les évolutions naturelles, de celles liées à l'impact des activités humaines.

De ce fait la mise en place d'actions de suivi sur les plages du Parc national de Port-Cros, globalement épargnées par les aménagements qui perturbent la dynamique sédimentaire littorale, est un préalable prometteur pour une analyse objective des impacts du changement climatique sur les plages en Méditerranée.



## 6. Bibliographie

**Bordet P., Chamley H., Blanc J., Jeudy-de-Grissac A.** (1976) - Carte géologique de la France à 1/50 000 n° 1065-1080, Hyères-Porquerolles BRGM.

**Bossennec G. et Palvadeau E.** (2018) - Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT : rapport technique d'année 5. Rapport final. BRGM/BRGM/RP-68515-FR.

**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.

**Cruden D.M, Hu X.-Q** (2000) - Landslide modes in the Canadian rockies 8th Int. Symp. on Landslides, June 2000, Cardiff-Wales, pp. 359-364.

**GROUPE FALAISES** : Prévention des mouvements de versants et des instabilités de falaises - Confrontation des méthodes d'étude des éboulements rocheux dans l'arc alpin, Programme Interreg 2C, 2001.

**Laigre T. et Mugica J. avec la collaboration de Bodéré G.** (2018) - Réseau d'Observation du Littoral de la Corse - Compte rendu de la campagne 2017. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-68373-FR, 205 p., 137 ill., 1 ann..

**Mallet C., Michot A., avec la collaboration de De La Torre Y, Lafon V., Robin M., et B. Prevoteaux** (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 de la problématique 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

**Marçot N. avec la collaboration de F. Lacquement, Y. Thiery, B. Colas, R. Vandromme, I. Bouroullec, C. Allanic, S. Lopez, C. Mirgon** (2018) - Principes méthodologiques pour l'intégration du facteur « altération » dans l'évaluation d'un potentiel de rupture en domaine de socle - Application sur le Massif des Maures (Var - France). Rapport final, BRGM/RP-65819-FR.

**Marçot N. avec la collaboration de J. Lopez-Saez, P. Morel, E. Varrel, J. Giuliano et T. Dewez** (2017) - Amélioration de la connaissance sur l'aléa instabilités de falaises en région PACA. Spatialisation de l'aléa au 1/25 000 et test d'une méthode d'évaluation du taux d'érosion. Rapport final. BRGM/RP-65947-FR.

**Marçot N. avec la collaboration de Mathon C** (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. avec la collaboration de Pravin M. (ONF) et C. Mirgon** (2016) - Diagnostic pour la mise en évidence de l'interaction érosion/végétation sur le littoral rocheux de la région PACA - Étude régionale des interactions érosion-végétation. BRGM/RP-64753-FR.

**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 : étude 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., Premailon M., Fissier L., Rouadja A., Tepongning-Megnifo H.** (2016) - Projet VALSE : Vulnérabilité et Adaptation pour Les Sociétés face aux Erosions 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.

**Rey V., Rougier G., Mallarino D., Dufresne C., Taupier-Letage C.** (2018) - Apport d'un réseau de mesures des niveaux d'eau et de température à la compréhension de la dynamique côtière : Exemple du littoral de l'agglomération toulonnaise. Actes des V<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, La Rochelle, DOI:10.5150/jngcgc.2018.097, 859-868.

**Stépanian A.** (2014) - Évaluation des Risques Naturels Littoraux - SCoT Provence-Méditerranée - Évolution historique du trait de côte. Rapport final. BRGM/RP-63952-FR, 143 p., 25 ill., 2 ann., 1 CD.

**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, 80 p., 39 ill., 1 ann., 1 CD.

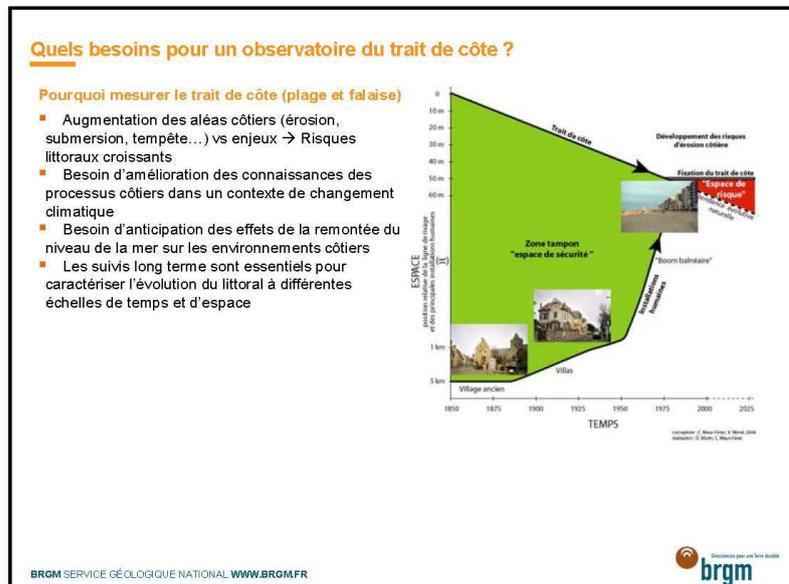
**Stépanian A., Lecacheux S., Nicolae-Lerma A., et Pedreros R.** (2014) - Évaluation des Risques Naturels Littoraux sur le territoire du SCoT Provence-Méditerranée - Caractérisation de l'aléa submersion marine. Rapport final. BRGM/RP-63949-FR, 119 p., 65 ill., 5 ann., 1 CD.

**Thierry Y., Lacquement F. and Marçot N.** (2019) - Landslides triggered in weathered crystalline rocks of moderate latitudes: A case study in Mediterranean environment (The Maures Massif, France). *Engineering Geology*, Vol 248, pp. 164-184.

## **Annexe 1**

### **Diaporama sur les techniques de suivi du trait de côte**

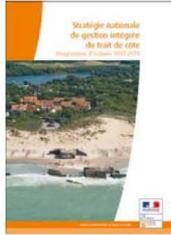




### Quels besoins pour un observatoire du trait de côte ?

#### Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte

- Initiée en 2012 par le MEDDE et actualisée en 2017 autour de 4 axes :
  - Axe A** : Développer et partager la connaissance sur le trait de côte
    - Action 1 : Mettre en place le réseau national des observatoires du trait de côte
    - Action 2 : Améliorer à l'échelle nationale la connaissance du recul du trait de côte et des enjeux potentiellement impactés
    - Action 3 : Développer la connaissance de la dynamique littorale
  - Axe B** : Elaborer et mettre en œuvre des stratégies territoriales partagées
  - Axe C** : Développer les démarches expérimentales sur les territoires littoraux pour faciliter la recomposition spatiale
  - Axe D** : Identifier les modalités d'intervention financière
  - Axe transversal** : Communiquer, sensibiliser, former aux enjeux de la gestion du trait de côte
- En 2010, une étude préalable avait été réalisée pour réaliser une synthèse des observatoires du trait de côte (Bulteau et al., 2010)
- En 2016, re-actualisation de l'inventaire sur la région PACA
- Structuration du RNOTC Réseau National des Observatoires du Trait de Côte en cours  
<http://observatoires-littoral.developpement-durable.gouv.fr/>



BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR)



### Objectifs et méthode de la synthèse sur les observatoires réalisée en 2010

(Bulteau et al. 2010, BRGM/RP-59396-FR)

#### Synthèse des actions locales et régionales au niveau national

- Réaliser un état des lieux des observatoires et réseaux d'observation de l'évolution des côtes existants à une échelle régionale et infrarégionale en métropole et outremer
- Identifier les initiatives en cours ou ayant eu lieu issues des collectivités territoriales, services déconcentrés de l'Etat, établissements publics, laboratoires de recherche, universités
- Proposer des pistes pour la création d'un réseau national d'observation du trait de côte



#### Définition adoptée d'un observatoire du « trait de côte »

- « Structure qui acquiert des données relatives au trait de côte, de manière plus ou moins régulière et sur une zone plus ou moins étendue, dans le but d'analyser les variations observées et finalement comprendre et prévoir l'évolution du trait de côte sur cette zone »

#### Recensement des actions existantes à travers :

- Analyse de la bibliographie et des sites internet des projets menés en France
- Rencontres et enquêtes directes auprès des responsables des principaux observatoires et réseaux (contacts téléphoniques, échanges de mails, entretiens)

→ Classification des observatoires selon une typologie

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR)



**Eléments utilisés pour définir la synthèse des observatoires**

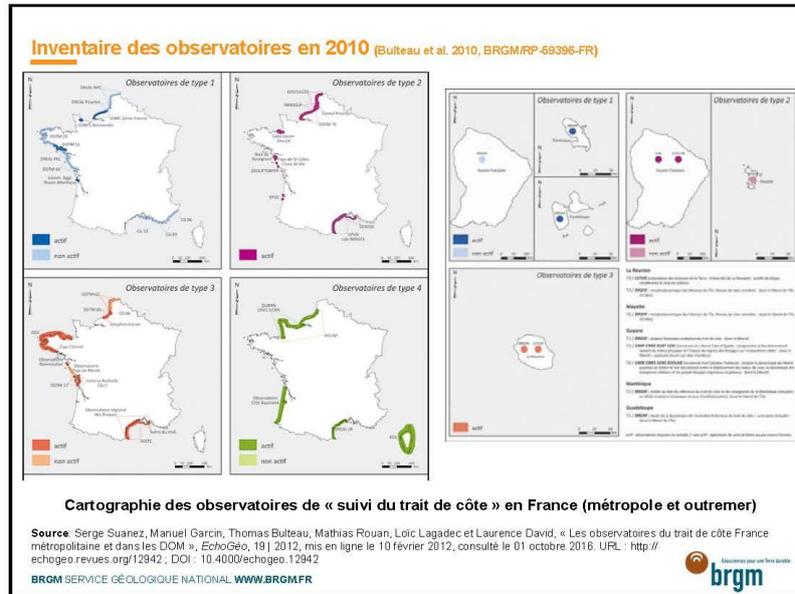
Famille de suivi	Fréquence	Application	Echelle spatiale	Déclenchement	Mise à jour
Opération	Mesures période unique, étude ponctuelle	Projet d'aménagements littoraux, étude des risques	Réduite (locale)	Evénementiel	Opportuniste voire jamais
	Mesures multitudes, non planifiées	Aménagements littoraux, risque, activité de recherche	Réduite (locale)	Evénementiel	Opportuniste
Observatoire	Suivi pluriannuel de courte durée / nombre variable de paramètres	Activité de recherche, veille	Plusieurs communes, Département	Programmé	Fréquence programmée
	Observatoires pérennes (longue durée de vie, multi paramètres)	Suivi de l'évolution du trait de côte à différentes échelles de temps	Département(s), région	Programmé	Fréquence programmée et action si événement exceptionnel (tempête)

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 

**Observatoires par types et façades en 2010 (Bulteau et al. 2010, BRGMRP-59396-FR)**

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Total Région	
<b>Manche-Mer du Nord-Atlantique</b>	Nord-Pas-de-Calais	1	1	2	4	
	Picardie	1	2	1	4	
	Haute et Basse-Normandie	1	2	1	1	5
	Transrégional Normandie / Picardie				1	1
	Bretagne	2	1	2		5
	Pays de la Loire	2	3	2		7
	Poitou-Charentes	1		2		3
	Aquitaine		1		1	2
<b>Méditerranée</b>	Languedoc-Roussillon		1	3	1	5
	PACA	4	1	2		7
	Corse				1	1
<b>Océan Indien</b>	Réunion			2		2
	Mayotte		1			1
<b>Atlantique Caraïbes</b>	Guyane	1	2			3
	Martinique	1				1
	Guadeloupe	1				1
<b>Total par type</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>52</b>	

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 



**Principales conclusions de cette synthèse** (Bulteau et al. 2010, BRGM/RP-59396-FR)

**Difficultés pour définir les besoins**

- Objectifs et besoins initiaux des commanditaires pas toujours clairement définis

**Grande diversité des maîtres d'œuvre**

- Services de l'Etat (DREAL, DDTM)
- Universités / Laboratoires de recherche (CNRS)
- Collectivités (CG, CR, Communauté de communes...)
- Etablissements publics (ONF, BRGM, CL...), Associations (GEMEL, Réserve Naturelle de Camargue,...), bureaux d'étude (GEOS,...), Autres entreprises privées (Compagnie des salins du Midi)

**Diversité des données acquises et des modes de stockage**

- Définitions du trait de côte variables => inter-comparaisons délicates
- Pas toujours géoréférencées => certaines données ne sont utilisables qu'en analyse locale
- Protocoles et outils différents => précisions différentes => comparaisons délicates
- Données stockées sous forme numérique mais existence de données plus anciennes sur papier => numérisation nécessaire afin de pérenniser ces données et de permettre de les intégrer dans des analyses d'évolution temporelle

**Lacunes**

- Manque d'interopérabilité (métadonnées rares ou absentes)
- Faible capacité de mise à disposition des données
- Manque de communication et visibilité (à quelques exceptions près) vis-à-vis du public

**Mais richesses et diversités des démarches locales et régionales caractérisant les besoins de suivi et les volontés des gestionnaires et scientifiques**

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR)

Le logo BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est visible en bas à droite.

**Conclusions concernant un réseau d'observatoire du trait de côte**



**Caractéristiques communes et rôle attendu des observatoires**

- **Lien important entre suivis orientés « recherche » et « opérationnels »**
- **Besoins de connaissance des processus érosion et submersion marine :**
  - Suivis réguliers (plusieurs 10aines d'années) de l'évolution des phénomènes selon des protocoles et fréquences adaptés
  - « Modélisation » réaliste des phénomènes pour la réalisation de scénarios d'évolution du trait de côte (prévention, prédiction)
  - Connaissances des stocks sédimentaires (à terre et en mer) : plan de gestion des sédiments littoraux
  - Capitalisation et partage des connaissances, mutualisation des données, REX
  - Informer, sensibiliser, communiquer
  - Appui aux stratégies de gestion de la bande côtière (niveaux local, régional et national)
  - Expertise neutre et factuelle en appui aux politiques publiques
- **Difficultés et perspectives**
  - Financement (suivis long terme)
  - Diversité des acteurs
  - Prédiction de l'évolution du trait de côte déterministe, besoin d'approche probabiliste
  - Besoin d'associer érosion + tempête + montée du niveau marin
  - Manque de données : bathy avant-côte, vagues, subsidence, niveau marin
  - Améliorer la quantification des incertitudes (notamment dans la prédiction)
  - Estimer capacités de résilience naturelle et anthropique
  - Changement climatique : changement d'échelle globale → régionale
  - Associer la société civile (sciences participatives, ex.: webcams, photos, observations)

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 

**Réseau national des observatoires du trait de côte (Axe A - SNGITC)**



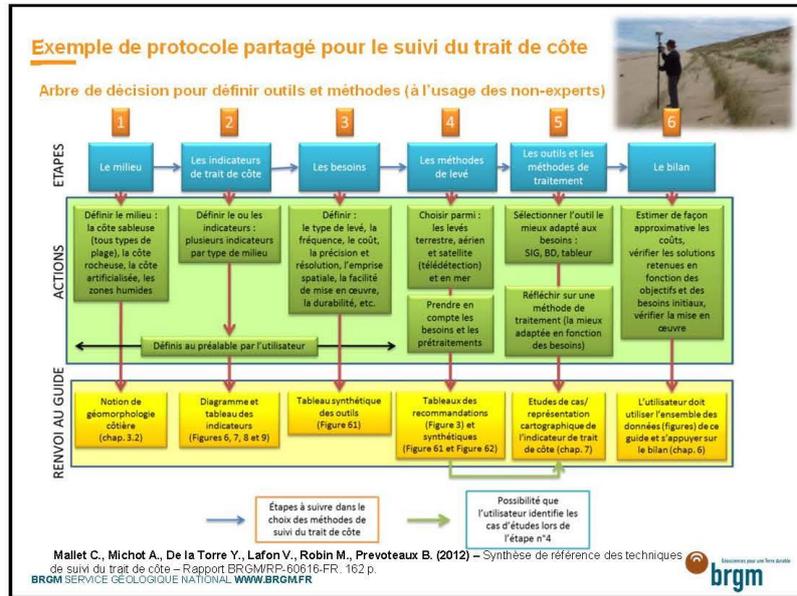
**Programme d'actions 2017 – 2019**

**Axe A : Développer et partager la connaissance sur le trait de côte**

→ **Action 1 : Mettre en place le réseau national des observatoires du trait de côte**

- **Objectif :** disposer de données homogènes et accessibles sur l'ensemble du territoire national
- **Quatre grandes fonctions :**
  - Produire et partager des données fiables et homogènes (protocoles d'acquisition, règles de partages concertés)
  - Mutualiser compétences et moyens pour faciliter l'émergence d'actions communes
  - Communiquer, éduquer et faire participer la société civile pour diffuser les connaissances et accroître les sources d'acquisition
  - Accompagner l'émergence de nouveaux observatoires locaux et la consolidation des observatoires existants
- **Sous-actions**
  - Ratification d'une charte des valeurs et des objectifs partagés du réseau
  - Organisation des instances de gouvernance et définition des modalités de travail
  - Priorisation et lancement des travaux du réseau (recueil et partage de données, développement de l'expertise collective, sensibilisation du public)
  - Création d'une plate-forme d'échange et de communication (site Internet dédié)
- Début des actions prévu courant 2017, faisant suite au séminaire du 31/01/2017

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 



**Guide pour le suivi du trait de côte**

**Adapter le suivi au système côtier**

- Plages en interaction avec dunes, récifs coralliens, bancs de vase
- Marais maritimes :
  - Waddens
  - Marais à mangrove
- Côtes rocheuses :
  - Hautes (falaises) ou basses
  - Cohérente ou meubles

Lebigre, 2004

Cordier, 2007 d'après Montaggioni et Faure, 1980

Paskoff, 1988 d'après F. Verger

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL WWW.BRGM.FR

**Guide pour le suivi du trait de côte**

**2 indicateurs indispensables**

- Evolution du trait de côte
  - Largeur de la plage émergée (position du versant de la falaise)
- Budget sédimentaire (émergé et immergé)
  - 2D : profils
  - 3D : Modèles Numériques de Terrain

**Des indicateurs complémentaires**

- Epaisseur des sédiments
- Hydrodynamique
- Végétation littorale
- Urbanisation, artificialisation
- Perception du risque...

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL WWW.BRGM.FR

### Guide pour le suivi du trait de côte

1 Le milieu
2 Les indicateurs de trait de côte
3 Les besoins

**Quelle définition du trait de côte ?**

- Différents indicateurs possibles
- Nécessité de considérer les échelles de temps et d'espace adaptées

**Echelle de temps**

Décennies

Années

Saisons

Jours

Heures

Secondes

**Echelle spatiale (km)**

0,1

1

10

100

**Long terme**

Limite des ouvrages et aménagements côtiers (côte ferme ou mer / sommet de l'ouvrage)

**Moyen terme**

Limite de végétation permanente côté mer

Pied de dune / crête de dune

Talus de colluvion / pied de dune blanche - dune grise

Ligne de débris (trace de tempête passée)

Limite du jet-de-mer

**Abrupt / sommet de falaise**

**Pied de falaise**

**Limite côté terre d'un ouvrage de protection (perré, digue longitudinal...)**

**Limite côté mer d'une végétation arborescente établie (stable) sur une dune**

**Limite côté mer de végétation dunaire**

**Talus d'érosion**

**Ligne de débris (trace de tempête passée)**

**Trace d'un ancien très haut niveau de la mer**

**Ligne attestée par un précédent niveau de plaine mer**

**Ligne correspondant à l'altitude d'une plaine mer moyenne (référence aux niveaux de marée)**

**Limite mobile/aveu ou de renforcement**

**Réurgence d'eau sur la plage**

**Ligne attestée par l'eau (mesure instantanée)**

**Ligne du dernier gros déferlement au usage**

**Ligne correspondant à l'altitude d'une base mer moyenne (référence aux niveaux de marée)**

**Rupture de pente de la plage sous-marine**

A adapté de Boak et Turner (2005)

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL WWW.BRGM.FR



### Evolution du trait de côte à court et long terme

1 Le milieu
2 Les indicateurs de trait de côte
3 Les besoins

**L'évolution du trait de côte observées résulte :**

- D'évolutions rapides (conséquences des tempêtes par ex.)
- D'évolutions long terme avec plusieurs origines possibles

**Position du trait de côte**

Evolution long terme (tendance)

Evolution observée sur de courtes périodes

Enveloppe d'évolutions possibles sur de courtes périodes

Mesures

**La période d'observation du trait de côte**

- L'observation du trait de côte se fait généralement sur le court terme
- Les tendances long terme sont caractérisées par la combinaison de fortes variabilités à moyen et long terme (ex. : variations saisonnières, niveau marin, etc.) et des évolutions rapides (tempêtes, dynamique d'embouchure, etc.)

BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL WWW.BRGM.FR



### Guide pour le suivi du trait de côte

4  
Les méthodes de levé

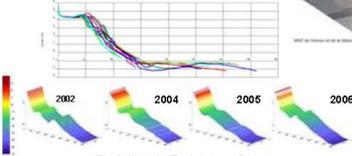
5  
Les outils et les méthodes de traitement

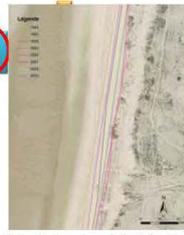
**Méthode d'analyse de l'évolution du trait de côte**

- Orthorectification des images
- Digitalisation des traits de côte
- Analyses SIG : ex. : DSAS (USGS), MobiTC (CETE)
- Tableurs (ex. : © Microsoft Excel)
- Bases de données
- Modes de représentation cartographiques

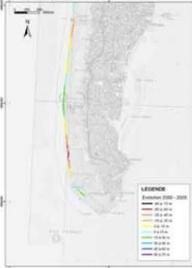


Evolution de Tavignano, Corse



Etude diachronique du trait de côte



BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 

### Guide pour le suivi du trait de côte

4  
Les méthodes de levé

5  
Les outils et les méthodes de traitement

6  
Le bilan

**Résultats**

- Les suivis du traits de côte utiles pour l'études des processus côtiers : forçages hydrodynamiques, impacts anthropiques, etc.
- Recommandation de gestion :
  - Plan de gestion des sédiments
  - Expertises post-tempêtes
  - Solutions de remédiations
  - Rationalisation des coûts de gestion (ex. : rechargements)
  - Prévion des évolutions

Reference: Mallet C., Michot A., De la Torre Y., Lafon V., Robin M., Prevotsaux B. (2012) – Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – Rapport BRGM/RP-60618-FR. 162 p.




BRGM SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL [WWW.BRGM.FR](http://WWW.BRGM.FR) 

## **Annexe 2**

### **Formation pas-à-pas à l'utilisation de BD-Tempête sur l'ORRM PACA**

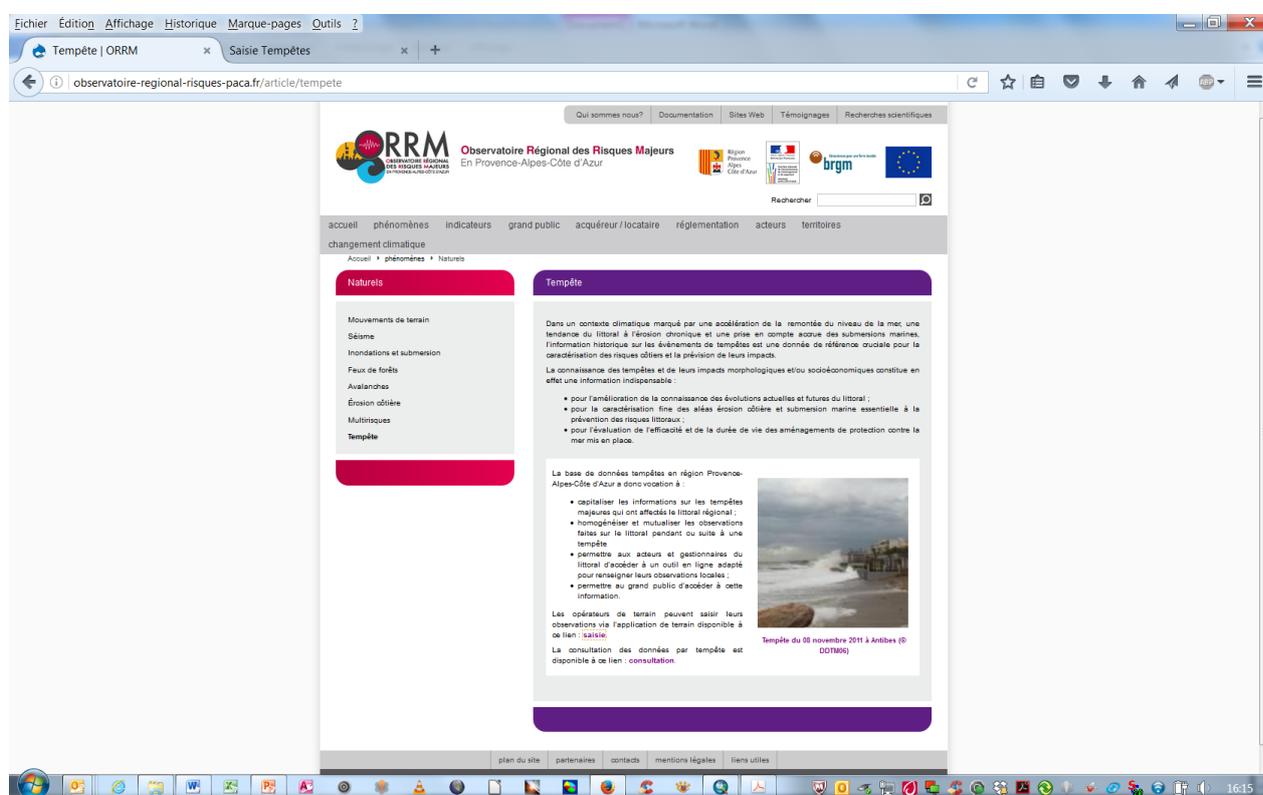


## « PAS À PAS » POUR LA SAISIE DES OBSERVATIONS DU RÉSEAU TEMPÊTE SUR L'APPLICATION INTERNET

### 1. ACCÈS À L'OUTIL DE SAISIE EN LIGNE

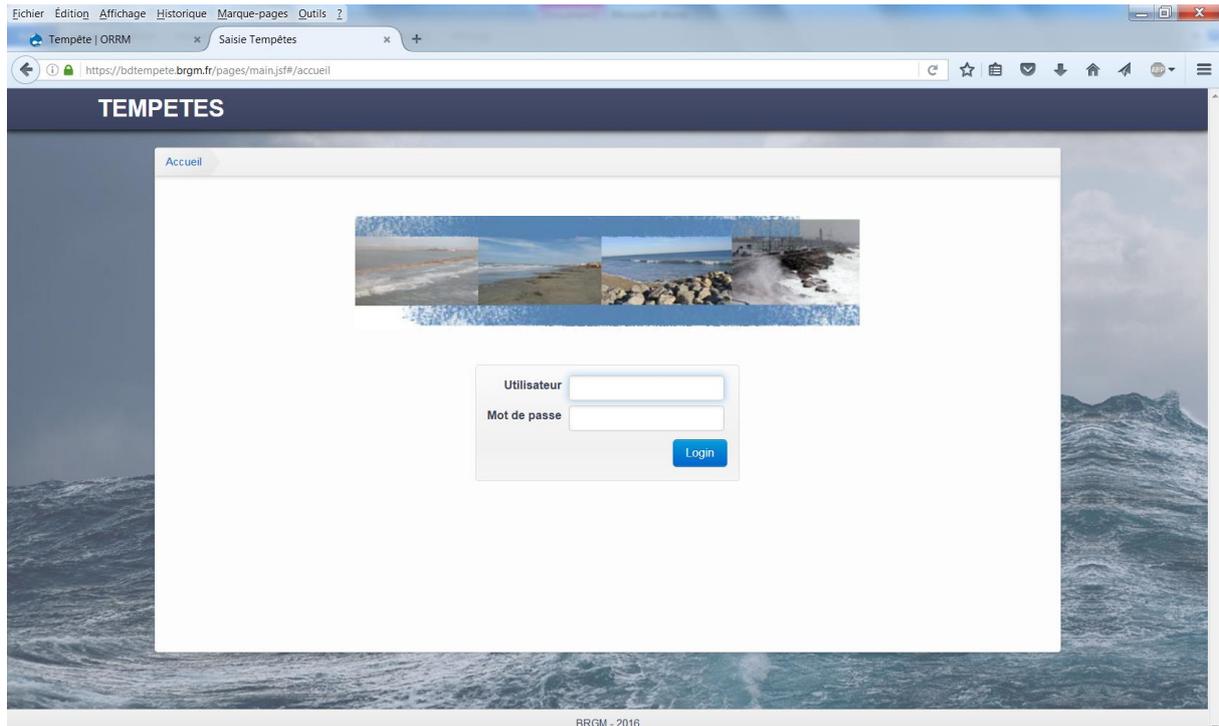
Les outils de consultation et de saisie des informations sur l'impact des tempêtes en région PACA est disponible sur le site de l'ORRM à l'url suivante :

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



Un onglet [consultation](#) donne accès à la liste des tempêtes qui sont renseignées (une fiche par tempête)

Un onglet [saisie](#) renvoie vers l'application de de saisie en ligne des informations. Le lien renvoie sur la page d'accès sur laquelle il est nécessaire de s'identifier.



Afin de pouvoir vous identifier, il faut que le ou les observateur(s) désigné(s) de l'organisme concerné fasse une demande de création de compte au BRGM par email ([a.stepanian@brgm.fr](mailto:a.stepanian@brgm.fr)).

Un nom d'utilisateur et un mot de passe vous sera ensuite communiqué. A savoir, qu'à ce compte sera attaché un profil d'utilisateur, lié au type de données à saisir.

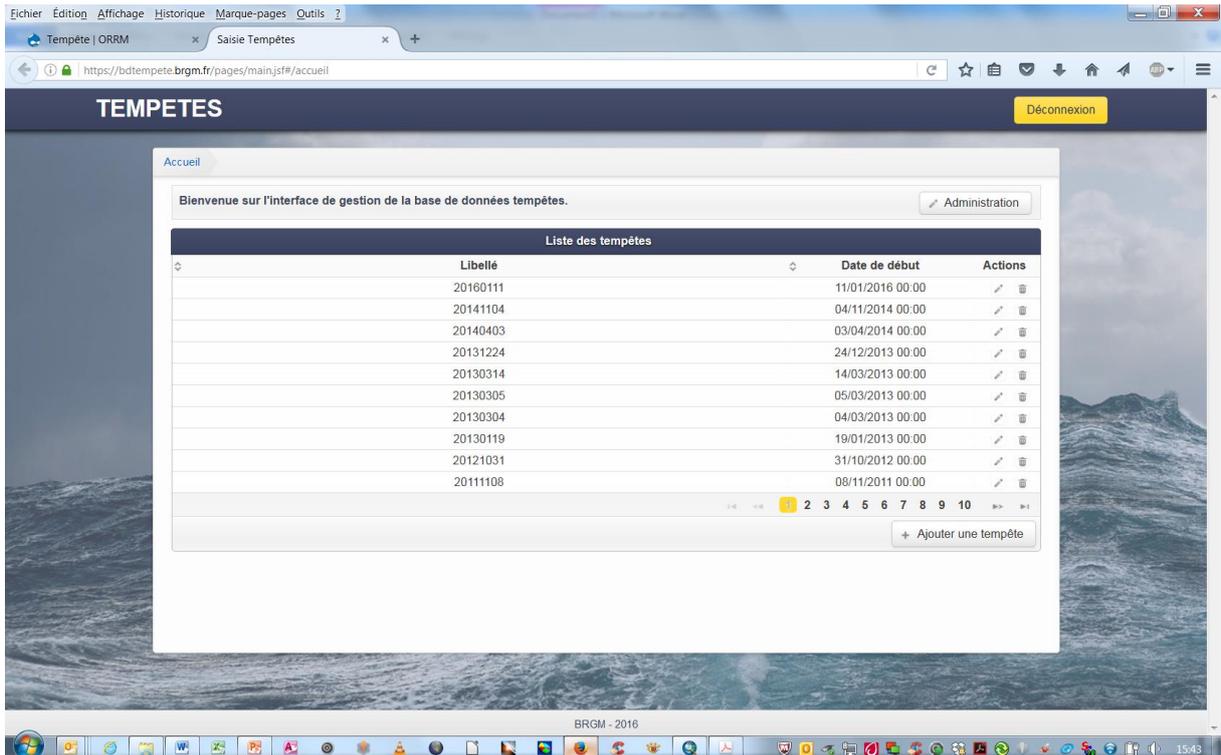
Les profils possibles sont :

- gestionnaire de tempête (limité au BRGM qui déclare une tempête à la réception d'un message de déclenchement du Réseau) ;
- gestionnaire de mesure (destiné aux organismes gérant des stations – hors vidéo) ;
- observateur et déclarant d'impact (destiné aux observateurs de terrain avec photos et gestionnaires de station vidéo).

## 2. CHOIX DE LA TEMPÊTE À RENSEIGNER

Une fois identifié, la page d'accueil liste les tempêtes d'ores et déjà saisies par ordre anté-chronologique. Aujourd'hui, les tempêtes renseignées dans la BD Tempête jusqu'en 2016 sont issues de l'inventaire historique.

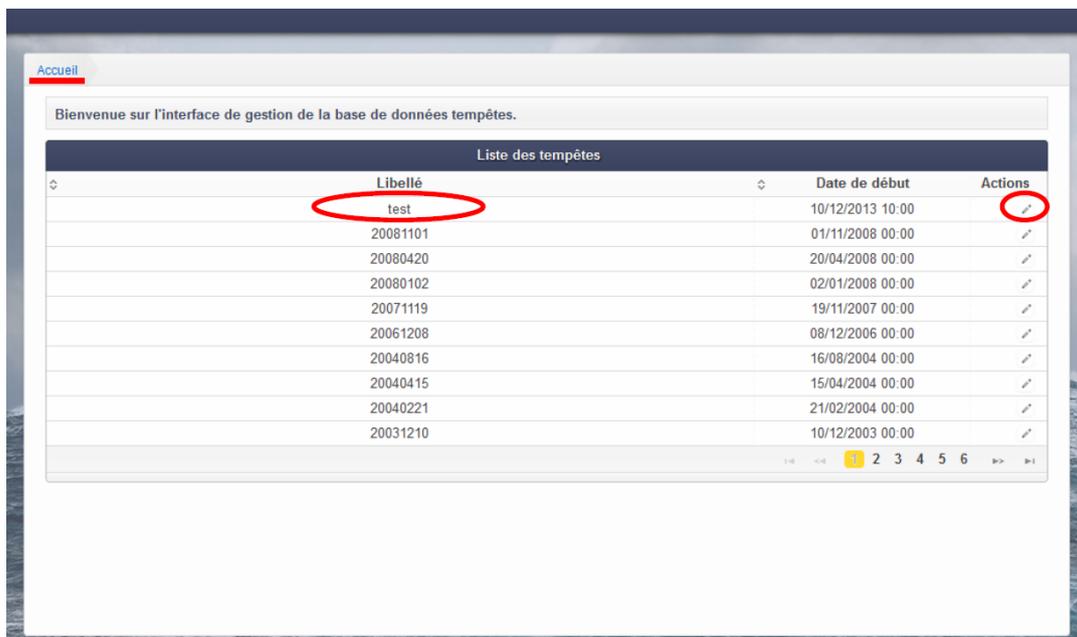
En principe, des tempêtes ultérieures qui vont affectées le littoral de PACA seront alimentées en information par le réseau des observateurs de terrain.



À la suite d'un message d'annonce d'une tempête à venir, une nouvelle tempête sera créée par le BRGM.

La tempête vous concernant doit donc correspondre **à la première de la liste** au moment où vous saisissez vos observations (pendant ou après la tempête en question).

Pour le déroulé de la démonstration une tempête « test » est créée (et sera supprimée).



Cliquer sur l'icône  de la tempête concernée pour commencer la saisie

**ATTENTION À NE PAS MODIFIER OU SUPPRIMER LES INFORMATIONS DÉJÀ SAISIÉS PAR UN TIERS SUR LA TEMPÊTE CONCERNÉE OU UNE TEMPÊTE PLUS ANCIENNE.**

Pour consulter les données anciennes, les fiches sont disponibles sur :

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

Onglet : **consultation**

Pour les saisies récentes une fiche est également auto-générée et rajoutée à la liste existante (vos saisies du jour apparaîtront à ce lien sous 24h après synchronisation des bases de données).

### 3. SAISIR DES MESURES

Une fois sur la tempête concernée, un écran « Détail de la tempête » présente plusieurs onglets concernant tout d'abord plusieurs types de mesures (Pic de vent, de dépression, de houle, de niveau d'eau, de précipitation).

Ces informations sont à saisir par les organismes gestionnaires de stations ou collectant ces mesures.

Un bloc « Commentaires » apparaît également afin de renseigner un commentaire général qui correspondrait à la tempête dans son ensemble.

À noter que les informations déjà renseignées sur cette tempête par un autre utilisateur peuvent d'ores et déjà apparaître.

**Cliquer sur l'un des onglets pour saisir un type de mesure, et sur « + Ajouter une mesure ».**

**Sélectionner la station de mesure dans la liste prédéfinie.**

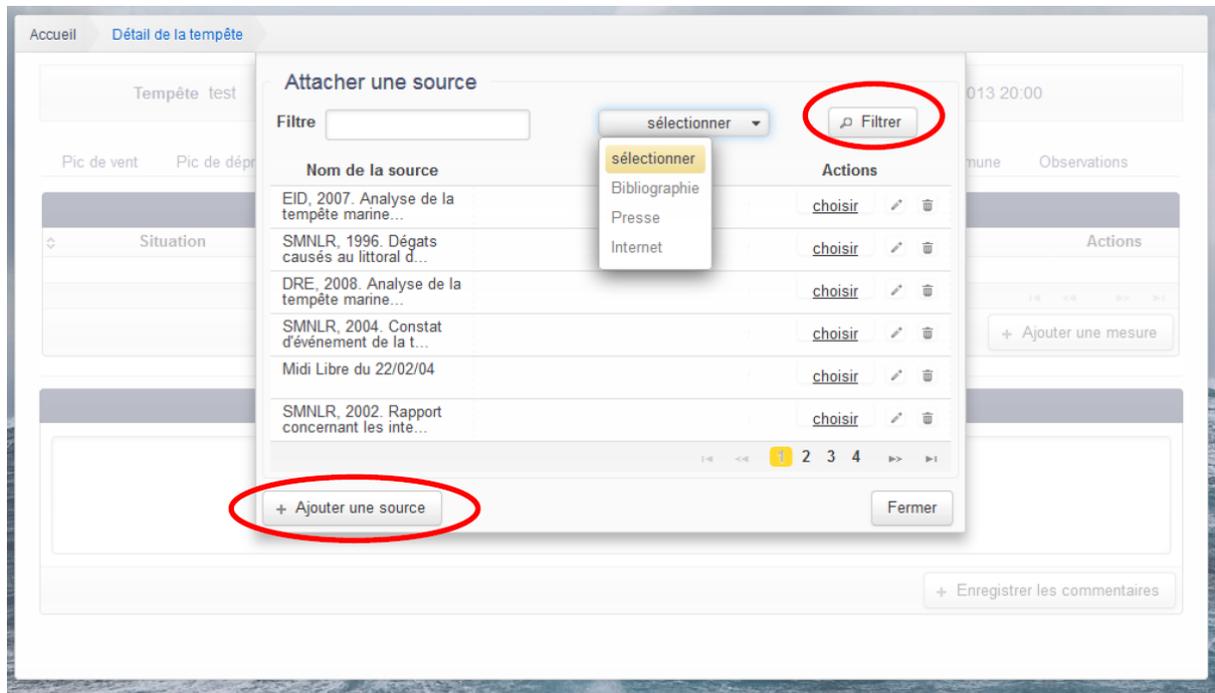
**Renseigner les dates et heures et les valeurs correspondantes.**

**Enregistrer.**

La mesure apparaît dans la liste.

#### 4. GESTION DES SOURCES

Une source (bibliographie, presse, internet) peut être attachée à une mesure ou à un impact. Pour cela, il est possible de choisir une source existante dans la liste.



La recherche d'une source existante est facilitée **en filtrant la liste à partir d'un mot du nom ou du type de source à sélectionner.**

Il est également possible de saisir une nouvelle source (**+Ajouter une source**) qui est ainsi rajoutée à la liste et pourra être réutilisée ultérieurement.

#### 5. SAISIR UN IMPACT À LA COMMUNE

Dans les cas particuliers d'informations concernant l'ensemble d'une commune sans distinction précise de lieu (la déclaration de dossier CATNAT ou des dommages communiqués sur un article de presse par exemple), **cliquer sur l'onglet « Impact à la commune » dans la page de « Détail à la tempête » et sur « + Ajouter un impact ».**

Une commune doit alors être choisie dans la liste des communes littorales du Languedoc-Roussillon et les informations renseignées, en attachant une source si appropriée.

Accueil [Détail de la tempête](#)

Tempête test

Pic de vent Pic de dé

3 20:00

Observations

Actions

+ Ajouter un impact

Annuler Enregistrer

registrar les commentaires

Attention, les impacts sur un site précis et non à l'échelle d'une commune sont à renseigner avec une observation (cf. saisir une observation ci-dessous).

## 6. SAISIR UNE OBSERVATION

Pour saisir une observation de terrain, **cliquer sur l'onglet « Observations » de l'écran « Détail de la tempête » et sur « + Ajouter une observation »**.

On accède alors à l'écran « Nouvelle observation », sur lequel il **faut renseigner les dates et heures et définir s'il s'agit d'une observation sur site prédéfini** (Points Fixes du protocole du Réseau Tempête) **ou observation hors site**.

Détail de la tempête [Nouvelle observation](#)

Informations générales sur l'observation

Date/heure

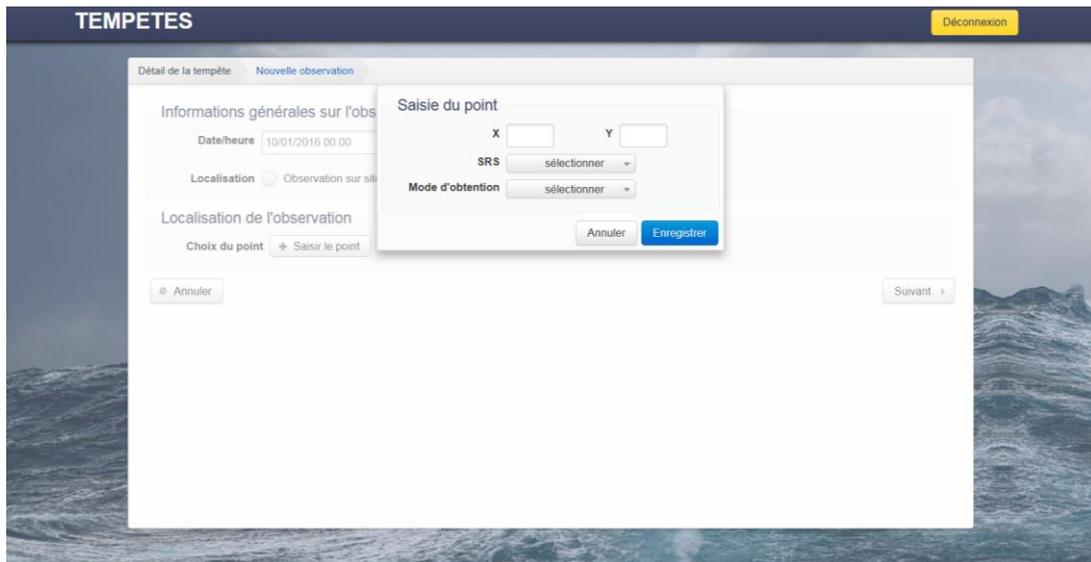
Localisation  Observation sur site **OU**  Observation hors site

Annuler Suivant >

Pour une observation sur site, **choisir le site en question dans la liste existante.**

**En PACA, il n'y a pas pour l'instant de site défini. Si le besoin est présent, il est prévu de pouvoir créer ces sites pour faciliter la saisie des opérateurs (par exemple : photographie régulièrement prise au même endroit).**

Pour une observation hors site, **saisir les coordonnées du point de l'observation en renseignant le système spatial de référence (SRS – par exemple Lambert 93) et le mode d'obtention (lecture GPS, lecture carte, bibliographie) et enregistrer.**



**Cliquer sur suivant.**

Les observations issues du formulaire de terrain peuvent être renseignées sur cet écran en **cochant les cases correspondantes ou rajoutant des éléments textuels dans les blocs commentaires.**

Pour les submersions marines, il faut **définir si les informations correspondent à une « submersion observée » (pendant la tempête) ou à une « observation déduite » (après la tempête, à partir de la laisse de mer typiquement).**

Si l'altitude maximale atteinte par la mer peut être estimée à partir d'un GPS ou d'un repère altitudinal connu, **elle doit être renseignée dans le référentiel terrestre** soit le Nivellement Général de France (NGF).

Pour l'observation d'une mesure de niveau d'eau sur une échelle limnimétrique, joindre la photographie avec les dates et heures de la mesure/photo (**+ Joindre une photo d'échelle limnimétrique**).

Détail de la tempête Nouvelle observation

Observation réalisée sur le site Canet en date du 10/12/2013 20:00  Impact sociétal

Evolution du trait de côte  
Recul du TC  Avancée du TC

Evolution du profil  
Dépot  Perte

Phénomène de crue  
Crue ?  Commentaires

Brèches  
Brèche ?  Commentaires

Submersion marine  
Submersion   
Altitude atteinte par la mer (en NGF)

Echelle limnimétrique  
Niveau d'eau (m)

Commentaire

Commentaire général

Pour les informations relatives aux impacts de la tempête, **cliquer sur « Impact sociétal », saisir les informations et enregistrer.**

Détail de la tempête Nouvelle observation

Observation réalisée sur le site Canet en date du 10/12/2013 20:00  Impact sociétal

Evolution du trait de côte  
Recul du TC  Avancée du TC

Evolution du profil  
Dépot  Perte

Phénomène de crue  
Crue ?  Commentaires

Brèches  
Brèche ?  Commentaires

Submersion marine  
Submersion   
Altitude atteinte par la mer (en NGF)

Echelle limnimétrique  
Niveau d'eau (m)

Commentaire

Commentaire général

**Impact sociétal**

Bâtiment  Ouvrage de protection marine   
Bâteaux  Infrastructure portuaire  Victimes

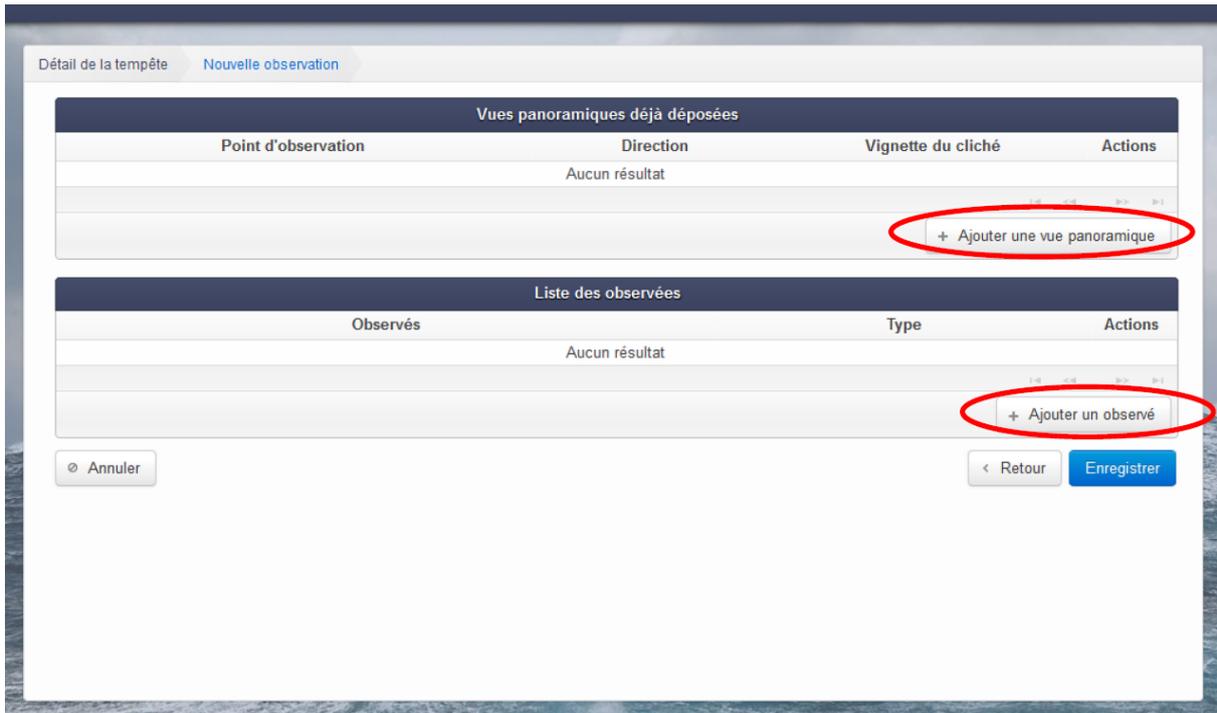
Autres infrastructures  Autres impacts

Commentaires divers

**Cliquer sur suivant pour ajouter les photographies.**

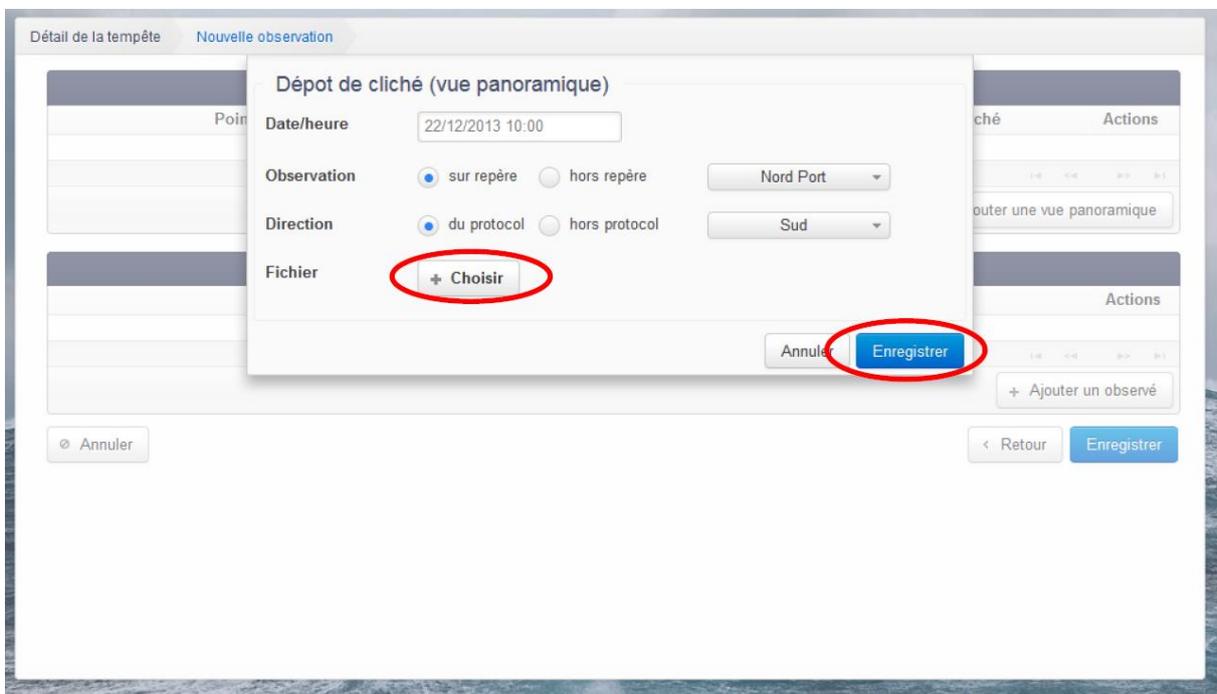
Deux types de clichés peuvent être ajoutés :

- les « **vues panoramiques** » ou paysages larges ;
- les « **observés** », **photographie d'objets** plus précis (un mur affaissé, une laisse de mer, une ganivelle endommagée, etc.).

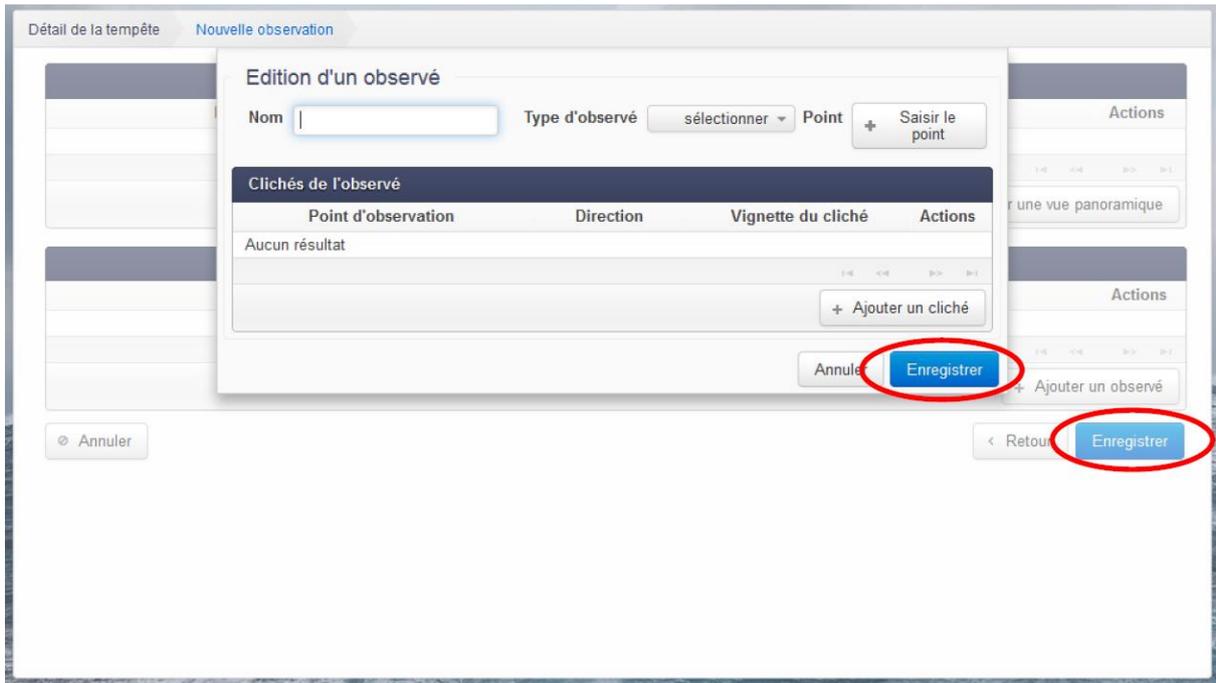


Pour ajouter une vue panoramique, il faut définir s'il s'agit d'une observation sur un repère prédéfini du site (Point Fixe) et dans quelle direction du protocole le cliché est pris.

Pour une observation hors repère il faut saisir les coordonnées du point de prise de vue et indiquer la direction.



Pour ajouter un observé, indiquer le nom, le type (bateau, bâti, dune, etc.) et indiquer les coordonnées du point de prise de vue.



**Choisir le fichier à télécharger et enregistrer.**

**Enregistrer l'observation** au niveau de l'écran « Nouvelle observation ».

## 7. SUITE ET FIN

Vous pouvez poursuivre la saisie en réitérant l'une de ces opérations ou mettre fin à la session en cliquant « **Déconnexion** ».

## **Annexe 3**

### **Description des champs de l'outil de remontée de terrain (ORRM) sur les mouvements de terrains (MVT) en région PACA**



Ces données peuvent être saisies sur Excel puis renvoyées au BRGM directement à la référente de la base de données Mouvements de terrain : [c.mirgon@brgm.fr](mailto:c.mirgon@brgm.fr) :

- **l'identifiant du « mouvement de terrain » (IDMVT)** : saisie automatique, champ invisible
- **Identifiant de la mission** : texte libre, saisie manuelle,
- **Le code INSEE de la commune** :
  - Champ non visible lors de la saisie d'un mouvement de terrain (mode mise à jour), mais visible en consultation (hors mise à jour),
  - Ce champ sera mis à jour automatiquement, ultérieurement, directement sur les données en base avec l'application SIG.
- **le lieu-dit** : texte libre, saisie manuelle,
- **le type de mouvement** : entier court (dépendant du lexique des phénomènes, **L\_TYPE\_MVT** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Fiabilité** : entier court (la certitude sur le type de phénomène dépendant du lexique sur la fiabilité, **L\_FIABILITE** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **la date du phénomène** : format date, saisie manuelle,
- **la précision sur la date** : entier court (lié au lexique **L\_PRECISION\_DATE** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Shape** : champ stockant la géométrie (polygone),
- **Coordonnées en X** avec précision Système de projection utilisé
- **Coordonnées en Y** avec précision Système de projection utilisé,
- **Volume unitaire max (m)** : réel double, saisie manuelle,
- **Nombre de blocs** : entier long, saisie manuelle.
- **Volume total (m3)** : réel double, saisie manuelle,
- **Précision de la localisation** : entier court (lié au lexique **L\_PRECISION\_XYZ** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Activité du mouvement à la date saisie** : entier court, saisie manuelle avec 2 choix possibles : **Inactif/Dormant** ou **Actif /Evolutif**
- **Réactivé** : entier court (lié à un lexique : Actif/Evolutif ou Inactif/xxx, saisie manuelle,
- **Nombre de victimes** : entier court basé sur un lexique à **définir**, saisie manuelle,
- **l'identifiant du dommage** : GlobalID, saisie automatique, champ invisible,
- **Type de dommage** : entier court (dépendant du lexique des types de dommage, **L\_Dom\_Biens\_type** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Dom. physiques** : entier court (dépendant du lexique des niveaux d'endommagement des structures, **L\_Dom\_Biens\_EndomStruct** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,

- **Coordonnées en X** : réel double, calculé automatiquement, ultérieurement à partir des données géométriques,
- **Coordonnées en Y** : réel double, calculé automatiquement, ultérieurement à partir des données géométriques,
- **Dom. fonctionnels (Nature de l'altération)** : entier court (dépendant du lexique des niveaux d'endommagement fonctionnel, **L\_Dom\_Biens\_EndomFonct** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Dom. fonctionnels (Durée)** : entier court (dépendant du lexique « Durée de l'endommagement », **L\_Dom\_Biens\_Endom** (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), saisie manuelle,
- **Commentaire** : champ texte, saisie manuelle,
- **Nom du créateur de la photo** : champ texte, saisie automatique,
- **Date de création de la photo** : champ date, saisie automatique,
- **Nom du dernier utilisateur ayant mis à jour la photo** : champ texte, saisie automatique,
- **Date de mise à jour de la photo** : champ date, saisie automatique,
- **Nom du créateur de la donnée** : champ texte, saisie automatique,
- **Date de création de la donnée** : champ date, saisie automatique,
- **Nom du dernier utilisateur ayant mis à jour la donnée** : champ texte, saisie automatique,
- **Date de mise à jour de la donnée** : champ date, saisie automatique

L_TYPE_MVT		
CODE	LIBELLE	DESCRIPTION
1	Glissement	Un glissement de terrain correspond au déplacement d'une masse de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture.
2	Chute de blocs / Eboulement	Les chutes de blocs et éboulements sont des phénomènes rapides ou événementiels mobilisant des éléments rocheux plus ou moins homogènes avec peu ou pas de déformation préalable, depuis une pente abrupte jusqu'à une zone de dépôt.
3	Coulée	Une coulée consiste en la mise en mouvement de matériaux ayant un comportement semblable à un fluide visqueux.
4	Effondrement	Un effondrement est un désordre créé par la rupture du toit d'une cavité souterraine (dissolution, mine, etc. )
5	Érosion de berges	Une érosion de berge est le phénomène provoqué par l'ablation de matériau emporté par le courant, dans le lit du cours d'eau.

Lexique 1 : Descriptions des types de mouvements de terrain

L_PRECISION_XYZ	
CODE	LIBELLE
1	< 10 m
2	10 - 25 m
3	25 - 50 m
4	50 - 80 m
5	80 - 100 m

L_FIABILITE	
CODE	LIBELLE
1	Fort
2	Moyen
3	Faible

Lexique 3 : La fiabilité

L_PRECISION_DATE	
CODE	LIBELLE
0	Inconnue
1	Jour
2	Mois
3	Saison
4	Année
8	Récurrent

Lexique 2 : Précision de saisie en XYZ

Lexique 4 : Précision de la date saisie

L_Dom_Biens_type	
Code	Type
1	Bâti
2	Réseau routier
3	Réseau ferré
4	Réseau navigable
5	Réseau aérien
6	Réseau électrique
7	Réseau Eau
8	Réseau assainissement
9	Espace divers
10	Autre bien

Lexique 5 : Les types de dommages

<b>L_Dom_Biens_EndomStruct</b>	
<b>Code</b>	<b>Physique</b>
1	Endom. physique moins de 50 %
2	Endom. physique plus de 50 %
3	Endom. Physique total

**Lexique 6 : Niveau d'endommagement des structures**

<b>L_Dom_Biens_EndomFonct</b>	
<b>Code</b>	<b>Altération</b>
1	Altération fonction. moins de 50 %
2	Altération fonction. plus de 50 %
3	Altération fonction. total

**Lexique 7 : Niveau d'endommagement fonctionnel**

<b>L_Dom_Biens_Endom</b>	
<b>Code</b>	<b>Durée</b>
1	Temporaire (jours)
2	Temporaire (mois)
3	Temporaire (année)
4	Définitif

**Lexique 8 : Durée de l'endommagement**



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](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Provence-alpes-Côte d'Azur**  
117 avenue de Luminy  
BP.168  
13276 – Marseille Cedex 09 – France  
Tél. : 04 91 17 74 77