



Atelier EUC-France

1^{er} et 2 avril 2009

Les falaises côtières, érosion, qualité des eaux littorales, gestion marine et portuaire de la Côte Bleue (Bouches-du-Rhône)

Organisé par Nathalie Marçot, Marie-Claire Prat et Jean Favennec

Avec la collaboration de M. Pierre Pene, Maire de Carry-le-Rouet
de M. Grosso, Maire du Rove et le soutien de la DIREN PACA et
du Conseil Régional PACA,

et de toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à
l'organisation de cet atelier



Sommaire

1. Organisation des journées d'ateliers.....	11
2. Une géologie du littoral de la région PACA très variée	13
3. La problématique falaises côtières à partir de l'étude BRGM.....	15
3.1. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE FALAISES CÔTIÈRES DU BRGM.....	15
3.2. TYPOLOGIE DES INSTABILITÉS DE FALAISES CÔTIÈRES	20
3.3. EXEMPLES DE SITES ÉTUDIÉS ET PRÉSENTÉS LORS DES ATELIERS	22
3.3.1. Sites 1a et 1b : le Moulin.....	22
3.3.2. Site 2 : Le port de Carry-le-Rouet.....	23
3.3.3. Site 3 : la Calanque du Cap Rousset.....	23
3.3.4. Site 4 : Port du Rouet.....	24
3.3.5. Site 5 : Chapelle du Rouet.....	24
3.4. QUALIFICATION DE L'ALÉA INSTABILITÉS DE FALAISES	25
3.5. HIÉRARCHISATION DU RISQUE INSTABILITÉS DE FALAISES CÔTIÈRES.....	31
3.5.1. Rappels de définitions.....	31
3.5.2. Hiérarchisation du risque instabilités de falaises.....	32
3.5.3. Conclusions.....	34
4. Les études géotechniques ponctuelles.....	37
4.1. INTERVENTIONS DE LA SOCIÉTÉ ANTEA.....	37
4.2. INTERVENTIONS DU CETE MÉDITERRANÉE SUR LA COMMUNE DE CARRY- LE-ROUET	37
5. Quantification de l'évolution des côtes rocheuses.....	41
5.1. QUALIFICATION DE L'ÉVOLUTION DES CÔTES ROCHEUSES PAR PHOTOGRAMMÉTRIE ET LASERGRAMMÉTRIE	41
5.2. QUALIFICATION DE L'ÉVOLUTION DES CÔTES ROCHEUSES PAR COMPARAISON PHOTOGRAPHIQUE MULTI TEMPORELLE	44
6. La prise en compte du risque dans l'aménagement	45
6.1. LE PPR : UN OUTIL SPÉCIFIQUE DE PRÉVENTION.	45
6.2. VERS UN PROJET LOCAL DE PRÉVENTION.....	45

6.3. LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE INSTABILITES DE FALAISES EN REGION PACA	47
6.3.1. Un exemple : la commune de Carry-le-Rouet	47
6.3.2. Le rôle du Conseil Régional PACA – Service Risques Majeurs	48
6.3.3. Le rôle de la DREAL – Service Risques Majeurs.....	49
6.4. LA PROBLEMATIQUE SENTIER LITTORAL	51
6.5. L'HISTOIRE DE L'ANSE DU ROUET.....	57
7. La perception du risque par les usagers	59
7.1. ENQUETE SUR LA PERCEPTION DU RISQUE INSTABILITES DE FALAISES COTIERES.....	59
7.1.1. Quelques rappels méthodologiques sur la réalisation de l'enquête.....	60
7.1.2. Quelques résultats intéressants	65
7.2. CONCLUSIONS.....	71
8. Une méthodologie de gestion du risque à l'échelle d'une commune littorale.....	73
8.1. PRESENTATION DE LA METHODE	73
8.2. APPLICATION ET RESULTATS SUR CARRY-LE-ROUET	75
8.3. REDUCTION DE LA VULNERABILITE	77
9. La qualité des eaux littorales	79
9.1. MISSIONS DE LA SUBDIVISION EAU ET ENVIRONNEMENT MARIN DE LA DDE 13.....	79
9.2. POLICE DE L'EAU :.....	79
9.3. POLITIQUE DE L'EAU	80
9.4. CONNAISSANCE DU MILIEU.....	80
9.5. POLMAR.....	80
10. Dragage des ports de plaisance de la communauté urbaine Marseille Provence Métropole.....	83
10.1. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS	83
10.2. METHODE.....	83
10.3. LES BESOINS EN DRAGAGE.....	84
10.4. LES ECHANTILLONS	84

10.5. ANALYSE.....	85
10.6. CONCLUSION	88
10.7. BIBLIOGRAPHIE	89
11.Un modèle de gestion : la Côte Bleue, une gestion partenariale d'un site du Conservatoire du Littoral aux portes de Marseille	91
11.1. SITUATION	91
11.2. CARACTERISTIQUES DU SITE	91
11.3. HISTORIQUE.....	92
11.4. GESTION.....	93
11.4.1. Financement.....	93
11.4.2. Trois axes de gestion sont privilégiés	93
12.Un modèle de gestion : le Parc Marin de la Côte Bleue.....	95
12.1. PRESENTATION DU PARC MARIN DE LA COTE BLEUE.....	95
12.2. HISTORIQUE.....	97
12.3. POURQUOI LA COTE BLEUE ?	98
12.4. ASPECTS JURIDIQUES	99
12.5. LES ACTIONS DANS LE CADRE D'UNE GESTION CONCERTEE	100
12.5.1. Vers les pêcheurs.....	100
12.5.2. Vers les élus, les citoyens et les usagers	101
12.6. PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES DES MESURES DE PROTECTION ET DE GESTION DES RESSOURCES	103
12.6.1. La réserve marine de Carry-le-Rouet.....	103
12.6.2. Les récifs artificiels.....	104
12.6.3. La réserve marine du Cap-Couronne.....	106
13.Bibliographie	109

Table des illustrations

Illustration 1 :Localisation des sites d'observation.....	12
Illustration 2 : Faciès géologiques présents sur le littoral des Bouches-du-Rhône	13
Illustration 3 : Poster de l'étude Falaises côtières du BRGM.....	15

Illustration 4 : Chutes de blocs dans les marnes et calcaire de la calanque des Eaux salées à Carry-le-Rouet	20
Illustration 5 : Glissement de terrain dans le Turonien, Coniacien, Santonien non différencié (C3-5) dans l'Anse de Sainte Croix à la Couronne.....	20
Illustration 6 : Glissement bancs sur bancs dans les calcaires à la Baumanderie à la Couronne	20
Illustration 7 : Erosion différentielle dans les marnes et sables Cap Rousset (Carry-le-Rouet) .	20
Illustration 8 : Taffoni dans les poudingues de la Ciotat.....	21
Illustration 9 : Fissures de décompression donnant des chutes de blocs dans les Calanques ..	21
Illustration 10 : Typologies des instabilités et des types d'érosion.....	21
Illustration 11 : Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité d'après le Guide méthodologique des PPR mouvements de terrain du MEDD	26
Illustration 12 : Echelle d'intensité utilisée pour le projet.....	27
Illustration 13 : Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité du phénomène	28
Illustration 14 : Extrait de la qualification de l'aléa instabilités de falaises côtières sur la Côte Bleue.....	28
Illustration 15 (pages suivantes) :Extrait des cartographies de qualification de l'aléa sur l'ouest des Bouches-du-Rhône	28
Illustration 16 : Méthodologie d'évaluation du risque instabilités de falaises	32
Illustration 17 : Suivi d'une falaise de craie par scanner laser terrestre et aléa probabiliste de chute de blocs.....	42
Illustration 18 : Photographies ayant servi à la comparaison multi temporelle	44
Illustration 19 : Résultats de l'analyse	44
Illustration 20 : Extrait orthophoto IGN sur l'Anse du Rouet à Carry-le-Rouet.....	57
Illustration 21 : Vue sur l'Ouest de l'Anse du Rouet.....	57
Illustration 22 : Localisation des sites de l'enquête	61
Illustration 23 : Questionnaire utilisé pour l'enquête de perception.....	64
Illustration 24 : Résultat de l'analyse d'évocation.....	65
Illustration 25 : Représentation graphique de l'ACM en utilisant les informations des 3 axes....	70
Illustration 26 : Schéma du système « Vulnérabilité » d'après C. Meur-Ferec (2006).....	74
Illustration 27 : Grille d'analyse type (C. Meur-Ferec – 2006).....	75
Illustration 28 : Distinction des radars de vulnérabilité des quatre sites étudiés	76
Illustration 29 : Méthodologie globale proposée pour la gestion du risque et la diminution de la vulnérabilité.....	78
Illustration 30 : Le Territoire géré par le Parc Marin de la Côte Bleue	95
Illustration 31 : La Zone Marine Protégée de Carry le Rouet.....	96

Table des annexes (document hors-texte, optionnel)

Annexe 1 : Histoire géologique et structurale du massif de la Nerthe

Annexe 2 : La géologie sur le littoral de Carry-le-Rouet

Annexe 3 : Les principaux textes de lois relatifs aux risques naturels

Annexe 4 : Zoom sur l'analyse de la vulnérabilité sur les 4 sites de Carry-le-Rouet

Annexe 5 : Extraits d'articles de presse sur des événements récents d'instabilités du littoral de la région PACA

1. Organisation des journées d'ateliers

L'EUCC-France a choisi cette année de proposer un atelier de terrain sur la Côte Bleue dans les Bouches-du-Rhône, en axant les journées sur la problématique instabilités de falaises côtières principalement sur la commune de Carry-le-Rouet, où nous seront reçus par le Maire M. Pene, ainsi que sur la commune du Rove où le Maire M. Grosso nous accueillera également. D'autres sujets comme la gestion portuaire, le dragage des sédiments, le domaine du Conservatoire, la gestion intégrée des zones côtières et la qualité des eaux littorales seront abordés au cours de ces journées.

Les sites suivants (Illustration 1) ont été choisis à la fois pour leur intérêt technique et scientifique, mais également afin de pouvoir observer des panoramas plus généraux montrant la géomorphologie des sites alentours. Les différents sites et les sujets qui vont être traités sont :

Site 1a : Pointe du Moulin

- Introduction générale, présentation des journées
- Etude BRGM sur la problématique « Falaises Côtières » sur le littoral de la région PACA, cas de Carry-le-Rouet.
- Présentation de la géologie du site et des instabilités.

Site 1b : Sentier du lézard

- Présentation des résultats de l'enquête de perception du risque par les usagers - BRGM
- Etude CET sur l'érosion marine en 2007
- Discussions autour de la problématique littorale : sentier du littoral, loi littorale, référence à l'étude CETE sur la Vesse...
- Instabilités sur le talus Ouest du Port de Carry-le-Rouet

Site 2 : Port de Carry-le-Rouet

- Géologie et instabilités de falaises (éboulement de février 2008)
- Mode de gestion du site par la commune de Carry-le-Rouet (études géotechniques et travaux de protection)
- Etude des schémas de dragage portuaire (étude CETMEF pour MPM)

Site 3 : Calanque du Cap Rousset

- Géologie et instabilités de falaises (aménagement récents)
- le Parc Marin, modèle de gestion et réserve naturelle
- Présentation des missions de la cellule qualité des eaux littorales de la DDE

Site 4 : Port du Rouet

- Histoire de l'Anse du Rouet
- Géologie et instabilités de falaises (éboulement de 2005)
- Intervention de la commune de Carry-le-Rouet sur les choix de gestion du site
- Présentation des études géotechniques et travaux de confortement réalisés et engagés
- Intervention du BRGM sur l'utilisation du scan laser pour l'étude d'une falaise littorale (ex : Falaise du Rouet)

Site 5 : Chapelle du Rouet

- Géologie / géomorphologie et instabilités de falaises
- L'éboulement de Barqueroute en février 2008 et travaux envisagés
- Le problème de l'urbanisation du littoral

Site 6 : le Rove : domaine du Conservatoire du Littoral

- Gestion partenariale du Conservatoire du littoral et de l'ONF

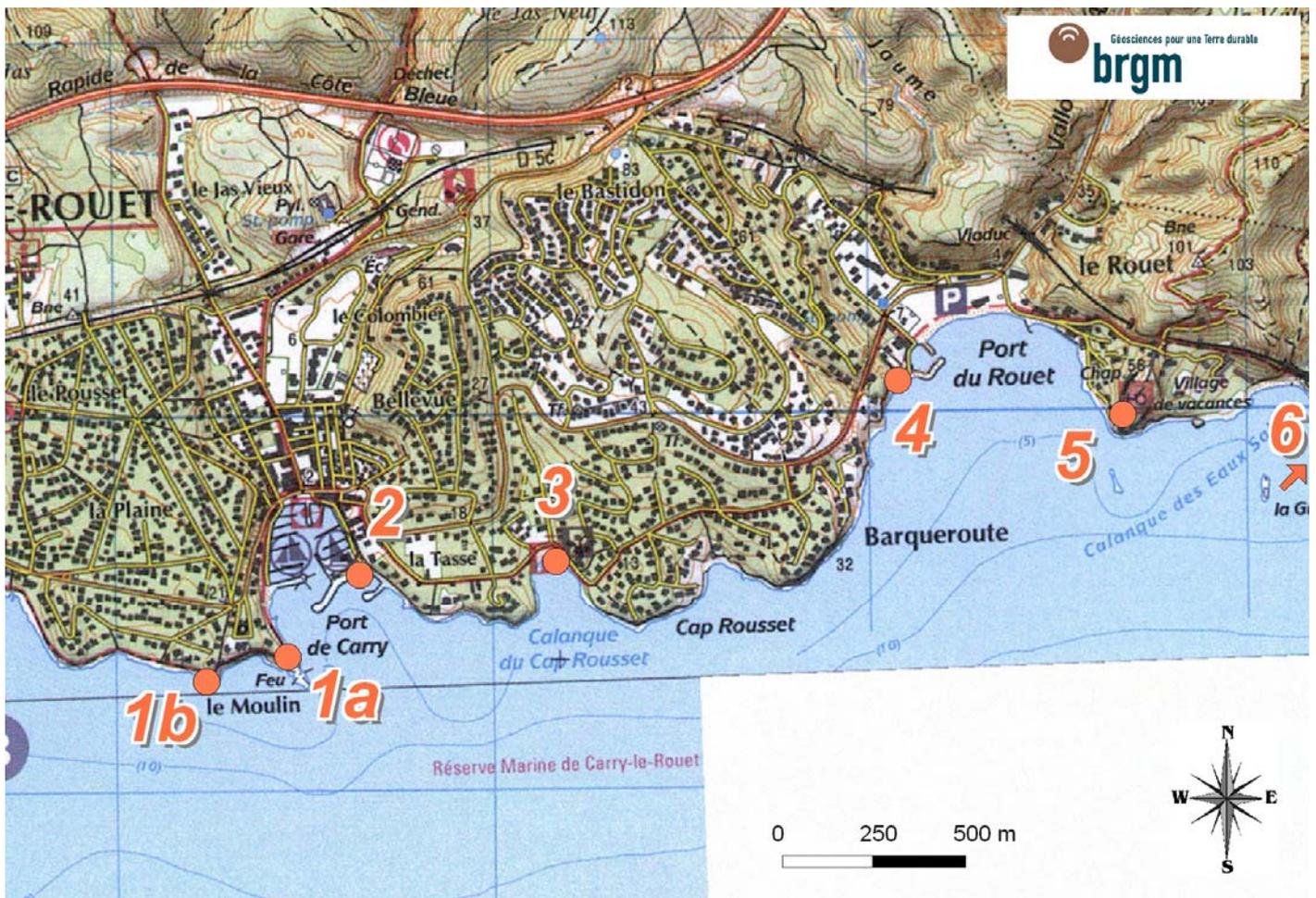


Illustration 1 : Localisation des sites d'observation

2. Une géologie du littoral de la région PACA très variée

Les éléments présentés dans ce chapitre sont extraits de l'étude Falaises Côtières du BRGM¹. Le littoral de la Côte Bleue fait partie intégrante de la basse Provence calcaire. Les déformations principales correspondent à des chevauchements vers le nord de la couverture sud-provençale, au fini Eocène (orogénèse pyrénéo-provençale).

Les formations géologiques s'échelonnent entre le Jurassique (Kimméridgien dolomitique de la Vesse) et le Miocène (Calcarénite blanche de la Couronne), et les faciès sont très variés (Illustration 2) :

- 1- Alternance marnes/calcaires du Santonien (Méjean)
- 2- Brèches du Cap de la Vierge du III^e (La Madrague de Gignac)
- 3- Grès et poudingues de Soubeyran (Bec de l'Aigle la Ciotat)
- 4- Urgonien non différencié (Niolon)
- 5- Calcaires Valanginien non différenciés (Pointe Figuerolles)
- 6- Niveau conglomératique dans les calcaires du Plan de Sausset du Burdigalien (Plage de Sainte-Croix)
- 7- Grès Oligocène (Le Rouet)

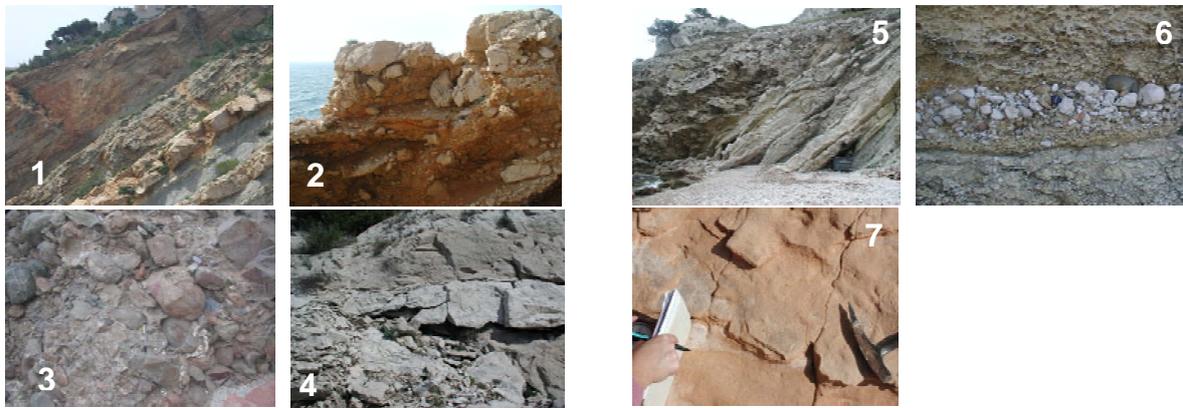


Illustration 2 : Faciès géologiques présents sur le littoral des Bouches-du-Rhône

Le secteur rocheux à falaises sédimentaires des Bouches-du-Rhône concerne principalement toute la chaîne de la Nerthe à l'Ouest, quelques pointes rocheuses sur la ville de Marseille et l'ensemble du massif des calanques de Marseille à Cassis. Jusqu'à Toulon, on retrouve quelques secteurs rocheux à falaises.

La hauteur des falaises augmente d'ouest en est. La chaîne de la Nerthe culmine à plus de 200 m (Pointe de l'Eoune 245 m), et au niveau de Cassis, le Cap Canaille atteint une altitude de 394 m (plus haute falaise côtière de France).

Les falaises calcaires (Estaque, calanques de Marseille) présentent des versants à pente relativement forte (de 45° à la verticale pour certains secteurs des Calanques

¹ Rapport BRGM RP-52829-FR

comme la falaise Devenson). Plus à l'ouest (Sausset, Carry...) et à l'Est de la Ciotat, les pentes sont moins fortes, montrant alors davantage de phénomènes de glissements et de ravinements.

La côte rocheuse proprement dite, commence réellement à l'est des Bouches-du-Rhône dans le massif de la Côte Bleue, au niveau de la Couronne. On observe à ce niveau là des petites falaises atteignant parfois les 15 mètres de haut, et principalement constituées de terrains sédimentaires tertiaires (Miocène inférieur).

Ces terrains tertiaires vont affleurer jusqu'aux environs d'Ensuès-la-Redonne. En effet, à partir de Méjean (4 km à l'est d'Ensuès), les falaises vont s'élever régulièrement vers l'est, et devenir de plus en plus calcaires, pour finalement constituer le massif calcaire de la côte Bleue correspondant au massif de la Nerthe. Ce massif est formé tout d'abord de Crétacé supérieur, puis on passe aux calcaires et dolomies du Jurassique Supérieur. Les falaises côtières sont alors beaucoup plus hautes, et plus abruptes. Le massif s'élève aux environs de 200 m d'altitude, et les falaises côtières atteignent parfois les 50 m.

3. La problématique falaises côtières à partir de l'étude BRGM

3.1. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE FALAISES CÔTIÈRES DU BRGM

L'étude de la stabilité des falaises côtières² de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur menée par le BRGM entre 2004 et 2007 s'est inscrite dans le cadre du IV^{ème} Contrat de Plan Etat Région "Risques Naturels et Nuisances Action : Données, informations, évaluation sur les risques naturels" (Illustration 3). Une approche régionale des risques naturels, liés aux instabilités de falaises côtières a été jugée nécessaire compte tenu des enjeux (sécurité des personnes et des biens, impact socio-économique, environnement).

L'opération, échelonnée sur 3 ans, a comporté trois phases :

- Phase 1 : état des lieux et des connaissances, typologie des instabilités, et qualification de l'aléa ;
- Phase 2 : inventaire des enjeux et hiérarchisation du risque ;
- Phase 3 : propositions de schémas types d'aménagement, approche socio-économique du risque instabilité de falaises et proposition d'une méthodologie de réduction de la vulnérabilité à l'échelle communale

Cette étude s'est limitée aux zones de falaises bordant le littoral méditerranéen, mais ont ensuite été ajoutés le littoral de l'Étang de Berre dans les Bouches-du-Rhône ainsi que les littoraux des îles habitées (Frioul, Îles de Port Cros, Porquerolles).

Dans un premier temps, l'état des connaissances a permis de mettre en évidence un certain nombre de secteurs reconnus comme sensibles et ayant été étudiés soit dans le cadre d'études géotechniques pour la mise en place de parades, soit dans le cadre d'un inventaire sur les événements historiques de mouvements de terrain.

Des investigations de terrain ont donné un certain nombre d'éléments supplémentaires pour établir une typologie des instabilités de falaise, propre au contexte régional de la région PACA. Cette typologie dépend bien entendu d'un certain nombre de facteurs. La morphologie et la géologie des falaises sont deux facteurs prédominants. En effet, la morphologie est un facteur très important dans la stabilité des falaises, et facilement appréciable. Elle est conditionnée par les phénomènes d'érosion qui se manifestent sous différentes formes. Un autre facteur prédominant, la géologie, engendre des types de phénomènes d'instabilité dépendant d'une géologie très variée (comme c'est le cas en région PACA).

Illustration 3 : Poster de l'étude Falaises côtières du BRGM



² Rapports BRGM RP-52829-FR, RP-53951-FR, RP-54316-FR et RP-56090-FR



Prise en compte de la problématique des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Objectifs

Quantifier les risques pour programmer et juger du bien fondé des interventions préventives et de l'adéquation des aménagements, compte tenu de l'importance touristique et économique des zones côtières

Méthode

1. détermination de la nature lithologique et morphologique des falaises, reconnaissance des zones d'instabilité, d'érosion, caractérisation des mécanismes et proposition d'une typologie

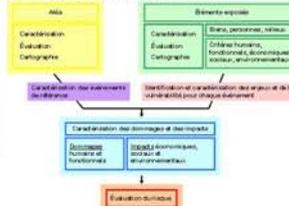


- 1. Types d'instabilités et d'érosion**
- Ravinement Ra
 - Glissement / bans sur banc GI/Gb
 - Chutes de pierres / blocs Cp/Cb
 - Éboulement en masse / limité Ebl/m
 - Érosion différentielle Ed
 - Sous cavage Sc - Taffoni Ta
 - Lapiaz La

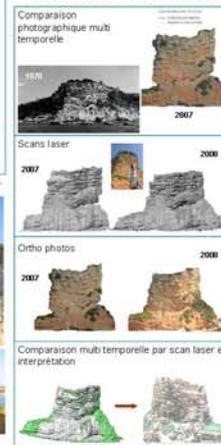
2. Extrait du linéaire à falaise sur les Bouches-du-Rhône avec qualification de l'aléa



Méthodologie d'évaluation des aléas, des enjeux et du risque



3. Proposition d'aménagements sur 4 sites (Istres, Carry-le-Rouet, Port-Cros, Eze) et caractérisation de l'érosion



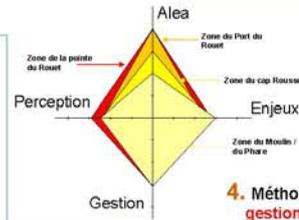
Hiérarchisation du risque

Exemple : instabilité vis à vis des préjudices humains sur les accès au littoral en haute saison touristique



Inventaire des enjeux sur le littoral

- > l'habitat et la population associés aux saisons touristiques ;
- > les réseaux (routes, voies ferrées et sentiers du littoral) ;
- > les concentrations de populations (plages, sites escalade, campings ...) ;
- > les activités industrielles et commerciales ;
- > les enjeux environnementaux.



4. Méthodologie de gestion du risque

Résultats

- > Sur les 330 km de littoral : 7.6 % présentent un aléa fort, 12.4 % un aléa moyen et 14 % un aléa faible et 66 % en aléa nul à faible ;
- > Hiérarchisation de différents niveaux de risque au 1/50 000 : évaluation des préjudices humains, des dommages fonctionnels et des impacts économiques ;
- > Valorisation des travaux sous SIG, ateliers pratiques de terrain et colloque thématique en préparation ;
- > Propositions de parades et conseils d'aménagements sur les sites étudiés (Istres, Carry-le-Rouet, Port-Cros et Eze-Bord-de-mer) ;
- > Analyse de la vulnérabilité sur Carry-le-Rouet notamment étude de la perception du risque auprès des usagers et évolution de l'érosion par comparaison photographique multi temporelle et scan laser 3D.

Perspectives

- ✓ Proposition d'étude spécifique sur le littoral Tertiaire de la Côte Bleue (Bouches-du-Rhône), afin d'étudier les relations : facteurs météorologiques, pluviométriques et hydrogéologiques, et le déclenchement de mouvements de terrain ;
- ✓ Ateliers de terrain sur la thématique falaises côtières (EUCC - avril 2009) ;
- ✓ Evaluation d'une loi empirique probabiliste décrivant l'aléa chutes de blocs.

www.brgm.fr

RISQUE : dommages humains sur les accès au littoral	Niveau	Fonctionnalité	ALÉA			
			Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
Accès au littoral	0	---	Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
Littoral accessible	2	---	Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
Accès au littoral en période touristique*	3	---	Nul à faible	Faible	Moyen	Fort
Accès au littoral en période touristique*	3	---	Nul à faible	Faible	Moyen	Fort

Auteurs
 MARÇOT Nathalie - n.marcot@brgm.fr
 BRGM, SGR Provence-Alpes-Côte d'Azur
 AZIBI Ludovic
 BOUCHER Elodie

L'ensemble des facteurs analysés a permis de qualifier l'aléa instabilités de falaises pour chacun des types de mouvements de terrain, sur l'ensemble du linéaire côtier, selon quatre valeurs : aléa fort, moyen, faible et nul à faible.

Sur les 400 km de littoral rocheux : 17.5 % présentent un aléa fort, 18 % un aléa moyen et 16.7 % un aléa faible.

Cette qualification de l'aléa a été cartographiée à l'échelle du 1/100 000 par niveau d'aléa sur l'ensemble du linéaire côtier de la région PACA, hormis le littoral des îles.

Dans un second temps, la même analyse a été réalisée sur le littoral de l'Etang de Berre et des îles habitées : ainsi, sur les 84 km de littoral de l'Etang de Berre : 1,3 % sont en aléa fort, 7,3 % en aléa moyen et 10 % en aléa faible. Et, sur les 68 km de littoral des îles habitées et à côtes rocheuses à falaises (Frioul, Port Cros et Porquerolles) : 11,5 % présentent un aléa fort, 24,4 % un aléa moyen et 51,2 % un aléa faible

La deuxième phase d'étude a consisté à faire l'inventaire des enjeux sur le littoral de la région PACA (y compris celui de l'Etang de Berre et des îles habitées), d'évaluer les dommages possibles vis à vis de chacun de ces enjeux et de hiérarchiser le risque instabilité de falaises.

Ainsi, différentes analyses ont été réalisées pour évaluer le risque sur le littoral de la Région PACA en fonction de différents types de dommages : préjudices humains, dommages fonctionnels et impacts économiques, et durant différentes périodes de l'année (basse saison touristique, haute saison touristique et saison à fortes intempéries).

Les enjeux mis en évidence ont concerné :

- les personnes ;
- les biens ;
- les milieux.

Ils ont été analysés en fonction des saisons, permettant d'évaluer les changements occasionnés par la fréquentation touristique et les épisodes pluvieux de l'automne.

L'approche qui a été proposée a consisté à identifier, décrire et évaluer chaque type de dommage (physique et fonctionnel) et ses conséquences (impact) en considérant que chaque élément affecté physiquement (personne, bien, milieu) génère un trouble fonctionnel (habitation, enseignement, transport etc...) qui lui même provoque des impacts de différents ordres (sociaux, économiques, environnementaux, politiques etc...).

Une échelle de dommage a été construite pour s'adapter au contexte des falaises côtières, puis étalonnée à partir de différents types d'événements susceptibles de se produire sur le littoral de la région PACA.

A partir des grilles d'évaluation des dommages, il a été construit une grille générale adaptée au contexte de l'étude qui donne, par catégorie d'enjeux, une évaluation des dommages au cours de trois périodes : en haute saison touristique (juillet-août), en basse saison et en automne (période de fortes pluies).

Le risque a ensuite été évalué par catégorie d'enjeux et type de dommages selon une échelle allant du risque nul à faible, au risque fort. Les portions du littoral affectées par un risque d'instabilité de falaises côtières varient en fonction des enjeux étudiés et des dommages considérés.

Ce travail a poursuivi la démarche abordée lors de la première phase de l'étude. A partir d'une caractérisation de l'aléa, d'un inventaire des enjeux et de différents types de dommages susceptibles de se produire, il a été possible de qualifier le risque d'instabilité des falaises côtières sur le littoral et de le hiérarchiser.

Enfin, la dernière phase de l'étude a permis la sélection de 4 sites représentatifs du littoral à falaise de la région PACA, en termes d'instabilités de terrain, sur lesquels des propositions d'aménagements ont été analysées. Sur l'un d'entre eux (Carry-le-Rouet), des comparaisons photographiques multi temporelles et l'utilisation d'un scan laser restituant la topographie du plan de falaise avec une précision centimétrique ont permis d'évaluer finement l'amplitude de l'érosion sur une courte période.

A la demande de la Région PACA, co-maître d'ouvrage de l'étude, le volet socio-économique a été abordé dans le cadre de cette dernière année d'étude, par le biais d'une enquête de perception du risque effectuée sur la commune de Carry-le-Rouet qui avait été préalablement choisie comme site pilote en comité de pilotage. Une analyse d'évaluation de la vulnérabilité a permis de proposer des guides de gestion pour répondre à la demande sociétale. L'objectif était de disposer d'une approche méthodologique de gestion du risque transposable sur d'autres communes.

Ainsi, cette étude a permis de mettre en évidence un certain nombre de sites représentatifs du littoral à falaise de la région PACA en termes d'instabilités de terrain, d'une part sur des critères de niveaux d'aléa, et d'autre part vis-à-vis des éléments exposés. A ce titre, l'éboulement du 13 février 2008 mobilisant plus de 500 m³ de matériaux sur la falaise de Barqueroute à Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône), est révélateur des instabilités affectant ce littoral de la Côte Bleue. L'urbanisation croissante en bord de mer et parfois directement en falaise laisse craindre des événements de plus en plus dommageables. Cette portion du littoral de la Côte Bleue est un exemple caractéristique de la problématique et nécessiterait des études plus approfondies à la fois en termes d'évaluation de la vitesse d'érosion et de mécanismes de rupture sur ces faciès spécifiques du Tertiaire, mais également sur les relations entre pluviométrie, contexte hydrogéologique et déclenchement de mouvements de terrain (critères non limitatifs).

Le choix de proposer ou non tel ou tel type d'aménagement est directement lié au contexte local de la falaise, à ses mécanismes d'instabilités et sa vitesse d'érosion, et surtout à la vocation du site. Il a été abordé dans l'étude Falaise la notion de vocation d'un site et de son attrait touristique mettant en évidence que des instabilités rocheuses n'impliquent pas nécessairement des aménagements lourds, mais peuvent parfois être traités dans le cadre d'une gestion globale à l'échelle de la commune ou du site en question, et notamment vis-à-vis des accès.

La perception du risque est également une notion clef en termes de vulnérabilité en plus de l'aléa, de la gestion et des enjeux. Le questionnaire distribué aux riverains de la commune de Carry-le-Rouet, dans le cadre de cette étude, a été assez révélateur. Il fait apparaître, au travers d'une enquête approfondie multifactorielle une différence dans la perception du risque d'instabilités de falaises côtières. Cette disparité est

inhérente à la façon de parcourir le littoral de Carry-le-Rouet. En effet le rythme de fréquentation, l'âge, l'appartenance à une catégorie socioprofessionnelle sont des facteurs explicatifs forts en matière de perception de risque. En outre les pratiques (baignade, randonnée ...) influencent le degré de proximité, d'exposition et de conscience du risque. De plus ces pratiques se distinguent aussi par la manière de s'approprier le littoral : alors que les promeneurs ont un mode d'appropriation symbolique, les baigneurs ont pour leur part un mode d'appropriation physique.

L'analyse de la perception du risque a permis d'enrichir des connaissances sur les enjeux de façon contingente. Dès lors, la perception du risque devient une composante fondamentale à l'évaluation de la vulnérabilité.

Les 4 facteurs étudiés donnent sur fond de radar qualitatif, une assez bonne vision de la vulnérabilité d'une commune face au risque instabilités de falaise, de la façon dont celle-ci gère le problème, par rapport au niveau réel du risque. Cette analyse est transposable sur d'autres communes du littoral à falaises et permet d'envisager des solutions appropriées pour réduire la vulnérabilité, comme celles proposées ici. Cette étude permet également de se poser la question du lien entre l'érosion des falaises côtières en méditerranée et le changement climatique, notamment par rapport aux phénomènes extrêmes comme les tempêtes qui pourraient accélérer le phénomène d'érosion. Concernant le changement climatique, les modèles du GIEC³ prédisent à l'horizon 2100 une élévation du niveau de la mer entre 18 et 38 cm dans le meilleur des cas, 26 et 59 cm dans le cadre du scénario le moins favorable. Cette élévation de la mer aura un faible impact direct sur les falaises. En revanche, l'action mécanique exercée lors de tempêtes par les vagues en pied de falaise sera plus destructrice, en particulier pour les roches tendres. Par ailleurs, le phénomène de gel / dégel pourra gagner de nouvelles régions ou augmenter de fréquence fragilisant ainsi le haut de la falaise. L'augmentation des précipitations dans certaines régions accélérera également l'infiltration d'eau dans les zones fracturées, favorisant ainsi les phénomènes de dissolution des roches calcaires, comme les craies. Mais rien aujourd'hui n'est spécifié précisément pour la région Provence Alpes Cote d'Azur.

Concernant les événements extrêmes, selon les données de Météo France, il n'est pas possible d'affirmer aujourd'hui qu'il y aura une augmentation de l'intensité et du nombre global de tempêtes et d'épisodes de pluies diluviennes en France.

Enfin, d'un point de vue beaucoup plus global, en termes de résilience de la côte, le programme EUROSION⁴ a considéré le développement durable des zones côtières et la conservation des habitats dynamiques, surtout sur les rivages encore vierges, comme des objectifs importants à long terme pour les zones côtières européennes. La poursuite de ces objectifs requiert un respect, et dans beaucoup de cas un rétablissement, du fonctionnement naturel du système côtier et de sa résilience naturelle à l'érosion et aux inondations. Les implications de la résilience côtière varient en fonction du type de côte. Pour des côtes constituées de roches dures le phénomène peut ne pas être critique parce que les rochers eux-mêmes résistent à l'érosion. Inversement, l'érosion active de falaises de 'roches tendres' (verticales) est souvent un phénomène naturel contribuant de manière importante à l'apport de sédiment à la côte.

³ Rapports du GIEC (groupe intergouvernemental d'experts du climat) 2007 : www.ipcc.ch

⁴ Projet EuroSION : www.euroSION.org

Cela peut contribuer à l'élargissement de la zone côtière, en protégeant les falaises de l'attaque des vagues et en favorisant le développement de la sédimentation sur les espaces voisins. Là où cette interaction est conservée et si le bilan sédimentaire est positif ou en équilibre, la résilience du système plus large sera probablement maintenue.

3.2. TYPOLOGIE DES INSTABILITES DE FALAISES COTIERES

De façon générale, les falaises littorales provençales montrent une grande variété de phénomènes (Illustrations 4, 5, 6, 7, 8 et 9). Les éboulements (chutes de blocs, de pierre...) sont très répandus, sur la côte bleue et sur le massif des Calanques. La fracturation est souvent intense, et les structures aval-pendages fréquentes. Ces facteurs caractéristiques engendrent alors d'autres types d'instabilités comme les glissements bancs sur bancs par exemple. L'action de la houle marine au pied des falaises entraîne à long terme des sous-cavages dans les niveaux inférieurs, souvent moins compétents et plus facilement altérables. Les faciès du Miocène très représentés sur la chaîne de la Nerthe sont marqués par des phénomènes d'érosion différentielle intense du fait d'une alternance régulière de niveaux de marnes, de sable et de calcaire. Les falaises de la Ciotat montrent une érosion de type Taffoni dans les poudingues du Turonien. Enfin, les littoraux formés de terrains meubles peuvent aussi être touchés par des ravinements.

Illustration 4 : Chutes de blocs dans les marnes et calcaire de la calanque des Eaux salées à Carry-le-Rouet



Illustration 5 : Glissement de terrain dans le Turonien, Coniacien, Santonien non différencié (C3-5) dans l'Anse de Sainte Croix à la Couronne

Illustration 6 : Glissement bancs sur bancs dans les calcaires à la Baumanderie à la Couronne



Illustration 7 : Erosion différentielle dans les marnes et sables Cap Rousset (Carry-le-Rouet)



Illustration 9 : Fissures de décompression donnant des chutes de blocs dans les Calanques



Illustration 8 : Taffoni dans les poudingues de la Ciotat

Types d'instabilités

Ravinement (4)	Ra
Glissement / bans sur banc (3)	GI/Gb
Chutes de pierres / blocs (1-2-3-5)	Cp/Cb
Éboulement en masse / limité (1-2-5)	Ebl/m

Types d'érosion

Érosion différentielle (5)	Ed
Sous cavage (2)	Sc
Taffoni	Ta
Lapiaz	La

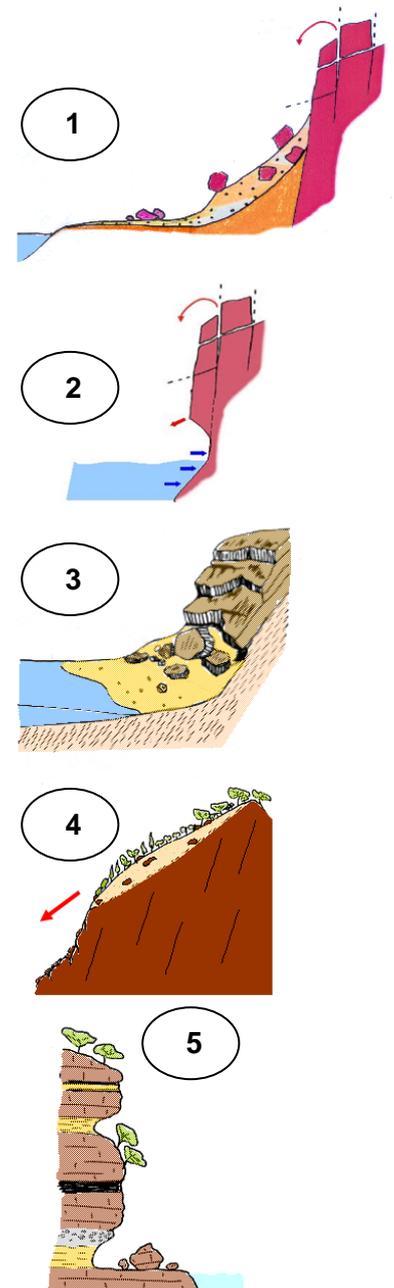


Illustration 10 : Typologies des instabilités et des types d'érosion

Les différents types d'érosions décrits ci-dessus engendrent des formes d'instabilités assez caractéristiques en termes de volumes, de mécanismes et de causes (Illustration 10). Sur la Côte Bleue et en particulier sur Carry-le-Rouet, l'érosion différentielle est particulièrement caractéristique du fait de la présence des formations Miocènes dans lesquelles apparaissent en surplombs les niveaux indurés de calcarénites, de calcaires ou de grès par opposition aux niveaux marneux et argileux voire sableux plus rapidement érodés par les agents atmosphériques et/ou marins.

3.3. EXEMPLES DE SITES ETUDIES ET PRESENTES LORS DES ATELIERS

3.3.1. Sites 1a et 1b : le Moulin

IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-1 **Département :** Bouches-du-Rhône (13)
Commune : Carry-le-Rouet **Linéaire du tronçon :** 350 m
Code INSEE : 13021 **Nom du lieu dit :** Le Moulin

GENERALITES

Géologie / Lithologie : Formation de Sausset, sables, marnes et calcaires et Formations de Carry, marnes et calcaires de l'Aquitainien Supérieur
Hydrogéologie : Pas d'indice de venues d'eau permanente
Hydraulique :

DESCRIPTIONS

Altération : importante des niveaux sableux **Versant :**
Formations superficielles : - hauteur approximative : 5-6 m
 - pente : 70°
Structures (densité / orientation) : **Végétation :** herbes et arbustes épars
 - Discontinuités
 - Fracturation importante : N50 Verticale
 - Plissements
Géomorphologie (pendage...) : pendage léger vers le nord : N145 28NE **Constructions :**

PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE



IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-1 **Département :** Bouches-du-Rhône (13)
Commune : Carry-le-Rouet **Linéaire du tronçon :** 350 m
Code INSEE : 13021 **Nom du lieu dit :** Le Moulin

MOUVEMENTS DE TERRAIN

Description instabilités : Erosion différentielle très importante due à l'alternance de niveaux à compétences différentes, en particulier des niveaux sableux. Chutes de blocs entraînée par cette érosion différentielle
Facteurs permanents de prédisposition : Niveaux compétents au sommet (type calcarénite) reposant sur des formations sableuses et marnées à la base, et donc déstabilisant l'ensemble du talus, entraînant des chutes de blocs
Facteurs déclenchant / aggravants : Fracturation
Historiques instabilités : **Confortements actuels :**
 Niveau de l'aléa mouvements de terrain = faible

EVOLUTION

Evolution lente

PROPOSITION CONFORTEMENT

IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-2 **Département :** Bouches-du-Rhône (13)
Commune : Carry-le-Rouet **Linéaire du tronçon :** 50 m
Code INSEE : 13021 **Nom du lieu dit :** Plages de Carry-le-Rouet

GENERALITES

Géologie / Lithologie : Formations de Carry, marnes et calcaires de l'Aquitainien Supérieur (calcarénite rose, grès calcaires)
Hydrogéologie : Indice de venues d'eau régulière au sommet du talus (infiltrations liées aux habitations)
Hydraulique :

DESCRIPTIONS

Altération : importante des niveaux sableux **Versant :**
Formations superficielles : - hauteur approximative : 8-10 m
 - pente : 80°
Structures (densité / orientation) : **Végétation :** herbes et arbustes épars au sommet et sur la falaise elle-même
 - Discontinuités
 - Fracturation présente mais peu importante
 - Plissements
Géomorphologie (pendage...) : pendage subhorizontal **Constructions :**

PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE



IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-2 **Département :** Bouches-du-Rhône (13)
Commune : Carry-le-Rouet **Linéaire du tronçon :** 50 m
Code INSEE : 13021 **Nom du lieu dit :** Plages de Carry-le-Rouet

MOUVEMENTS DE TERRAIN

Description instabilités : Erosion différentielle très importante due à l'alternance de niveaux à compétences différentes, en particulier des niveaux sableux. Chutes de blocs entraînée par cette érosion différentielle
Facteurs permanents de prédisposition : Niveaux compétents au sommet (type calcarénite rose et grès calcaires) reposant sur des formations marnées à la base, et donc déstabilisant l'ensemble du talus, entraînant des chutes de blocs
Facteurs déclenchant / aggravants : Action de la houle importante
Historiques instabilités : **Confortements actuels :** béton projeté sur certains secteurs
 Niveau de l'aléa mouvements de terrain = faible

EVOLUTION

Evolution lente

PROPOSITION CONFORTEMENT

3.3.2. Site 2 : Le port de Carry-le-Rouet

IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-3
 Département : Bouches-du-Rhône (13)
 Commune : Carry-le-Rouet
 Code INSEE : 13021
 Linéaire du tronçon : 200 m
 Nom du lieu dit : Port de Carry-le-Rouet

GENERALITES

Géologie / Lithologie : Formations saumâtres du Rousset, marnes et sables de l'Aquitanién Moyen
Hydrogéologie : Pas d'indice de venues d'eau permanentes
Hydraulique :

DESCRIPTIONS

Altération :
Formations superficielles :
 - hauteur approximative : 10 m
 - pente : 80-90°
Structures (densité / orientation) :
 - Discontinuités
 - Fracturation
 - Plissements
Géomorphologie (pendage...): pendage subhorizontal

Versant :

Végétation :

Constructions :

PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE



IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-3
 Département : Bouches-du-Rhône (13)
 Commune : Carry-le-Rouet
 Code INSEE : 13021
 Linéaire du tronçon : 200 m
 Nom du lieu dit : Port de Carry-le-Rouet

MOUVEMENTS DE TERRAIN

Description instabilités :
 Erosion différentielle très importante due à l'alternance de niveaux à compétences différentes, en particulier des niveaux sableux. Chutes de pierres entraînées par cette érosion différentielle

Facteurs permanents de prédisposition :
 Alternance de niveaux sableux et marneux (niveaux bioclastiques) réagissant différemment à l'érosion, d'où érosion différentielle

Facteurs déclenchant / aggravants :

Confortements actuels : béton projeté sur certains secteurs, notamment au sommet de la falaise sous les jardins

Historiques instabilités :

Niveau de l'aléa mouvements de terrain = moyen

EVOLUTION

Evolution lente de l'érosion

PROPOSITION CONFORTEMENT

3.3.3. Site 3 : la Calanque du Cap Rousset

IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-4
 Département : Bouches-du-Rhône (13)
 Commune : Carry-le-Rouet
 Code INSEE : 13021
 Linéaire du tronçon : 150 m
 Nom du lieu dit : Calanque du Cap Rousset

GENERALITES

Géologie / Lithologie : Formations saumâtres du Rousset, marnes et sables de l'Aquitanién Moyen
Hydrogéologie : Pas d'indice de venues d'eau permanentes
Hydraulique :

DESCRIPTIONS

Altération : Formation de croûtes croûtes de calcaires fins (formations lagunaires), altération vacuolaire
Formations superficielles :
 - hauteur approximative : 6 m
 - pente : 80-90°
Structures (densité / orientation) :
 - Discontinuités
 - Fracturation
 - Plissements
Géomorphologie (pendage...): pendage subhorizontal à légèrement penté vers l'ouest : N155 18W

Versant :

Végétation : buissons épars

Constructions :

PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE



IV^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA 

IDENTIFICATION

N° Fiche : F02-4
 Département : Bouches-du-Rhône (13)
 Commune : Carry-le-Rouet
 Code INSEE : 13021
 Linéaire du tronçon : 150 m
 Nom du lieu dit : Calanque du Cap Rousset

MOUVEMENTS DE TERRAIN

Description instabilités :
 Erosion différentielle très importante due à l'alternance de niveaux à compétences variables (sables, marnes, calcaire fin) Chutes de pierres entraînées par cette érosion différentielle

Facteurs permanents de prédisposition :
 Alternance de niveaux sableux et marneux (niveaux bioclastiques) réagissant différemment à l'érosion, d'où érosion différentielle

Facteurs déclenchant / aggravants :

Historiques instabilités :

Confortements actuels :

Niveau de l'aléa mouvements de terrain = faible

EVOLUTION

Evolution lente

PROPOSITION CONFORTEMENT

3.3.4. Site 4 : Port du Rouet

IV ^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA		
IDENTIFICATION		
N° Fiche : F02-5	Département : Bouches-du-Rhône (13)	
Commune : Carry-le-Rouet	Linéaire du tronçon : 650 m	
Code INSEE : 13021	Nom du lieu dit : Barqueroute	
GENERALITES		
Géologie / Lithologie : Formations du Rouet, grès, conglomérats et marnes de Oligocène Supérieur		
Hydrogéologie : Pas d'indice de venues d'eau permanentes		
Hydraulique :		
DESCRIPTIONS		
Altération : au niveau des contacts conglomérats / argile	Versant : - hauteur approximative : 20-25 m	
Formations superficielles :	- pente : 80-90°	
Structures (densité / orientation) :	Végétation : buissons au sommet de la falaise seulement	
- Discontinuités : biseaux des niveaux conglomératiques et formation de chenaux - Fracturation subverticale - Plissements		
Géomorphologie (pendage...) : pendage léger vers le sud (5°)	Constructions :	
PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE		
		

IV ^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA		
IDENTIFICATION		
N° Fiche : F02-5	Département : Bouches-du-Rhône (13)	
Commune : Carry-le-Rouet	Linéaire du tronçon : 650 m	
Code INSEE : 13021	Nom du lieu dit : Barqueroute	
MOUVEMENTS DE TERRAIN		
Description instabilités : Alternance de grès, conglomérats et marnes avec niveaux de décollement, d'où érosion différentielle importante, et chutes de pierres issues du démantèlement du conglomérat. Les chutes de blocs sont néanmoins plus rares, mais le sous cavage très marqué dans les niveaux gréseux et marneux en pied de falaise (parfois très profond, sur 2 à 3 mètres de profondeur)		Facteurs permanents de prédisposition : Alternance de niveaux gréseux, conglomératiques et marneux réagissant différemment à l'érosion, d'où érosion différentielle Démantèlement du poudingue
Historiques instabilités :		Facteurs déclenchant / aggravants : Fracturation subverticale Action de la houle
		Confortements actuels :
Niveau de l'aléa mouvements de terrain = moyen		
EVOLUTION		
Evolution relativement lente		
PROPOSITION CONFORTEMENT		

3.3.5. Site 5 : Chapelle du Rouet

IV ^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA		
IDENTIFICATION		
N° Fiche : F02-7	Département : Bouches-du-Rhône (13)	
Commune : Carry-le-Rouet	Linéaire du tronçon : 100 m	
Code INSEE : 13021	Nom du lieu dit : Pointe du Rouet	
GENERALITES		
Géologie / Lithologie : Formations du Rouet à la base : conglomérats et marnes de l'Oligocène Supérieur, et brèches du Cap de la Vierge au sommet du Tertiaire indéterminé		
Hydrogéologie : Pas d'indice de venues d'eau permanentes		
Hydraulique :		
DESCRIPTIONS		
Altération : au niveau des contacts conglomérats / argile	Versant : - hauteur approximative : 35 m au total (20 m d'Oligocène + 15 m de Tertiaire indéterminé) - pente : 80-90°	
Formations superficielles :	Végétation : buissons au sommet de la falaise seulement	
Structures (densité / orientation) :	Constructions :	
- Discontinuités : biseaux des niveaux conglomératiques et formation de chenaux + linéation due à de la décompression orientée N40à N50, tous les 5 à 10 cm - Fracturation transversale en N10, failles bréchiques (N110 70°S) - Plissements : crochons de failles bréchiques		
Géomorphologie (pendage...) : pendage léger vers le sud ouest (N135 11°SW)		
PHOTOS et COUPES SCHEMATIQUES TYPE		
		

IV ^{ème} CPER : Problématique Falaises côtières en PACA		
IDENTIFICATION		
N° Fiche : F02-7	Département : Bouches-du-Rhône (13)	
Commune : Carry-le-Rouet	Linéaire du tronçon : 100 m	
Code INSEE : 13021	Nom du lieu dit : Pointe du Rouet	
MOUVEMENTS DE TERRAIN		
Description instabilités : À la base (sur 20 m de hauteur) : alternance de conglomérats et marnes avec niveaux de décollements, d'où érosion différentielle importante, et chute de pierres issues du démantèlement du conglomérat Chutes de blocs importantes (plusieurs m ³) Marnes grises à la base du talus, avec affouillement régulier à ce niveau et donc sous cavage		Facteurs permanents de prédisposition : Alternance de niveaux gréseux, conglomératiques et marneux réagissant différemment à l'érosion, d'où érosion différentielle à la base dans l'Oligocène supérieur Démantèlement du poudingue Brèche Tertiaire très instable avec formation de niveaux indurés en croûtes
Au sommet (sur 15 m de hauteur) : érosion différentielle dans les brèches Tertiaire, et chutes de blocs importantes		Facteurs déclenchant / aggravants : Fracturation Agents atmosphériques non négligeables
Historiques instabilités :		Confortements actuels :
Niveau de l'aléa mouvements de terrain = fort		
EVOLUTION		
Evolution rapide du phénomène car :		
- matériaux très altérables (brèches peu consolidées et très hétérogènes)		
- niveaux tendres à la base, entraînant du sous cavage important		
- falaise orientée Est-Sud-Est, c'est à dire face aux vents de tempêtes dominants		
PROPOSITION CONFORTEMENT		

3.4. QUALIFICATION DE L'ALEA INSTABILITES DE FALAISES

L'aléa est classiquement défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène d'intensité donnée sur un territoire donné, dans une période de référence donnée.

Cette définition comporte donc les éléments suivants :

- La référence à un phénomène, en principe défini assez précisément, tel que : chute de blocs, glissement de terrain etc...
- La référence à une intensité de ce phénomène, beaucoup plus difficile à analyser ;
- Une composante spatiale : un aléa donné s'exerce sur une zone donnée
- Une composante temporelle : c'est la probabilité plus ou moins grande d'occurrence temporelle du phénomène.

L'estimation de la probabilité d'occurrence dans le cas des falaises rocheuses instables de type falaises côtières, pose le problème de l'analyse probabiliste de phénomènes de rupture, dépendant à la fois de paramètres géotechniques et hydrauliques intrinsèques au massif et de facteurs externes aléatoires. La connaissance de l'ensemble de ces facteurs est pratiquement toujours insuffisante pour évaluer une probabilité de rupture. Les mouvements de terrain sont très souvent des phénomènes discrets pouvant évoluer imperceptiblement sur de longues périodes avant de subir une accélération soudaine dont la prédiction est particulièrement délicate.

Dans le contexte régional de l'étude du BRGM, l'aléa a été évalué selon une estimation qualitative de la stabilité de la falaise à partir de différents facteurs : le facteur géologique est un des facteurs prédominants dans notre analyse des instabilités de falaises. En effet, une lithologie particulière conditionnera tel ou tel type d'érosion, et par conséquent un type de morphologie et d'instabilité. Les matériaux composant les falaises peuvent être durs ou meubles et d'origines diverses : granite, rhyolites, argile, calcaire. Souvent, à la base de la falaise se trouve un banc rocheux plat et érodé qui peut être nu (littoral érosif : les débris sont pulvérisés et entraînés au large) ou posséder une couche épaisse de matériaux grossiers (littoral d'accumulation). Ces deux dernières morphologies de côtes représentent 75 à 85 % des littoraux de façon générale en France. Les côtes à érosion marine sont composées de roches tendres, facilement érodées par les vagues. Si les matériaux sont homogènes, la côte est droite et il y a une petite plage devant la falaise. Sinon, les vagues et les courants désagrègent les roches les plus tendres et des promontoires apparaissent. Elles se caractérisent aussi par leurs irrégularités formant grottes, arches ou petites baies.

D'autres facteurs ont été pris en compte de façon qualitative dans notre analyse sur le terrain : la hauteur des falaises, les circulations d'eau, la fracturation ...

L'ensemble du littoral côtier rocheux a donc fait l'objet d'investigations de terrain, basées sur une approche qualitative et suivant une démarche d'expert, afin de pouvoir qualifier l'aléa instabilités de falaises. S'agissant ici de problèmes relatifs à l'aménagement, l'aléa a été qualifié par son intensité.

Néanmoins, compte tenu de la distance du littoral concerné et de la diversité des mouvements de terrain, il est difficile de traduire directement et précisément leurs caractéristiques physiques, sauf à définir autant d'aléas que de types de mouvements, ce qui rendrait le résultat difficilement lisible. Nous avons donc eu recours à des

critères plus globaux permettant de les rendre comparables entre eux, et d'en faciliter l'utilisation⁵.

Les critères qui rentrent en jeu dans la qualification de l'aléa sont les suivants :

- la morphologie
- les circulations d'eau
- la fracturation
- la géologie
- la structure
- l'action marine

Pour estimer des niveaux d'intensités homogènes relativement à l'ensemble des phénomènes, a été analysé principalement le volume de matériaux pouvant être mis en mouvement par tel ou tel type d'instabilité, et par conséquent, mesurer indirectement l'intensité par la demande de prévention potentielle. En effet, l'importance des mesures de stabilisation des phénomènes peut être directement estimée à partir des caractéristiques du phénomène physique.

Le tableau page suivante présente un exemple d'échelle conventionnelle d'intensité issu du Guide de réalisation des PPR Mouvements de terrain (Illustration 11).

Niveau d'intensité	Niveau d'importance des parades	Exemples de mesures de prévention
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel	Purges de quelques blocs instables en falaise, confortement d'une petite galerie par pilier maçonné
Moyenne	Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Comblement d'une cavité souterraine, drainage d'une zone instable
Forte	Zone géographique dépassant le cadre parcellaire et/ou d'un coup très important et/ou techniquement difficile	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un plan de falaise instable
Majeure	Pas de parade technique	Phénomène de grande ampleur tel que Séchillienne ou La Clapière

Illustration 11 : Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité d'après le Guide méthodologique des PPR mouvements de terrain du MEDD

⁵ d'après les guides de réalisation des PPR Mouvements de terrain (1999, la documentation française)

Dans l'étude relative aux Falaises côtières, et plus particulièrement dans la première phase du projet concernant uniquement la qualification l'aléa sans tenir compte des enjeux, il a été défini une grille d'évaluation de l'intensité des instabilités de terrain adaptée au contexte.

L'échelle des intensités issue du Guide PPR a donc été légèrement modifiée (Illustration 12) :

Niveau d'intensité	Définition	Exemples de mesures de prévention
Nulle à faible	Littoral correspondant à une côte basse sableuse ou à une falaise rocheuse de faible hauteur pouvant présenter des instabilités de type chutes de pierres par exemple, mais dont le volume de matériaux reste très limité	Pas de mesures de prévention nécessaires
Faible	Falaises montrant par endroit des traces de petites chutes de pierres, blocs, ou de ravinements peu importants sur terrain meuble	Purges de blocs instables en falaise, confortements légers
Moyenne	Falaises ou pentes littorales instables, avec des volumes de matériaux déplacés modérés (blocs de quelques m ³)	Drainage d'une zone instable, confortements importants
Forte	Mouvement de terrain suffisamment important pour engendrer le déplacement de blocs (volumes des blocs > 1 m ³), ou de masses instables de plusieurs milliers de m ³ .	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un plan de falaise instable jusqu'au phénomène de grande ampleur

Illustration 12 : Echelle d'intensité utilisée pour le projet

L'aléa de référence (considéré comme vraisemblable au moins dans le délai du siècle) peut donc être qualifié directement à partir des niveaux d'intensité de l'illustration 13.

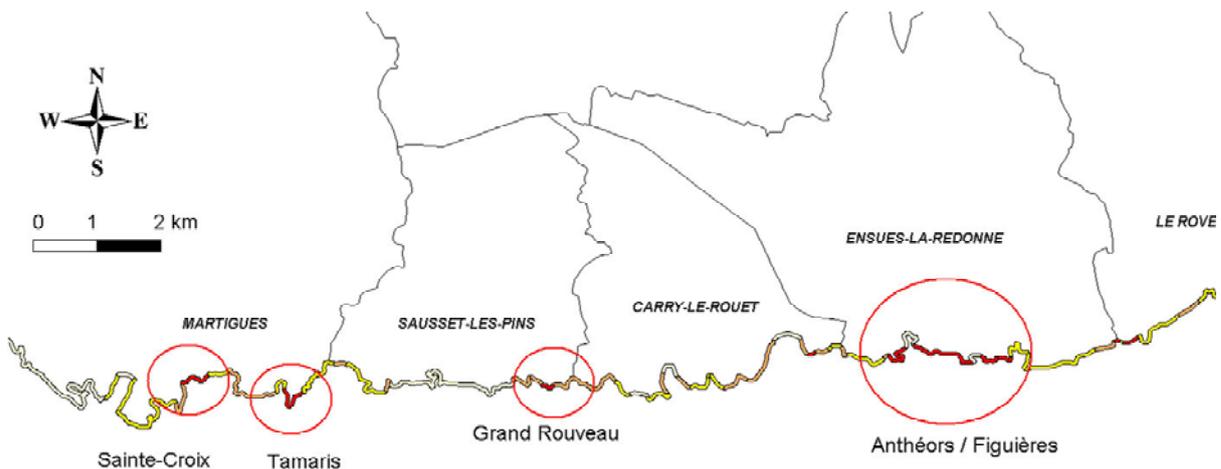
L'aléa a donc été évalué pour chacun des types de mouvements de terrain identifiés.

Le phénomène chute de blocs et éboulements étant le plus courant sur le littoral de la région PACA, la carte d'aléa finale présente une qualification de l'aléa pour ce type d'instabilités de falaises, et une information supplémentaire indiquant la présence de phénomènes de glissements de terrain. Ce travail a ensuite été intégré à une base de données sous forme de Système d'Information Géographique. La table correspondant à l'évaluation de l'aléa est une table Map Info : AléaPACA_ligne.TAB.

INTENSITE	ALEA
Nulle à faible	Nul à faible
Faible	Faible
Moyenne	Moyen
Forte	Fort

Illustration 13 : Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité du phénomène

Les Illustrations ci-après montrent des extraits de la qualification de l'aléa sur les communes de la côte Bleue dont Carry-le-Rouet. Ils sont extraits de l'étude Falaise du BRGM (2004).



MARTIGUES					SAUSSET-LES-PINS					CARRY-LE-ROUET					ENSUES-LA-REDONNE					LE ROZE									
Qualification de l'aléa : commune de MARTIGUES										Qualification de l'aléa : commune de SAUSSET-LES-PINS										Qualification de l'aléa : commune de CARRY-LE-ROUET									
Longueur du linéaire côtier de la commune : 30 km										Longueur du linéaire côtier de la commune : 6 km										Longueur du linéaire côtier de la commune : 6.5 km									
Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité										
1.2	2.0	4.3	22.8	2.0	0.2	1.6	1.1	3.0	0.6	0.1	3.3	1.8	1.1	1.4	0.1	3.3	1.8	1.1	1.4										
Qualification de l'aléa : commune de ENSUES-LA-REDONNE										Qualification de l'aléa : commune du ROZE																			
Longueur du linéaire côtier de la commune : 6.8 km										Longueur du linéaire côtier de la commune : 5.8 km																			
Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité	Fort	Moyen	Faible	Nul à faible	Non visité										
2.5	0.7	2.7	0.8	0.0	0.4	1.4	3.8	0.0	0.0	0.4	1.4	3.8	0.0	0.0	0.4	1.4	3.8	0.0	0.0										

Illustration 14 : Extrait de la qualification de l'aléa instabilités de falaises côtières sur la Côte Bleue

Illustration 15 (pages suivantes) : Extrait des cartographies de qualification de l'aléa sur l'ouest des Bouches-du-Rhône

LÉGENDE

Typologie d'érosion et d'instabilités

ÉROSION

Ed Erosion différentielle
 Ta Erosion de type Taffoni
 Sc Sous cavage

INSTABILITES

Ra Ravinement
 Gl Glissement de terrain
 Gb Glissement banc sur banc
 Cp Chutes de pierres
 Cb Chutes de blocs
 Ebl Eboulement en masse limité
 Ebm Eboulement en masse

Qualification de l'aléa mouvements de terrain

Fort
 Moyen
 Faible
 Nul à faible
 Non visité

Géologie / Stratigraphie*

Quaternaire

Cy Colluvions Würmiennes

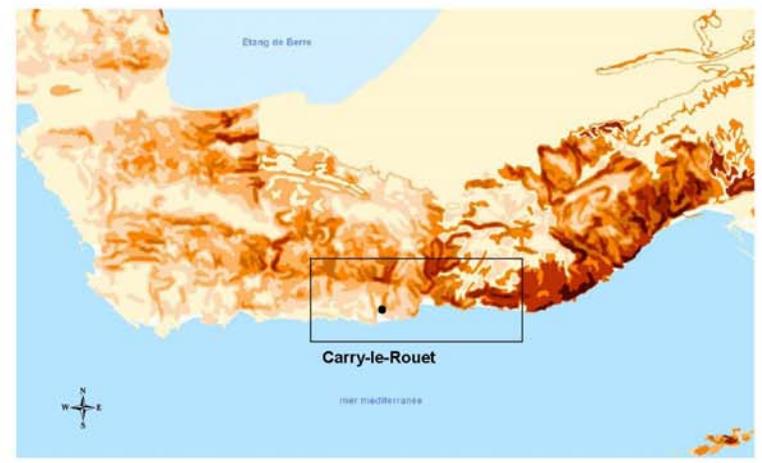
Tertiaire

m1b3 Burdigalien Sup. : calcarénite blanche
 m1b2 Burdigalien Moy. : argile calcaire grise
 m1b1 Burdigalien Inf. : calcaire du Plan de Sausset
 m1a4 Aquitanien Sup. : Formation de Sausset : sables, marnes et calcaires
 m1a3 Aquitanien Sup. : Formation de Carry : marnes et calcaires
 m1a2 Aquitanien Moy. : Formation saumâtre du Roussel : marnes et sables
 m1a1 Aquitanien Inf. : Formation du Cap de Nantes : marnes et calcaires
 m-gBr Tertiaire indéterminé : brèches du Cap de la Vierge
 gR2 Oligocène Sup. : conglomérats et marnes
 gR1 Oligocène Sup. : grès, conglomérats et marnes

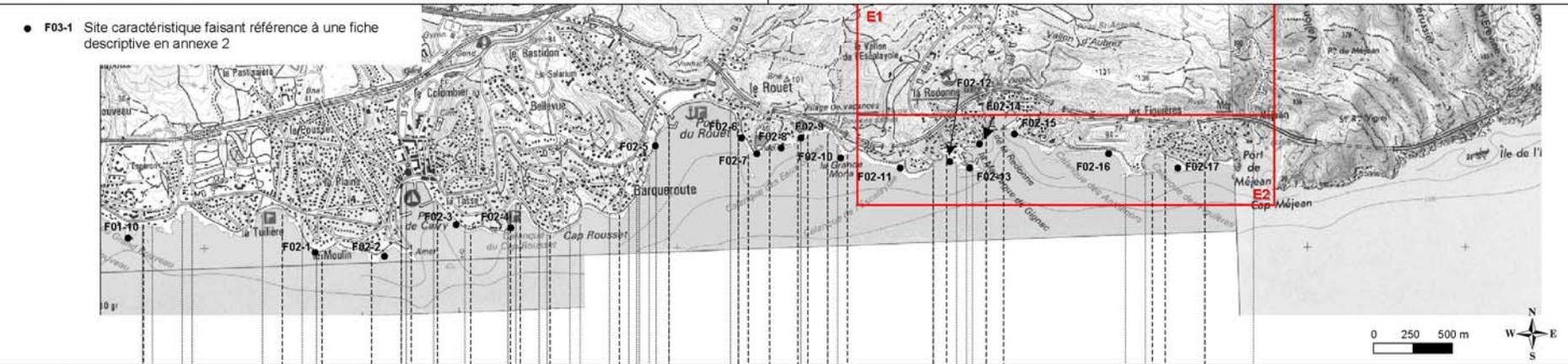
Secondaire

c5 Santonien : marnes avec intercalations de calcaires
 n6a Gargasien : marnes noires
 n5 Bédoulien : calcaires et calcaires argileux
 n4U Urgonien : dolomies
 n3 Hauterivien : calcaires

* d'après la carte géologique n° 1020 de Martigues au 1/50 000 – éditions BRGM



Contexte topographique



Types de MVT	Cb Cp		Ed Cb	Cp Cb	Ed Cp	Cb Ed	Cp Ed	Ed Sc Cp	Cp Ed Sc	Cb Ebl Cp Ra Sc	Cp Ed Sc	Cb Ebm Sc	Cb Ebm Sc Cp	Cb Gb						
Aléa																				
Critères	Petites falaises avec érosion différentielle dans les sables, peu ou pas de fracturation			Hautes falaises dans marnes et sables marquées par Ed			Falaises abruptes + plage, niveaux de décollement à la base des conglomérats			Zone concave (vulnérable), brèche et très instable dans partie supérieure – Sc à l'Est, chaos de blocs au pied			Destabilisation de blocs, fracturation intense + accident			Pendage subvertical + fracturation intense en partie supérieure + altération des niveaux argileux : blocs et masses instables (300 m³) et plissements (synclinaux)				
Géologie / Strati	m1a4	m1b1	Cy	m1a4	m1a3	m1a3	Cy	m1a2	m1a3	m1a1	m1a1	g3R1	Cy	g3R2	g3R1	m1a1	m-gBr	c5	m1a1	c5
Site caractéristique	F02-1 : Le Moulin F02-2 : Carry-le-Rouet F02-3 : Port de Carry Est			F02-4 : Calanque du Cap Roussel F02-5 : Barqueroute F02-6 : Port du Rouet Est			F02-7 : Pointe de Rouet F02-8 : Calanque des eaux salées Ouest F02-9 : Calanque des eaux salées Est - la Grande Mona			F02-10 : La Grande Mona F02-11 : Calanque de l'Escalayole F02-12 : Port de la Redonne			F02-13 : Belvédère de la madrague de Gignac F02-14 : Port de la madrague de Gignac Ouest F02-15 : Port de la madrague de Gignac Est			F02-16 : Calanque des Anthérans F02-17 : Les Figuières				
Etudes	E1 : Plan d'Occupation du Sol d'Ensuès-la-Redonne – Rapport de présentation – Etude de risque Chutes de Blocs										E2 : Commune d'Ensuès-la-Redonne – Etude de Risques Chutes de Blocs. CETE méditerranée 41-3551-41									

Rapport BRGM RP-52829



Prise en compte de la problématique 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

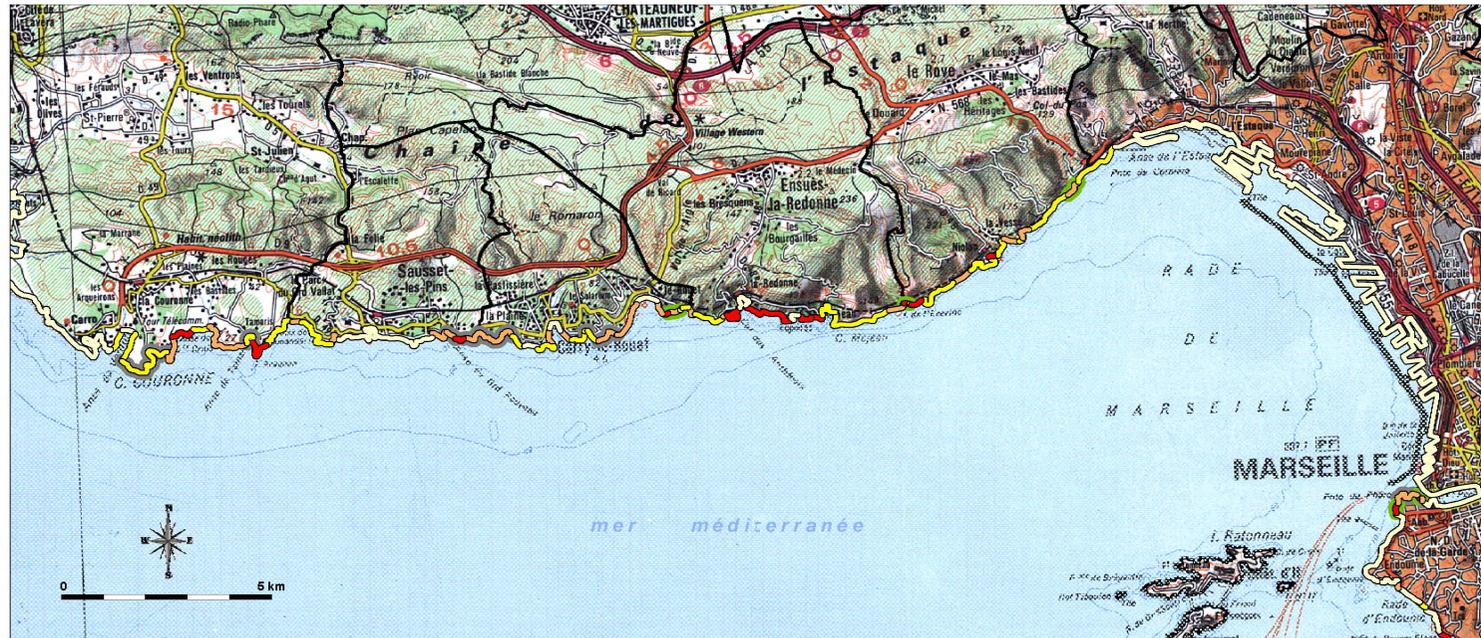


Prise en compte de la problématique des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire

IVème Contrat de Plan Etat Région
*Risques naturels et nuisances -
Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels*

Planche 1

Evaluation de l'aléa instabilités de falaise sur le littoral de Provence-Alpes Côte d'Azur au 1/100 000ème



Evaluation de l'aléa instabilités de falaise (de type chutes de blocs, éboulements)

- | | | | |
|--|-------------------|--|--|
| | Aléa fort | | Non visité |
| | Aléa moyen | | Instabilité de type glissement de terrain / ravinement |
| | Aléa faible | | |
| | Aléa nul à faible | | |

Fonds administratifs

- | | |
|--|-----------------------------------|
| | Limites de commune (IGN BD Carto) |
| | Carte IGN scannée au 1/100 000 |



3.5. HIERARCHISATION DU RISQUE INSTABILITES DE FALAISES COTIERES

3.5.1. Rappels de définitions

Avant tout développement, il convient de rappeler les termes utilisés. Dans le cadre de la Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN), le vocabulaire relatif à la gestion des catastrophes a été défini (Nations Unies, 1992). Il est rappelé ci-dessous⁶ :

Aléa : « événement menaçant ou probabilité d'occurrence dans une région et au cours d'une période donnée, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages ».

Eléments à risque : « **population, constructions** et ouvrages de génie civil, **activités économiques, services et infrastructures publics etc...**, exposés à un aléa ».

Vulnérabilité : « degré de perte (par exemple de 0% à 100%) résultant d'un phénomène susceptible d'engendrer des dommages, rapport du coût des dommages potentiels à un bien exposé à une agression d'intensité donnée au coût associé à la perte totale de ce bien (pouvant comporter la valeur intrinsèque du bien et les coûts secondaires entraînés par sa perte : atteinte à l'environnement, etc...) La vulnérabilité est donc une fonction croissante de l'intensité, nulle en dessous d'un certain seuil et de valeur maximale 1. Elle est définie pour un aléa particulier et un type donné d'élément exposé à cet aléa. On peut ainsi distinguer la **vulnérabilité des constructions** (par classe, groupe ou population de constructions), la **vulnérabilité sociale**, individuelle etc... ».

Risque : « estimation quantifiée des pertes en vies humaines, des blessés, des dommages aux biens et des perturbations de l'activité économique pouvant être attendus suite à un phénomène particulier, soit le produit du risque spécifique et des éléments à risque ». « Pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique résultant d'un aléa particulier. **Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité....**Le risque spécifique (ou unitaire) est le produit de l'aléa par la vulnérabilité d'une catégorie de biens exposés de valeur unité. Le risque global est la somme des produits des risques unitaires par la valeur économique des biens concernés ».

Dommages (classification) : « évaluation et relevé des dommages aux installations, structures ou objets selon trois catégories : « dommages sévères, dommages modérésdommages légers.. »

⁶ Source : Nations Unies (1992). Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la Gestion des Catastrophes. IDNDR. 83p.

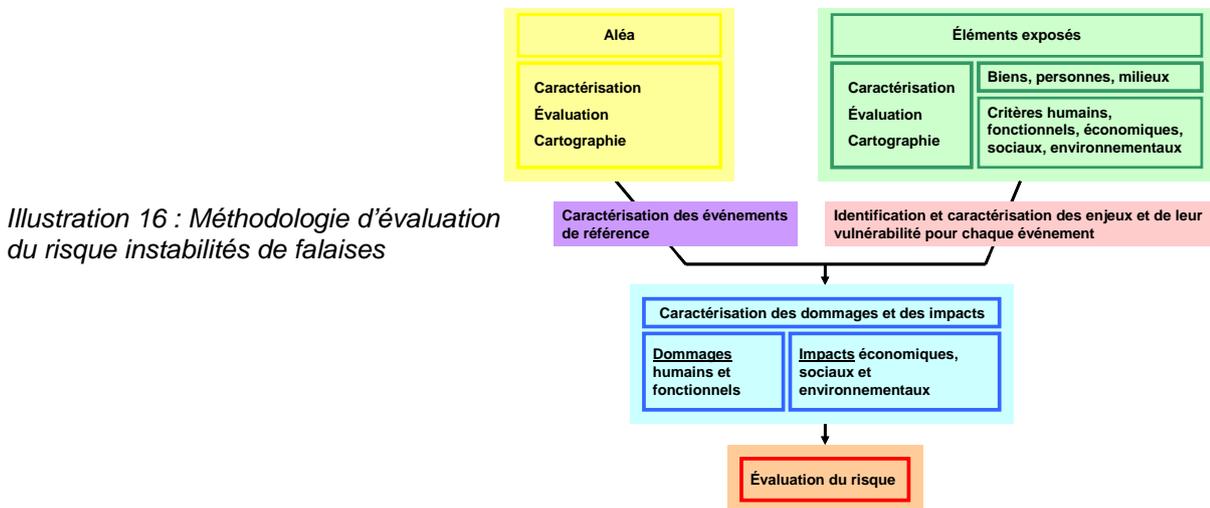
A ces définitions nous pouvons également rajouter :

Intensité : “ Expression de l’agression d’un phénomène, évaluée ou mesurée par ses paramètres physiques. Elle intervient dans l’évaluation de l’aléa. Par exemple, pour le phénomène « effondrement ou glissement de terrain », il peut s’agir du volume de matériau remanié. Lorsqu’il n’est pas possible d’évaluer ces paramètres physiques, on peut alors recourir à des méthodes indirectes, basées sur l’importance de leurs conséquences potentielles en termes d’endommagement ou de dangerosité ou de l’importance des parades théoriquement nécessaires pour annuler le risque ”.

3.5.2. Hiérarchisation du risque instabilités de falaises

La méthodologie utilisée pour l’évaluation du risque suit le schéma présenté dans l’illustration 16.

Suite à l’évaluation de l’aléa et à l’identification d’un ou plusieurs événements de référence, il s’agit de caractériser les éléments exposés que sont les biens, les personnes et les milieux, selon des critères humains, fonctionnels, économiques, sociaux et environnementaux. Il faut également évaluer leur vulnérabilité, c’est à dire leur susceptibilité à être endommagés. A partir de cette analyse, il est possible d’évaluer les dommages humains et fonctionnels, ainsi que les impacts sociaux, économiques et environnementaux, de quelques événements. L’évaluation du risque est réalisée à partir de ces travaux.



La méthodologie d’évaluation du risque présentée ci-dessus permet de faire la différence entre différents types de dommages et d’impacts en fonction d’éléments exposés à l’aléa instabilité de falaises côtières. Il en résulte donc toute une série de résultats fonction des éléments exposés et des dommages considérés dans l’évaluation.

Au regard des résultats, trois évaluations sont particulièrement intéressantes à l'échelle régionale du littoral :

- l'évaluation du risque vis à vis des dommages humains susceptibles de se produire sur les accès au littoral (sentier du littoral, routes etc...), selon les saisons ;
- l'évaluation du risque vis à vis des dommages fonctionnels susceptibles de se produire sur les accès au littoral (sentier du littoral, routes etc...), selon les saisons ;
- l'évaluation du risque vis à vis des impacts économiques susceptibles de se produire sur les accès au littoral (sentier du littoral, routes etc...), selon les saisons ;

Les analyses concernant l'urbanisation ne sont pas suffisamment concluantes. Compte tenu de l'échelle de travail régionale, et les données utilisées sur le critère de l'urbanisation, à savoir les zones urbanisées, les cartes ne montrent pas de résultats intéressants.

Evaluation du risque vis à vis des dommages humains susceptibles de se produire sur les accès au littoral

Cette analyse amène à différentes remarques à l'échelle du littoral de toute la région PACA :

- en dehors de la période touristique, 73% du littoral montre un risque nul à faible en terme d'instabilité de falaise côtière vis à vis des dommages humains susceptibles de se produire sur les accès au littoral. Seulement 6 % du littoral montre un risque moyen (il s'agit de quelques secteurs des calanques à Marseille, de sites à falaises sur la côte Varoise à l'ouest de Toulon ainsi que dans les Alpes-Maritimes). Ces sites sont généralement pourvus de sentiers du littoral permettant l'accès de la côte aux personnes ;
- en période touristique, la surfréquentation de la côte donne des résultats différents : 50 % du littoral est en risque faible, 18 % en risque moyen et 6% en risque fort. Les secteurs concernés par un risque fort sont la côte Bleue dans les Bouches-du-Rhône, les calanques de Marseille, le littoral varois rocheux (y compris les îles d'Hyères) et les Alpes-Maritimes. On notera également deux zones sur le littoral de l'étang de Berre. En effet, en dehors des sites interdits d'accès pour cause de prévention incendie, ces secteurs sont très fréquentés durant l'été ;
- pendant l'automne (saison pendant laquelle les fortes précipitations peuvent accentuer les instabilités de falaises), quelques secteurs ressortent en risque moyen (6 % du littoral). L'augmentation de la population étant beaucoup moins importante durant cette période (octobre-novembre), le risque diminue par rapport à la période estivale, il est néanmoins non négligeable sur les secteurs les plus vulnérables.

Evaluation du risque vis à vis des dommages fonctionnels susceptibles de se produire sur les accès au littoral

L'étude des dommages fonctionnels donne des résultats intéressants pour ce qui concerne les accès à l'ensemble du littoral de la région PACA :

- en dehors de la période touristique, 75 % du littoral montre un risque nul à faible en terme d'instabilité de falaise côtière vis à vis des dommages fonctionnels susceptibles de se produire sur les accès au littoral. Seulement 6 % du littoral montre un risque moyen (il s'agit principalement de sites dans le Var) ;
- en période touristique, la surfréquentation de la côte donne des résultats différents : 52 % du littoral est en risque faible et 13 % en risque moyen, aucun secteur n'a été qualifié en risque fort dans cette analyse. En effet, les dommages fonctionnels pour ce type d'aléa sont peu nombreux, et lorsqu'ils ont lieu, ils sont généralement de faible gravité (coupure d'un sentier de randonnée, éboulement sur la nationale entre Bandol et Sanary occasionnant des difficultés de circulation en période estivale) ;
- pendant l'automne, quelques secteurs ressortent en risque moyen (6 % du littoral).

Evaluation du risque vis à vis des impacts économiques susceptibles de se produire sur les accès au littoral

L'étude des impacts économiques est également intéressante à l'échelle régionale :

- en dehors des périodes touristiques, le risque instabilité de falaises côtières d'un point de vue économique est fort sur 6 % du littoral et moyen sur 9 % du littoral. Ceci s'explique par l'importance économique du tourisme sur la côte de la région PACA et par l'activité portuaire non négligeable ;
- en période touristique, compte tenu de l'importance économique que tient le tourisme dans la région, le risque est fort sur 6 % du littoral, moyen sur 17 % et faible sur 54 % du littoral. En effet, des éboulements de falaises importants entraînant la fermeture de sites tels que les calanques de Marseille, les sentiers du littoral Varois, les îles de Port Cros et Porquerolles ou l'accès aux plages des Alpes-Maritimes peuvent entraîner des conséquences économiques importantes pour la région ;
- en automne, les secteurs à risque fort sont négligeables (moins d'1 % du littoral), mais 6 % du littoral sont concernés par un risque moyen.

3.5.3. Conclusions

Compte tenu des observations et de l'analyse précédente, il apparaît intéressant de remarquer que en dehors des périodes à facteurs aggravants comme l'augmentation de la fréquentation estivale ou les précipitations importantes en automne, il existe sur le littoral de la région PACA des secteurs du linéaire côtier à risque important voire très important, que ce soit en terme de dommages humains, fonctionnels ou d'impacts économiques.

Nous citerons par exemple :

- un risque moyen en terme de dommages humains sur les accès au niveau d'Ensuès-la-Redonne sur la côte Bleue, sur le secteur des calanques de Marseille

et de Cassis (Calanque de Port Miou et cap Canaille), la côte de Saint-Mandrier, l'île de Port-Cros et enfin le littoral rocheux à falaise d'Eze dans les Alpes-Maritimes ;

- un risque fort en terme d'impact économique par rapport aux accès au littoral, notamment dans le Var sur les communes littorales périphériques de Toulon (Saint-Mandrier, la Garde, Le Pradet et Carqueiranne) principalement dû aux sentiers du littoral et à la prise en compte des ports sous falaises ;

Néanmoins, cette approche de l'évaluation du risque en fonction de la nature des dommages pourrait être approfondie dans certains secteurs. En effet, compte tenu de l'échelle régionale, un certain nombre d'enjeux n'ont pas été distingués, la prise en compte des ports a été faite sans hiérarchisation préalable. De la même façon, les sentiers du littoral ont été intégrés quelle que soit leur propriété (commune, privé, parc...), et quelle que soit leur fonction, c'est à dire si il s'agit d'un sentier permettant l'accès à une plage ou simplement un sentier de randonnée.

L'analyse reste néanmoins pertinente pour obtenir une vision régionale de l'état d'érosion des falaises en région PACA et du risque existant pour les personnes, les biens et les milieux selon les saisons.

Elle pourra être utilisée à visée d'aménagement pour hiérarchiser et prioriser les actions sur les secteurs qui le nécessitent.

4. Les études géotechniques ponctuelles

4.1. INTERVENTIONS DE LA SOCIETE ANTEA

La société Antea présentera lors des ateliers de Carry-le-Rouet l'étude réalisée en mai 2000 sur la Falaise au Sud-Ouest de la Société Nautique du Rouet Plage – Diagnostic des menaces – Proposition de solutions de confortement.⁷ Un document sur l'intervention d'Antea sera remis le jour même

4.2. INTERVENTIONS DU CETE MEDITERRANEE SUR LA COMMUNE DE CARRY-LE-ROUET

Le CETE méditerranée est intervenu à plusieurs reprises sur des études liées à la problématique des instabilités de falaises côtières sur la commune de Carry-le-Rouet à la fois en prévention mais également en gestion post-événement.

Différentes études vont nous être présentées au cours des ateliers :

- Pointe à l'Ouest du Port de Carry-le-Rouet, érosion marine (2007)
- Talus Ouest du Port de Carry-le-Rouet, instabilités de talus au dessus des parkings (2008)
- Falaise Est du port de Carry-le-Rouet (2008)
- Mise en sécurité et protection contre l'érosion régressive au niveau du Cap Rousset à Carry-le-Rouet
- Eboulement de Barqueroute dans l'anse du Rouet à Carry-le-Rouet (2008)

⁷ Etude Antea mai 2008 (A 19827A)



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Centre d'Études Techniques de l'Équipement
Méditerranée

Laboratoire régional des ponts
et chaussées d'Aix-en-Provence

Service Géologie-terrassements

Aix-en-Provence, le 15 mars 2009

Note

BRGM

Mme

Objet : Carry le Rouet

Référence :

Affaire suivie par : Pierre AZEMARD

pierre.azemard@developpement-durable.gouv.fr

Tél.: 04 67 20 95 07

Commune de Carry le Rouet

Les risques liées aux falaises marines

Le Laboratoire Régional d'Aix en Provence du CETE Méditerranée intervient depuis de nombreuses années dans le domaine de l'analyse des risques rocheux sur l'ensemble de sa zone d'action (LR, PACA, Corse et Dom Tom).

Depuis une dizaine d'année l'expérience acquise et les méthodes développées sur les infrastructures routières et la cartographie réglementaire est transposée sur les zones littorales.

Le secteur de Carry le Rouet a fait l'objet de plusieurs interventions, de l'étude générale à l'étude spécifique et l'expertise après événement.

Etude de l'aléa de chutes de masses rocheuses sur le sentier littoral (2001)

En 2001 la commune de Carry le Rouet a ainsi confié au LR Aix une étude générale d'aléas de chute de masses rocheuses sur les sentiers littoraux entre le Port de Carry et le port du Rouet. Soit environ 3 Km.

PJ : xxxx xxxx xxxx

Copie à : xxxx xxxx xxxx

Tél. : 04 42 24 76 76 – fax : 04 42 60 79 00

Pôle d'activités – CS 70499

13593 Aix-en-Provence cedex 3

Compte tenu de la hauteur relativement modeste des falaises littorales la méthodologie adoptée consiste en une approche essentiellement de terrain faisant intervenir:

- la géologie,
- la morphologie,
- la détermination des modes d'évolution du littoral

afin de définir :

- une sectorisation géomorphologique de la zone
- une qualification du niveau d'aléa sur chacun de ces secteurs
- un niveau de risque en fonction de cet aléa, des possibilités d'accès et des usages constatés sur le littoral

A l'issue de ce travail des propositions de travaux d'aménagement (purges, butons, créations de cheminements en lieu sûr associé à des dispositifs d'interdiction d'accès aux zones les plus exposées,...) ou de modes de gestion ont été définis secteur par secteur avec une première estimation des coûts.

Compte tenu de la nature et de l'importance des instabilités relevées les travaux proposés concernent les aléas sur le court ou très court terme (occurrence du phénomène considérée comme probable dans un délai de 2 à 10 ans).

Ces travaux seront suivis de visites périodiques par le gestionnaire devant permettre de détecter des évolutions, inévitables dans un site soumis à une forte agression des agents d'érosion.

Avis sur une zone d'érosion marine sous le sentier littoral à l'Ouest du Port de Carry (2007)

A la demande de la commune le LR Aix est intervenu sur ce site (100 ml environ) qui apparaissait sensible.

La caractérisation des aléas, menée selon la méthodologie décrite précédemment, a conduit à proposer :

- une solution de blocage par enrochements du sous cavage marin
- la purge des éléments instables pour la partie haute de la falaise.

Avis suite à un éboulement de falaise à Barqueroute (2008)

Début février un éboulement de falaise littorale a emporté les clotures de 2 parcelles. Le LR Aix est ensuite intervenu à la demande de la commune afin d'analyser les risques résiduels, proposer des dispositions conservatoires et une solution définitive.

L'éboulement, d'un volume estimé de 400 à 600 m³ concerne une écaille de 40 m de longueur, 5 m de hauteur et 3 à 4 m d'épaisseur. La zone avait été qualifiée en aléa élevé dans l'étude de 2001.

Les facteurs déterminants sont ici aussi :

- la présence de surplomb par sous cavage des bancs plus tendre,
- des fractures arrières avec développement de végétation,
- probablement aggravés par des suintements provenant des habitations riveraines.

En urgence il est demandé :

- la pose de clôtures fixes et rigides en arrières de la crête
- vidage des picines et arrêt des rejet d'eaux
- la pose de barrières rigides en pied de falaise

A plus long terme :

- la réalisation de purges des masses latérales n'est pas souhaitable car cela ne conduirait pas à une amélioration significative du niveau de sécurité sur la grève (d'autres surplomb étant présent sur l'ensemble du secteur) sans stopper les phénomènes d'érosion et en conduisant à une peret de surface des parcelles dominants la falaise.
- une couverture en béton projeté devra stopper la régression de la falaise au droit des terrains ayant subit l'éboulement

Avis suite à une chute de bloc depuis la falaise Est du Port de Carry (2008)

A la demande de la commune le LR Aix est intervenu sur ce site (50 ml environ) qui a fait l'objet d'un événement en février 2008.

Les facteurs d'instabilité repérables sur la cicatrice (surplomb, fracture arrière, suintements, végétation) sont visibles sur l'ensemble de la zone. Cette zone avait été qualifiée en aléa moyen dans l'étude de 2001.

Le traitement proposé consiste en une purge de la cicatrice, une élimination de la végétation proche du bord et la mise en place de béton projeté pour stopper la régression naturelle de la zone.

Avis sur la falaise Ouest du Port de Carry (2008)

Toujours à la demande de la Mairie cette étude concerne une centaine de mètre de falaise dominant des parkings.

Il s'agit en fait d'un déblai de 6 à 8 m de hauteur dans lequel la fracturation de décompression associé au développement de végétation arbustive et d'arbre individualise des compartiments instables. (aléa moyen à élevé à court/moyen terme)

Localement de vieux murs en pierre non jointoyés présentent également un risque pour les usagers du parking.

Les solutions proposées sont essentiellement l'abattage de ces arbres, suivit d'une purge et de la mise en place de grillage pendus pour contenir les trajectoire de petits blocs qui se détacheront de la roche friable. 4 butons sont préconisés sous les plus gros surplombs

Certaines zone déjà traité par un grillage devront être reprises en raison de corrosions notables.

5. Quantification de l'évolution des côtes rocheuses

5.1. QUALIFICATION DE L'EVOLUTION DES COTES ROCHEUSES PAR PHOTOGRAMMETRIE ET LASERGRAMMETRIE

Afin d'évaluer l'aléa chutes de blocs de manière probabiliste, l'utilisation d'un scanner laser est une solution intéressante et novatrice qui a été utilisée dans le cadre de l'étude Falaises Côtières à titre expérimental. Grâce à deux levés successifs du relief de la falaise (l'un en octobre 2007, le deuxième en avril 2008), un maillage de points a été réalisé, ainsi qu'une ortho photo haute résolution par levé.

Il a été décidé d'appliquer cette technique à la falaise du Rouet sur le site de Carry-le-Rouet compte tenu des observations qui avaient pu être faites sur la probable instabilité de cette falaise (Rapports RP-52829) et sur les nouvelles observations réalisées dans le cadre de la troisième année d'étude. D'autre part, la morphologie de la falaise du Rouet ainsi que la possibilité d'accès à la fois en pied de falaise et sur un îlot à 20 mètres au large ont permis d'avoir de bonnes dispositions pour réaliser le scan.

L'objectif était de mesurer l'érosion en comparant les deux levés topographiques, sur un secteur présentant des cicatrices d'éboulements antérieurs. Ces levés ont été réalisés avec un scanner laser terrestre utilisant une technologie dite « time of flight » pour déterminer la position des points atteints par le rayon laser. Les scans ont été réalisés par la société ATM3D⁸ avec un scanner laser Riegl de type LMS-Z390. Comme l'ensemble de la falaise n'est pas visible depuis un seul point de visée, le laser a été installé sur des stations successives en pied de falaise, et exceptionnellement, compte tenu de la configuration du site, sur d'anciens blocs rocheux éboulés considérés comme stables. Chaque levé produit un nuage de millions de points mesurés en 3D, et les 2 levés ont été espacés de six mois afin d'essayer de voir les effets de l'érosion en période hivernale.

On notera les difficultés rencontrées sur cet exercice du fait de la présence de végétation sur la falaise, et de la surface localement très irrégulière de l'affleurement comprenant des zones d'ombres impossibles à scanner.

Ainsi, une fois les deux scans réalisés et les orthophotos haute résolution effectuées, l'état de l'érosion à 6 mois d'intervalle sur la falaise du Rouet a pu être comparé. La méthodologie d'analyse a été la suivante :

⁸ ATM3D : www.atm3d.com

- superposition des deux scan laser (2007 et 2008) sur le logiciel Imview ;
- mise en évidence des secteurs qui apparaissent avoir été modifiés (à la fois par accrétion et par érosion) ;
- digitalisation sur ENVI des zones de végétation sur la falaise ;
- extraction des zones de végétation sur la comparaison des deux scan laser afin d'étudier uniquement les variations liées à l'érosion ou à l'accrétion de matière en faisant abstraction de la végétation ;
- zooms sur des zones d'érosion et d'accrétion (principalement accumulation de matière venue d'en haut) ;
- analyse détaillée.

Les différences topographiques observées à partir de cette analyse ont permis d'identifier les zones où l'érosion s'est produite durant la période octobre 2007 - avril 2008, et de décrire les mécanismes d'érosion de façon plus détaillée.

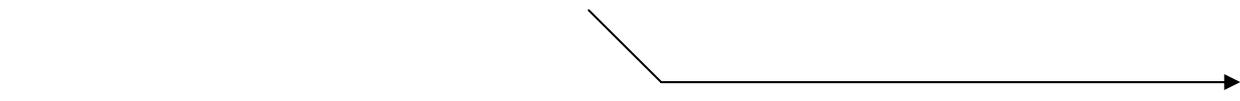
Néanmoins, le test n'a pas permis d'évaluer précisément les surfaces érodées et les volumes de matériaux déplacés, compte tenu d'un certain nombre d'imprécisions dues en partie à la morphologie très particulière de la falaise (zones de retrait dues à l'érosion différentielle provoquant des zones d'ombres et par conséquent sans informations ; et présence de végétation).

Des observations plus précises et quantitatives (surface érodée, volume...) pourraient servir à construire un catalogue d'événements. En classant ensuite ces événements par intervalles de volume croissants, et en posant comme hypothèse que les événements qui se sont produits en 6 mois ou en 30 ans sont représentatifs de l'aléa moyen, il serait possible de calculer une loi empirique probabiliste décrivant l'aléa chutes de blocs.

Cette méthodologie probabiliste a, pour l'instant, été testée avec succès sur un site de falaises crayeuses à Mesnil Val, en Haute-Normandie⁹ et serait intéressante à mener à titre comparatif sur une falaise du littoral de la région PACA telle que celle du Rouet par exemple.

Le poster page suivante (Illustration 17) illustre ces travaux réalisés en Normandie.

Illustration 17 : Suivi d'une falaise de craie par scanner laser terrestre et aléa probabiliste de chute de blocs



⁹ DEWEZ, T., GEBRAYEL, D., LHOMME, D. et ROBIN, Y. (2008)

Suivi d'une falaise de craie par scanner laser terrestre et aléa probabiliste de chute de blocs.

Thomas Dewez
BRGM - Aménagement et Risques Naturels
t.dewez@brgm.fr

Guillaume Chamblas
CNASEA - Centre National pour l'Aménagement des
Structures des Exploitations Agricoles (Guyane)
guillaume.chamblas@wanadoo.fr



Contexte

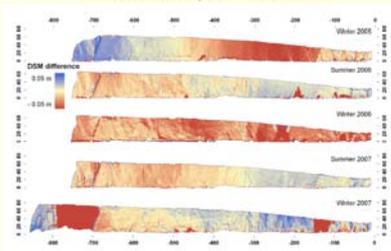
La falaise de Mesnil Val (Haute Normandie) fait l'objet de levés topographiques au scanner laser, par la société ATM3D pour le compte du BRGM. Depuis décembre 2005, 6 levés ont été réalisés aux équinoxes. Les nuages de points sur la falaise ont été transformés en grilles (2.5D) puis différenciées. Un biais résiduel, provenant d'erreurs de calage centimétriques a été corrigé par surface de tendance. Après lissage, un seuillage s'appuyant sur les caractéristiques de bruit de la donnée permet d'isoler les blocs qui ont été érodés à chacun des 5 intervalles de temps.

Résultats

Le catalogue de blocs contient 8567 événements compris entre 7.10^{-4} et 7.10^4 m^3 , ce qui correspond à un recul moyen de 0.94 m/a (ou 0.13m/a sans le plus gros événement). L'analyse des hauteurs de centroïde des blocs montre que c'est principalement le bas de la falaise qui est le plus souvent érodé. Le cumul de l'érosion par intervalle montre une différence saisonnière notable entre les hivers et les étés. Les petits événements contribuant plus en hiver qu'en été. Enfin, une relation probabiliste liant la période de retour d'un événement de volume donné a été ajustée sur la partie représentative du catalogue. On peut ainsi prévoir la fréquence d'un événement de volume donné.

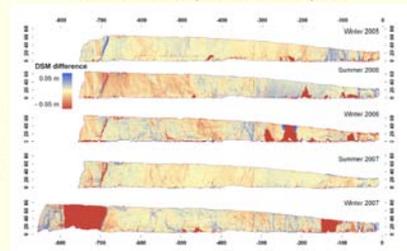
Comment traiter les données ?

Différences topographiques brutes



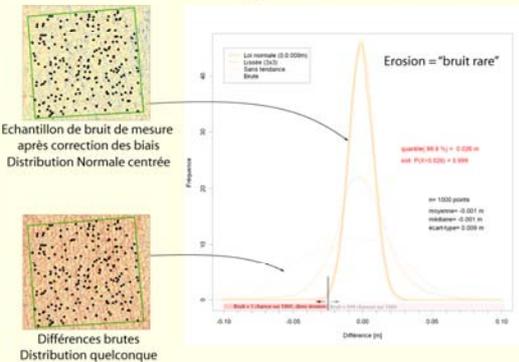
Les différences entre scan successifs montre un biais à grande longueur d'onde. Ceci provient sans doute du protocole d'acquisition terrain. Ce biais a été corrigé par ajustement d'une surface de tendance de degré 3 (plus haut degré significatif). Ensuite un filtrage local par la moyenne a été appliqué pour lisser les pics locaux.

Différences topographiques corrigées



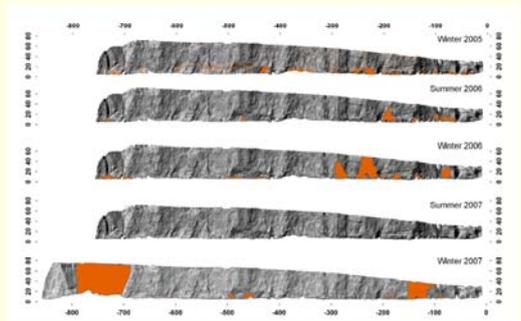
Comment seuiller les grilles de différence ?

Caractérisation statistique du seuil de détection de l'érosion



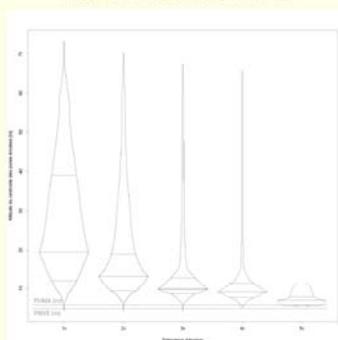
L'érosion correspond au signal vrai qui existe dans la grille de différences. Pour déterminer ce signal vrai, on a caractérisé statistiquement, par échantillonnage, le bruit de mesure, dans une zone sans érosion. La distribution du bruit se trouve être gaussienne. En choisissant une valeur de différence dont la probabilité est très rare (1 pour 1000), on établit la limite entre ce qui est un vrai signal d'érosion et le bruit de mesure. Le seuil de détection moyen est de 2.9 cm.

Catalogue de blocs



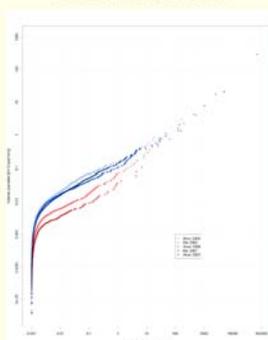
Quels informations tirer du catalogue de blocs ?

Altitude des centroïdes de blocs



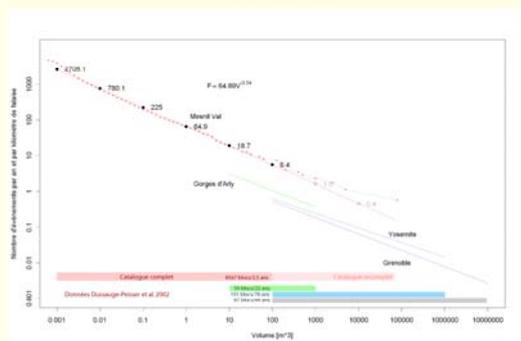
L'altitude des centroïdes de blocs érodés montre s'il existe des hauteurs préférentielles de détachement dans la séquence. Plus l'érosion est fréquente, plus l'altitude des centroïdes s'abaisse, indiquant un contrôle probable de la mer pour des érosions fréquentes.

Saisonnalité de l'érosion



Un différence saisonnière apparaît clairement dans les volumes journaliers érodés pour les petites classes de volume. Cette caractéristique n'a jamais été observée auparavant. C'est un résultat propre au suivi laser.

Aléa probabiliste



La répétition des scans au fil du temps permet d'évaluer la complétude du catalogue et la récurrence probable des événements. Une loi de puissance, similaire à la loi de Gutenberg-Richter en sismologie, décrit la relation entre la probabilité d'occurrence d'une chute de bloc et son volume. Grâce au scanner laser on peut investiguer des gammes de volume jamais étudiée à ce jour avec des niveaux de complétudes inégaux (comparer avec les données de Dussauge-Peisser et al. 2002).

Dewez, T., Chamblas, G., Lasseur, E., Vandromme, R., soumis 23 décembre 2008. Five seasons of coastal erosion at Mesnil Val, Upper Normandy (France): phenomenology of chalk cliff collapse surveyed with a terrestrial laser scanner. *Geomorphology*.
Dewez, T., Rohmer, J., Closset, L., 2007. Laser survey and mechanical modeling of chalky sea cliff collapse in Normandy, France. In: McInnes, R., Jakeways, J., Fairbanks, H., Mathie, E. (Eds.), *Landslides and climate change, challenges and solutions*, Taylor and Francis ed. London, pp. 281-288.
Dussauge-Peisser, C., Helmstetter, A., Grasso, J.R., Hantz, D., Desvarreux, P., Jeannin, M., Giraud, A., 2002. Probabilistic approach to rock fall hazard assessment: potential of historical data analysis. *Natural Hazards and Earth System Science*, 2, 15-26.

5.2. QUALIFICATION DE L'EVOLUTION DES COTES ROCHEUSES PAR COMPARAISON PHOTOGRAPHIQUE MULTI TEMPORELLE

Un travail complémentaire de comparaison photographique multi temporelle sur cette même falaise a été réalisé au cours de l'étude falaises du BRGM, à l'aide du logiciel ENVI, sur deux photographies prises en 1970 et 2007. Ce logiciel est un outil de lecture et de traitement d'images et de données (Illustration 18).



1 - Photo années 1970



2 - Photo octobre 2007

Illustration 18 : Photographies ayant servi à la comparaison multi temporelle

Cette analyse a révélé deux phénomènes importants entre 1970 et 2007 :

- l'éboulement de masses rocheuses en surplomb dans la partie bréchique ;
- le ravinement en partie inférieure des marnes en alternance avec des niveaux conglomératiques.

Cinq zones ont été identifiées sur la falaise comme s'étant érodées de manière significative (Illustration 19). Cette analyse ne permet pas de calculer les volumes érodés mais des surfaces d'affleurements affectés par l'érosion, notamment la trace d'anciens blocs en surplomb et la régression de matériaux meubles et pied de falaise.

Ainsi, en une trentaine d'année, la falaise du Rouet (face sud) se serait érodée sur 34 % de sa surface d'après l'analyse précédente effectuée avec un certain nombre d'incertitude (estimation des surfaces, mauvaise qualité de la photo de 1970, observation grossière). L'érosion apparaît plus forte en pied de falaise, dans la Formation du Rouet composée de conglomérats, grès et marnes de l'Oligocène Supérieur c'est-à-dire de matériaux meubles, alors que sur les deux tiers supérieurs se trouvent les brèches du Cap de la Vierge - Tertiaire indéterminé - beaucoup plus indurées, qui s'érodent par départ de blocs agglomérés de conglomérats à matrice sablo-gréseuse, à des fréquences plus faibles. Le pied de la falaise est en effet soumis directement aux effets de la houle, des embruns et le phénomène est bien visible à l'œil nu.

Zones effondrées entre 1970 et 2007
- - - Anciens blocs en surplomb
- - - Régression en pied de falaise



Illustration 19 : Résultats de l'analyse

6. La prise en compte du risque dans l'aménagement

La loi du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain impose aux collectivités de prendre en compte lors de l'élaboration des documents d'urbanisme (schémas de cohérence territoriale, plans locaux d'urbanisme et cartes communales) les risques naturels et technologiques. Pour les y aider, l'Etat leur transmet systématiquement toutes les informations dont il dispose en matière de connaissance des risques naturels.

En dehors de cette prise en compte dans des documents de planification et d'orientation, l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme permet aux collectivités et à l'Etat de refuser ou de soumettre au respect de conditions particulières une demande de permis de construire.

Cette décision se fait également sur la base des connaissances disponibles. Mais l'outil le plus complet pour prendre en compte les risques naturels dans l'aménagement reste, pour les communes où les risques sont importants, le plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPR).

6.1. LE PPR : UN OUTIL SPECIFIQUE DE PREVENTION.

La loi du 2 février 1995 (article L.562-1 du C.E.) a créé les PPR qui constituent aujourd'hui l'un des instruments essentiels de l'action de l'État en matière de prévention des risques naturels.

En France, les inondations représentent le risque naturel le plus courant, mais l'action de prévention doit porter également sur les autres risques que sont notamment les séismes, les mouvements de terrain, les incendies de forêt, les avalanches... Le PPR permet de prendre en compte l'ensemble de ces risques.

Le PPR relève de la responsabilité de l'État. Son objet est de cartographier les zones soumises aux risques naturels et d'y définir les règles d'urbanisme, de construction et de gestion qui s'appliqueront au bâti existant et futur. Il permet également de définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les particuliers et les collectivités territoriales.

6.2. VERS UN PROJET LOCAL DE PREVENTION

Depuis 2000, le MEEDDAT a souhaité que les plans de prévention des risques puissent être le point de départ d'une véritable politique de prévention locale partagée avec les collectivités territoriales. Pour ce faire, des financements sont accordés aux collectivités souhaitant engager des études ou des travaux de prévention contre les

risques naturels. Ce sont ainsi de nombreuses collectivités qui ont initié des actions spécifiques de prévention au-delà du PPR, pour certaines d'entre elles fondant une véritable stratégie locale de prévention : études pour améliorer la connaissance des risques et leur prise en compte dans l'urbanisme, valorisation des zones à risques ou encore dispositifs de protections contre les mouvements de terrain sont autant d'exemples de partenariats entre l'Etat et les collectivités.

Avec la parution du décret relatif à l'élargissement du fonds de prévention des risques naturels majeurs, ce sont désormais toutes les communes dotées d'un PPR approuvé qui pourront bénéficier d'un tel financement.

Depuis 2003, le citoyen est tout autant responsable de ses biens par la loi relative à l'IAL (Information Acquéreur Locataire).

Les principaux textes de loi sont rappelés en Annexe 3 (cf document hors texte optionnel).

Source : <http://www.ecologie.gouv.fr>

6.3. LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE INSTABILITES DE FALAISES EN REGION PACA

6.3.1. Un exemple : la commune de Carry-le-Rouet

Le mot du Professeur Pierre PENE, maire de Carry-le-Rouet

“La problématique des falaises est, au niveau de notre commune, sujet de préoccupations. La commune s’étend en effet, le long de 6 kms de côtes rocheuses qui constituent l’extrémité Ouest du massif de la Nerthe. Ces falaises sont plus élevées dans la partie Est de la commune, 25 à 35 mètres au Rouet, autour de 25 à 30 mètres à Barqueroute. Le long du bord de mer entre le Port de Carry et la calanque des Baumettes à Sausset-les-Pins, les falaises s’abaissent progressivement et se situent à des hauteurs moyennes de 5 à 15 mètres.

L’érosion des falaises semble s’être aggravée au cours de ces dernières années, en raison d’un cycle climatologique plus défavorable. Divers éboulements sont survenus à l’Ouest du port du Rouet, sur la partie Est de Barqueroute, au niveau des falaises du port, tant à l’Est qu’à l’Ouest, mais aussi, à l’extrémité Ouest de Carry, à la limite de Sausset (calanque des Baumettes). A Barqueroute par exemple, des arrêtés ont été pris et des barrières positionnées pour empêcher le passage au niveau des zones d’éboulements. La commune a fait réaliser des expertises et intervient ponctuellement partout où la sécurité des usagers est menacée.

Notre littoral n’est maintenant accessible que dans des zones bien définies où le sentier tracé et entretenu est bien sécurisé. De nombreuses zones, entre le port de Carry et le Rouet, sont devenues totalement inaccessibles et interdites à la circulation des piétons. Une signalisation appropriée a été mise en place.

Face à ces problèmes d’érosion itératifs, elle souhaite engager une réflexion globale sur le recul de son trait de côte avec pour objectifs :

- *une localisation fine des zones à risque associée à une surveillance régulière de l’érosion du trait de côte ;*
- *une hiérarchisation des risques en fonction de l’aléa propre au milieu géomorphologique, de la fréquentation et de l’urbanisation des sites exposés ;*
- *une information du public sur les risques liés à la fréquentation de certains secteurs du bord de mer ;*
- *la mise en place d’une méthodologie lui permettant d’appréhender la problématique de façon préventive et curative.*

La gestion des risques liés à l’érosion des falaises est un enjeu important, notamment vis à vis de la sécurité des personnes et des biens. Il nous faut donc, scientifiques, gestionnaires, institutionnels, élus du littoral, partager nos expériences, nos connaissances et fédérer nos moyens.

Les ateliers pratiques sur l’érosion des falaises côtières organisés à Carry-le-Rouet et conduits par l’association EUCC et le BRGM en sont un bon exemple”.

6.3.2. Le rôle du Conseil Régional PACA – Service Risques Majeurs

“Le territoire de la région PACA est fortement exposé aux risques naturels : inondations, crues torrentielles, mouvements de terrains, instabilités de falaises, séismes, avalanches... toutes les communes de la région sont soumises au moins à un de ces risques.

C'est pourquoi, afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes, la Région PACA a développé depuis plusieurs années une politique forte de solidarité, de prévention et de protection face aux risques naturels majeurs.

Les interventions de la Région s'inscrivent dans une problématique d'aménagement du territoire et visent à aider les collectivités locales dans leur gestion des risques.

Ces actions portent notamment sur l'amélioration de la connaissance des aléas et des zones à enjeux, sur une meilleure prise en compte des risques dans les documents de planification, les schémas et les documents d'urbanisme, sur la mise en place de moyens de prévision et d'alerte, sur la réalisation d'ouvrages de protection et d'équipements spécifiques.

C'est ainsi que récemment, la commune de Carry le Rouet particulièrement sensible au risque « instabilité de falaises côtières » a pu bénéficier d'aides régionales pour des travaux de mise en sécurité et de confortement des falaises de Barqueroute, du Port et de la calanque du Cap Rousset. ”

Contact : Région PACA : www.regionpaca.fr
Direction de l'Aménagement des Territoires
Service Risques Naturels Majeurs
Tel : 04 91 57 50 33 – Fax 04 91 57 56 99



6.3.3. Le rôle de la DREAL – Service Risques Majeurs

“La région PACA représente 5,7 % du territoire et regroupe 8% de la population. Cette dernière est notamment concentrée sur la bordure littorale. La présence des risques naturels, mais également technologiques est le revers d’une attractivité humaine et paysagère qui fait sa réputation.

L’exposition de la région aux risques naturels est lié à la fois au caractère extrême du climat méditerranéen et à sa morphologie, par la présence de reliefs abrupts. Dès lors la totalité des communes sont soumises à au moins un risque naturel et plus de 80% de ces communes ont fait l’objet d’un arrêté reconnaissant l’état de Catastrophe Naturelle. La région est l’objet d’un travail important de prévention.

La prévention des risques naturels majeurs a pour but ultime de réduire l’impact d’un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens. Elle s’inscrit dans une logique de développement durable, puisqu’elle tente de réduire les conséquences d’un développement imprudent de la société. Elle se décline en 7 axes principaux qui sont :

- *la connaissance des phénomènes de l’aléa et du risque*
- *la surveillance*
- *l’information préventive et l’éducation*
- *la prise en compte des risques dans l’aménagement*
- *la réduction de la vulnérabilité, ou mitigation*
- *la planification de l’organisation des secours*
- *la prise en compte du retour d’expérience*

La DIREN PACA aujourd’hui DREAL travaille dans une logique de réseau pour mettre en œuvre une politique efficace de prévention des risques naturels majeurs. Ses partenaires sont notamment les services de l’état en charge de l’un ou plusieurs des 7 piliers cités ci-dessus. Les DDEA par exemple sont particulièrement chargées de la prise en compte des risques dans l’aménagement quand les Préfectures sont plus spécialisées sur la planification de l’organisation des secours. La DREAL assure par ailleurs la coordination budgétaire régionale des services de l’Etat. Son réseau ne se limite pas aux services de l’Etat mais englobe également les autres échelons administratifs, les établissements publics, tels que le BRGM, et le tissu associatif.

L’une des missions essentielles de la DREAL repose sur la connaissance des phénomènes de l’aléa et du risque. Cette connaissance sert bien évidemment à la programmation des actions sur le territoire, mais aussi et surtout à la diffusion de l’information sur les risques naturels majeurs. C’est dans ce cadre qu’elle produit des connaissances et des outils qu’elle diffuse notamment au travers de son site internet, mais également par l’organisation et la participation à des actions de communication et de formation à destination de publics variés.

La réalisation de l’étude sur la prise en compte des risques liés aux falaises côtières en PACA est, à ce titre, un bon exemple.

Cette étude à été réalisée dans le cadre du contrat de plan 2000-2006 dans le cadre d'un partenariat entre la région PACA, la DREAL (alors DIREN) et le BRGM. Cette étude s'est étalée sur trois années, pour établir tout d'abord un état des lieux et une quantification de l'aléa, La deuxième phase à abouti à la hiérarchisation du risque, enfin la troisième phase à des solutions opérationnelles de prévention sur des secteurs représentatifs.

Les ateliers organisés par l'EUCC-France et le BRGM à Carry le Rouet les 1^{er} et 2 avril s'inscrivent dans la dimension de diffusion de la connaissance afin de participer à une meilleure appropriation de la culture du risque, gage de réduction de la vulnérabilité d'une population soumise à un tel risque. ”

Contact DREAL PACA : www.paca.developpement-durable.gouv.fr

Service Prévention des risques
Unité Risques Naturels Majeurs

Tel : 04.42.66.65.56



6.4. LA PROBLEMATIQUE SENTIER LITTORAL



LE SENTIER LITTORAL A 30 ANS

*Du sentier des douaniers à la servitude de passage des piétons
sur le littoral*

Loi du 31 décembre 1976



Le sentier

Pour accéder à la mer, le public peut emprunter des sentiers de randonnée lui permettant de découvrir des sites naturels jusque-là peu accessibles, ils sont aménagés de façon à respecter l'intégrité des espaces protégés ou les propriétés traversées. Le sentier littoral quant à lui n'est qu'un droit de passage sur les propriétés privées : « Les propriétés privées riveraines du domaine public maritime sont grevées sur une bande de trois mètres de largeur d'une servitude destinée à assurer exclusivement le passage des piétons » (articles L 160-6 à L 160-8 et R 160-8 à R 160-33 du code de l'urbanisme). Il s'accompagne d'un balisage discret. Il arrive souvent que le tracé pour tenir compte des caractéristiques du site soit modifié (après enquête publique et arrêté préfectoral). Mais la suspension de la servitude est rare (présence d'un port, de cultures marines, d'une installation militaire).

L'historique

L'origine du sentier du littoral est ancienne. Le sentier du douanier est créé sous la Révolution par l'Administration des Douanes, afin de surveiller les côtes. Utilisé par les douaniers jusqu'au début du XXe siècle, il tombe peu à peu en désuétude.

En 1973, le Ministère de l'Équipement commence à mettre en oeuvre une politique de désenclavement des plages existantes par la création de chemins piétonniers afin de les rendre plus accessibles au public.

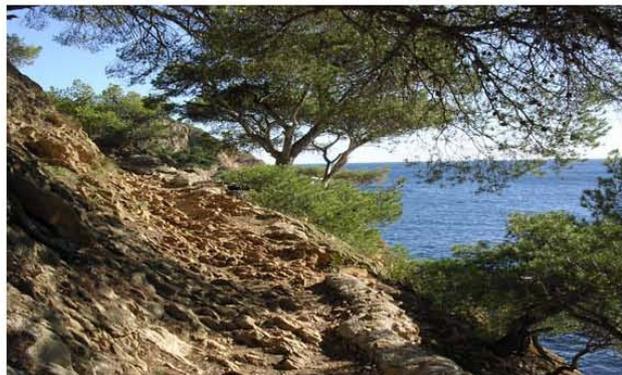
Puis, c'est la loi du 31 décembre 1976 qui, en instituant une servitude de passage le long du littoral, d'une largeur de 3 mètres, sur les propriétés privées riveraines du domaine public maritime, redonne véritablement vie au sentier. La loi « littoral » de janvier 1986 en permettant la création d'une servitude transversale au rivage, renforce cette volonté d'ouverture et d'accès aux sites riverains de la mer.

Atteindre un même objectif

L'ouverture des sentiers de randonnée a été accueillie très favorablement par le public. De nombreuses communes en ont fait un atout de qualité pour développer leur tourisme, tout en respectant les sites.

Le sentier du littoral est un instrument de valorisation, non seulement du patrimoine maritime, mais également des espaces naturels qu'il rend accessibles. L'objectif est le même pour tous : protéger le rivage et l'ouvrir au public dans le respect de la nature.

Mais l'action n'est pas terminée : il faut être vigilant pour assurer l'entretien et la gestion de ces espaces et pour qu'une surfréquentation ne risque pas de venir remettre en cause le fragile équilibre instauré entre l'aménagement et la protection, afin de continuer dans cette voie.



Une action partenariale

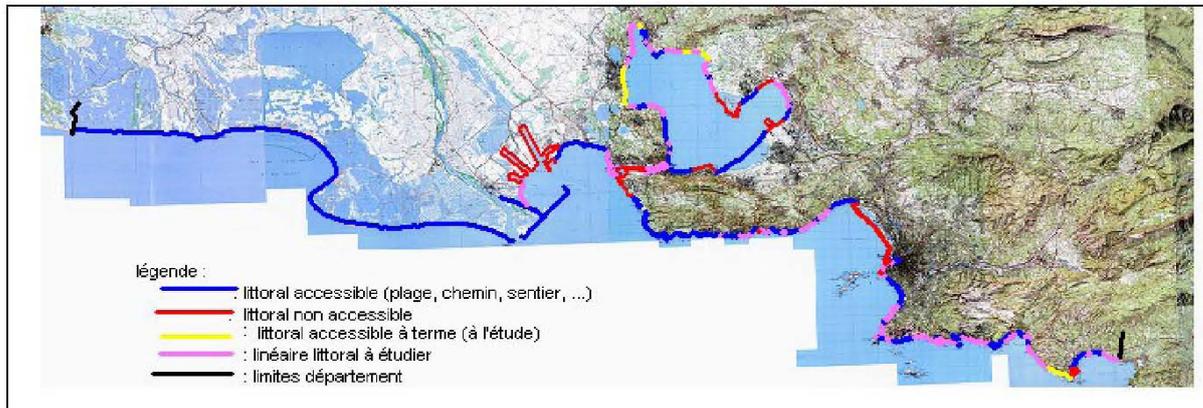
Entre les communes, les départements, les régions et les services de l'État, un partenariat s'est peu à peu développé et a porté ses fruits.

Les collectivités locales participent à la réalisation et prennent en charge l'entretien. Leur ouverture est complémentaire des acquisitions des sites littoraux effectuées par les départements dans le cadre de la politique des espaces naturels sensibles, en liaison avec les actions du Conservatoire du littoral. Les sentiers peuvent être intégrés dans les plans départementaux d'itinéraires de randonnées pédestres et bénéficier alors pour leur entretien de la Taxe Départementale des Espaces Naturels Sensibles.

Le tracé

En raison des caractéristiques de la côte méditerranéenne, il est extrêmement rare que le tracé de droit soit retenu et la définition d'un tracé modifié est souvent nécessaire. Cette étape, longue et difficile, doit être menée en étroite concertation avec les élus, les associations et les propriétaires concernés, afin d'éviter les contestations lors de l'enquête publique, et les recours en contentieux. Le tracé doit notamment tenir compte de la continuité du cheminement (la loi du 4 janvier 1986 permet d'instituer une servitude transversale sur les voies et chemins privés d'usage collectif existants).

Dans le département des Bouches du Rhône les secteurs aménagés du sentier littoral se situent sur des parcelles du domaine public acquises au fil des ans par les collectivités locales et le conservatoire du littoral (pas d'application servitude de droit). Parfois il se superpose avec des sentiers littoraux déjà aménagés (GR) et des circuits de promenade et de randonnée.



2006 , ... (la démarche sentier littoral dans les Bouches du Rhône)

Si les années précédentes sont marquées par des actions épisodiques d'amélioration des sentiers, l'année 2006 est consacrée à l'étude pour la création de sentiers nouveaux et la connaissance du patrimoine existant.

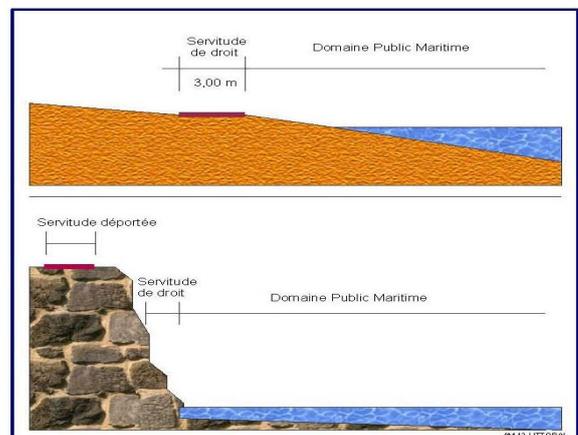
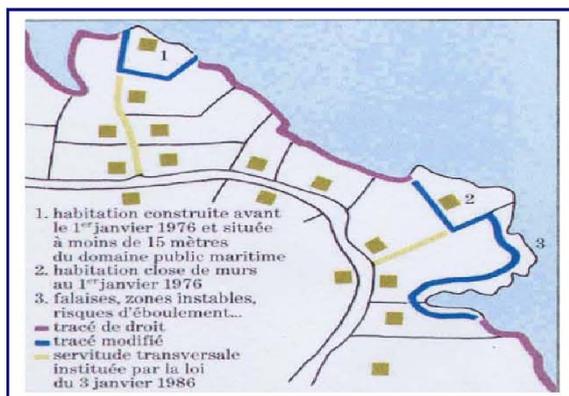
Ainsi l'Arrondissement Maritime de la Direction Départementale de l'Équipement des Bouches du Rhône réalise un « état zéro » du sentier littoral . Une première approche a permis d'obtenir un linéaire exact du littoral (voir tableau ci dessous).

Ce travail permettra de recenser sur les linéaires existants l'état des aménagements, sur les secteurs à l'étude d'extraire les besoins en travaux ou investissement et d'avoir enfin une bonne connaissance du foncier, cela en ayant toujours comme objectif la continuité et l'application de la loi du 31 décembre 1976.

Progressivement, c'est l'ensemble du littoral qui sera concerné par des projets d'aménagement ou de restauration en partenariat avec les collectivités locales ce qui permettra d'avoir une connaissance plus précise et plus affinée des besoins.

Les projets prendront en compte des moyens d'aménagement ou de construction plus doux intégrés et adaptés aux sites (matériaux locaux, pas de bétonnage, ...).

La servitude



Les chiffres :

Littoral français : 7236 km (Source DTMPL)
4692 km accessibles (dont servitude de passage 1642km)

Littoral des Bouches du Rhône : 432 km avec les îles
258 km de littoral accessible
105 km de linéaire à étudier
68 km inaccessibles



source documents :
photos : DDE – AM13 , carte : IGN – SIG AM13

A.M. 13 – Subdivision Aménagement Littoral - octobre 2006

TRAVAUX 2008

- **CARRY LE ROUET**

- **Chemin du Lézard - du Port de Carry à la Plage de la Tuillère**

- aménagements divers assurant aux nombreux randonneurs un meilleur confort de marche sur cette portion de GR très fréquentée en particulier lors de la sortie dominicale et familiale par un public diversifié (enfants, personnes âgées,...)

- *Travaux réalisés en novembre 2008 pour un montant de 18 000 euros*

- *(reprofilages béton et grave non traitée 0/20, création de marches avec pierres du site et dalle béton)*





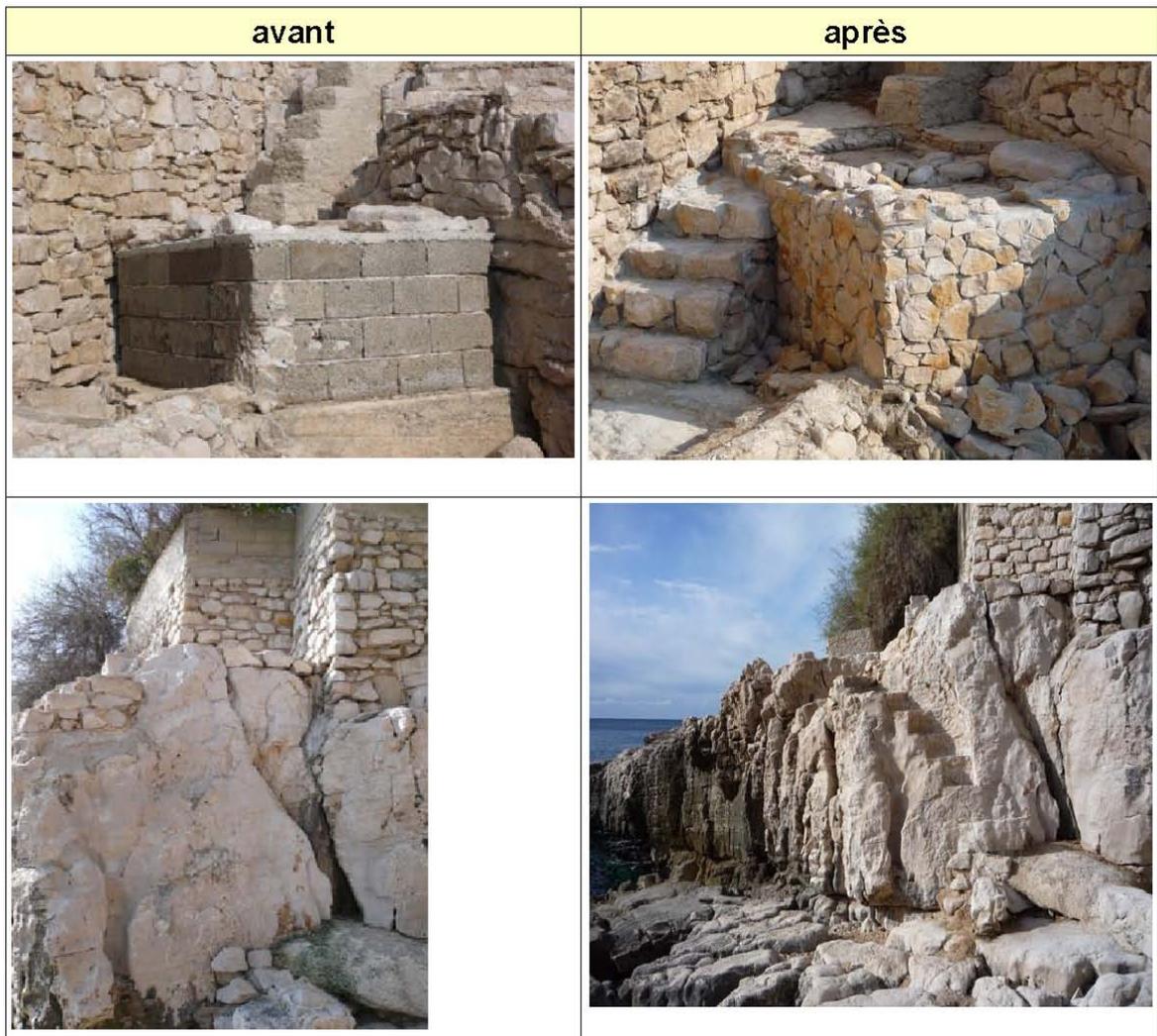
- **CASSIS**

Sentier littoral des Roches Blanches - section Impasse du Littoral chemin du Petit Prince

aménagements divers sur le Domaine Public Maritime permettant le passage d'obstacles naturels (anse – falaise – trous)

nota : ces aménagements ont été réalisés « en avant première » ce cheminement n'étant pas encore labellisé et validé officiellement

Travaux réalisés en septembre et octobre 2008 pour un montant de 30 000 euros (création de marches pierres du site ou dans la masse, habillage d'ouvrage techniques, amélioration d'une sente existante)



INFOS 2008

- **MARTIGUES**

Chemin du Littoral / GR 98-51 - section Les Tamaris / Plages de Sainte Croix
accès interdit par arrêté municipal pour risque d'éboulement - barrières mises en place interrompant le cheminement des randonneurs

une expertise des géologues du Centre d'Etudes Techniques de l' Equipement a été réalisée, le résultat positif des investigations permet à la commune de Martigues de ré-ouvrir cette section



Contact: Christian Brandli, DDE13/AM/SAL
christian.brandli@developpement-durable.gouv.fr

6.5. L'HISTOIRE DE L'ANSE DU ROUET

Hubert Jean Ceccaldi, Commissaire-enquêteur auprès du Tribunal administratif de Marseille, fera une courte présentation de la baie et la plage du Rouet.

Cet exposé portera sur l'histoire de cette zone balnéaire, de ses aménagements successifs passés et sur quelques problèmes posés par les projets d'aménagements futurs de cette baie (Illustrations 20 et 21).

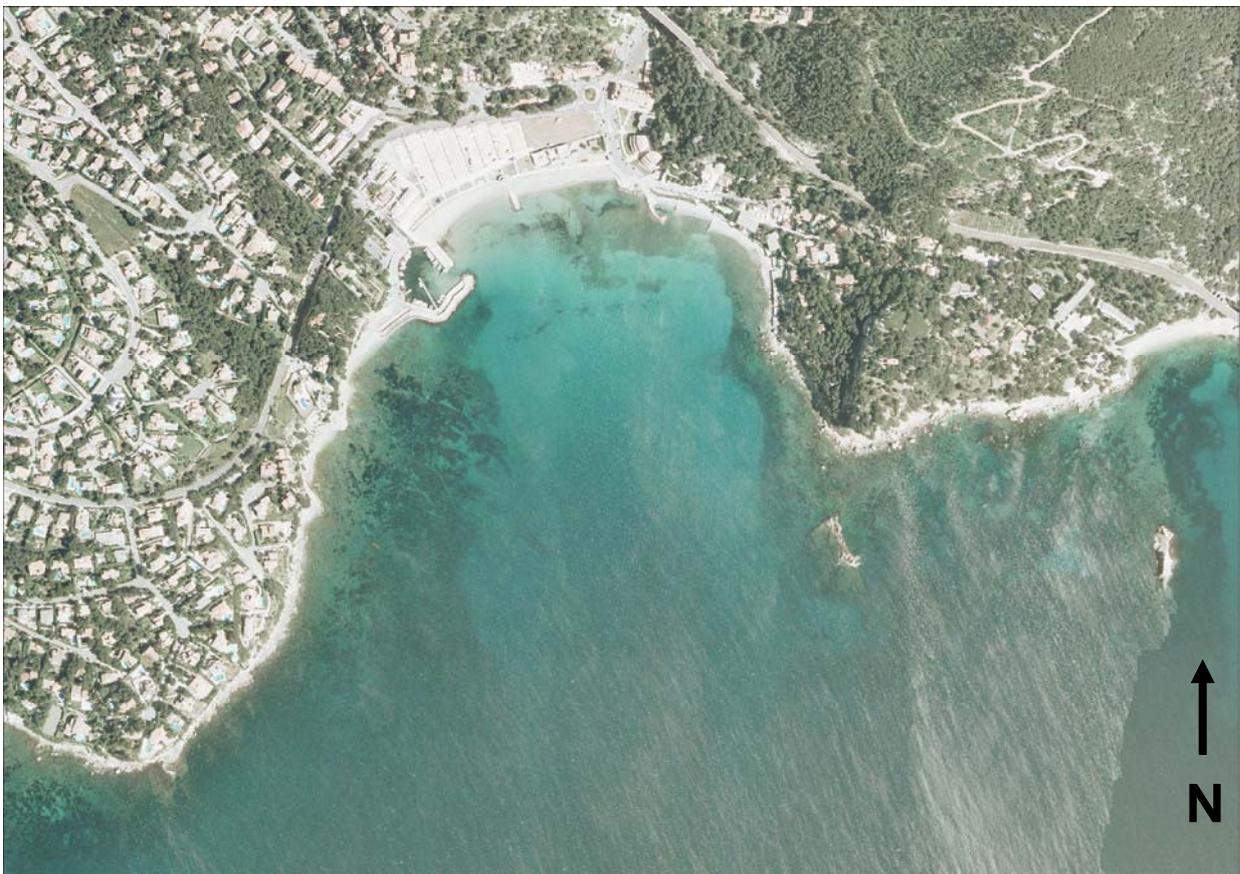
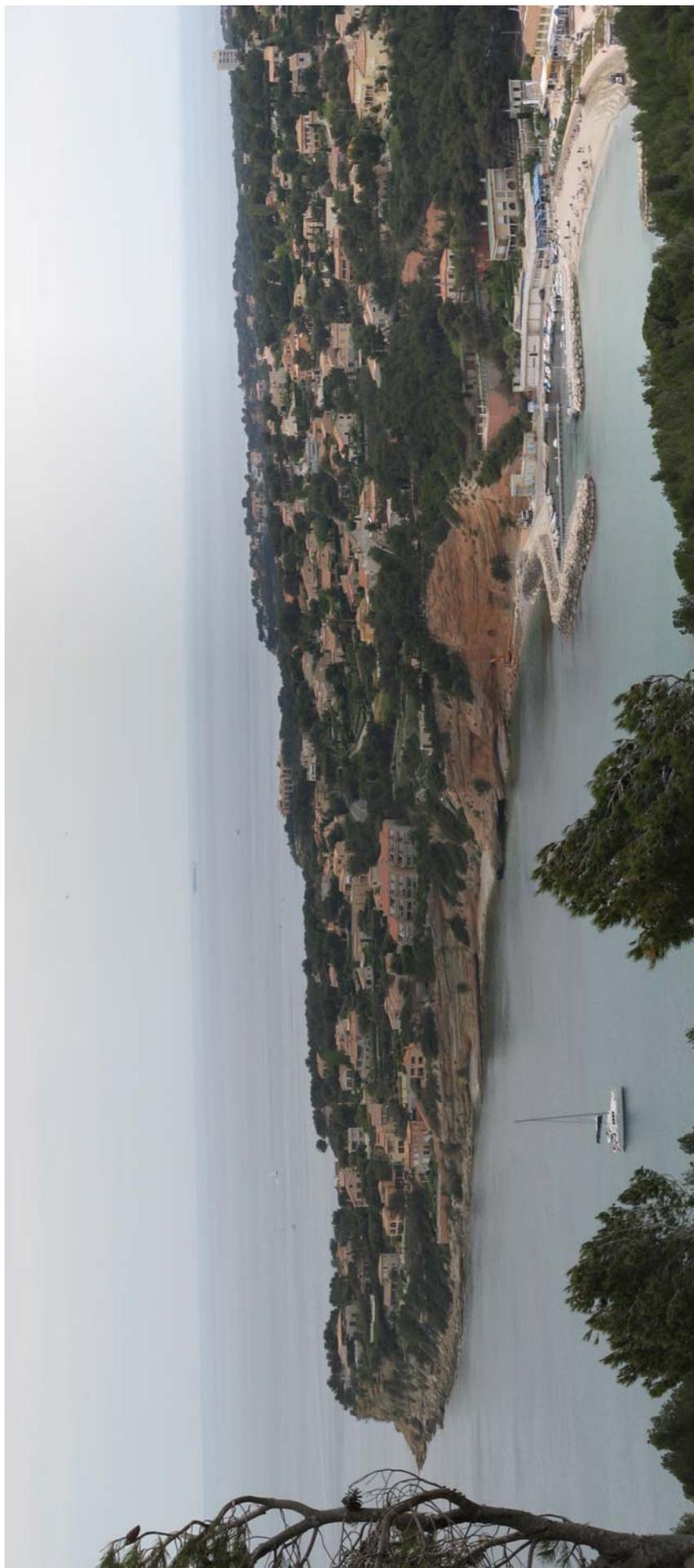


Illustration 20 : Extrait orthophoto IGN sur l'Anse du Rouet à Carry-le-Rouet

Illustration 21 : Vue sur l'Ouest de l'Anse du Rouet





7. La perception du risque par les usagers

Au cours de l'étude Falaise côtières menée par le BRGM¹⁰, un volet socio-économique a été abordé dans le cadre de l'année 3, principalement à partir d'une enquête de perception du risque effectuée sur Carry-le-Rouet. Une analyse d'évaluation de la vulnérabilité a ensuite permis, à partir des résultats de cette enquête, de donner des guides de gestion pour répondre à la demande sociétale.

Dans ce cadre là, plusieurs axes de travail de qualification et d'appréciation de la vulnérabilité du milieu côtier ont été abordés :

- une enquête de perception auprès des riverains des sites à falaises de la commune de Carry-le-Rouet a été réalisée afin d'essayer de qualifier voir de quantifier la perception du risque instabilités de falaises côtières ;
- dans un deuxième temps, à partir des résultats de l'enquête, une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité en tant que composante du risque a été appliquée sur la commune de Carry-le-Rouet ;
- enfin, ces différentes analyses nous ont permis de proposer une méthodologie de gestion de risque applicable à l'échelle d'une commune.

Ludovic AZIBI, diplômé du Master 2 MASS (Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales) à l'UNIVERSITE DE LA MEDITERRANEE Aix Marseille II, présentera les résultats de cette enquête qu'il a menée au cours d'un stage au BRGM en 2007.

7.1. ENQUETE SUR LA PERCEPTION DU RISQUE INSTABILITES DE FALAISES COTIERES

Le littoral de la région PACA est un espace étroit et mouvant qui évolue par le biais de l'érosion.

Parallèlement, cet espace « naturel » est aussi devenu au fil des siècles un espace de loisir.

Le recul du trait de côte et l'occupation humaine du bord de mer sont à l'origine de l'émergence du risque instabilités de falaises côtières.

Les aléas et les enjeux ont été étudiés aux cours des années 1 et 2 de l'étude Falaises du BRGM, cependant la plupart des enjeux sont représentés par l'activité humaine sur le littoral.

¹⁰ Rapports BRGM RP-52829-FR, RP-53951-FR, RP-54316-FR et RP-56090-FR

La forte fréquentation touristique du bord de mer a conduit à s'interroger sur la connaissance des usagers sur les risques auxquels ils s'exposent : la perception du risque côtier est-il lié à certains facteurs qui caractérisent l'individu ?

Pour porter une appréciation sur la perception des risques, et par conséquent évaluer la vulnérabilité des sites au risque d'instabilités de falaises côtières, il a été proposé aux usagers de répondre à un questionnaire. Celui-ci est composé de plusieurs thèmes afin que de pouvoir vérifier si l'hypothèse selon laquelle l'identité sociale ou les pratiques ont une influence sur la perception du risque d'instabilités de falaises.

7.1.1. Quelques rappels méthodologiques sur la réalisation de l'enquête

Par rapport à des contraintes de temps et de faisabilité, l'enquête a été réalisée sur 2 mois : du 17 avril au 16 juillet 2007.

L'enquête est basée sur un questionnaire qui a été soumis aux usagers du littoral de la commune de Carry-le-Rouet. Cette approche nous a permis de cumuler des informations à la fois qualitatives et quantitatives. Chaque point d'intervention était tenu par un seul enquêteur. L'enquête a été réalisée de façon générale par temps sec (grand beau, beau, nuageux à couvert, mistral).

Les 4 zones choisies pour réaliser l'enquête sont issues du croisement aléa – enjeux effectuée dans l'année 2 de l'étude sur les falaises, et en collaboration avec la mairie de Carry-le-Rouet :

Les 4 sites sont les suivants (Illustration 22) :

1. De la zone du moulin au phare de Carry-le Rouet : qualifié d'aléa nul à faible, et disposant d'un sentier du littoral aménagé (le sentier du lézard) ;
2. De la Calanque du Cap Rousset à la Calanque des Bouchons : qualifié d'aléa faible et disposant d'une section de bord de mer non aménagée et impraticable ;
3. La zone Ouest du Port abri du Rouet : qualifié d'aléa moyen et disposant d'une section de bord de mer accessible et d'un sentier à l'étude ;
4. La pointe Est du Rouet qualifié d'aléa fort et disposant d'une section de bord de mer accessible.

Remarque : Sur les illustrations suivantes faisant apparaître les 4 sites d'étude, les couleurs relatives au niveau d'aléa seront si possible rappelées (jaune pâle : aléa nul à faible ; jaune : aléa faible ; orange : aléa moyen ; rouge : aléa fort).



Illustration 22 : Localisation des sites de l'enquête

L'objectif n'était pas de construire un échantillon qui ressemble à une population existante sur la commune, mais au contraire de caractériser la fréquentation du littoral de la commune de Carry-le-Rouet. La population a ainsi été interrogée dans les différentes zones d'une manière équivalente mais de façon aléatoire (certaines zones sont plus fréquentées que d'autres). Chaque personne a été interrogée individuellement.

209 individus ont ainsi été interrogés :

- 73 dans la zone 1 (35%) ;

- 63 dans la zone 2 (30%) ;
- 49 dans la zone 3 (23,5%)
- 24 dans la zone 4 (11,5%).

La majorité des usagers interrogés (79 %) ne sont pas habitants de Carry-le-Rouet, néanmoins, parmi eux, 93 % sont originaires du département des Bouches-du-Rhône et 96 % de la région PACA.

Pour porter une appréciation sur la répartition des âges de la population enquêtée, nous avons besoin d'un point de comparaison, il nous a été donné par la pyramide des âges de la population du département des Bouches du Rhône, étant donné que 93 % des usagers viennent de ce département¹¹.

La classe des 20-30 ans est la plus représentée sur la commune de Carry-le-Rouet, et elle constitue également 1/3 des usagers du littoral (c'est à dire des personnes fréquentant le littoral que ce soit sur les sentiers, les plages et pour des activités de pêche par exemple), ce qui correspond à une différence d'environ 15 points supérieur à la même classe d'âge dans le département. Excepté les extrémités des classes d'âges, la répartition recouvre assez bien la population de référence (Bouches du Rhône).

Le genre masculin y est surreprésenté (60%), sans qu'il soit possible de dire si c'est le reflet exact de la fréquentation des lieux les jours de l'enquête.

Pour porter une appréciation sur la structure des CSP de la population enquêtée, nous avons besoin d'un point de comparaison ; il nous a été donné par la population des Bouches-du-Rhône. La catégorie socio-professionnelle des employés (38%) domine parmi les usagers du le littoral de Carry-le-Rouet : La répartition recouvre assez bien la population de référence à plus ou moins 5 points de différence.

Le questionnaire est organisé selon 4 parties (Illustration 23) :

¹¹ INSEE – Recensement 1999



Questionnaire sur le risque instabilité de falaise côtières sur la commune de Carry-le-Rouet

Bonjour, dans le cadre d'une étude portant sur les risques liés aux falaises côtières sur la commune de Carry-le-Rouet et réalisé par le BRGM pour Conseil Régional PACA et la DIREN en collaboration avec la mairie de Carry-le-Rouet. Nous aimerions vous poser quelques questions. Cette enquête est anonyme. Acceptez-vous d'y répondre ?

1. Jour enquête / / 2. numero questionnaire

Général

3. Ou se trouve votre résidence principale ?
 1. Carry-le-Rouet 2. Autres (précisez le code postal):

4. Si Carry, A quelle distance approximative de votre domicile se situe le bord de mer ?
 1. Sur le bord de mer 2. de 0 à 100m 3. de 100 à 300m 4. plus de 300m

5. Si Carry, depuis combien de temps habitez vous dans la commune de Carry-le-Rouet ?
 1. Depuis votre naissance 2. Depuis (indiquer l'année):

6. Veuillez nous donner 3 mots qui vous viennent à l'esprit lorsqu'on vous parle de "risques liés aux falaises côtières":

Fréquentation et activités sur la commune de Carry-le-Rouet

7. Fréquentez-vous régulièrement les sentiers littoraux de la commune de Carry-le-Rouet ?
 1. 1er fois
 2. Moins de 5 fois par an
 3. Entre 5 et 10 fois par an
 4. Si plus de 10 fois, combien de fois par mois ?

8. Quels sont les 3 sites que vous visitez le plus ? (par ordre de fréquentation décroissante)
 1. Le moulin 2. Le phare de Carry-le-Rouet
 3. Port de Carry-le-Rouet 4. Calanque du Cap Rousset
 5. Barqueroute 6. Port du Rouet Ouest
 7. Pointe du Rouet 8. Calanque des eaux salées Ouest

9. Quelles sont les activités de loisir que vous pratiquez sur la commune de Carry-le-Rouet ?
 1. Plage 2. Baignade
 3. Pêche-promenade en bateau 4. Plongée, chasse sous-marine
 5. Observation nature 6. Jogging
 7. Vélo, VTT 8. Promenade à pied
 9. Autres, Précisez.....

10. Vous sentez vous concerné par l'amélioration de l'aménagement et l'entretien des sentiers littoraux ?
 1. Non, sans importance 4. Oui, très important

Version 4 16/05/07

Selon vous, la commune de Carry-le-Rouet est-elle concernée par chacun des risques suivants ?

	Non, inexistant	Oui très fort
11. Les inondations:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12. Les incendies de forêts :	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13. Les glissement de terrain :	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14. Les éboulements les chutes de blocs de pierre:	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Selon vous, faut-il lutter contre les risques liées aux instabilités de falaises côtières sur la commune de Carry-le-Rouet

	Oui	Oui, mais pas à n'importe quel prix
22. Pour Protéger une maison menacée	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. Pour Protéger des activités touristiques (sentier) :	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24. Pour sauvegarder le paysage et la nature :	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Si Oui, pouvez-vous localiser sur la carte l'endroit approximatif où se trouve ce risque d'éboulement ?
 1. Le moulin 2. Le phare de Carry-le-Rouet
 3. Le port de Carry-le-Rouet 4. Calanque du Cap Rousset
 5. Barqueroute 6. Port du Rouet Ouest
 7. Pointe du Rouet 8. Calanque des eaux salées Ouest
 9. Autres..... 10. NSP

25. Face à un panneau interdisant de continuer en bord de falaise pour éviter un risque d'éboulement :
 1. Vous continuez 2. Vous passez en retrait 3. Vous rebroussez chemin

16. Avez-vous eu connaissance d'un éboulement récent dans la commune ?
 1. Oui si oui, laquelle et quand? 2. Non

26. Pourquoi?

17. Comment avez vous pris connaissance de cet événement ?
 1. J'ai subi moi-même l'événement
 2. Par ma famille
 3. Par des connaissances (voisin, amis, collègues...)
 4. Par la presse écrite ou audio-visuelle

27. Face à un panneau interdisant de continuer en bord de falaise pour éviter d'abîmer des espèces protégés :
 1. Vous continuez 2. Vous passez en retrait 3. Vous rebroussez chemin

18. L'éboulement des falaises côtières est-il un sujet de conversation que vous abordez:
 1. Jamais 4. Très Souvent

28. Pourquoi

19. Avec qui en parlez-vous ?
 1. La famille 2. Les collègues 3. La mairie 4. Autres précisez.....

29. Vous estimez vous suffisamment informés sur les risques liés aux falaises côtières ?
 1. Oui 2. Non

20. Pensez vous qu'il y aura un jour un éboulement de falaise de grande ampleur dans la commune ?
 1. Non, impossible 4. Oui, très probablement

30. D'après vous, faut-il améliorer l'information préventive des risques liés aux falaises côtières par l'intermédiaire :
 1. De mesures de préventions 2. D'un apprentissage à l'école
 3. D'information à la population 4. De la réglementation
 5. D'aucune amélioration 6. Autres : précisez.....

21. Selon vous, êtes vous actuellement dans une zone exposée à des risques liés aux falaises côtières ?
 1. Non, pas du tout 4. Oui, très exposé

31. Connaissez vous les consignes à suivre si un éboulement de falaise se produisait :
 1. Non, pas du tout 4. Très bien

32. Selon, vous qu'elle est la marche à suivre en cas d'éboulement de falaise ?
 1. Vous fuyez latéralement et ne revenez pas sur vos pas
 2. Vous ne bougez pas et attendez les secours
 3. vous gagnez un point en hauteur
 4. vous revenez sur vos pas en faisant attention

Intéressons nous maintenant à notre principal problème : le risque lié aux falaises côtières.

Un des objectifs de la politique sur les risques naturels en région PACA est de diminuer la vulnérabilité.

Les falaises côtières montrent une érosion entraînant des instabilités récurrentes de type chute de blocs et chute de pierres.

Un éboulement des falaises a régulièrement des conséquences sur les activités et la sécurité de la population (au niveau des sentiers côtiers, des plages, des ports ou des routes), sur les biens (l'habitat, les réseaux routiers ou ferroviaires), sur les milieux (zones de protection).

Des aménagements de protection peuvent être réalisés comme le confortement des parois contre les éboulements et les chutes de blocs, la mise en place d'enrochement etc...

Vous allez dans cette partie être amenés à évaluer l'importance de la réalisation de ces aménagements qui seront une parade à l'érosion des falaises sur la commune de Carry-le-Rouet.

33. Pensez vous que la réalisation de parade sur les falaises à risque sur la commune de Carry-le-Rouet soit :

1. Sans importance 4. Très important

34. Pourquoi?

Nous tentons ici d'estimer la valeur que vous accordez à l'amélioration de l'état des falaises du littoral de la commune de Carry-le-Rouet, et ceux au travers d'effort financier que vous jugerez favorable pour cette amélioration.

Pour cela on peut envisager que la population contribue financièrement à un impôt ou à un fond commun associatif en versant de l'argent de façon volontaire.

35. Seriez-vous prêt à verser de l'argent à un tel fond associatif?

1. Oui 2. Non

36. Quelle contribution financière seriez vous prêt(e) à verser, par an en euros, pour le financement de ces aménagements ?

37. Pour quel raison avez -vous répondu 0 à la dernière question ?

1. Manque d'information

2. Ce n'est pas à moi de payer Qui doit payer :.....

3. J'ai peur de payer pour les autres

4. Je ne me sens pas concerné

5. Je n'ai pas les moyens de payer

6. Autres raison, préciser.....

Je vous rappelle que cette enquête est anonyme mais nous avons besoin de quelques renseignements vous concernant.

38. Sexe

1. Féminin 2. Masculin

39. Quelle est votre année de naissance ?

40. Quelle est votre profession

-1- Activité, -2- Chômage, -3- Retraite
Si chômage ou retraite, précédente activité professionnelle
Si inactif, profession de l'époux
Si étudiant, profession du père

41. A quelle catégorie suivante appartenez ou apparteniez-vous ?

1. Agriculteurs exploitants

2. Artisans, commerçants, Chefs d'entreprise

3. Cadres, Professions intellectuelles supérieures

4. Professions intermédiaires

5. Employés

6. Ouvriers

42. Quel est votre diplôme le plus élevé ?

1. Sans diplôme 2. Brevet, CAP, BEP, certificat d'étude 3. BAC

4. BAC +1, +2, +3 5. BAC +4, +5 6. Doctorat

43. Quelle est votre situation familiale?

1. Marié 2. Divorcé 3. Célibataire 4. Veuf

Composition du foyer

44. Quel est le nombre d'adulte dans votre foyer?

45. Quel est le nombre d'enfant dan votre foyer?

46. Pouvez vous m'indiquer la classe de revenu net de votre ménage par mois sur la carte suivante, en y incluant tous les salaires, allocations et autres rentrées d'argent ?

...Merci de Votre Participation...

Illustration 23 : Questionnaire utilisé pour l'enquête de perception

7.1.2. Quelques résultats intéressants

La question de la protection des activités touristiques, de la sauvegarde du paysage et de la nature fait l'unanimité chez les individus de notre échantillon : toutes C.S.P¹² confondues 87% et 99% affirment qu'il faut toujours lutter contre l'érosion.

D'un autre côté, la question de la protection d'une maison menacée ne fait pas l'unanimité : Quel que soit le bien ou l'activité à protéger, ce sont les individus appartenant aux CSP les moins favorisées qui sont prêts à consentir des efforts : les ouvriers et employés sont respectivement 75% et 74% à affirmer qu'il faut toujours lutter contre l'érosion pour protéger une maison, alors que les cadres et les membres des professions intermédiaires ne sont respectivement que 25% et 33% à l'affirmer.

Les couches populaires exposées à un monde plus dur sont plus attachés aux biens matériels, qui sont souvent la récompense d'efforts importants. La menace de perdre ces biens les touche plus directement, contrairement aux membres des classes mieux dotées en capitaux économiques.

Sur les sentiers montrant un aléa élevé, les moins de 25 ans sont 70,5% à imaginer qu'ils continueraient en avançant prudemment, contre 29% pour la classe des plus de 60 ans. Plus l'âge augmente, plus la prise de risque diminue.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que les populations jeunes sont en général moins disposées à la prudence, plus susceptibles d'avoir des comportements à risques.

Les résultats de l'analyse d'évocation effectuée sur l'échantillon interrogé sont présentés dans l'illustration ci-dessous (Illustration 24). On voit qu'au centre, se situent les éléments constitutifs du noyau central. Ces éléments sont bordés par les éléments périphériques. Puis l'extérieur du schéma représente les éléments contrastés de la représentation sociale.

Illustration 24 : Résultat de l'analyse d'évocation

Noyau central, éléments périphérique,
éléments contrastés



¹² Catégories socio-professionnelles

Les individus interrogés ont une description appropriée des instabilités des falaises côtières, toutefois elle est complétée par un sentiment de menace pour leur sécurité (danger).

Le risque est la confrontation de l'aléa, des enjeux et de leur vulnérabilité à l'aléa, mais il existe des appréhensions, des craintes que l'on peut synthétiser par le terme « perception du risque ». Celle-ci, propre à chacun, peut être définie comme l'évaluation d'un danger. Mais cette évaluation est le résultat de connaissances socialement déterminées, variables selon les sociétés et la place de chacun au sein de celle-ci.

La commune de Carry-le-Rouet est confrontée, à des degrés divers, à des risques naturels variés : instabilités des falaises côtières, mouvements de terrain, inondations, incendies de forêt.

Pour les risques d'instabilités des falaises côtières, le BRGM a identifié différentes zones d'aléa (de nul à faible à fort). La mairie de Carry-le-Rouet a dressé 2 arrêtés (1998 et 2005) qui interdisent le passage piéton en bord de mer entre le port de plaisance et le port abri du Rouet à cause du danger d'éboulement des falaises.

39 % de notre échantillon pense que la commune est concernée par ce risque et 38% pense que la commune est très concernée par ce risque.

La comparaison entre les arrêtés de Catastrophe Naturelle de la commune et l'estimation de notre échantillon laisse apparaître une connaissance conforme aux risques encourus par la commune. Cette proposition doit être relativisée puisque notre échantillon peut être dépendant d'une certaine amplification ou d'un refus du risque.

Il semble apparaître une différence de perception des risques entre les différents lieux sur lesquels a eu lieu l'enquête.

Toutefois d'après les études sur l'aléa nous savons que :

- La zone du moulin/phare de Carry-le-Rouet a été caractérisée avec un aléa de nul à faible ;
- La zone de la Calanque du Cap Rousset à la Calanque des bouchons a été caractérisée avec un aléa faible ;
- La zone ouest du port abri du Rouet est caractérisée par un aléa moyen ;
- La zone de la pointe du Rouet a été caractérisée avec un aléa fort.

Plus l'aléa croît, plus les personnes se sentent exposées à cet aléa et par conséquent plus le risque est fort

Le degré de conscience du risque croît avec le degré de l'aléa.

75% des individus de notre échantillon ont une bonne perception du risque de la zone où il se trouve. De plus 95% des personnes interrogées parviennent à localiser approximativement sur une carte ou visuellement où se trouve le risque d'éboulement.

Par ailleurs parmi les individus qui ont une mauvaise voire une très mauvaise perception du risque seulement 7% sous-estiment le risque tandis que 16% le surestiment.

Nous observons que plus la fréquentation est régulière plus la l'estimation du risque est faible. Pour les individus de notre échantillon qui viennent pour la première fois sur le littoral de Carry-le-Rouet : 43% estiment être dans une zone très exposée à des risques liés aux falaises côtières, alors que seulement 10% estiment n'être pas du tout dans une zone exposée.

Au contraire, pour les individus réguliers qui viennent plus de 10 fois par an : 12% estiment être dans une zone très exposée à des risques liés aux falaises côtières, alors qu'ils sont 32% qui estiment n'être pas du tout dans une zone exposée.

On observe une dichotomie du risque : d'un côté un déni du risque chez les usagers qui fréquentent régulièrement le littoral de Carry-le-Rouet, qui sont essentiellement des habitants de la commune (64% des usagers journaliers habitent Carry-le-Rouet) et de l'autre une emphase du risque chez les usagers qui fréquentent pour la 1^{ère} fois ou rarement le littoral de la commune.

Globalement les individus perçoivent un risque comme dérisoire, admissible, tolérable ou inacceptable et le comparent aux avantages attendus, en estimant que les avantages doivent l'emporter nettement sur les risques.

La fréquentation du littoral est avant tout touristique puisque 79% de notre échantillon n'est pas résidant de la commune de Carry-le-Rouet.

Par ailleurs le tourisme sur Carry-le-Rouet est principalement un tourisme de proximité, seul 3,5% de notre population est originaire d'une autre région, alors que 41%, 10%, 7%, 7% des non résidants de notre population proviennent respectivement de Marseille, Aix-en-Provence, Marignane, Vitrolles.

Cette population touristique provient essentiellement de zones urbaines, cela signifie que pour tous, les pratiques de nature ne s'inscrivent pas dans une expérience quotidienne.

Aujourd'hui, le littoral est un espace de loisir de plein air, il est approprié par des populations urbaines, il accueille des citoyens pour la détente et la récréation.

Au premier niveau, les usagers du littoral de Carry-le-Rouet viennent pour :

- une activité de simple moment de détente : la plage, baignade, naturisme, pêche, observation de la nature ;
- une activité à base sportive : la promenade, la marche.

La promenade (22%) et la baignade (74%) se détachent globalement comme activités dominantes.

Les différents sites reçoivent des activités différentes : si la baignade est présente partout sur le littoral, la promenade est spécifique à la zone du chemin du lézard (85%), ce qui s'explique par la présence d'équipement (tracés et balisages) dans cette zone. Le naturisme représente 22% des activités secondaires mais se pratique essentiellement dans une zone entre la calanque Cap Rousset et la Calanque des Bouchons (cette activité représente 34% des activités de cette zone).

Les deux pratiques dominantes (promenade et baignade) se distinguent par la façon d'investir le littoral. Alors que les promeneurs ont un comportement d'itinérant allant d'un point à un autre, d'une zone à une autre, d'un niveau d'aléa à un autre, les individus qui profitent de la plage sont avant tout des sédentaires dans leur comportement, ils se fixent pendant quelques heures dans un lieu, une zone, et par conséquent un niveau d'aléa.

Ces deux pratiques se discernent aussi par leur appartenance à des couches sociales différentes : alors que les couches moyennes (intellectuelles) concordent avec la population de promeneurs, les couches populaires correspondent à la population qui investit la plage pour la baignade.

Le littoral répond à des usages différents qui sont l'expression de groupes sociaux différenciés, soumis à des modes d'appropriation symbolique pour les promeneurs et d'appropriation physique pour les pratiquants de la baignade (Chamboredon, 1980).

L'occupation du trait de côte est due à l'attrait de la mer, élément central du paysage et des activités qui procurent un sentiment de satisfaction à leurs usagers. Par conséquent la frange côtière attire une forte fréquentation qui est la base de l'accroissement des enjeux. Parallèlement à ces enjeux, le littoral est source d'aléa engendré par les instabilités des falaises côtières.

Ainsi, cette convergence de l'existence d'un aléa et d'une forte fréquentation de la frange côtière engendre le risque côtier.

Même si notre échantillon a une bonne perception du risque de la zone où il se trouve, les individus qui pratiquent la promenade ont une connaissance du risque plus précise : 57% ont une perception très bonne contrairement aux personnes qui pratiquent la baignade qui ont une connaissance plus estompée du risque encouru : 32% ont une perception très bonne.

La pratique de la promenade à pied et de la baignade se différencie dans la façon d'investir le littoral (voir paragraphes précédents), mais se différencie aussi par la façon de s'exposer à un risque.

Ainsi, 95% des individus qui pratiquent la promenade à pied sont dans une zone qualifiée d'aléa nul à faible, tandis que 45% des personnes qui pratiquent la baignade sont dans une zone exposée à un risque moyen à fort.

Dans le même temps, les individus qui pratiquent la promenade se regroupent essentiellement dans la zone du sentier du lézard, qualifiée d'aléa nul à faible. Le sentier du lézard est aménagé de balises et de tracés, le circuit passe essentiellement au-dessus ou en retrait des falaises qui ne dépassent pas les 25 m de hauteur. Ceci tend à faire diminuer le degré de proximité et d'exposition aux risques. Les sections du littoral situées dans des zones qualifiées en aléa fort sont aujourd'hui fermées par arrêté municipal (par exemple Barqueroute) ou non aménagées pour la promenade (exemple Cap du Rouet).

Contrairement aux baigneurs et naturistes qui eux recherchent le calme, la tranquillité et le confort (roche plate) qu'ils trouvent généralement en dessous des falaises où le degré de proximité et d'exposition est le plus fort.

Pour synthétiser globalement les relations entre les caractéristiques des individus (leurs activités sur le littoral de la commune, le rythme de fréquentation, la catégorie sociale professionnelle, l'âge, le degré de prise de risque et de respect des consignes) et l'exposition à un risque, l'Analyse factorielle des Correspondances Multiples (ACM) a été utilisée. Les modalités des variables qualitatives et les classes constituées à partir des variables quantitatives sont ainsi projetées sur les plans des axes factoriels, au centre de gravité du groupe d'individus qu'elles représentent. Les variables caractéristiques sont actives, alors que l'exposition a un rôle descriptif (variables supplémentaires).

Nous avons résumé les informations données par les différents axes sous forme de graphique (Illustration 25).

Ainsi nous avons mis en évidence une évolution croissante du sentiment d'être exposé à un risque : plus on se déplace à droite du graphique plus l'exposition à un risque d'éboulement est forte. L'examen du graphe montre que l'exposition à un risque côtier est croissante avec le sentiment d'être exposé à un risque. L'âge et la fréquentation sont caractéristiques de certaines pratiques.

Au préalable, notons que plus l'individu se trouve dans une zone où l'aléa est élevé plus l'individu estimera le risque élevé. Dans un second temps, remarquons que plus l'individu est jeune, moins il fréquente le littoral, plus il aura tendance à s'exposer à un aléa fort.

L'exposition à un risque oppose la pratique de la baignade à la promenade. La promenade est caractérisée par une faible exposition à un risque et inversement pour la baignade.

D'autre part la prise de risque et le non respect des consignes est typique des individus installés dans une zone à risque.

On notera sur le graphique résultat ACM que plus une caractéristique d'un individu est située à droite de ce tableau, plus l'individu aura tendance à s'exposer à un risque fort.

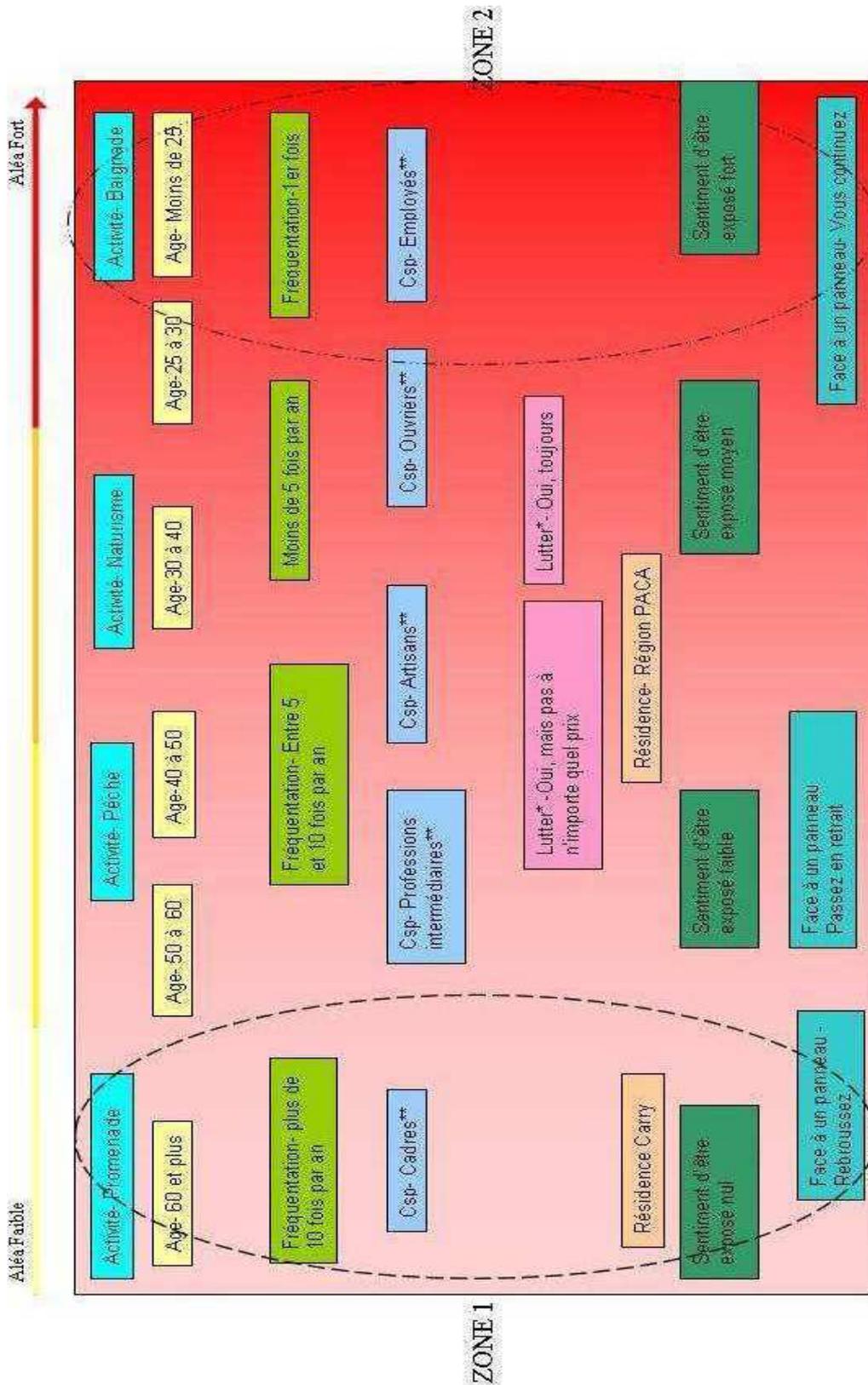


Illustration 25 : Représentation graphique de l'ACM en utilisant les informations des 3 axes.

7.2. CONCLUSIONS

L'étude des résultats recueillis a permis d'identifier une description pertinente des personnes interrogées sur la perception du risque instabilités de falaises côtières.

Elle a également fait apparaître, au travers d'une enquête approfondie multifactorielle une différence dans la perception du risque instabilités de falaises côtières. Cette disparité est inhérente à la façon de sillonner le littoral de Carry-le-Rouet. En effet le rythme de fréquentation, l'âge, l'appartenance à une catégorie socio-professionnelle sont des facteurs explicatifs forts en matière de perception de risque. En outre, les pratiques influencent le degré de proximité, d'exposition et de conscience du risque. De plus ces pratiques se distinguent aussi par la manière de s'approprier le littoral : alors que les promeneurs ont un mode d'appropriation symbolique, les baigneurs ont pour leurs par un mode d'appropriation physique.

L'analyse de la perception du risque permet d'enrichir des connaissances sur les enjeux de façon contingente. Dès lors la perception du risque devient une composante fondamentale à l'évaluation de la vulnérabilité.

8. Une méthodologie de gestion du risque à l'échelle d'une commune littorale

Une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité a été mise au point dans le document présenté par Catherine Meur-Ferec¹³ en 2006, en vue de l'Habilitation à Diriger des Recherches.

Cette étude axée davantage sur les côtes basses s'intéresse également au littoral rocheux à falaises, et intègre ce type de littoral à l'analyse de la vulnérabilité et à la définition d'un indicateur de vulnérabilité. C'est pourquoi elle a été choisie dans le cadre de l'étude Falaise du BRGM pour qualifier la vulnérabilité au niveau des falaises côtières du littoral de Carry-le-Rouet, en utilisant à la fois les résultats de l'année 1 concernant les aléas, de l'année 2 concernant les enjeux, ainsi que les résultats de l'enquête de perception réalisée dans le cadre de cette étude et présentée également au cours de ces ateliers.

8.1. PRESENTATION DE LA METHODE

Le Conseil Régional PACA a souhaité obtenir dans le cadre de l'étude Falaises Côtières menée par le BRGM, une méthodologie de gestion du risque à l'échelle d'une commune (la commune de Carry-le-Rouet dans les Bouches-du-Rhône avait été choisie comme commune test). L'objectif est d'évaluer la vulnérabilité face aux risques d'instabilités des falaises côtières afin de pouvoir la réduire. Cette méthodologie s'inscrit dans une problématique d'aménagement du territoire.

La démarche consiste à aborder la vulnérabilité face aux risques d'instabilités des falaises sous 4 composantes :

- **Aléa** : prédisposition du site ;
- **Enjeux** : biens marchands et non marchands menacés ;
- **Gestion** : politiques publiques de prévention, mesures de protection et de réparation, archivage des événements passés, mémoire du risque ;
- **Perception** : conscience du risque et représentation.

Ces quatre composantes interdépendantes se combinent pour créer un niveau de vulnérabilité global (Illustration 26).

¹³ « De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe » - Catherine Meur-Ferec (2006)

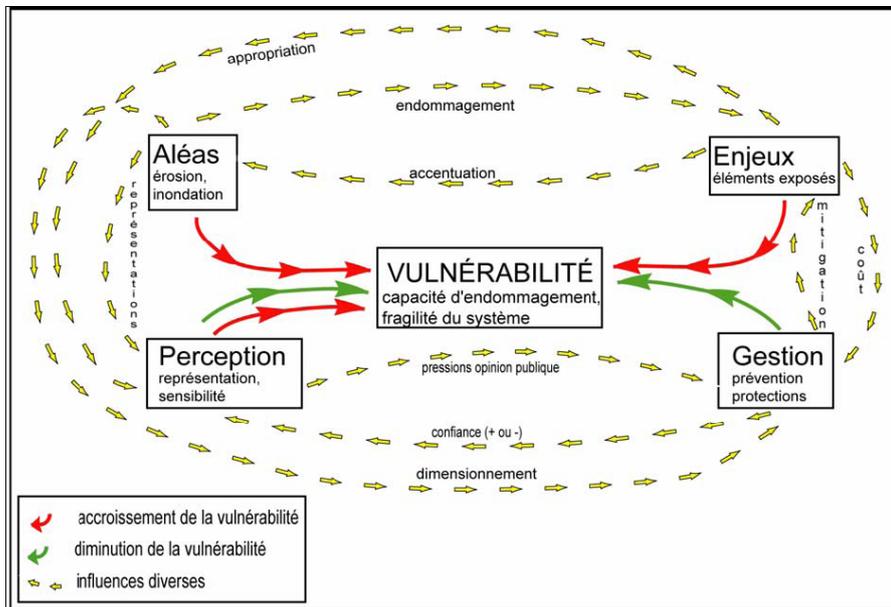


Illustration 26 : Schéma du système « Vulnérabilité » d'après C. Meur-Ferec (2006)

A partir de cette conception multidimensionnelle de la vulnérabilité proposée par C. Meur-Ferec, la méthode d'évaluation de la vulnérabilité aux aléas liés à la mobilité du trait de côte a été adaptée au contexte particulier des falaises côtières.

Cette méthode s'appuie sur la création de grilles d'analyse et d'évaluation qualitative de cette vulnérabilité (Bodéré *et al.*, 1994¹⁴).

Chacune des quatre composantes de la vulnérabilité fait l'objet d'une grille distincte. Chaque grille est constituée de plusieurs descripteurs qui permettent d'obtenir des indices de vulnérabilité.

La grille se présente sous forme de trois colonnes (Illustration 27) :

- **Rubrique** : elle définit une liste de paramètres regroupés en rubriques qui pourront être transposables sur d'autres communes ;
- **Description** : l'objectif est de décrire avec précision et objectivité la situation ;
- **Evaluation** : chaque rubrique reçoit une cote de 0 (pas vulnérable) à 5 (très vulnérable). Cette cotation est subjective et donc délicate.

¹⁴ Article 1 du volume de publication : Bodéré J.C., Cribb R., Curr R., Davies P., Hallégouët B., Meur C., Piriou P., Williams A.T., Yoni C. (1994) Vulnérabilité des dunes littorales : mise au point d'une méthode d'évaluation, études de cas dans le sud du Pays de Galles et l'ouest de la Bretagne. Cahiers Nantais, n° 41-42, p. 197-203

Les grilles sont complétées par des données de terrain et des informations disponibles dans les archives consultées.

Finalement, à l'aide d'une simple moyenne arithmétique des cotes obtenues pour les différentes rubriques, on obtient pour chaque grille un indice synthétique de vulnérabilité échelonné de 0 à 5.

Descripteurs	Evaluation par rubrique	Indice synthétique de vulnérabilité
RUBRIQUE A	Vulnérabilité faible 0-1-2-3-4-5 forte	faible 0-1-2-3-4-5 fort (moyenne de toutes les cotes) écart-type
descripteur 1 :		
descripteur 2 :		
descripteur 3 :		
descripteur 4 :		
RUBRIQUE B	Vulnérabilité faible 0-1-2-3-4-5 forte	
descripteur 1 :		
descripteur 2 :		
descripteur 3 :		

Illustration 27 : Grille d'analyse type (C. Meur-Férec – 2006)

8.2. APPLICATION ET RESULTATS SUR CARRY-LE-ROUET

Les 4 grilles concernant Carry-le-Rouet ont été réalisées sur la base des grilles proposées dans les travaux de C. Meur-Férec (2006), et complétées avec les données propres au site des falaises de Carry-le-Rouet.

Les cotes affectées par rubriques évoluent entre 1 et 4, il n'a pas été décrit de cote 5 ni de cote 0 dans ce travail. D'autre part, des valeurs décimales ont été introduites dans ces rubriques pour exprimer des différences minimales entre tel ou tel descripteur dans une même rubrique, et ainsi faire évoluer la note en fonction du site. En effet, dans le cadre de l'analyse faite sur la commune de Carry-le-Rouet, 4 sites ont été étudiés, avec leurs spécificités aussi bien en termes d'aléa, d'enjeux, de gestion et de perception. Ces valeurs ont ensuite été moyennées pour obtenir une valeur communale par type de vulnérabilité.

Nous rappelons pour les paragraphes suivants que plus la cote attribuée à chacun des critères de vulnérabilité est élevée, plus cette vulnérabilité est forte :

- cote élevée pour les aléas : site vulnérable en termes d'aléa, aléa élevé ;
- cote élevée pour les enjeux : nombreux enjeux présents et vulnérables ;
- cote élevée pour la gestion : peu de gestion et donc territoire vulnérable ;
- cote élevée pour la perception : mauvaise perception des usagers et donc vulnérabilité élevée.

La synthèse des 4 grilles présentées ci-après permet d'obtenir un graphique (Illustration 21), communément appelé « radar », qui relie les 4 axes de la vulnérabilité (aléa, enjeux, gestion, perception) sur un même schéma. Chaque branche du radar est

graduée de 0 (non vulnérable) à 5 (très vulnérable). L'aire et la forme de chaque radar reflètent les caractéristiques de vulnérabilité pour le site :

- plus les valeurs se rapprochent de la périphérie du radar, plus la vulnérabilité est grande ;
- plus le graphique est ramassé près du centre, plus la vulnérabilité est faible.

Aucun critère n'est à lui seul décisif dans l'évaluation de la vulnérabilité. Cependant l'absence d'aléas ou d'enjeux invaliderait tout le reste de l'évaluation. C'est la combinaison de l'ensemble des composantes qui permet d'évaluer la vulnérabilité

L'étude des résultats schématisés sur le graphique présenté en Illustration 28 amène aux observations suivantes :

- Concernant l'aléa, le linéaire côtier de Carry-le-Rouet présente une érosion différentielle très importante qui entraîne des chutes de pierres et chutes de blocs. Sur certains secteurs la hauteur des falaises peut atteindre 40 m ;
- Par rapport aux enjeux, la commune de Carry-le-Rouet double sa population permanente en période estivale, mais le tourisme est essentiellement de proximité toute l'année. On compte 85 parcelles de terrains qui bordent le sentier du littoral. Coté mer, la commune comptabilise 3 zones protégées au regard de l'environnement (ZNIEFF) ;
- En ce qui concerne la gestion, la commune a aménagé le sentier du lézard, elle a également fermé une partie du circuit côtier et signalisé le risque à l'aide de panneaux d'information ;
- Du point de vue de la perception, l'échantillon interrogé a une bonne perception du risque de la zone où il se trouve. La part de la sous-estimation du risque est faible ; de plus, les personnes interrogées parviennent facilement à localiser le risque. Cela n'empêche pas les usagers de s'éloigner des zones à risque. Par ailleurs, le rythme de fréquentation, l'âge, l'activité pratiquée influencent la perception du risque mais aussi le degré d'exposition au risque.

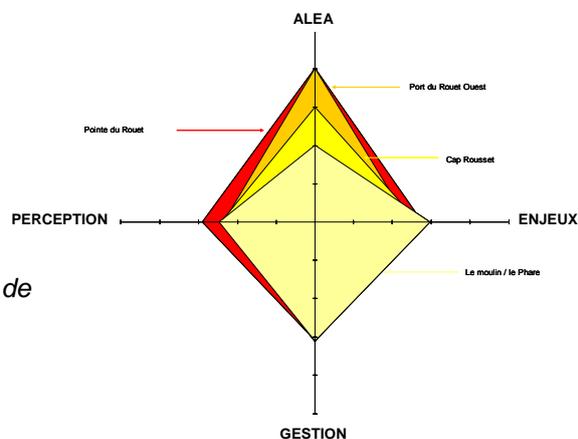


Illustration 28 : Distinction des radars de vulnérabilité des quatre sites étudiés

8.3. REDUCTION DE LA VULNERABILITE

Dans l'analyse de la vulnérabilité d'un point de vue socio-économique, et plus particulièrement de sa réduction vis-à-vis d'un aléa particulier (ici les instabilités de falaises côtières), il existe différentes méthodes d'approche ayant pour objectif l'aide à la décision publique. La méthode des coûts-bénéfices a été choisie pour travailler sur le cas des falaises côtières, compte tenu du fait qu'une analyse assez précise des éléments exposés a déjà été réalisée, et qu'une étude de perception du risque par les populations nous a donné une première image sociétale du risque.

Des solutions applicables à l'échelle d'une commune pour tenter de réduire la vulnérabilité du littoral au risque instabilités de falaises côtières ont été proposées dans l'étude Falaises Côtières du BRGM.

Les solutions mises en évidence pour améliorer la gestion du risque instabilités de falaises côtières sont les suivantes :

- Solution 1 : Mise en place d'aménagements, et de parades ;
- Solution 2 : Développement de l'information et de la prévention ;
- Solution 3 : Mise en place d'un comité d'expert ;
- Solution 4 : Réflexion en amont sur l'aménagement du littoral ;
- Solution 5 : Mise en place d'un système d'alerte.

A partir des solutions précédemment citées, et de la proposition de l'analyse coûts-bénéfice il a été proposé un schéma global de gestion du risque à l'échelle d'une commune se basant sur ces critères.

Les points de départ de cette analyse correspondraient à :

- un état des connaissances sur la commune (études géotechniques, réglementation et prévention) ;
- une enquête de perception auprès des usagers ;
- un complément d'études géotechniques sur site.

A partir de ces trois constats, l'objectif est d'analyser les 5 grandes solutions d'amélioration de la gestion du risque et de la réduction de la vulnérabilité par une analyse coût bénéfice précise, et de pouvoir ainsi décider du bien fondé de telle ou telle solution.

L'illustration suivante présente la méthodologie proposée et les solutions envisagées, à partir du travail réalisé dans le cadre de cette étude sur Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône), mais qui peut tout à fait être appliquée sur n'importe quelle autre commune du littoral français concernée par ces problèmes d'instabilités de falaises côtières.

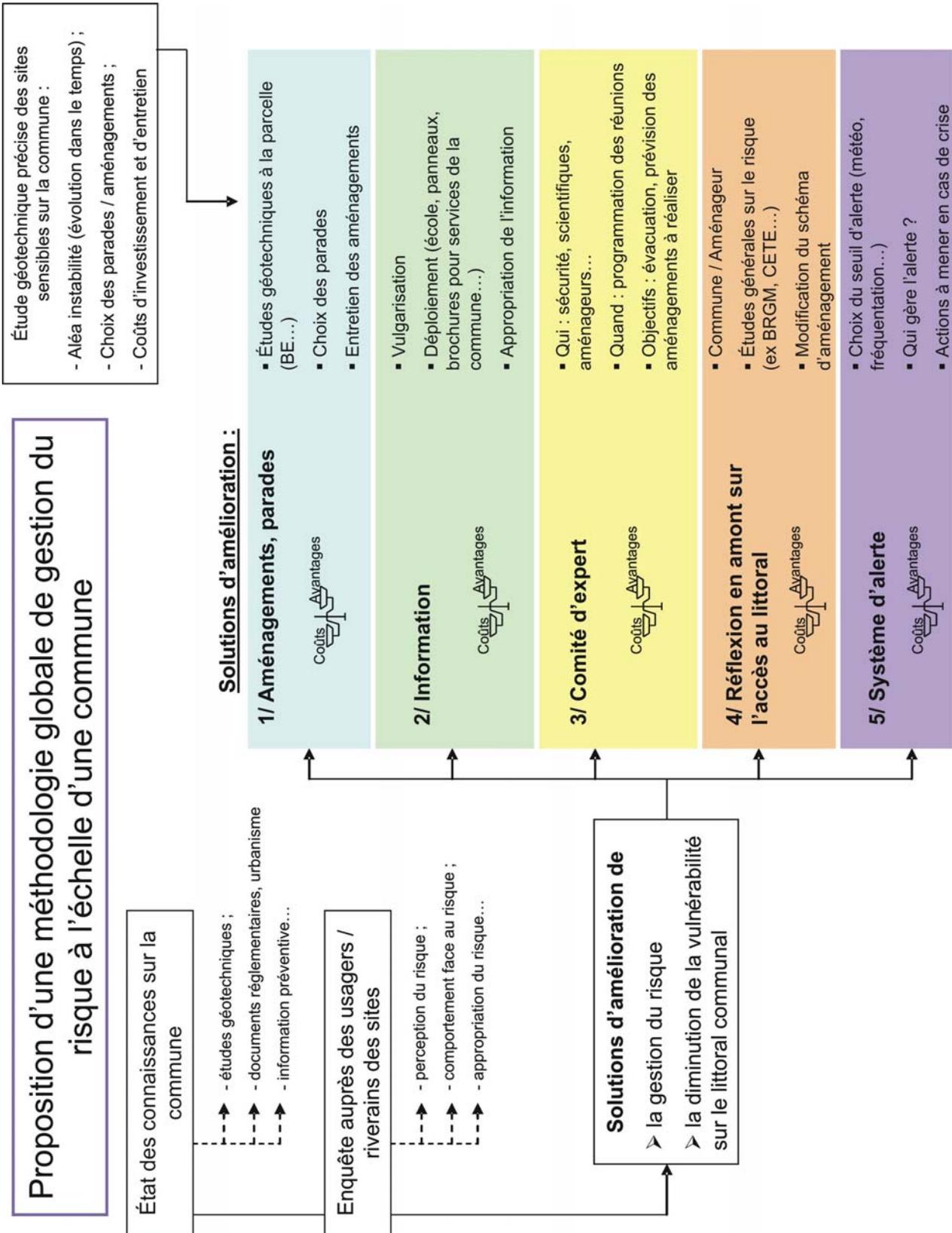


Illustration 29 : Méthodologie globale proposée pour la gestion du risque et la diminution de la vulnérabilité

9. La qualité des eaux littorales

9.1. MISSIONS DE LA SUBDIVISION EAU ET ENVIRONNEMENT MARIN DE LA DDE 13

La circulaire interministérielle du 26 novembre 2004 relative à la déclinaison de la politique de l'Etat en département dans le domaine de l'eau et à l'organisation de la police de l'eau et des milieux aquatiques établit pour les départements littoraux, le principe de répartition de la police de l'eau entre deux services : un service chargé de la police des eaux marines et un service chargé de la police des eaux continentales, la MISE assurant la coordination de ces polices.

La Subdivision Eau Environnement Marin (SEEM) de l'arrondissement maritime de la DDE des Bouches du Rhône, est chargée de la mise en œuvre de la politique de l'eau et de la police de l'eau pour les eaux littorales du département. Cette politique de l'eau vise notamment à :

- la préservation des écosystèmes aquatiques,
- la protection des eaux et la lutte contre les pollutions,

...dans un objectif de gestion globale et équilibrée de l'eau telle que déclinée par les articles L211-1 et suivants du Code de l'Environnement, et de mise en œuvre des objectifs du Grenelle de l'Environnement.

Le domaine géographique concerné porte sur l'ensemble du domaine public maritime (DPM) et sur des milieux d'eaux salées ou saumâtres (canaux, Etang de Berre, ...), le territoire du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) ainsi que sur le domaine public fluvial (DPF) du Service Annexe des Voies Navigables de ce dernier.

Les missions de la SEEM, comportent les attributions suivantes :

9.2. POLICE DE L'EAU

- Police administrative et pénale
- Instruction des procédures réglementaires des opérations ayant des effets directs sur le milieu récepteur concerné,
- Accompagnement des maîtres d'ouvrages dans leur projets et opérations en lien avec le milieu marin,
- Contrôles des prescriptions des arrêtés préfectoraux,
- Avis sur tous dossiers et études concernant directement ou indirectement le littoral et le milieu marin,
- Mise en conformité de l'assainissement urbain,

- Problématiques portuaires : mise en œuvre et suivi des plan de gestion des déchets portuaires, gestion environnementale des ports (certification AFNOR)...
- Mise en œuvre gestion environnementale des ports ,
- Réglementation et contrôle digue de protection contre les submersions marines.

9.3. POLITIQUE DE L'EAU

- Participation et contribution à l'élaboration de la mise en œuvre de la DCE : révision du SDAGE, programme de mesure, réseaux de contrôle...
- Intégration de la politique de l'eau à travers d'autres réglementations ou politiques publiques et tout autre politique pouvant avoir un impact sur le milieu aquatique: documents d'urbanisme (SCOTT, PLU, PC, gestion DPM...),
- Participation et contribution aux démarches de gestion intégrée de milieux : GIZC, contrat d'Etang, plan de gestion, charte ... (Etang de Berre, Calanques, Camargue, Côte Bleue, Marseille....),
- Participation et contribution à la mise en œuvre de la directive européenne stratégie marine (suite à transposition), NATURA 2000 en mer
- Préservation de la biodiversité.

9.4. CONNAISSANCE DU MILIEU

- Acquisition de connaissance par études de milieu et suivi études scientifiques,(IFREMER, organismes de recherches...),
- Animation et mise en œuvre de réseaux de mesure nationaux : réseaux de surveillance mis en place dans le cadre de la DCE, réseau de suivi des Ports Maritimes (REPOM).... - - - Coopération avec le milieu scientifique avec participation à des études méthodologiques et appliquées dans les domaines de la détermination des effets des rejets en mer, les apports en contaminants dans le milieu....,

9.5. POLMAR

Correspondant POLMAR :

- interlocuteur de l'administration centrale et autres services d'état dans le domaine,
- préparation, tenue à jour et révision Plan–ORSEC/POLMAR,
- organisation exercices et formation,
- conseiller technique auprès RSD DDE et Préfet en situation d'alerte ou de crise,
- participation aux opérations de lutte (PC, opérations terrains, ...)

Intervention en cas de pollution accidentelle : action auprès des responsables des pollutions en vue de la remise en état du site pollué, pour éviter qu'elles ne se renouvellent, contrôle des opérations, assistance technique pour les opérations de lutte auprès des collectivités, ...



Contact: Mary-Christine Bertrand, DDE 13/SM/SEEM

Mary-Christine.Bertrand@developpement-durable.gouv.fr

Légende des illustrations :

1 et 2 : Contrôles inopinés de rejet industriel

3 : Bateau SEEM

4 : Prélèvement pollution

5 : Utilisation capteurs passifs

6 : Bouteille à renversement

7 : Contrôle inopiné STEP

8 : Benne à sédiment

9 : Calibrage de sonde au laboratoire

10. Dragage des ports de plaisance de la communauté urbaine Marseille Provence Métropole

10.1. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS

Les dragages maritimes sont rendus nécessaires en cas de travaux neufs mais surtout lors de l'entretien des chenaux d'accès et des bassins existants soumis aux phénomènes d'envasement ou d'ensablement liés aux apports sédimentaires et à la dynamique des courants. Jusqu'aux années 1990, les opérations de dragage tenaient peu compte du contexte environnemental dans lequel elles se déroulaient. En 2004 la communauté urbaine de Marseille Provence Méditerranée (MPM) a lancé une étude pour l'élaboration d'un schéma de dragage de ports de plaisance qui consistait en un état des lieux des 24 ports (figure 1), l'analyse des sédiments portuaires, la recherche de débouchés pour le traitement, le recyclage et la valorisation possible des sédiments et enfin l'élaboration d'un schéma de gestion avec estimation financière et programmation des actions.

Le CETMEF et le CETE MED ont répondu conjointement à cette étude.



Figure 1: Plan de situation des 24 ports de MPM

10.2. METHODE

La première partie de l'étude a consisté en une enquête auprès des capitaineries afin de disposer d'une fiche technique par port (identité, historique des dragages, bathymétrie, qualité des eau et des sédiments,...). Cette enquête a été réalisée à partir des archives bibliographiques, techniques, bases de données environnementales et complétée par la réalisation d'analyses physico-chimiques et de tests d'écotoxicité. La démarche retenue pour l'étude de la qualité des sédiments repose en très grande partie sur l'évaluation du risque telle que définie par l'Ifremer, avec notamment le logiciel Géodrisk.

Une analyse des bathymétries des ports du Rouet, de Carry et de Sausset-les-Pins (seules données exploitables) a permis de calculer les volumes sédimentés ou érodés sur les périodes disponibles (figure 2).

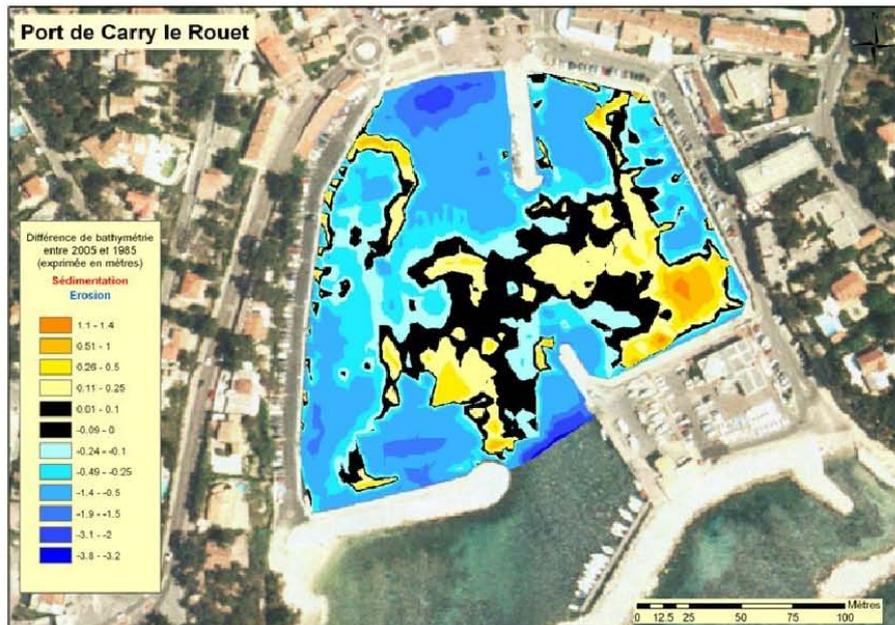


Figure 2: Écarts bathymétriques entre 1985 et 2005 au port de Carry le Rouet

10.3. LES BESOINS EN DRAGAGE

Les premiers traitements de données (figure 3) ont permis de conclure que seulement deux ports étaient dragués pratiquement annuellement; 13 n'ont jamais été dragués dans les 30 dernières années, enfin 9 ports ont été dragués une seule fois en 30 ans et ne l'ont plus été dans les 15 dernières années.

port	volume estimé	Priorité / Urgence	commentaires
Les Gondes – aire de carénage et fond de port	entre 2000 et 3000 m ³	moyenne	Dépôt à dominante de fines et de vases en milieu et fond de port. Présence de macro-déchets le long de l'aire technique et du quai pêcheurs.
Callelongue	négligeable	très faible	Eventuellement faible dépôt dû au ruissellement pluvial en fond de port
Le Rouet	entre 3000 et 5000 m ³	très importante	Rétablissement des tirants d'eau, jusqu'à 3 mètres selon les secteurs. Matériaux hétérogènes : sableux en entrée et milieu de port, puis hétérogène en fond de port, comprenant de nombreux résidus de posidomes mortes, éventuellement noyées dans les couches en milieu de port. Possibilité de matériaux plus grossiers (galets) dans les basses couches en fond de port.

Figure 3: Extrait du tableau des estimations des besoins en dragage incluant Carry-le-Rouet

10.4. LES ECHANTILLONS

Le plan d'échantillonnage (figure 4) retenu pour l'analyse des sédiments concerne les ports pour lesquels des besoins en dragage ont été identifiés en priorité. Il vise la connaissance initiale et détaillée de la qualité des sédiments des ports si les analyses disponibles sont trop anciennes ou inexistantes. Les prélèvements de sédiments ont été effectués à la main ou par carottage par l'équipe de plongeurs du CETE Méditerranée (figure 5). Les sédiments portuaires se caractérisent par une fraction fine, minérale et organique (vase) et une fraction plus grossière (sables).

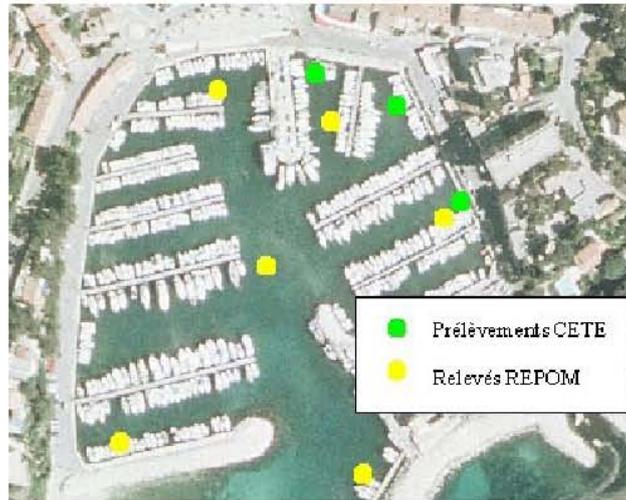


Figure 4: Plan d'échantillonnage du port de Carry-le-Rouet

Ports	Observations
Sausset	Fond de vases et posidonies mortes
Carry-le-Rouet	La granulométrie au niveau de l'exutoire du pluvial est assez grossière. Pas d'affleurements rocheux mais une couche de vase peu épaisse. Mélange de vases et d'algues dans le reste du port
Vieux Port	1/ Fond du port très vaseux, de couleur noire. Présence de débris urbains et beaucoup de macro-déchets 2/ Visu du remblai/comblement du tunnel. Fond vaseux avec petite granulométrie. Fond beaucoup plus propre que le fond du port.

Figure 5: Observations de terrain

10.5. ANALYSE

La caractérisation quantitative et qualitative des sédiments portuaires (structure, propriétés physico-chimiques et biologiques, comportement) est indispensable à la gestion des futurs produits dragués. Des analyses physiques (granulométrie, densité, conductivité, perméabilité,...) et chimiques (pH, azote Kjeldahl, carbone total, phosphore, métaux, PCB et HAP, organo-stanniques).

	Teneurs	Méthodes
Densité :	2,43	Méthode interne par pesée différentielle - MO 41/EB 8/41
* Azote Kjeldahl (mg/kg sec) :	1497	NF ISO 11261
Carbone Organique Total (%) :	7,94	Méthode interne volumétrique - MO 32/EB 8/32
* Phosphore total (mg/kg sec) :	1947	NF EN 1189
Métaux-traces		
* Aluminium (µg/kg sec) :	26	NF EN ISO 12020
* Arsenic (mg/kg sec) :	24	NF EN ISO 11969
* Cadmium (mg/kg sec) :	4,97	NF EN ISO 5961
* Chrome (mg/kg sec) :	83	NF EN ISO 1233
* Cuivre (mg/kg sec) :	669	FD T 90-112
* Mercure (mg/kg sec) :	7,70	Méthode interne - Fluorescence atomique MO 26/EB 8/26
* Nickel (mg/kg sec) :	32	FD T 90-112
* Plomb (mg/kg sec) :	720	FD T 90-112
* Zinc (mg/kg sec) :	1507	FD T 90-112

Figure 6: Extrait de l'analyse physique et chimique

Parmi les polluants les plus fréquemment rencontrés se trouvent les polluants métalliques comme le mercure et le cadmium qui bloquent les activités enzymatiques du métabolisme, mais aussi le plomb, le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc. La contamination organique provient essentiellement des peintures employées sur la coque des navires (TBT, PCB,...) ainsi que des hydrocarbures.

Le choix de la filière de destination des matériaux de dragage repose, en outre, sur une évaluation du risque potentiel vis à vis de la santé humaine soit de l'environnement (figure 7).

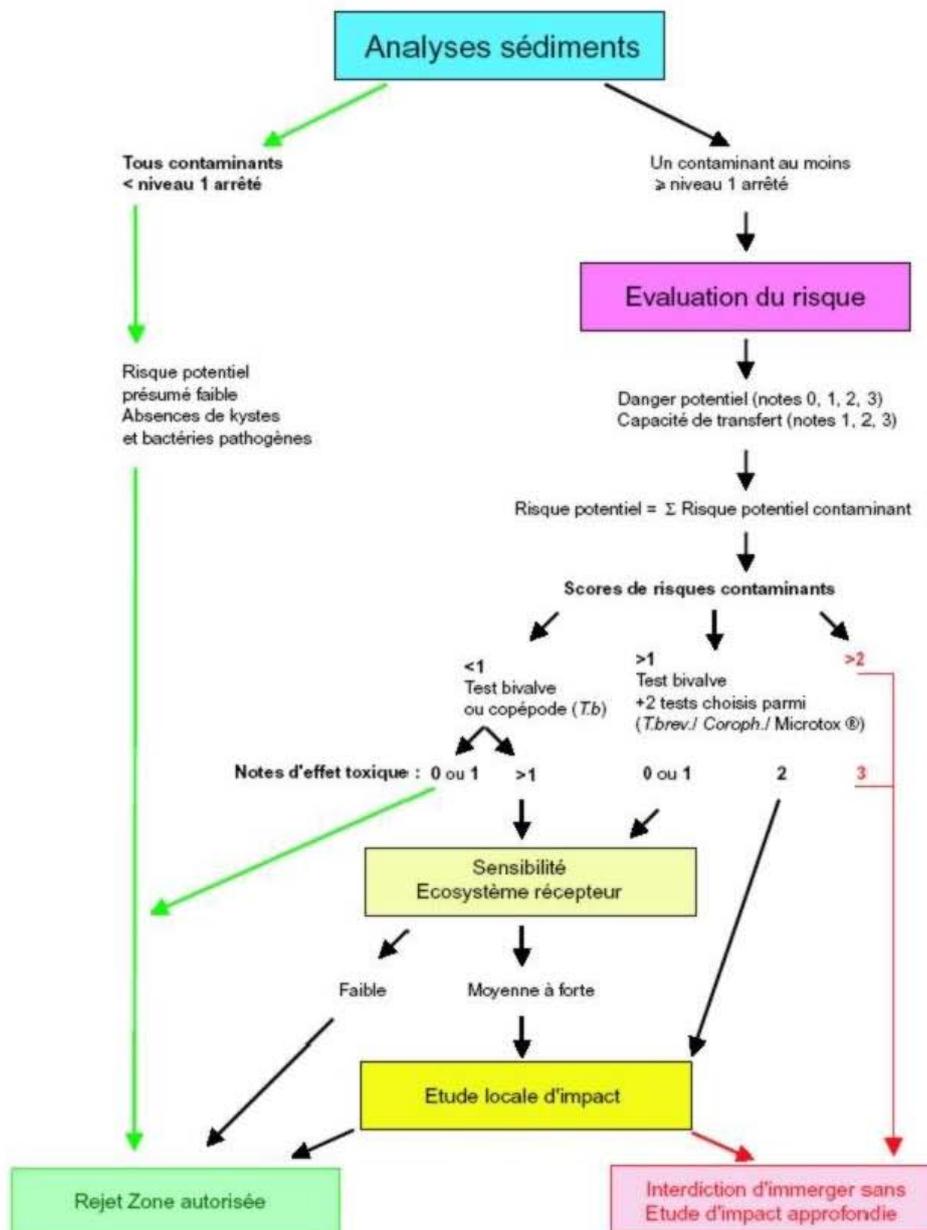


Figure 7: Grille décisionnelle IFREMER

En fonction des notes de 0 à 3 données pour le danger potentiel et la capacité de transfert, des tests sur les organismes sont effectués (figures 8 et 9) (embryotoxicité des œufs fécondés de bivalves - huîtres creuses, Copépode marin Tigriopus brevicornis, Corophium sp, Microtox® phase solide,...).

La note la plus défavorable obtenue est celle correspondant au test sur bivalves (3: toxicité forte voire très forte).

L'immersion des sédiments ne pourra être retenue qu'après réalisation d'une étude d'impact approfondie, « apportant la preuve qu'elle constitue la solution la moins préjudiciable pour l'environnement ».

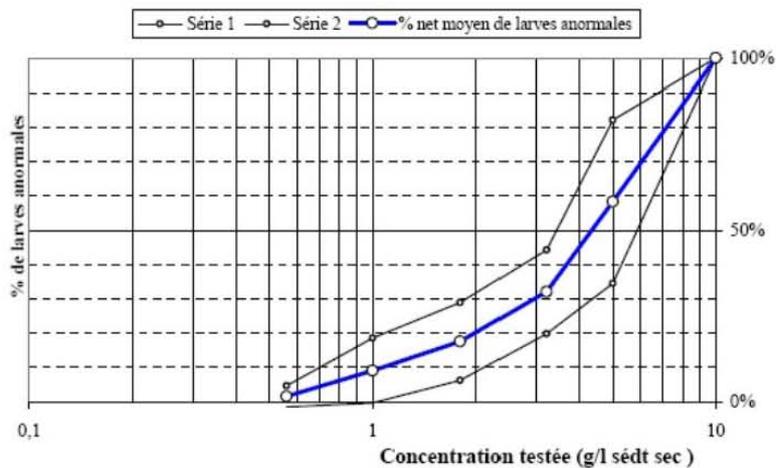


figure 8: Test bi-valve sur le port du Rouet

port / zone d'étude :	score de risque	risque contaminants
Sausset - fond de port	1,4	moyen
Carry - quai Est	0,7	faible
Carry - exutoire pluvial	0	négligeable
Rouet : fond de port	0,6	faible
Rouet : passe entrée et arrière digue	0	négligeable
Méjean	0,2	faible
Vieux port Marseille - quai des Belges	2,5	fort
Vallon des Auffes	1,3	moyen
Madrague de Monredon	1,8	moyen
Escalette : passe entrée	0,3	faible
Les Goudes : carénage et fond de port	1,5	moyen
Sormiou	0	négligeable
Morgiou	0,4	faible
St Jean : fond de port	0,5	faible

figure 9: Score de risque contaminant

10.6. CONCLUSION

Au regard de l'ensemble, des observations de terrain, des interviews, des questionnaires, de l'analyse des dragages passés et de l'étude de l'envasement actuel des ports, il ressort le fait que pour la majorité de sports analysés aucune urgence de travaux de dragage n'est à programmer.

Une chronologie d'interventions (figure 10) peut cependant être proposée pour le patrimoine portuaire que l'on peut classer en trois catégories: 1/Ciotat-Saint-Jean/Rouet (envasement des passes et fond de ports), 2/Vieux-Port/Goudes (approfondissement), enfin 3/les autres ports (dragage d'entretien non urgent).

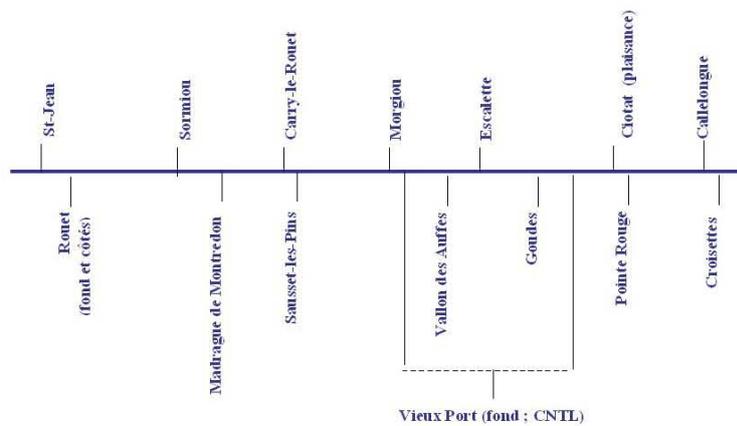


Figure 10: Echancier d'intervention

Sur l'ensemble des unités portuaires étudiées, peu sont soumises à des problèmes d'envasement récurrents à l'exception des ports du Rouet et de St-Jean.

Lorsque des zones de sédimentation sont clairement identifiées, elles ont pour origine des problèmes de conception, d'orientation par rapport à l'hydrodynamique littorale, de dimensionnement insuffisant des digues par rapport aux forçages météo-marins ou de problèmes liés à l'arrivée directe des eaux pluviales en provenance des bassins versants.

Des activités polluantes sont présentes sur les différents ports (contamination des sédiments en cuivre, mercure, plomb,...).

Les équipements « propres », ainsi que les moyens de lutte et de prévention contre les pollutions des eaux sont insuffisants.

Les rejets d'aires de carénage par exemple se font directement dans les bassins portuaires.

De nombreux rejets d'eaux pluviales sont signalés dans les ports causant des problèmes de sédimentation au droit des émissaires.

Aucune récupération des eaux noires des navires n'est organisée.

10.7. BIBLIOGRAPHIE

- 1 IFREMER (1999), *Dragages et environnement maritime – État des connaissances.*
- 2 BOUTIN R. (2000), *Dragages et rejets en mer – Les produits de vase*, Presses des Ponts et Chaussées
- 3 ALZIEU C. (2003), *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*, IFREMER
- 4 CETMEF, *Analyse des pratiques des ports français en matière d'échantillonnage des sols à draguer et d'interprétation des analyses effectuées*
- 5 CETMEF (2002), *Inventaire des sites d'immersion et de rejet des déblais de dragage*
- 6 CETMEF (2002), *Recueil de textes relatifs à l'établissement d'un document d'incidence*
- 7 CETMEF (2002), *Journées scientifiques et techniques du CETMEF – Le devenir des déblais et dragage des ports et estuaires – Acte du colloque*
- 8 CETMEF (2004), *Journées scientifiques et techniques du CETMEF – Dragages et valorisation des produits de dragage*
- 9 CETE MED (2002), *Gestion des boues de bassins de traitement des eaux pluviales autoroutières – proposition d'une grille décisionnelle*
- 10 Ministère de l'Ecologie (1997), *Le REPOM*
- 11 AGAM (2002), *Etats des lieux des ports de MPM*
- 12 SOGREAH (2004), *Etude diagnostic et propositions de développement des ports de plaisance de MPM*
- 13 SM 13 / SEEM (2004), *Tableau d'historique des dragages et immersions depuis 1975*
- 14 SAFEGE pour MPM, *Étude courantologique pour modéliser les effets des rejets de STEP*
- 15 Arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire
- 16 Décret n° 82-842 du 29 septembre 1982 pris pour l'application de la loi n° 76-599 du 7 juillet 1976 relative à la prévention et à la répression de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs et à la lutte contre la pollution marine accidentelle, version consolidée au 13 juillet 2001
- 17 Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets (JO du 20 avril 2002)

Contacts CETMEF:

Pierre Gaufres, CETMEF/AAP/GAEM

Bruno Andres, CETMEF/AAP/GAEM

pierre.gaufres@developpement-durable.gouv.fr

bruno.andres@developpement-durable.gouv.fr

11. Un modèle de gestion : la Côte Bleue, une gestion partenariale d'un site du Conservatoire du Littoral aux portes de Marseille



11.1. SITUATION

Vaste site du Conservatoire du Littoral en France Continentale, couvrant 3 300 ha sur les communes d'Ensuès la Redonne et du Rove, la Côte Bleue offre une immense fenêtre de nature préservée sur une dizaine de kilomètres de côtes, aux portes de Marseille. Dans ce massif calcaire typiquement méditerranéen, se succèdent calanques, falaises, vallons et plateaux couverts de garrigue. La végétation caractéristique de ces milieux est de type garrigue (chênes kermès, ajonc de Provence, cistes et romarin) accompagnée de chênes verts et de pin d'Alep.



11.2. CARACTERISTIQUES DU SITE

- Splendeurs des paysages : vastes étendues, panorama sur la rade de Marseille et ses îles,
- Vestiges de présence humaine anciennes : terrasses de culture, batteries militaires, route Pompidou (témoin du projet d'urbanisation), puits...,
- Présence de rapaces : Aigle de Bonelli, Hibou grand-duc, Faucon crécerelle,.....

- Chevrier sur le site (Chèvre du Rove, race locale en voie d'extinction),
- Association Rove Environnement (entretien du site, réhabilitation de restanques) financée par la Commune ,
- Sentiers de promenade dont sentier du Littoral,
- Parallèlement, protection de l'espace marin par le parc marin de la Côte bleue.
- Site Natura 2000 : Site d'intérêt Communautaire FR9301601 et Zone de Protection Spéciale Falaises de Niolon FR9312017 (Aigle de Bonelli)

11.3. HISTORIQUE

1960- 1970 : ancienne propriété de la famille BARRIGUE de MONTVALLON, ces terrains ont été rachetés par deux sociétés civiles immobilières qui espéraient voir ceux-ci urbanisés, créant par la même deux immenses domaines sur les communes d'Ensuès-la-Redonne et du Rove.

Les communes s'opposant à ce projet classèrent ces terrains en zone de protection de la nature dans leurs Plans d'Occupation des Sols

En 1980-81 le Conservatoire rachète ces terrains aux deux SCI,

1983 : la commune du Rove devient gestionnaire des terrains sur son territoire,

1985 : le Département des Bouches du Rhône devient gestionnaire sur le territoire d'Ensuès-la-Redonne

1986 : l'ONF se voit confier une mission d'assistance technique (gestion et mise en œuvre des travaux)

1993 : 2930 ha bénéficient du régime forestier

2000 : Convention de gestion entre les 2 communes et le Conservatoire ; l' ONF est assistant technique des communes



11.4. GESTION

Le Conservatoire du Littoral confie par convention la gestion aux deux communes, le Rove sur son territoire communal et Ensues-la-Redonne sur le sien.

Les deux communes ont décidé de s'adjoindre les services de l'Office National des Forêts pour une mission d'assistance technique (aide à la décision, programmation, dossiers techniques, recherche de financements....)

11.4.1. Financement

Communes (gestion),

Conservatoire du littoral (investissement) ,

Partenariat CDL,

Département,

Région (aide à la gestion) et parfois mécénat (Total, Ikea...)

11.4.2. Trois axes de gestion sont privilégiés

- 1- organiser la protection du massif (feu et dépôts sauvages) qui a subi des fréquences d'incendies supérieures à la moyenne en zone méditerranéenne ;
- 2- Maintenir et favoriser la biodiversité ;
- 3- Privilégier les zones à forte potentialité et les secteurs « frais » (enrichissement en essences feuillues et amélioration sylvicole dans les peuplements de pins d'Alep,....).

...tout en préservant les paysages et en gérant l'accroissement de la fréquentation

12. Un modèle de gestion : le Parc Marin de la Côte Bleue

Ce chapitre a été réalisé grâce aux textes fournis par le Parc Marin de la Côte Bleue, et aux illustrations directement issues du site Internet du Parc : <http://www.parcmarincotebleue.fr/>.

12.1. PRESENTATION DU PARC MARIN DE LA COTE BLEUE

Le Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB) poursuit des objectifs de protection du milieu marin, de gestion des ressources de pêche, d'information du public, et de promotion d'actions expérimentales et de recherche dans ces domaines. Il intervient sur l'ensemble de la Côte Bleue, entre le golfe de Fos et la rade de Marseille. Il s'agit d'un établissement public qui associe les 5 communes de la Côte Bleue (Martigues, Sausset, Carry, Ensues et le Rove), la Région Provence Alpes Côte d'Azur, le Département des Bouches du Rhône, et les organisations professionnelles de la pêche.



Le Parc Marin gère les deux réserves marines de la Côte Bleue. La première, créée en 1983 sur 85 hectares, est celle de Carry-le-Rouet, et la deuxième, créée en 1996, se situe devant la commune de Martigues sur 210 hectares (Illustration 30).

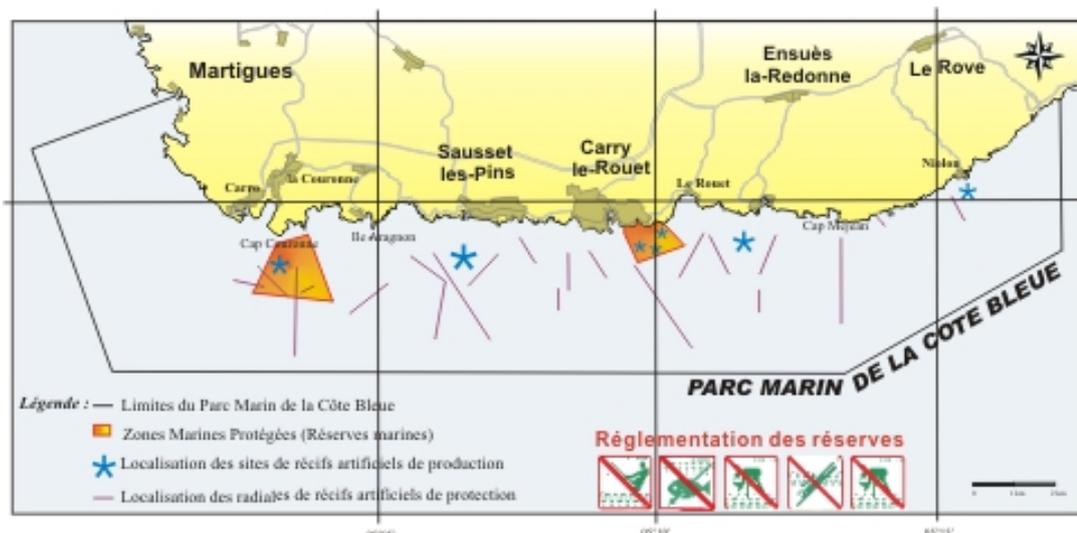


Illustration 30 : Le Territoire géré par le Parc Marin de la Côte Bleue

Depuis sa création en 1983, le Parc Marin a mené à bien plusieurs programmes d'aménagement des fonds marins devant l'ensemble de la Côte Bleue au moyen de récifs artificiels dans un but de rationalisation de l'exploitation des ressources de pêche.

Il a également créé dès l'origine des programmes de sensibilisation des scolaires au milieu marin, et s'est impliqué dans plusieurs programmes de suivis et d'études scientifiques. Le PMCB se dote actuellement d'un plan de gestion pour rationaliser ses interventions dans un cadre plus global de gestion territoriale du littoral et du milieu marin de la Côte Bleue.

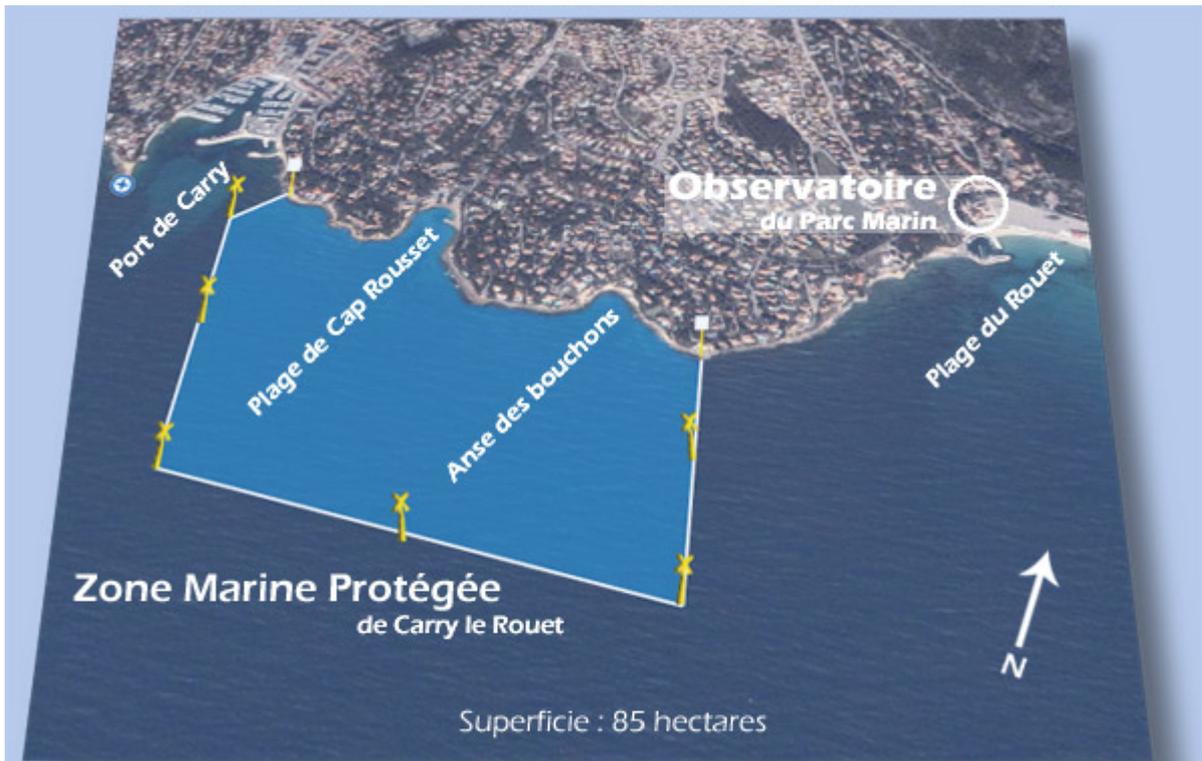


Illustration 31 : La Zone Marine Protégée de Carry le Rouet

Dans ces deux zones Marines Protégées (Illustration 31) sont interdits : Le mouillage des embarcations ; La plongée en scaphandre autonome ; La pêche sous toutes ses formes (pêche professionnelle, pêche à la ligne, chasse sous-marine et la collecte des fruits de mer) .



Des gardes assermentés assurent une surveillance annuelle sur les deux réserves.

Les objectifs statutaires du Parc Marin de la Côte Bleue se déclinent sur le terrain par une combinaison de protections réglementaires (réserves), de protections physiques (récifs de protection), d'aménagements destinés à augmenter la productivité du milieu (récifs de production), et d'opérations de sensibilisation du public comme les classes de mer.

La finalité essentielle de cette politique, mise en œuvre et soutenue depuis 20 ans par les collectivités locales, est de préserver les zones naturelles les plus sensibles comme l'herbier de Posidonie, d'augmenter la production biologique du milieu, de rationaliser les pratiques de pêche de plaisance et professionnelles, et de favoriser les techniques d'exploitation des ressources marines les plus sélectives, et particulièrement celles utilisées de façon traditionnelle par les pêcheurs aux petits métiers.

L'approche partenariale, avec les pêcheurs professionnels et les usagers, a été la méthode choisie dès l'origine, complétée par une sensibilisation ou une implication de la population locale au moyen d'une action de fond menée auprès des scolaires.

Un des résultats concrets est que cette opération est comprise par les pêcheurs professionnels, qu'ils y participent, et sont même devenus une force de proposition.

Le Syndicat mixte est engagé depuis 2006 dans une démarche d'état des lieux – diagnostic du territoire maritime et littoral de la Côte Bleue, de façon à resituer son action dans le contexte global de l'environnement de ce territoire.



12.2. HISTORIQUE

Dans le courant des années 1970, la prise de conscience de la fragilité de la Méditerranée se généralise (conférence de Barcelone en 1975 pour le Plan d'Action pour la Méditerranée).

En Région PACA, un certain nombre d'enjeux sont identifiés en liaison avec l'é étroitesse du plateau continental.

En effet, le long des 650 km de côtes rocheuses de la région Provence Alpes Côte d'Azur, le plateau continental jusqu'à l'isobathe 200 mètres (où se déroule l'essentiel de l'activité halieutique) est très étroit, parfois atteint à quelques kilomètres seulement du littoral. En particulier, la zone des petits fonds côtiers éclairés où peuvent se développer les herbiers de Posidonie (infralittoral) s'étend sur une superficie de 31.000 hectares, soit un carré théorique de 18 km de coté, soit encore une bande d'à peine 480 mètres de largeur moyenne devant l'ensemble du littoral.

C'est sur cet étroit linéaire que se concentrent la quasi totalité des activités humaines: aménagement et urbanisation du littoral, ports de commerce, de pêche et de plaisance, rejets industriels et urbains, activités de loisirs (plaisance, pêche, plongée,...), et une grande partie de la pêche professionnelle.

Or, c'est dans cet espace que se jouent un grand nombre de mécanismes-clés du fonctionnement de l'écosystème méditerranéen: reproduction et recrutement d'un très grand nombre d'espèces (particulièrement les poissons), production primaire à partir de l'énergie solaire, nourrissage, et même exportation de nutriments vers les grands fonds non-éclairés et quasi-désertiques.

C'est donc dans cet espace essentiel qu'un effort de gestion apparaît comme prioritaire face à l'intensification prévisible des pressions de toutes natures sur le littoral. Les enjeux sont tant écologiques qu'économiques pour la conservation des activités touristiques, de plaisance et de pêche professionnelle qui représentent un atout fondamental de la région.

Dès la naissance des entités régionales à la fin des années 1970, la Région Provence Alpes Côte d'Azur a affiché une forte volonté de prise en compte de cet espace littoral et maritime.

Cela s'est notamment traduit par la mise en oeuvre du PAL (Plan d'Assainissement du Littoral), exemplaire au plan national, et par l'adoption en 1980 d'un "Programme régional de développement des cultures marines et de gestion des ressources vivantes de la mer". Ce programme contenait notamment la proposition de création de réserves marines et de récifs artificiels comme parties intégrantes d'une politique de gestion des ressources côtières.

Le Parc Marin de la Côte Bleue est né en 1983 directement de la mise en place de cette politique, soutenue également par le Conseil Général des Bouches du Rhône, sous la forme d'une association rassemblant à l'origine les quatre communes du quartier maritime de Marseille.

12.3. POURQUOI LA COTE BLEUE ?

La prise de conscience des années 1970 a débouché sur une attention particulière des services de l'Etat et des scientifiques sur cette portion de côte rocheuse, à vocation

naturelle, assez peu urbanisée, comprise entre deux sources importantes de pollutions : industrielle à l'Ouest avec le golfe de Fos, et urbaine à l'Est avec la ville de Marseille. La pêche professionnelle y demeurait néanmoins dynamique, et les études de l'époque ont mis en évidence le bon état des biocénoses sous-marines, et l'intérêt de préserver le plus grand herbier de Posidonie des Bouches du Rhône.

Ainsi, la mise en place d'une politique régionale, une attention particulière des services de l'État, et un contexte local favorable parmi les usagers du milieu et les municipalités ont permis la création du Parc Marin de la Côte Bleue.

12.4. ASPECTS JURIDIQUES

L'idée de départ, contenue dans le programme de la Région, et qui n'a pas pu être concrétisée, était de reprendre les objectifs poursuivis par les Parcs Naturels Régionaux français (décrets 75-983 du 24 octobre 1975, et 88-443 du 25 avril 1988) et d'expérimenter une application spécifiquement maritime de ces objectifs.

A partir du constat de la situation du milieu marin littoral précédemment décrite, la reconnaissance d'une "version maritime" des parcs naturels régionaux devait ainsi permettre la mise en place d'une gestion locale et décentralisée sur un grand nombre de secteurs littoraux. En effet, les autres dispositifs juridiques de protection des milieux naturels que sont les Parcs Nationaux et les Réserves Naturelles (lois de 1960 et de 1976) sont plutôt réservés à des territoires généralement peu habités, et/ou présentant des caractéristiques naturelles exceptionnelles ou remarquables qu'il convient de préserver.

En l'absence d'outil juridique adapté, l'initiative du Parc Marin de la Côte Bleue s'est donc développée sur la base du dialogue entretenu avec les principaux intéressés que sont les pêcheurs professionnels, avec le concours de l'Administration de la Mer, par le recours à des textes réglementant l'exploitation du milieu marin.

Ainsi le statut juridique d'occupation du Domaine Public Maritime pour les deux zones marines protégées et les récifs artificiels a été de 1983 à 2003 le statut de concessions de cultures marines.

Les textes réglementant les deux zones marines protégées sont ceux relatifs à l'exercice de la pêche et de la circulation maritime.

La structure de gestion, créée en 1983 à titre expérimental sous une forme associative, a évolué en 2000 vers un syndicat mixte, réunissant de façon plus officielle et plus forte les partenaires déjà cités.

Dans le cadre de cette évolution juridique, le statut des concessions sur le DPM a également évolué, sur la base du décret du 29 juin 1979, en une concession d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime (attribuée par arrêté préfectoral du 15 décembre 2003), jugée maintenant plus adaptée à ce type d'action que le décret du 22 mars 1983 sur les autorisations d'exploitations de cultures marines.

La réglementation des deux zones marines protégées repose toujours sur les textes relatifs à l'exercice de la pêche et de la circulation maritime.

La pêche sous toutes ses formes est interdite dans ces deux secteurs par arrêté ministériel de réserve de pêche ou de cantonnement pris sur le fondement du décret-loi du 9 janvier 1852 et de l'arrêté du 4 juin 1963. Il s'agit dorénavant d'un arrêté unique pour les deux secteurs protégés. Le dernier renouvellement, pour 10 ans, date du 16 décembre 2004.

Le mouillage, le dragage et la plongée en scaphandre sont interdits également par un arrêté commun aux deux zones, pris par le Préfet Maritime de Méditerranée, et dont le dernier renouvellement, en date du 25 juillet 2005, est désormais synchrone pour sa date d'échéance avec l'arrêté de cantonnement.

En 2006, une démarche d'élaboration d'un plan de gestion a été entamée. Il s'agit, après plus de 20 ans d'existence et d'expérimentation, de faire un état des lieux de cette initiative, de lister les points forts et les points faibles de l'action engagée, et de structurer la démarche du Parc afin de la rendre plus lisible en interne et en externe.

La définition d'objectifs et d'actions concertés permettra également une meilleure efficacité et une meilleure programmation des financements afin que la structure puisse enfin acquérir la dimension nécessaire à la pérennisation de la coopération engagée entre les collectivités territoriales.

Dans le cadre de cette démarche, une attention particulière est portée à l'évolution du contexte des aires marines protégées, avec la loi du 14 avril 2006 sur les parcs nationaux et les parcs naturels marins, et avec la création de l'Agence des Aires Marines Protégées. On assiste à une véritable relance en France de cette politique avec des outils nouveaux incluant par exemple l'affectation du DPM au Conservatoire du Littoral ou l'évolution des zones Natura 2000 en mer.

12.5. LES ACTIONS DANS LE CADRE D'UNE GESTION CONCERTÉE

12.5.1. Vers les pêcheurs

C'est à partir de la concrétisation, en 1983, de la zone marine protégée de Carry-le-Rouet, qu'une véritable dynamique s'est mise en place. La durée très limitée de la concession (3 ans) et l'avis prépondérant des organisations professionnelles de la pêche dans la poursuite de cette expérience, ont conduit à un dialogue permanent et à la prise en compte des problèmes halieutiques au-delà de la zone protégée. Ainsi, un projet d'aménagement de l'ensemble de la bande côtière a été conçu afin d'une part de permettre une valorisation de certaines zones de pêche par l'installation de récifs artificiels, et d'autre part d'apporter une réponse à un problème récurrent de chalutage illégal dans la bande côtière, par la mise en place d'obstacles spécifiques.

Au cours de l'élargissement du Parc à la commune de Martigues en 1993, ce sont les pêcheurs professionnels du port de Carro, par le CLPM et la Prud'homie de Martigues,

qui ont proposé la création de nouveaux aménagements de récifs de protection et de production en continuité avec ceux déjà existants, dans le cadre de la création d'une deuxième zone marine protégée devant le Cap-Couronne.

Les motivations de la création de cette zone protégée reposaient sur plusieurs points : (1) l'efficacité biologique exemplaire de la réserve de Carry-le-Rouet (Harmelin & Bachet, 1994; Harmelin *et al.*, 1995), attestée par les pêcheurs opérant en périphérie; (2) la pêche illégale par chalutage sur la zone du Cap-Couronne constatée par le sémaphore et dénoncée par les pêcheurs aux petits métiers, touchés par le pillage d'une zone importante de recrutement par des engins non-sélectifs; (3) la volonté des responsables des organisations professionnelles de la pêche de s'engager dans une démarche responsable de gestion; (4) les dommages occasionnés par les chaluts aux câbles de télécommunications sous-marines qui traversent cette zone.

La gestion effective de ce secteur est basée depuis son origine sur un partenariat entre le Parc, gestionnaire et maître d'ouvrage, et le CLPM détenteur de la concession sur le Domaine Public Maritime. Le suivi scientifique entre dans cette logique puisque les pêcheurs professionnels sont chargés lors des campagnes d'études de la réalisation de protocoles de pêches et mettent à disposition les données de captures hors de la réserve.

Enfin, sur des espèces comme l'oursin et le corail rouge exploitées dans le secteur, le Parc Marin s'investit dans des évaluations du niveau de la ressource, afin d'adapter annuellement les autorisations d'exploitation.

12.5.2. Vers les élus, les citoyens et les usagers

De nombreuses actions sont engagées pour un partage des objectifs de protection et de gestion du milieu marin littoral poursuivis par le Parc Marin de la Côte Bleue.

On peut notamment citer :

- la participation ou l'organisation de manifestations publiques comme les "journées scientifiques de la Côte Bleue", l'organisation de réunions publiques pour la présentation des projets du Parc ou des résultats obtenus au cours des études scientifiques.
- la présence effective, tout au long de l'année, du personnel sur le terrain pour la surveillance des 2 réserves. Un des buts essentiels de cette action est avant tout de prévenir les actes de pêche en informant et sensibilisant les usagers. Une grande attention est portée à la communication des résultats obtenus, et aux explications sur le fonctionnement de l'écosystème marin. Le Parc s'implique également dans des campagnes régionales comme « Ecogestes », qui permettent de cibler des publics particuliers comme les plaisanciers.
- Cette action est prolongée en été par l'organisation de visites guidées de surface des petits fonds côtiers de la réserve de Carry avec



masque et tuba. Ces visites sont ouvertes gratuitement à tout public, et permettent de visualiser directement avec le personnel du Parc les effets d'une protection du milieu.

- Enfin, chaque année depuis 1984, d'importants programmes de stages de découverte sont renouvelés au printemps et à l'automne avec les scolaires. En effet, dès la création du Parc, les maires des communes associées ont souhaité que cette structure s'investisse dans l'éducation à l'environnement. Ces stages qui, à l'heure actuelle ont été suivis par près de 15.000 enfants, se déroulent sur une semaine pour chaque classe, et incluent découverte de la Côte Bleue en bateau, rencontre avec les pêcheurs professionnels, découverte de la faune et de la flore du bord de mer, visite des terrains du Conservatoire du Littoral, diaporamas, cours, travaux pratiques, et également un baptême de plongée.



L'objectif, atteint depuis 1986, est que chaque enfant scolarisé sur la Côte Bleue puisse suivre au moins une fois une de ces classes de mer. Ces stages sont également ouverts à des classes et des groupes extérieurs à la Côte Bleue.

Le nouveau siège du Syndicat Mixte, depuis 2005, dans le bâtiment de l'Observatoire voulu par la municipalité de Carry-le-Rouet va permettre d'élargir ce volet de l'action du Parc.

12.6. PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES DES MESURES DE PROTECTION ET DE GESTION DES RESSOURCES

12.6.1. La réserve marine de Carry-le-Rouet

La réserve de Carry-le-Rouet, entièrement installée sur des fonds infralittoraux de roches et d'herbier de Posidonie compris entre 0 et 30 mètres, bénéficie d'une protection poussée depuis maintenant 18 ans (toute forme de pêche, la plongée et le mouillage des bateaux sont interdits).



De 1990 à 1994, une étude de l'effet réserve sur les poissons a été réalisée, sous la direction de Monsieur J.G. HARMELIN de la Station Marine d'Endoume.

Le suivi est effectué par comptage en plongée des espèces présentes sur un parcours toujours identique. Un site est ainsi balisé à l'intérieur de la réserve sur des fonds de 10 à 14 mètres, et un autre, présentant les mêmes caractéristiques, à l'extérieur de la réserve.

Les principaux résultats sont les suivants:

- Une diversité du peuplement (nombre d'espèces inventoriées) globalement équivalente sur les 2 sites, bien que recouvrant de grandes différences au niveau de la régularité de présence dans la réserve d'espèces rares ou recherchées.
- Une plus grande abondance dans la réserve des grands carnivores (espèces nobles telles que: loup *Dicentrarchus labrax*, mustelle *Phycis phycis*, denti *Dentex dentex*, ...) dont certains ne figurent que sur les inventaires réalisés dans la zone protégée.
- Des abondances particulièrement significatives des "espèces cibles" qui sont particulièrement visées par une ou plusieurs techniques de pêche, surtout si l'on considère la catégorie des gros individus.

A titre d'exemple, on trouve 4 fois plus de sars (*Sargus sp*) à l'intérieur de la réserve qu'à l'extérieur, et 14 fois plus si l'on ne considère que la catégorie des gros individus (cette espèce est touchée principalement par la pêche au filet, à la palangre, et par la chasse sous-marine).

On trouve également 3 fois plus de serrans (*Serranus cabrilla*), et 26 fois plus dans la catégorie des gros individus (cette espèce est ciblée par la pêche amateur à la ligne). Les tailles moyennes, mesurées au centimètre près, sont de 10,2 cm hors-réserve et de 16,9 cm à l'intérieur de celle-ci.

12.6.2. Les récifs artificiels

Ces aménagements sous-marins, destinés à rationaliser les pratiques de pêche professionnelle dans une optique de gestion durable des ressources halieutiques, se décomposent en récifs artificiels de "production" et en récifs artificiels de "protection".

Résultats obtenus sur les récifs artificiels de "production"

Différentes immersions de récifs artificiels de production se sont échelonnées sur la Côte Bleue en 1983, 1985, 1986, 1990, et 1997. Ces aménagements sont destinés à créer des sites d'habitat et de rassemblement de la faune marine sur des fonds qui en sont dépourvus.

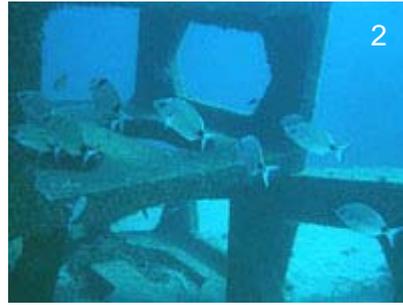
Les récifs de production sont des structures en béton, composées de modules unitaires d'un volume de 1 à 158 m³, immergées sur des fonds meubles de 26 à 31 mètres. L'architecture de certains modules unitaires est prévue pour que ceux-ci soient superposés ou immergés en amas.

Ces aménagements sont regroupés en des points déterminés de façon à créer sur une surface de 200 à 2.500 m² un "site récifal", dont les volumes unitaires s'échelonnent sur la Côte Bleue entre 75 et 1.250 m³. Un total de 2.800 m³ de récifs artificiels (dont 400 m³ dans les réserves, et 2.400 m³ accessibles à la pêche) sont à l'heure actuelle répartis sur 7 sites de la Côte Bleue.

Ces aménagements ont fait l'objet de différents suivis (D. ODY, E. CHARBONNEL, et P. FRANCOUR) qui ont démontré qu'ils permettent de recréer les peuplements associés aux substrats durs. Les récifs deviennent un lieu de rassemblement et d'abri pour la faune mobile, dont une partie se sédentarise et se nourrit sur place.

Après 3 à 4 ans d'immersion, on assiste à une multiplication des densités numériques de poissons d'un facteur 60 par rapport aux sites avant aménagement, les densités pondérales (poids de poisson au m² aménagé) allant jusqu'à 440 fois l'état initial.

Après 6 à 8 ans d'immersion on observe un "mûrissement" du peuplement des récifs avec une nouvelle augmentation de la diversité des espèces rencontrées, une diminution de la variabilité de leur présence, une augmentation des densités (d'un facteur 1,6), et surtout des biomasses (d'un facteur 3 à 4 selon le type de module), traduisant une augmentation des poids moyens des poissons observés.



Les modules Bonna:

- 1. Après immersion
- 2. Aussitôt colonisés
- 3. Aujourd'hui

Résultats obtenus sur les récifs artificiels de “protection”

Différentes immersions de récifs artificiels de protection se sont échelonnées sur la Côte Bleue en 1986, 1989, 1997, et 2000. Ces aménagements, réalisés dans la bande côtière des 2 milles, sont destinés à empêcher physiquement l'exercice des arts traînants (chalutage) dans la zone qui leur est interdite.

C'est sur la Côte Bleue que ce type d'aménagement a été réalisé pour la première fois en France, et que l'architecture ainsi que la désignation des modules de récifs artificiels a été clairement différenciée entre les rôles de protection et de production.

L'architecture de ces modules doit leur permettre de résister à des forces de traction importantes. Leur poids varie de 2 à 11 tonnes. Après un premier essai de blocs de roches naturels, c'est encore le béton armé qui a été retenu pour l'essentiel des aménagements.

Contrairement aux récifs de “production”, les récifs de “protection” sont toujours immergés de façon isolée de manière à constituer soit un maillage, soit des alignements disposés de façon à protéger du chalutage illégal les principales zones côtières à forte valeur écologique comme les herbiers de Posidonie.

A l'heure actuelle, 326 modules sont immergés, selon un écartement d'environ 50 mètres, le long de 17 radiales totalisant environ 15 kilomètres d'alignements devant l'ensemble de la Côte Bleue.

		
Module fakir	Module Searock	Module Tripode

Il s'agit-là de faire cesser un prélèvement excessif sur la ressource, des dommages importants occasionnés aux fonds notamment aux herbiers de Posidonie, et de favoriser les techniques de pêche artisanale au filets fixes, nettement plus sélectives et favorisant la conservation des ressources. En effet, comme de nombreuses études l'ont déjà démontré, la régression actuelle des tonnages débarqués provient en grande partie de l'excès de mortalité par pêche des juvéniles.

On a pu assister à une diminution très importante des actes de chalutage illégal, particulièrement de la part des gros chalutiers. Le nombre de filets de petits métiers emportés par les chaluts a considérablement diminué.

12.6.3. La réserve marine du Cap-Couronne

Après la création de la réserve de Carry-le-Rouet, et une première phase d'aménagements de récifs artificiels de production et de protection, le Parc Marin s'est étendu en 1993 à la commune de Martigues, à l'Ouest de la Côte Bleue.

Dans ce contexte, ce sont les pêcheurs professionnels qui, au vu des résultats déjà obtenus, ont proposé la création d'une deuxième réserve marine, et la poursuite des aménagements de récifs.

Les suivis réalisés sur ce secteur ont inclus pour la première fois en Méditerranée un point zéro de l'état des peuplements avant les mesures de protection et d'aménagement, ainsi qu'un suivi par pêche réalisé en collaboration avec les professionnels.

Les recensements visuels indiquent que les effets de la protection se manifestent d'abord au niveau de la composition spécifique du peuplement ichtyologique. On note ainsi la présence révélatrice d'espèces très recherchées, qui n'avaient pas été relevées lors du point zéro, telles que le Mérou brun (*Epinephelus marginatus*), le Denti (*Dentex dentex*) et le Loup (*Dicentrarchus labrax*). De plus, la richesse spécifique moyenne des aires échantillonnées dans la réserve a sensiblement augmenté en cinq ans.

On note également une augmentation des abondances des espèces cibles en zone protégée entre 1995, 1998 et 2001. En effet, l'abondance de l'ensemble de ces 13 espèces a cru de 12% entre 1995 et 1998 puis de 73% entre 1998 et 2001. Cet accroissement était statistiquement significatif pour huit de ces espèces cibles. Au niveau des récifs artificiels, la biomasse a été multipliée par 15 entre 1995 et 1998, et a encore presque doublé (x 1,8) entre 1998 et 2001.

Globalement, on observe un rééquilibrage des structures démographiques des espèces cibles grâce à une nette augmentation de la proportion de gros individus, qui est passée de 24% en 1998 à 58% en 2001. L'étude démographique des deux espèces indicatrices de la pression de la pêche à la ligne, le Serran chevrette et la Girelle, a confirmé cette tendance.

Les pêches expérimentales standardisées attestent de l'accroissement de la ressource après protection. Le nombre moyen d'espèces capturées par pièce de filet est passé de 4,6 en 1995 à 6,0 en 1998 et à 6,7 en 2001. Cette augmentation de la diversité des captures indique qu'il y a eu réoccupation des zones autrefois désertées. Les biomasses prélevées étaient en constante augmentation (21,5 kg en 1995, 46,8 kg en 1998 et 48,9 kg en 2001) et le poids frais individuel moyen a augmenté aussi (115 g en 1995 et 150 g en 2001). Le coefficient de variation de la biomasse moyenne par unité d'effort a diminué nettement entre 1995 et 2001, indiquant une plus grande homogénéité après protection de la répartition spatiale de la ressource halieutique. Les rendements dans la zone protégée étaient très supérieurs à ceux obtenus dans les zones adjacentes, d'un facteur 6,0 en 1998 et d'un facteur 3,3 en 2001. La baisse observée en 2001 du facteur multiplicatif est surtout due à une augmentation des rendements dans les zones adjacentes à la réserve.

Les résultats des pêches expérimentales à l'hameçon montrent la même tendance avec une augmentation marquée de la biomasse capturée : 1,7 kg en 1995, 4,7 kg en 1998 et 9,0 kg en 2001.

Ces études sur l'effet réserve et sur les récifs ont confirmé les résultats enregistrés par ailleurs sur la Côte Bleue, et ont particulièrement démontré l'efficacité et l'opportunité d'une telle opération dans ce secteur aux fonds particulièrement productifs.

13. Bibliographie

Abric J. C. (1994) – Pratiques sociales et Représentations. Paris, PUF

ANTEA (mai 2000) – La Falaise au Sud-Ouest de la Société Nautique du Rouet Plage – Diagnostic des menaces – Proposition de solutions de confortement (étude A 19827A).

BCEOM (2006) – Plan de Gestion du Parc Marin de la Côte Bleue – Phase 1 et 2 : Etat des lieux et diagnostic.

Beck U. (1986) – La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité. Paris, Aubier, 2001.

Bodéré J.C., Cribb R., Curr R., Davies P., Hallégouët B., Meur C., Piriou P., Williams A.T., Yoni C. (1994) - Vulnérabilité des dunes littorales : mise au point d'une méthode d'évaluation, études de cas dans le sud du Pays de Galles et l'ouest de la Bretagne. Cahiers Nantais, n° 41-42, p. 197-203.

BRGM Editions – cartes géologiques de la région de Marseille-Martigues (Marseille : 1/250 000 et Martigues : 1/50 000).

Chamboredon J. C. (1980) – Les usages urbains de l'espace rural : du moyen de production au lieu de récréation, Revue Française de Sociologie 21 (1).

Dewez T., Gebrayel D., Lhomme D. et Robin Y. (2008) - Quantification de l'évolution des côtes sableuses et rocheuses par photogrammétrie et lasergrammétrie. Conférence de la Société Hydrotechnique de France, « Nouvelles Approches Sur Les Risques Côtiers », Paris 30-31 Janvier 2008.

Dewez T., Chamblas G., Lasseur E., Vandromme R. (2008) – Five seasons of coastal erosion at Mesnil Val, Upper Normandy (France) : phenomenology of chalk cliff collapse surveyed with a terrestrial laser scanner. Geomorphology.

Dewez T., Rohmer J., Closset L. (2007) – Laser survey and mechanical modelling of chalky sea cliff collapse in Normandy, France, in : McInnes R., Jakeways J., Fairbanks H., Mathie E. (Eds.), Landslides and climate change, challenges and solutions, Taylor and Francis edLondon, pp.281-288.

Douglas M. (1983) – Risk and Culture, Université de Californie.

Duquet J.-B. (2000) – Falaise du Sud Ouest de la Société Nautique du Rouet Plage – Diagnostic des menaces. Proposition des solutions de confortement. Rapport Antea A19287A.

DussaugePeisser C., Helmstetter A., Grasso J.-R., Hantz D., Desvarreux P., Jeannin M., Giraud A. (2002) – Probabilistic approach to rock fall hazard assessment : potential of historical data analysis. *Natural Hazards and Earth System Science*. 2, 15-26.

Flanquart H., Hellequin A.-P., Deldreuve V. et Deboudt P. (2006) – Identité sociale et perception du risque côtier.
Fondasol (1979) – Istres : Glissement de terrain « Les Heures Claires », compte rendu. Rapport Fondasol RM/JH/279.009.

Guide LCPC (2001) – Parades contre les instabilités rocheuses. Collection Environnement, Les risques naturels _ MATE.

Gieux G. (1968) - Etude tectonique de la région de Marseille, Thèse.

Gieux G. et al.(2008) - Etude tectonique de la région de Marseille, deuxième édition BRGM / Jeanne Laffite.

Institut français de l'environnement (2005) – La perception des risques naturels – Les données de l'environnement, n°99.

IPCC/GIEC (2007) - Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques, 4ème Rapport d'évaluation du Groupe de Travail I, Résumé à l'attention des décideurs (traduction provisoire non officielle), France, février 2007.

IPSL, Météo France (2007) - Livre Blanc ESCRIME – Etude des Scénarios Climatiques, janvier
Manche Yves (2000) Analyse spatiale et mise en place de systèmes d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagne face aux risques naturels. Thèse Université Joseph Fourier – Grenoble 1. U.F.R. de géographie.

Lebeart L., Morineau A. et Piron M. (2000) – Statistique exploratoire multidimensionnelle, 2^{ème} et 3^{ème} cycle – Paris, Dunod 3^{ème} édition.

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

Marçot N. (2007) – Prise en compte de la problématique des risques liés aux falaises côtières dans l'aménagement du territoire en Provence-Alpes-Côte-D'azur – Année 3 : Rapport d'avancement : Etude de segments représentatifs, propositions d'aménagement et établissement d'une méthodologie de gestion de risque communale. Rapport BGRM RP-55945-FR.

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 BGRM RP-54316-FR.

Marçot N. avec la collaboration de **Mathon C.** (2005) – 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 : Complément : Qualification de l'aléa instabilités de falaises sur le littoral de l'Etang de Berre et des îles habitées de la région PACA. Rapport BGRM RP-53951-FR.

Marçot N. avec la collaboration de **Mathon C.** (2004) – Prise en compte de la problématique 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 BGRM RP-52829-FR.

Meur-Ferec C. (2006) – De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe. Mémoire HDR.

Meur-Férec C., Deboudt Ph., Morel V, Longuépée J. (2006) - La vulnérabilité des territoires côtiers à l'érosion : vers une prise en compte des risques dans la gestion intégrée des zones côtières. Actes du colloque " Prospective du littoral – Prospective pour le littoral", Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 1 - 2 mars 2005, Paris.

Nations Unies (1992) – Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la Gestion des Catastrophes. INDR, 83p.

Nicaise J.-B. et Payany M. (2001) – Commune de Carry-le-Rouet – Sentier Littoral Secteur « Port de Carry – Port du Rouet ». Détermination de l'aléa chutes de pierres et de masses rocheuses. Recherche de solutions de mise en sécurité. Rapport CETE Méditerranée. Réf : JBN/MP – H01/209

Pauly J.-C. (2008) – Avis suite à écroulement de falaise, commune de Carry-le-Rouet. Rapport provisoire CETE Méditerranée

Saporta G. (1990) – Probabilités, Analyse des données et statistique – Paris Technip.

Terra S. – Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente. Série n°05 M05 – Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale – MEDD.

Treich Nicolas (2005) – L'Analyse Coût-Bénéfice de la Prévention des Risques. LERNA-INRA, Université de Toulouse, version préliminaire.

Treich Nicolas (2007) – Cours : L'analyse Coût-Bénéfice appliquée à la prévention des risques. Lerna, Inra, Université de Toulouse, France. Institut pour une culture de la Sécurité Industrielle (ICSI).

RiskYdrogé (2004-2006) - Risques hydro-géologiques en montagne : parades et surveillance, Guide Pratique "investigations, instrumentation et parades en matière de risques hydro-géologiques : état des connaissances dans l'Arc alpin" - INTERREG III A, Projet n°179, ex n° 046.

Verges P. (2001) – L'analyse des représentations sociales par questionnaires – Revue française de sociologie.

Sites Internet

Evénements mouvements de terrain historiques : www.mouvementsdeterrain.fr

Projet Eurosion : www.eurosion.org

Rapports du GIEC (groupe intergouvernemental d'experts du climat) 2007 : www.ipcc.ch

INSEE www.insee.fr

Portail de la prévention des risques majeurs www.prim.net

Presse <http://www.varmatin.com>

Parc Marin de la Côte Bleue <http://www.parcmarincotebleue.fr/>

BRGM <http://www.brgm.fr>

Conseil Régional www.regionpaca.fr

DREAL www.paca.developpement-durable.gouv.fr

Société ATM3D www.atm3d.com

MEEDDAT : <http://www.ecologie.gouv.fr>

