



**Tsunamis : étude de cas au
niveau de la côte
méditerranéenne française**

Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française

Liste des rapports

Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2 000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis- Rapport intermédiaire (Terrier M., 2007, Rapport BRGM/RP - 55353 –Fr)

Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale - Mouvements de terrain côtiers de grande ampleur- Rapport intermédiaire (N. Marçot, B. Colas, M. Terrier, 2007, Rapport BRGM/RP- 55356 –Fr)

Zonage des mouvements de terrain sous-marins sur le plateau et talus continental au large des côtes françaises. (Cattaneo A., 2007, Rapport IFREMER DCB/GM/LES/07-17)

Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française - Modélisation numérique des tsunamis. Rapport intermédiaire. (Pedreros, R et Poisson, B., 2007, Rapport BRGM/RP - 55760 –Fr)

Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française - Rapport de synthèse. (Terrier M., Pedreros R., Poisson B., 2007, Rapport BRGM/RP - 55765 –Fr)

Document public



Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale

Mouvements de terrain côtiers de grande ampleur

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-55356-FR

Juillet 2007





Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale

Mouvements de terrain côtiers de grande ampleur Rapport intermédiaire

BRGM/RP-55356-FR
Juillet 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2006 – PSP06ARN80

N. Marçot, B. Colas et M. Terrier

Vérificateur :

Nom : Ch. Mathon

Date : 24/09/07

Signature :

Approbateur :

Nom : Th. Winter

Date : 24/09/07

Signature :

(Ou Original signé par)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : mouvements de terrain, côte, tsunami, Méditerranée

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

N. Marçot, B. Colas, M. Terrier (2007) - Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale - Mouvements de terrain côtiers de grande ampleur- Rapport intermédiaire, Rapport BRGM-RP- 55356 –Fr, 37p., 10 fig.

Synthèse

Dans le cadre du Plan Séisme, l'Etat français a confié au BRGM une « étude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale ». Ce projet fait l'objet d'une convention Ministère français de l'Ecologie et du Développement Durable et BRGM, n° CV 05000195.

Dans le cadre de ce projet, une des premières étapes de l'étude concerne l'identification des sources tsunamigéniques sismiques ou mouvements de terrain. Sur cette base, des scénarios a priori les plus catastrophiques plausibles doivent être choisis pour la simulation de tsunamis.

C'est dans ce cadre que le travail présenté dans le présent rapport a été réalisé. Sachant que les secteurs identifiés comme a priori pouvant être le lieu de départ en grande masse de terrain présentent une probabilité faible à très faible de déstabilisation brutale de plusieurs centaines de milliers m³.

Même en considérant une probabilité faible, quel que soit le secteur considéré, les volumes maxima susceptibles d'être générés en cas de départ en grande masse restent inférieurs à 1 million de m³. Néanmoins, six secteurs principaux avec pour certains des volumes de plusieurs centaines de m³ sont distingués le long de cette côte :

- Cap Canaille (Bouches-du-Rhône)
- Le Revestel (Bouches-du-Rhône)
- Cap Nègre (Var)
- Falaise d'Eze (Alpes Maritimes)
- Cap Béar (Pyrénées Orientales)
- Falaise de Bonifacio (Corse du Sud)

S'agissant de la capacité à générer des tsunamis, les secteurs identifiés dans ce rapport ne tiennent pas compte de la profondeur de l'eau en pied de falaise.

Concernant les sources d'origine gravitaire, ce rapport s'inscrit en annexe de celui relatif au zonage des mouvements de terrain du plateau et talus continental au large des côtes de la Méditerranée française (Cattaneo, 2007).

Par ailleurs, en fin de ce rapport, le résumé des résultats des travaux de Géosciences Azur sur la cartographie événementielle des mouvements de terrain au large de la côte d'Azur est présenté. Cette partie vient compléter les résultats acquis dans le cadre du zonage des mouvements de terrain sous-marins réalisé par l'IFREMER pour l'étude préliminaire de l'aléa tsunami.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Mouvements de terrain de grande ampleur possibles le long des falaises côtières	9
2.1. REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	9
2.2. REGION LANGUEDOC- ROUSSILLON.....	19
2.3. REGION CORSE.....	19
3. Résumé des travaux du GIS Curare à l'étude du risque de tsunamis lié aux instabilités marines au large de la côte d'Azur	23
4. Conclusion	29
Références bibliographiques citées	33

Liste des illustrations

Figure 1 – Etudes réalisées en 2006-2007 par le BRGM dans le cadre du Plan Séisme, volet tsunamis	7
Figure 2 – Place du présent rapport dans le cadre du projet d'étude préliminaire de l'aléa tsunami des côtes méditerranéennes françaises.....	8
Figure 3 – Liste des secteurs de la côte PACA susceptibles de présenter des mouvements de terrain avec des volumes maximaux déstabilisés au moins égaux à 100 000 m ³	10
Figure 4 - Localisation à 1/100 000 des zones suceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse, d'après Marçot et Mathon (2003).....	10
Figure 5 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse à proximité de la Franqui (département de l'Aude).....	20
Figure 6 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse entre Port-Vendres et Cerbère (département des Pyrénées orientales)	21
Figure 7 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse -Falaises côtières de Bonifacio et Cap Pertusato, Corse du Sud	22
Figure 8 - Carte morphostructurale préliminaire de la pente ligure au large de Nice, localisation des niches d'arrachements de glissements passés ou actuels (en rouge), d'après Gis-Curare (Ruellan et al., 2007)	24
Figure 9 – Les principales zones à aléa effondrement côtier majeur identifiées sur le littoral méditerranéen français.....	30
Figure 10 - Vues des principaux secteurs de mouvements de terrain côtiers.....	31

1. Introduction

A la fin de l'année 2005, le Ministère français de l'Ecologie et du Développement Durable a mis en place une série d'actions destinées à réduire la vulnérabilité de la France au risque sismique. Ces actions sont rassemblées dans le cadre d'un programme national de prévention du risque sismique, intitulé « **Plan Séisme** ». Ce plan intègre un chantier sur la « prévention du risque de tsunami ».

Dans le cadre de ce chantier, l'Etat français a confié au BRGM (Figure 1) :

- 1) la réalisation d'une base de données historiques sur les tsunamis,
- 2) deux études préliminaires de l'aléa tsunami sur les côtes françaises méditerranéennes et antillaises. L'objectif de cette première approche est d'évaluer la sensibilité globale des côtes françaises au phénomène de tsunamis et de localiser les zones a priori les plus exposées.

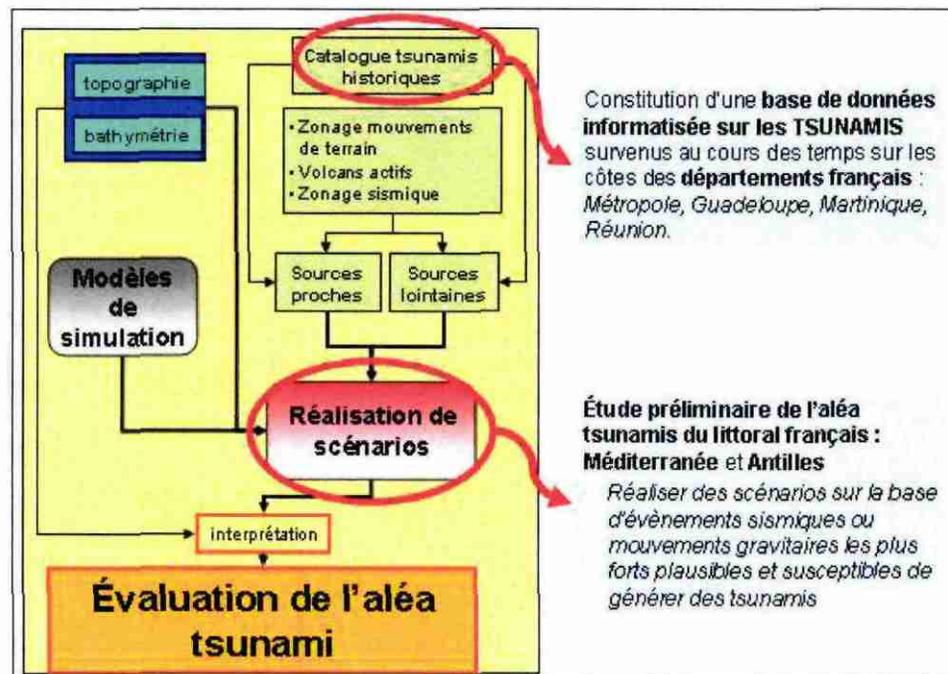


Figure 1 – Etudes réalisées en 2006-2007 par le BRGM dans le cadre du Plan Séisme, volet tsunamis

Le présent rapport s'inscrit dans l'étude préliminaire de l'aléa tsunami de la côte méditerranéenne française.

Il concerne l'identification des zones côtières susceptibles de subir des mouvements de terrain de grande ampleur (plusieurs centaines de milliers de m³). Il complète les

résultats acquis dans le cadre du zonage des mouvements de terrain sous-marins au large de la côte méditerranéenne française (rapport IFREMER, Cattaneo, 2007).

En outre, les résultats acquis par le laboratoire de Géosciences Azur (UMR 6526) dans le cadre du Gis Curare sur les mouvements de terrain au large de Nice sont résumés en fin de rapport. La carte événementielle obtenue est un complément très précis au zonage à 1/500 000 (rapport IFREMER).

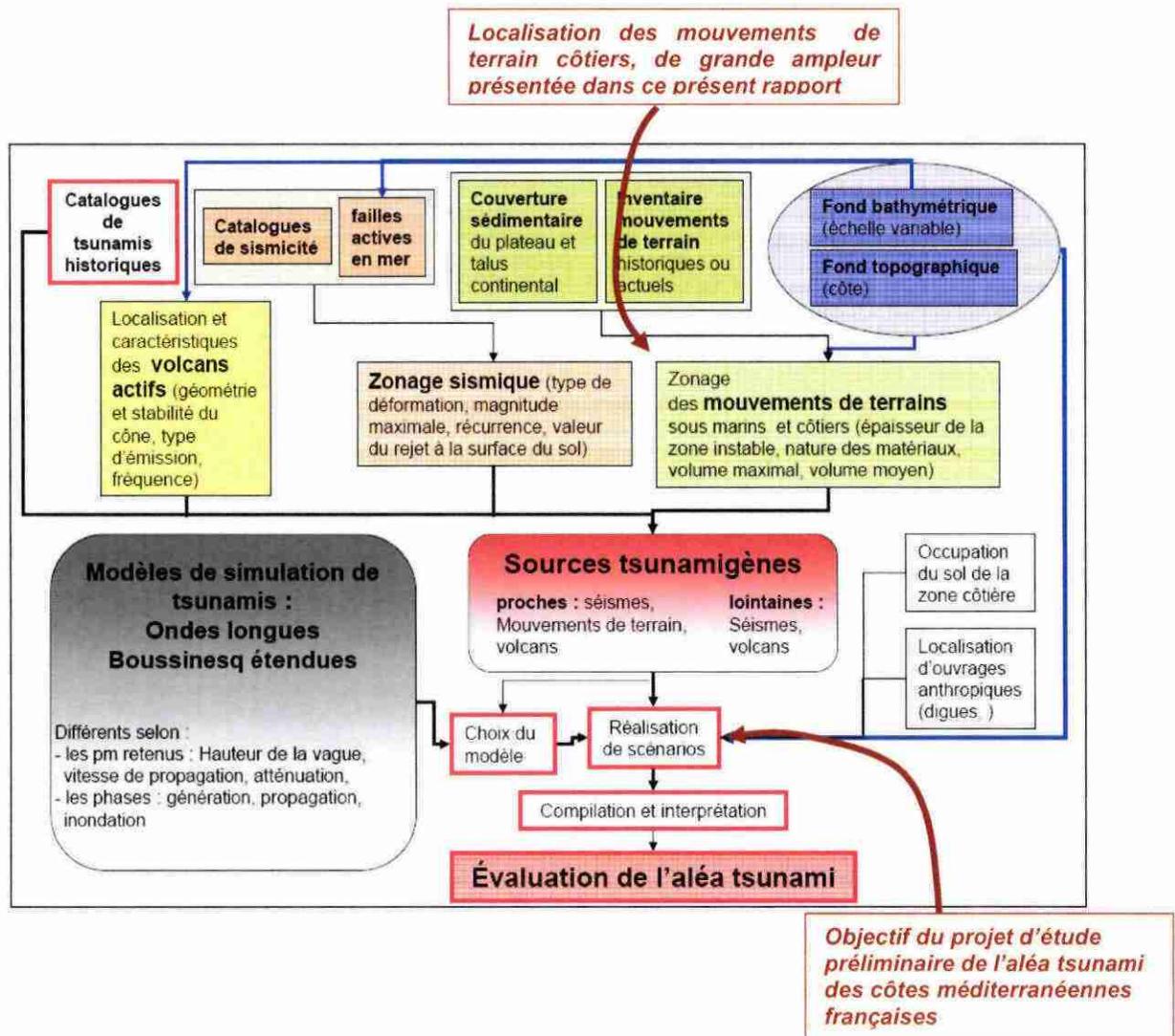


Figure 2 – Place du présent rapport dans le cadre du projet d'étude préliminaire de l'aléa tsunami des côtes méditerranéennes françaises

2. Mouvements de terrain de grande ampleur possibles le long des falaises côtières

Les mouvements de terrain que subissent les falaises côtières font partis des différents phénomènes susceptibles de générer un tsunami dans la mesure où la dimension de la masse écroulée est suffisante (plusieurs centaines de milliers de m³) et que la zone de réception du mouvement de terrain correspond à une zone immergée avec une tranche d'eau de plusieurs mètres d'épaisseur.

2.1. REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

En ce qui concerne la région PACA, l'étude de l'aléa instabilités de falaises côtières réalisée par le BRGM en 2003 (Marçot et Mathon, 2003) est le document pris en référence pour cette partie du présent rapport.

L'aléa instabilités de terrain y a été initialement évalué sur l'ensemble du linéaire côtier de la région, en quatre classes : nul à faible, faible, moyen, fort. Parmi les principaux types de mouvements de terrain, il s'agit de phénomènes éboulements, chutes de blocs et glissements de terrain.

Sur cette base, au total 17 secteurs susceptibles de subir des instabilités de versant avec mobilisation brutale de terrain pour un volume d'au moins 100 000 m³ sont identifiés au niveau du littoral de la région PACA (Figure 3, Figure 4).

Parmi ces différents sites, on cite plus particulièrement les secteurs :

- du Cap Canaille et du Revestel (à proximité de Cassis, Bouches-du-Rhône),
- du Cap Nègre (Var),
- des falaises d'Eze (Alpes maritimes).

Des instabilités avec des volumes dépassant très largement 500 000 m³ y sont possibles.

Figure 3 – Liste des secteurs de la côte PACA susceptibles de présenter des mouvements de terrain avec des volumes maximaux déstabilisés au moins égaux à 100 000 m³

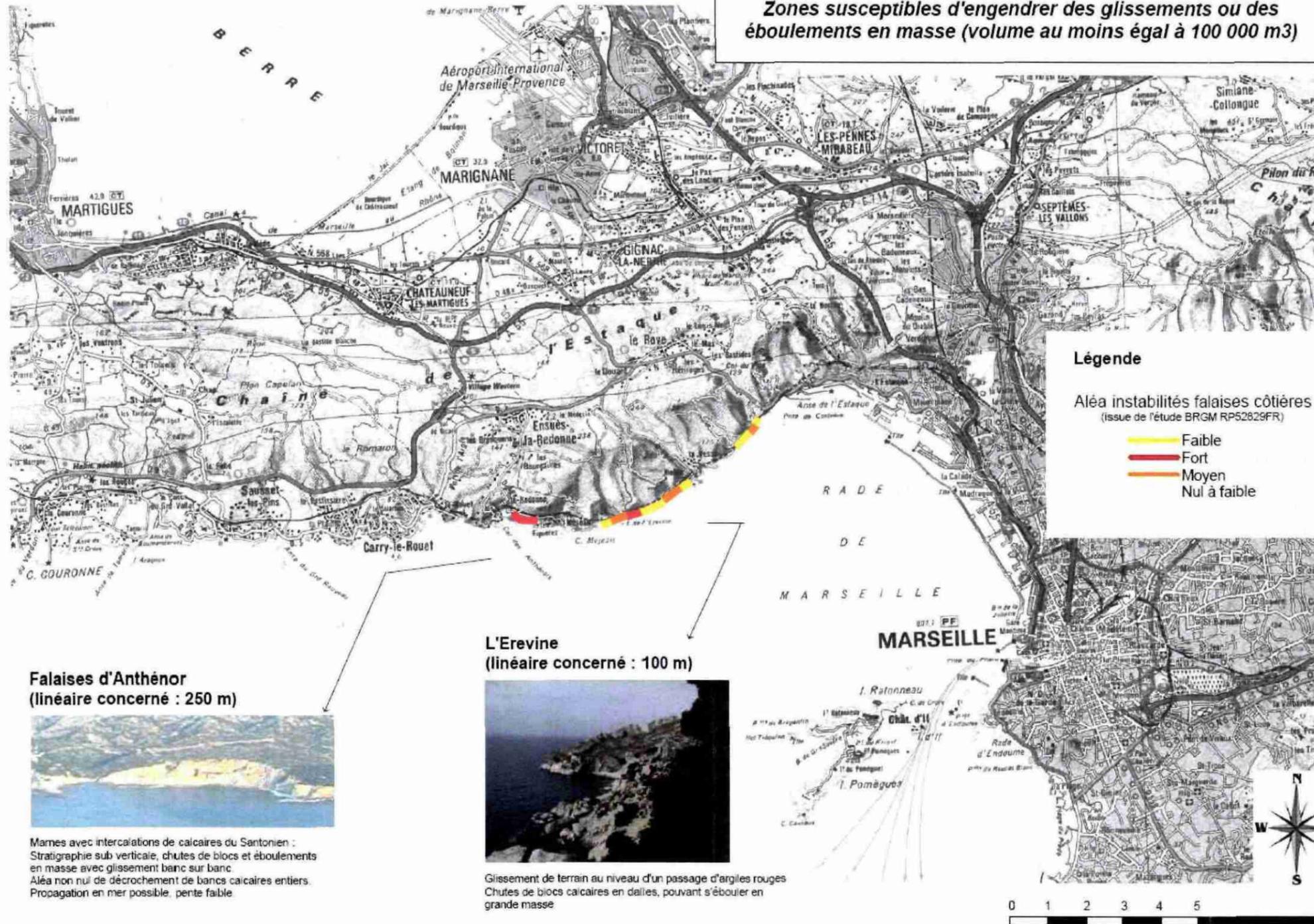
	Site	Volume estimé
1	Anthénor (Côte Bleue - 13)	100 000
2	Erevine (Côte Bleue - 13)	100 000
3	Escu (Calanques - 13)	500 000
4	Pierres tombées (Calanques - 13)	400 000
5	St Jean de Dieu (Calanques - 13)	400 000
6	Devenson (Calanques - 13)	500 000
7	Le Revestel (Cassis - 13)	960 000
8	Cap Canaille (Cassis - 13)	800 000
9	Grenier / Fauconnieres (83)	320 000
10	La Moutte (83)	500 000
11	Bau Rouge (83)	300 000
12	Salis (Giens - 83)	360 000
13	Miladou Ouest (Port-Cros - 83)	150 000
14	Gobis Est (Port-Cros - 83)	500 000
15	Cap Bénat (83)	400 000
16	Cap Nègre (83)	750 000
17	Eze (06)	800 000

Figure 4 - Localisation à 1/100 000 des zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse, d'après Marçot et Mathon (2003)

(pages 11 à 17 suivantes)



Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)





Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



Légende

Aléa instabilités falaises côtières
(issue de l'étude BRGM RP52629FR)

- █ Faible
- █ Fort
- █ Moyen
- █ Nul à faible

Calanque de l'Escu
(linéaire concerné : 500 m)



Secteur très sensible car niveaux dolomitiques à la base très instables produisant des blocs, fracturation importante et accidents tectoniques. Possibilité d'éboulements en masse (blocs volumineux pouvant atteindre 40 m³), sous cavage dans niveaux mameux.

Calanque des Pierres tombées
(linéaire concerné : 200 m)



Alternance régulière des calcaires et des marnes avec érosion intense des niveaux mameux d'où déstabilisation de blocs calcaires. Possibilité de départ en masse.

Calanque de Saint Jean de Dieu
(linéaire concerné : 100 m)



Ebouils de pente récents faiblement cimentés montrant des traces d'anciens glissements pouvant se remobiliser en masse. Egalement présence de gros blocs éboulés : zone d'épandage bien visible avec des blocs de plusieurs dizaines de m³.

Calanque de Devenson
(linéaire concerné : 500 m)



Ebouils de pente récents faiblement cimentés montrant des traces d'anciens glissements pouvant se remobiliser en glissement en masse. Egalement gros blocs éboulés : zone d'épandage bien visible avec blocs (dizaine de m³) et traces de glissements.

Le Revestel
(linéaire concerné : 600 m)



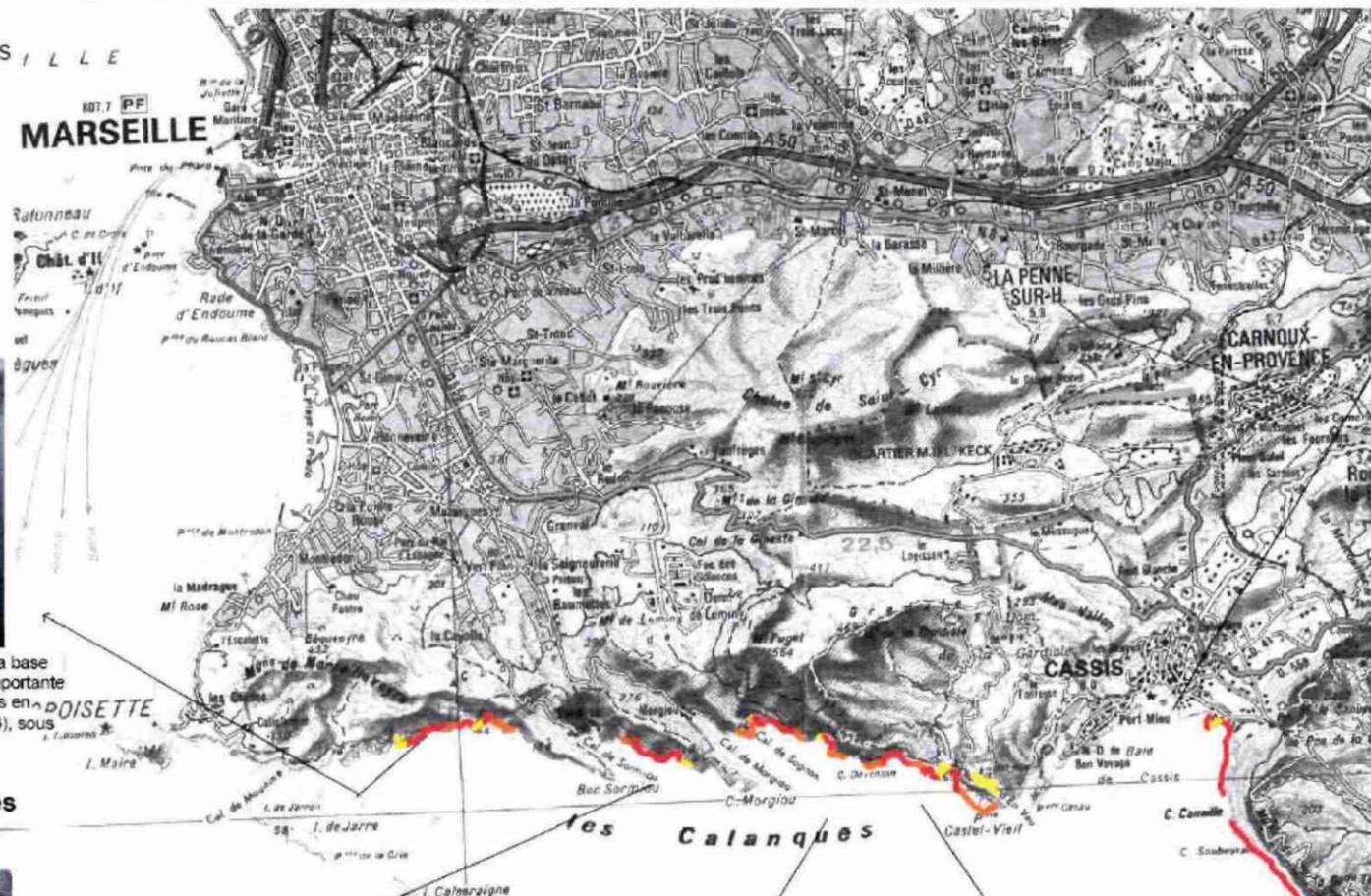
Grands glissements dans les marnes et grès au pied du Cap Canaille, traces de ravinement. Nature des matériaux peu indurés et donc remobilisables rapidement. Erosion rapide des marnes et pente importante du talus, donc aléa fort de départ en masse.

Cap Canaille
(linéaire concerné : 3 km)

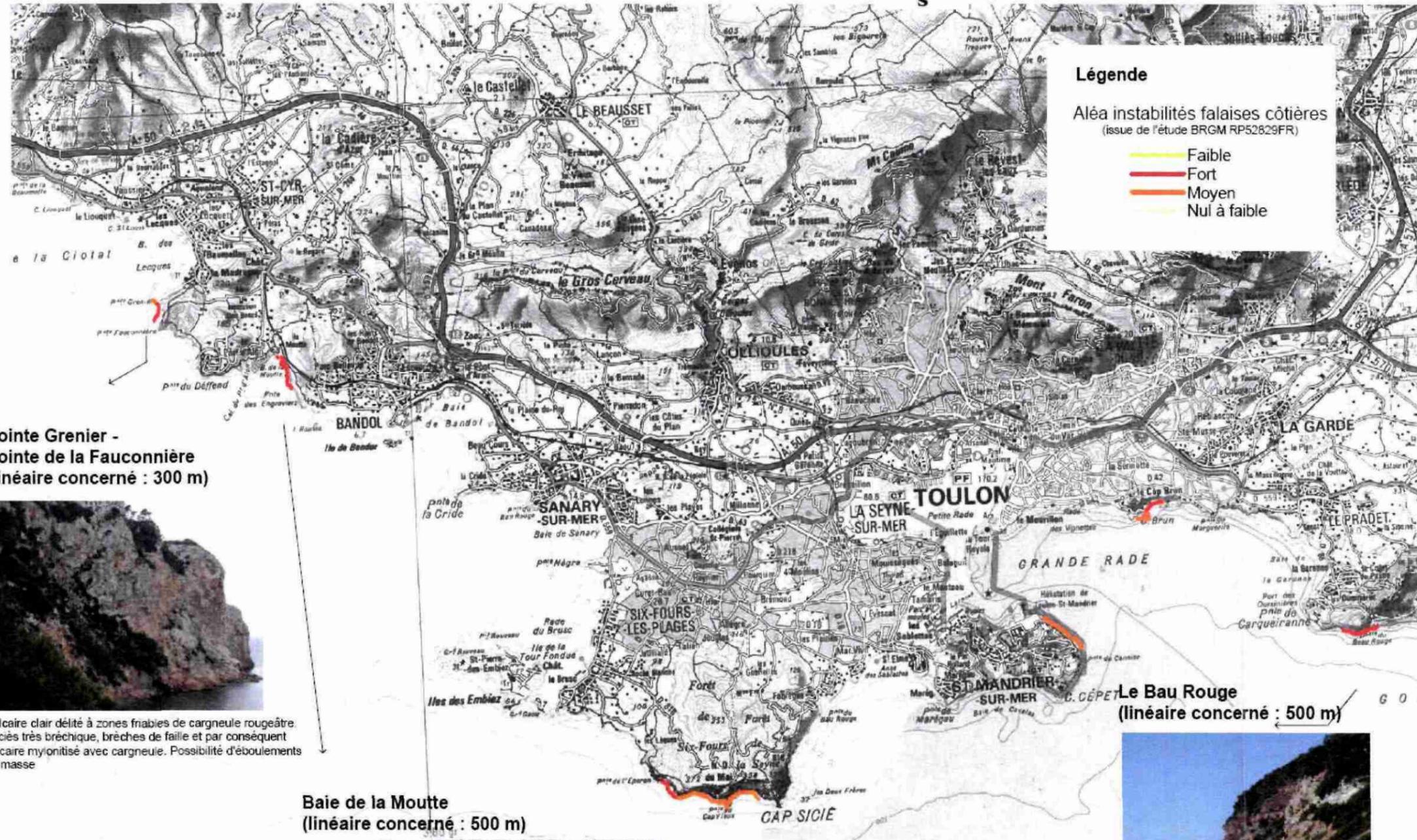
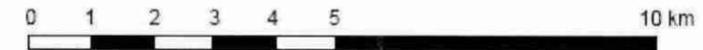


Action marine et éolienne dans la formation des sous cavage sur les poudingues de Soubeyran en pied de falaise. Déstabilisation de certains galets par érosion rapide de la matrice gréseuse au niveau de la barre rocheuse, d'où chutes de blocs.

Les chutes de blocs peuvent être plus importante et se transformer en éboulement en masse.



Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



Légende

Aléa instabilités falaises côtières
 (issue de l'étude BRGM RP52829FR)

- Faible
- Fort
- Moyen
- Nul à faible

**Pointe Grenier -
 Pointe de la Fauconnière
 (linéaire concerné : 300 m)**



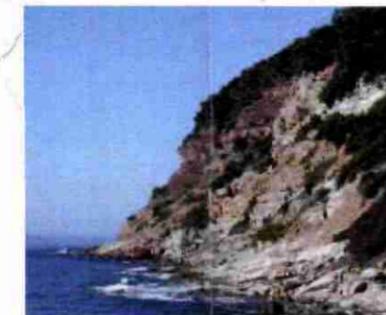
Calcaire clair délité à zones friables de cargneule rougeâtre. Faciès très bréchiqe, brèches de faille et par conséquent calcaire myonitisé avec cargneule. Possibilité d'éboulements en masse

**Baie de la Moutte
 (linéaire concerné : 500 m)**



Ecaillies et blocs en équilibre au sommet des falaises : chutes de blocs abondantes pouvant se transformer en éboulements plus conséquents. Talwegs terreux, argileux où ravinements et glissements de terrain.

**Le Bau Rouge
 (linéaire concerné : 500 m)**



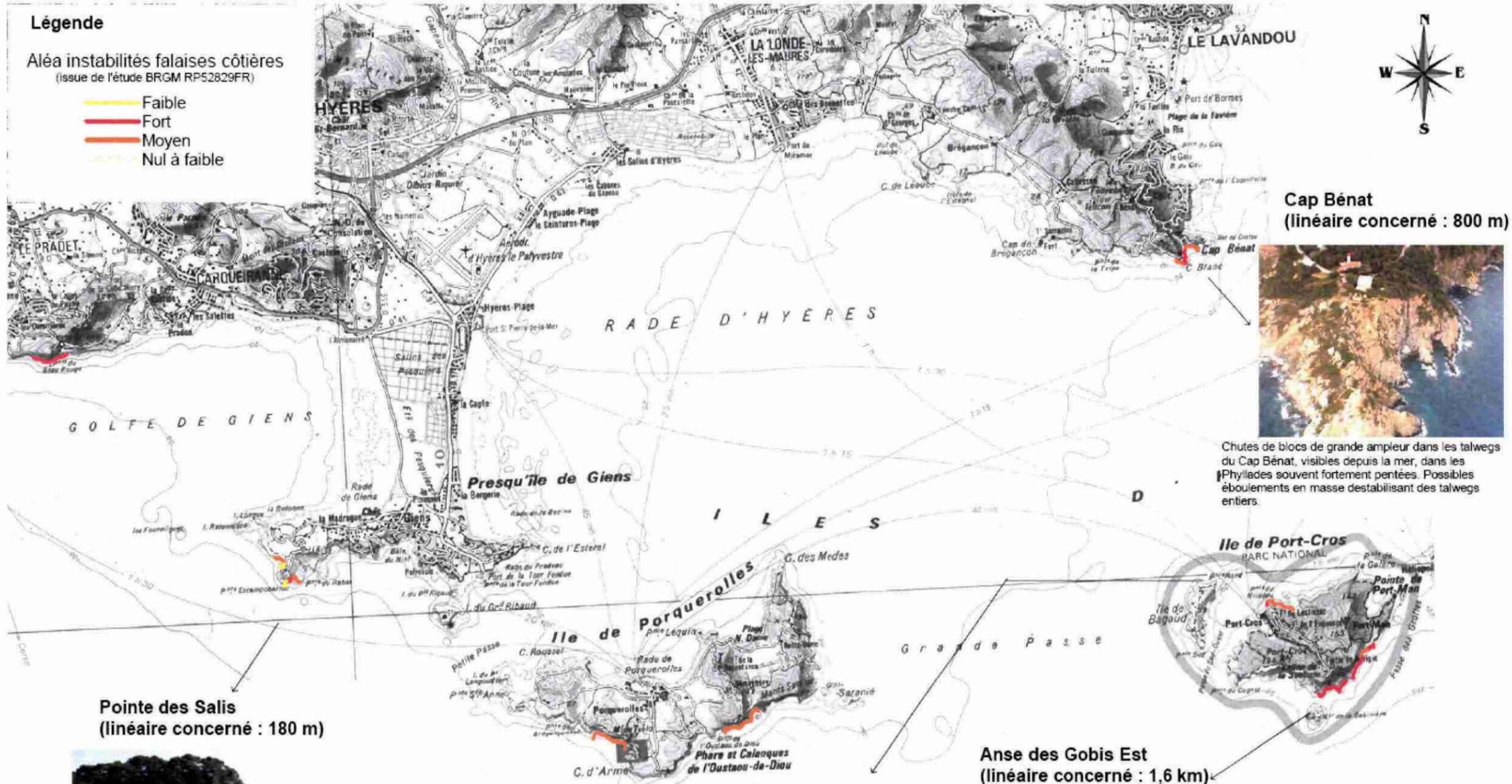
Erosion différentielle importante due à l'alternance de niveaux de compétences différentes, chutes de blocs par déstabilisation

Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



Légende
 Aléa instabilités falaises côtières
 (issue de l'étude BRGM RP52829FR)

- Faible
- Fort
- Moyen
- Nul à faible



Cap Bénat
 (linéaire concerné : 800 m)



Chutes de blocs de grande ampleur dans les talwegs du Cap Bénat, visibles depuis la mer, dans les Phyllades souvent fortement pentées. Possibles éboulements en masse destabilisant des talwegs entiers.

Pointe des Salis
 (linéaire concerné : 180 m)



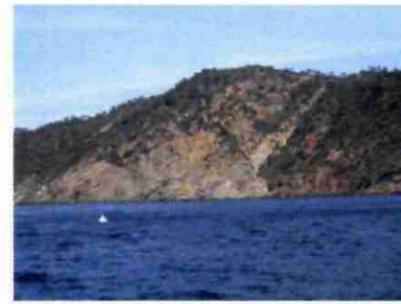
Haut escarpement de falaise de 50 m de hauteur dans les phyllades noires altérées : chutes de pierres et de blocs abondantes, et possibles éboulements

Pointe du Miladou Ouest
 (linéaire concerné : 100 m)

Traces de deux anciens glissements lents mais volumineux, marqués par deux zones montrant une morphologie "bombée" et composées de matériaux meubles (argileux) et sans structure apparente, contenant des blocs décimétriques charriés ou démantelés lors de la progression du glissement. Donc instabilités de type chutes de blocs, et glissement en cas de réactivation.



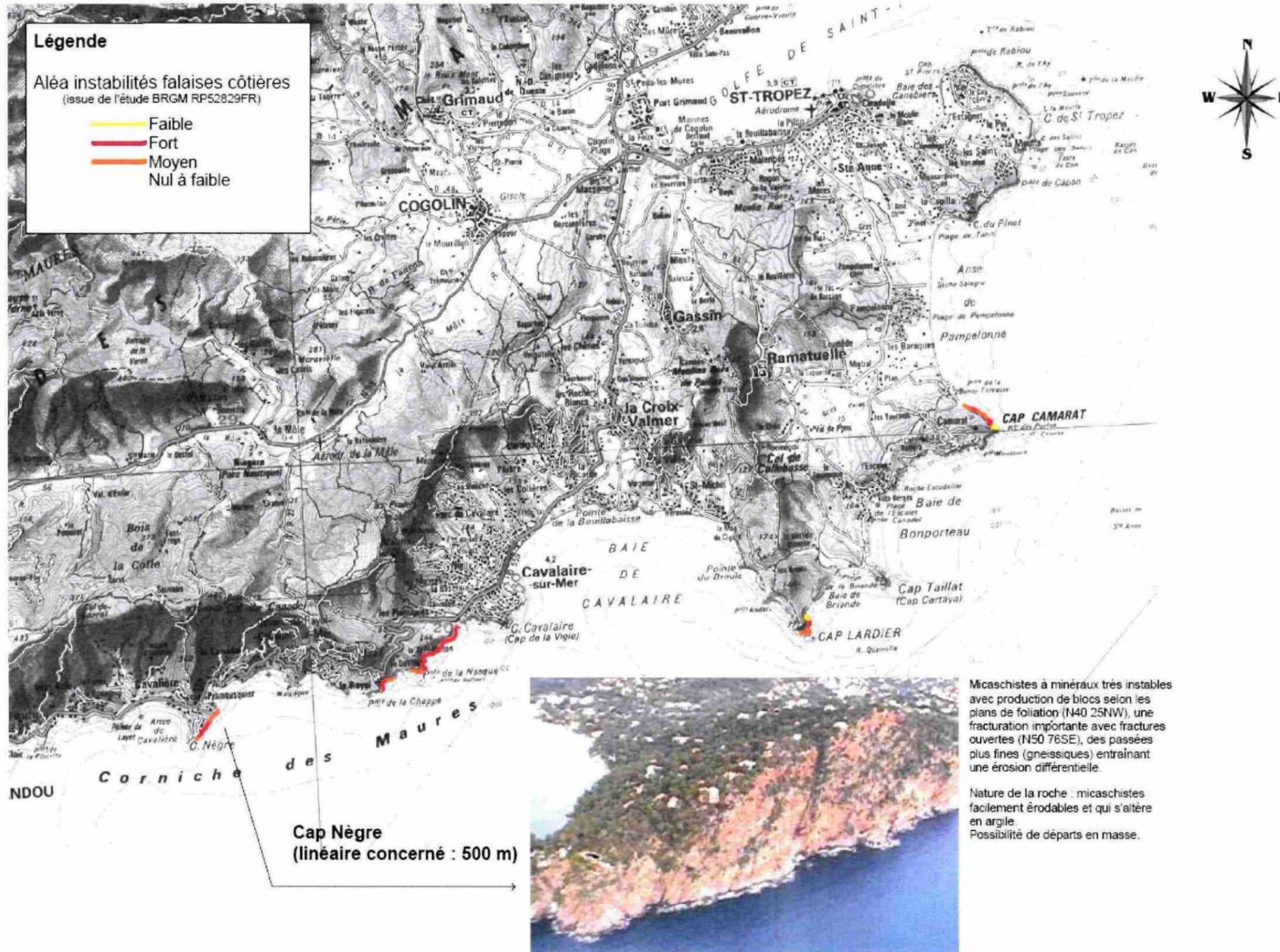
Anse des Gobis Est
 (linéaire concerné : 1,6 km)



Chutes de pierres et de blocs, éboulements en masse, glissements et ravinements dans les talwegs, érosion de type tafoni récurrente dans les niveaux micascisteux. Sur plus d'1.5 km, les falaises très escarpées dominent jusqu'à 120-130 m de hauteur.

Elles sont segmentées par le passage de gros accidents tectoniques faisant apparaître des niveaux bréchiques nombreux à blocs instables. Présence de nombreux ébouils vifs pouvant être remis en mouvements par des précipitations importantes

Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



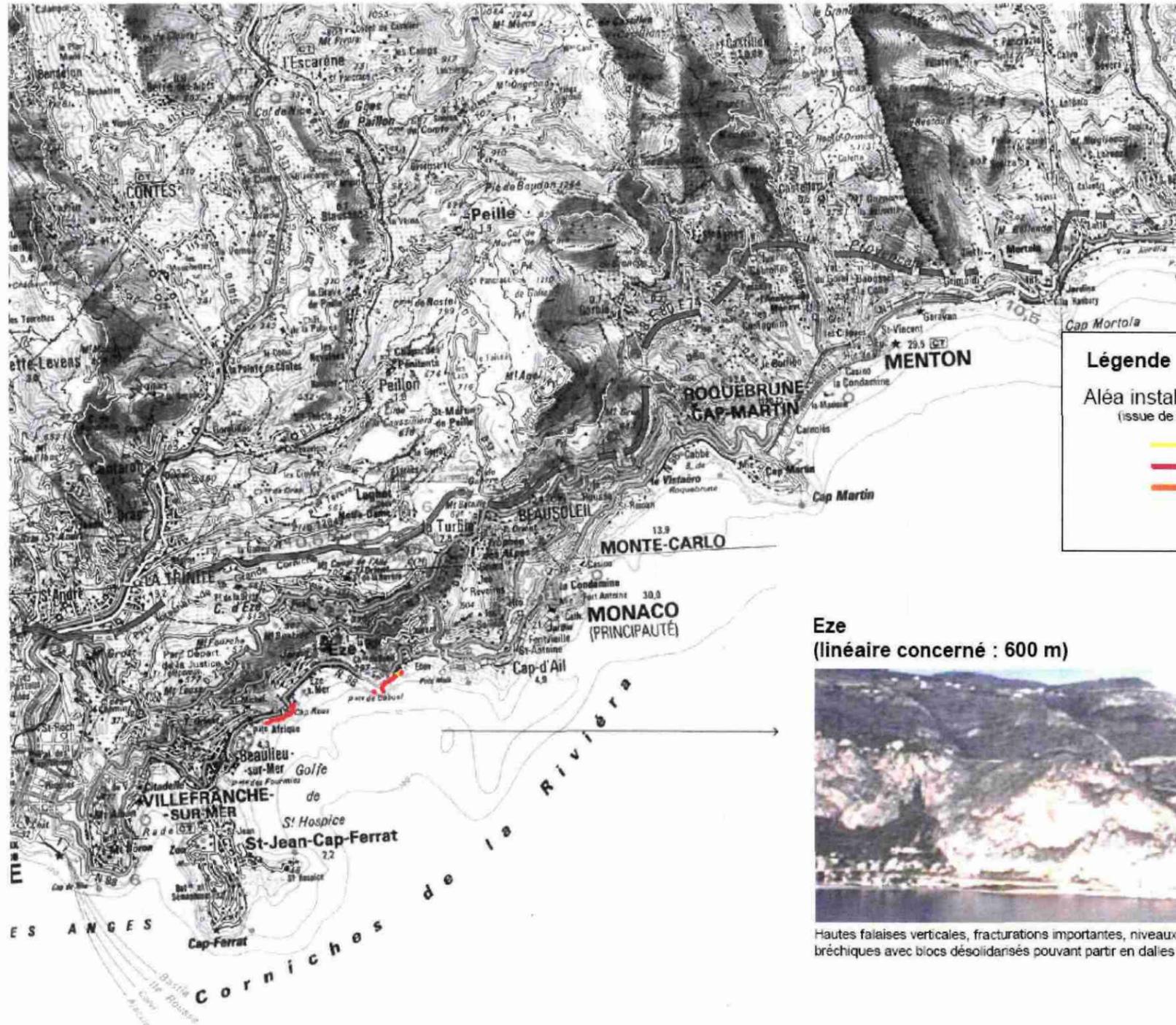
Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



Légende
 Aléa instabilités falaises côtières
 (issue de l'étude BRGM RP52829FR)

- Faible
- Fort
- Moyen
- Nul à faible

Zones susceptibles d'engendrer des glissements ou des éboulements en masse (volume au moins égal à 100 000 m³)



Légende
Aléa instabilités falaises côtières
(issue de l'étude BRGM RP52829FR)

- Faible
- Fort
- Moyen
- Nul à faible

Eze
(linéaire concerné : 600 m)



Hauts falaises verticales, fracturations importantes, niveaux bréchiques avec blocs désolidarisés pouvant partir en dalles volumineuses.

2.2. REGION LANGUEDOC- ROUSSILLON

Seule l'extrémité Ouest du littoral Languedoc-Roussillon, à proximité de La Franqui (au nord de l'étang de Leucate) d'une part, et entre Port-Vendres (département des Pyrénées orientales) et Cerbère d'autre part, présente des falaises côtières relativement hautes (plusieurs dizaines de mètres).

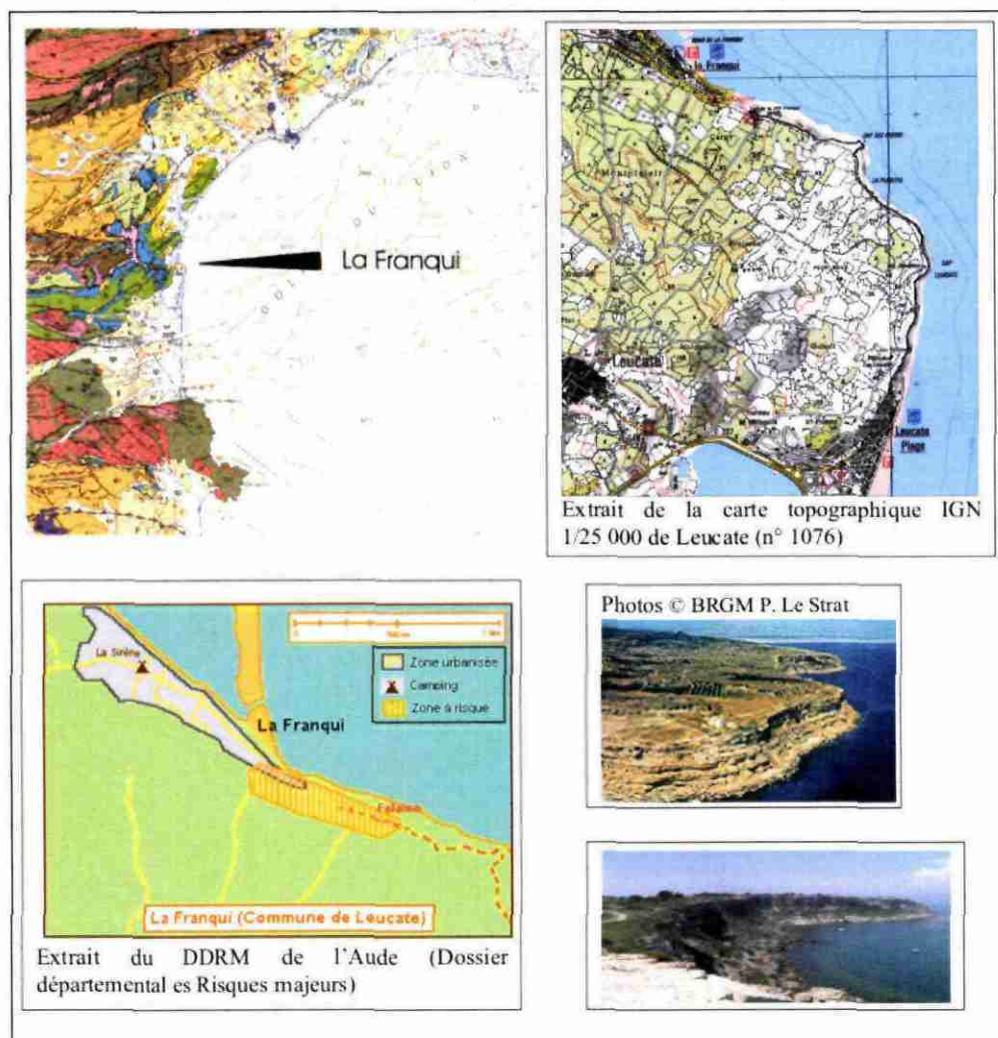
Le premier site concerne des terrains calcaires-marneux, la probabilité de départ en masse reste inférieure à 100 000 m³ (Figure 5).

Concernant les falaises au sud de Port-Vendre, il s'agit de schistes hercyniens. Des éboulements avec des départs en masse de l'ordre de 100 000 m³ ou plus n'y sont pas exclus, notamment au niveau des Cap Béar ou des falaises de Cerbère. Néanmoins la probabilité d'un éboulement avec un tel volume reste très faible, voire peu probable (Figure 5).

2.3. REGION CORSE

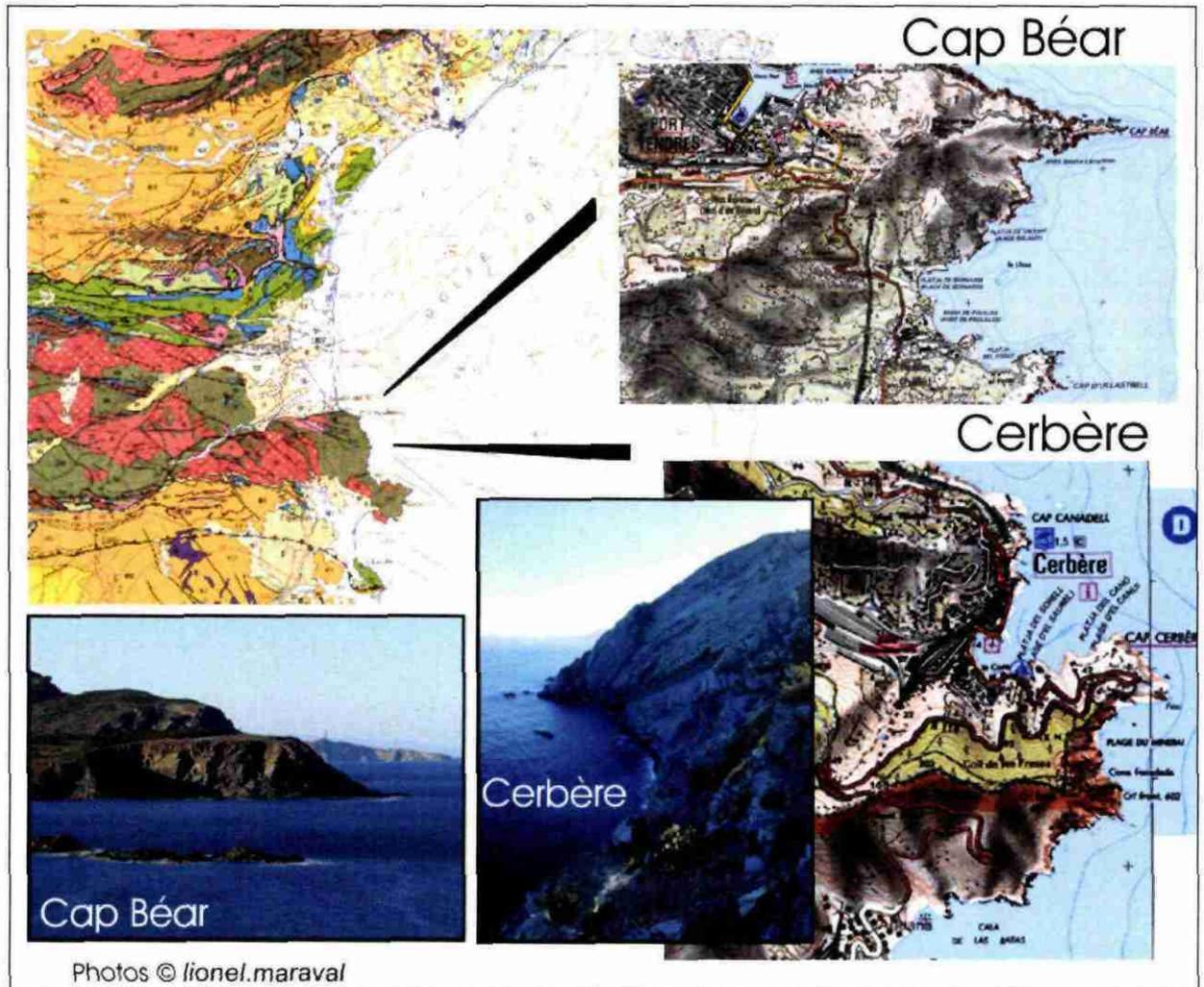
La Corse a fait l'objet d'une cartographie des mouvements de terrain à 1/100 000 (Sedan et al., 1998 ; Colas et Sedan, 2001). Sur cette base, le seul secteur identifié pour sa susceptibilité d'effondrement côtier avec un volume au moins égal à 100 000 m³ est celui relatif aux falaises de Bonifacio (Figure 7). Les terrains concernés correspondent à une alternance de bancs de marnes et calcaires.

Figure 5 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse à proximité de la Franqui (département de l'Aude)



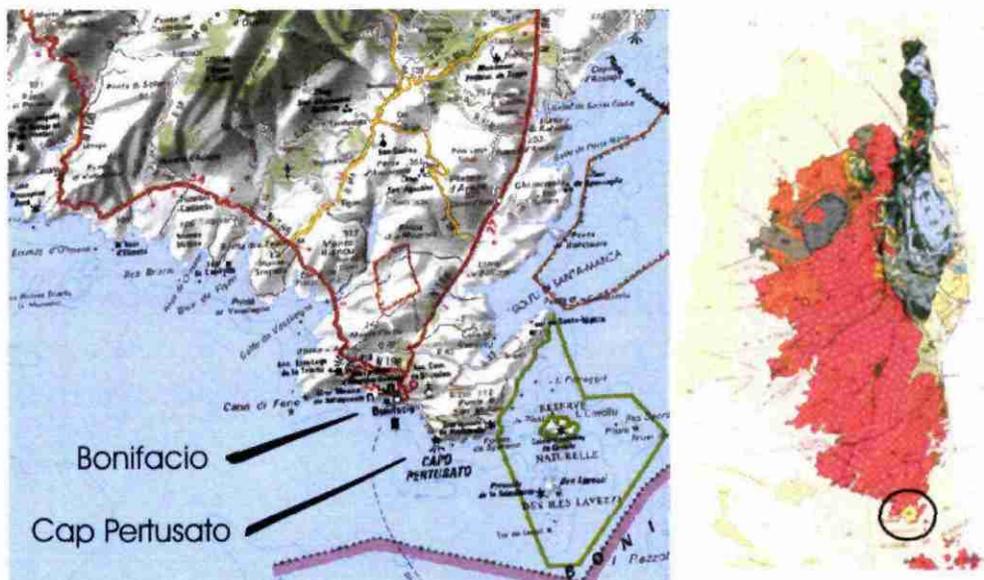
contexte géologique :	<ul style="list-style-type: none"> • Pliocène moyen continental ; • Calcaires lacustres et marnes plus ou moins calcaires en alternance • Interlits argileux fréquents, niveaux conglomératiques locaux • Stratification sub-horizontale, fracturation principale verticale
type de mvt	<p>Écroulement / basculement de tête de falaise à la faveur des plans sub-verticaux parallèles à la côte. Erosion différentielle des versants et éboulements récurrents régressifs depuis les zones érodées, puis écroulement</p> <p><i>Remarque : butée de pied existante (éboulis) qui ralentit le processus d'érosion marine et météorologique (au contraire de de Bonifacio par endroit)</i></p>
géométrie de la zone déstabilisée	<ul style="list-style-type: none"> • largeur en front de mer : # 100 m • profondeur rupture < 10 m • hauteur max. 50 m
distance de propagation a priori	Limitée, contexte de zone éboulée en pied
probabilité de rupture globale estimée	Faible
remarque :	100 000 m ³ peu probable

Figure 6 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse entre Port-Vendres et Cerbère (département des Pyrénées orientales)



contexte géologique :	<ul style="list-style-type: none"> • Paléozoïque – série cambro-ordovicienne • Pélites, grès, grauwackes : série métamorphique schisteuse Schistosité régionale globalement EW à pendage variable (nord ou sud)
type de mvt	Glissements plans // schistosité ou glissement dièdre en grande masse à la faveur d'accidents tectoniques
géométrie de la zone déstabilisée	<ul style="list-style-type: none"> • largeur en front de mer : < 100 m • profondeur rupture < 20 m (en dièdre) • hauteur max. # 100 m
distance de propagation a priori	fonction bathy ?
probabilité de rupture globale estimée	> 100 000 m ³ probabilité faible

Figure 7 - Localisation des zones côtières instables avec possibilité de départ en masse - Falaises côtières de Bonifacio et Cap Pertusato, Corse du Sud



contexte géologique :	<ul style="list-style-type: none"> • Miocène : molasse • Calcaires, calcaires gréseux et sables • Strati sub-horizontale
type de mvt	<ul style="list-style-type: none"> • Ecoulement / basculement de tête de falaise à la faveur des plans sub-verticaux parallèles à la côte. • Erosion différentielle en fonction de la lithologie (+ sableuse à la base sapée par la mer) et la partie haute des falaises et éboulements régressifs jusqu'à écoulement. <p>NB la formation de Bonifacio présente des indices de karstification pouvant favoriser les écoulements et créer localement des surpressions</p>
géométrie de la zone déstabilisée	<p>largeur en front de mer : < 100 m profondeur rupture < 10 m hauteur max. # 50 à 100 m</p>
distance de propagation a priori	fonction bathy ?
probabilité de rupture globale estimée	faible

3. Résumé des travaux du GIS Curare à l'étude du risque de tsunamis lié aux instabilités marines au large de la côte d'Azur

Dans le cadre des travaux de recherche soutenus par le Gis Curare (<http://curare.unice.fr/rapport/rapport.htm>), une étude détaillée sur la problématique des instabilités gravitaires en mer a été entreprise au large de la Côte d'Azur, avec notamment l'étude :

- 1) de la déformation du substratum et des dépôts sous-marins d'une part et, l'identification des zones d'instabilités, d'autre part : grâce à la construction de cartes THR (très haute résolution) de bathymétrie, d'imagerie acoustique et de géologie.
- 2) de la mécanique de la stabilité des terrains par approche de la nature et de la rhéologie des matériaux sédimentaires déposés sur le plateau et la pente continentale et impliqués dans le processus de rupture.
- 3) du déclenchement et de la dynamique des glissements, génération et propagation des tsunamis : modélisation physique et numérique, cartographie des risques de tsunamis.

Dans ce cadre, la connaissance des mouvements gravitaires sous-marins au large de la côte d'Azur devrait à moyen terme être très sensiblement améliorée notamment en ce qui concerne la géométrie des mouvements et leur probabilité de déclenchement.

Néanmoins, d'ores et déjà, les levés bathymétriques et sismiques à grande échelle réalisés dans le Bassin Ligure ces 20 dernières années, lors de campagnes océanographiques des navires de l'IFREMER et du CNRS-INSU, permettent d'observer sur la pente de nombreuses cicatrices d'arrachement de grands glissements qui se sont produits dans un passé géologique récent.

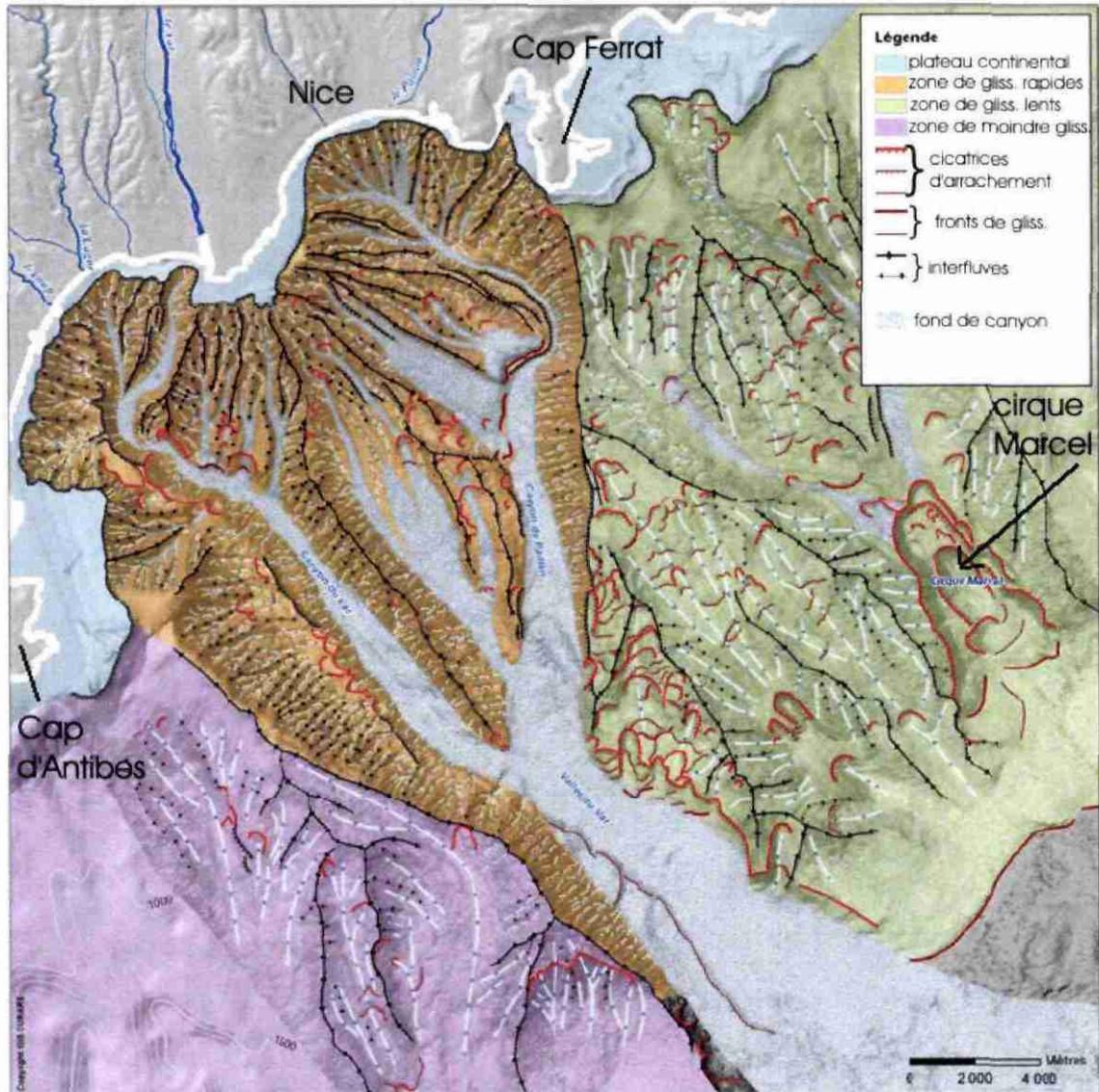


Figure 8 - Carte morphostructurale préliminaire de la pente ligure au large de Nice, localisation des niches d'arrachements de glissements passés ou actuels (en rouge), d'après Gis-Curare (Ruellan et al., 2007)

■ Ainsi, concernant les mouvements gravitaires identifiés au large de la Côte d'Azur, Ruellan et al. (2007) décrivent dans le rapport annuel du Gis Curare, (Figure 8) :

1) entre le Cap d'Antibes et le Cap Ferrat,

a) *trois classes de glissements* définies en fonction de la largeur de la masse glissée :

- classe 1 : glissements de petite taille, de largeur comprise entre 30 et 95 m
- classe 2 : glissements de taille moyenne, de largeur comprise entre 95 et 250 m
- classe 3 : glissements de grande taille, de largeur comprise entre 250 et 400 m.

b) *Dans les zones situées à proximité des embouchures du Var et du Paillon :*

- 70 à 80% des masses glissées font partie de la classe 1.
- Peu de glissements des classes 2 et 3 sont présents.
- Les volumes des glissements sont en moyenne inférieurs à 0,07 km³. Cela peut indiquer que les événements de rupture y sont toujours très fréquents, empêchant la mise en place d'importants dépôts de sédiments sous-consolidés.
- Dans ces zones où la pente et les apports sédimentaires du Var et du Paillon sont élevés, les plans de rupture sont relativement peu profonds.
- 40% des glissements prennent naissance au niveau de la rupture de pente avec le plateau continental.

c) *Dans la zone centrale au large de l'aéroport*, située en dehors des apports directs du Var et du Paillon :

- les glissements des classes 2 et 3 représentent respectivement 44% et 34% des instabilités observées.
- Les plans de rupture sont plus profonds que dans les 2 zones précédentes alors que les apports sédimentaires y sont moins forts.
- Les volumes des glissements sont en moyenne inférieurs à 0,8 km³.
- Les glissements sont aussi moins nombreux mais ils affectent à chaque rupture des épaisseurs plus grandes de sédiment.

d) Les instabilités gravitaires sont donc plus facilement déclenchées à proximité des embouchures du fleuve Var et du Paillon où de forts apports sédimentaires au cours du temps permettent la mise en place de grands volumes de sédiments sous-consolidés qui pourront ultérieurement régulièrement glisser sous le seul effet de la gravité.

Dans la zone centrale, une sollicitation externe, telle qu'une accélération horizontale lors d'un séisme, semble être nécessaire pour déclencher un glissement. Dans ce cas, de plus grands volumes de sédiments sont susceptibles d'être remobilisés en une seule fois (Ruellan et al., 2007).

2) entre le Cap Ferrat et la frontière italienne,

- Par comparaison avec les zones précédemment décrites, les phénomènes de rupture sont plus diversifiés, leur fréquence est moins élevée mais leurs volumes sont plus grands.
- Les principaux glissements sont localisés sur la base de la pente continentale, entre 1600 et 2100 m de profondeur. Le Cirque Marcel en est l'exemple le plus caractéristique.

Le cirque Marcel correspond à la trace d'un paléo-glissement. Il présente une cicatrice semi-circulaire de quelques km de large et une morphologie complexe en amphithéâtre. La rupture a affecté l'ensemble des sédiments plio-quadernaires sur une épaisseur de plus de 400 m, ainsi que le toit des formations messiniennes dont les séries conglomératiques ont été mises à nu.

Il est constitué d'au moins 3 cicatrices emboîtées marquant un polyphasage dans le déclenchement. L'ensemble de la cicatrice correspondant au Cirque Marcel représente un volume total d'environ 3 km³.

D'après la cartographie des niches d'arrachement, le plateau continental situé en amont du cirque Marcel indique quelques glissements de terrains comparables à ceux localisés au large des Cap Antilles et Ferrat.

Mais d'après les données de sismique HR collectées par Géosciences Azur, Ruellan et al. (2007) soulignent le fait que cette partie du plateau continental pourrait actuellement être recouverte par une couverture sédimentaire non stabilisée, épaisse de 50 à plus de 100 m. Cette couverture superficielle instable se présenterait sous la forme d'un ensemble de corps lenticulaires imbriqués soumis à de légers déplacements les uns par rapport aux autres. Ce matériau subirait donc actuellement une déformation progressive associée à des mouvements lents dirigés dans le sens de la pente.

L'étude de ces zones en voie de déstabilisation est donc cruciale, tant pour une prédiction de l'aléa gravitaire que de l'aléa tsunami. Elle vient de débiter dans le cadre du GIS Curare avec :

- l'utilisation du logiciel Kingdom Suites qui permet une interprétation 3D des profils sismiques ainsi que des estimations de volume sédimentaires.
- L'analyse des propriétés physiques actuelles du matériau impliqué dans la déstabilisation lente, l'acquisition de ces données étant programmée au cours de la 2e partie de la campagne océanographique Malisar en juin-juillet 2007.

■ Outre les différents objectifs listés en début du paragraphe, relatifs à la connaissance phénoménologique des mouvements gravitaires sous marins, notamment pour ce qui concerne le plateau continental situé en amont du cirque Marcel, dans le cadre des travaux soutenus par le Gis Curare, il est prévu plusieurs simulations de tsunamis. Certaines sont déjà réalisées, elles concernent (Ruellan et al., 2007) :

- l'évènement de 1979 (1^{er} glissement du talus de l'aéroport, suivi d'un 2^{ème} glissement au large),
- la modélisation du paléoglissement du cirque Marcel.

Les résultats du Gis Curare doivent donc constituer un complément très important à l'étude préliminaire de l'aléa entreprise dans le cadre du Plan Séisme, notamment pour ce qui concerne le littoral Côte d'Azur, secteur a priori le plus exposé au risque de tsunami du littoral méditerranéen français.

L'étude réalisée dans le cadre du Plan Séisme concerne l'ensemble de la façade côtière méditerranéenne française. Il s'agit d'une étude à petite échelle (1/ 500 000 à 1/100 000). Les simulations réalisées dans le cadre du Gis Curare par Géosciences Azur concernent bande côtière de 50 km environ, entre le Cap d'Antilles et la frontière italienne. Elles utilisent une grille bathymétrique plus fine (pixel = 50 m), ce qui permet une cartographie plus détaillée du tsunami considéré.

4. Conclusion

Le littoral des régions Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse correspond localement à des falaises côtières de plusieurs dizaines de mètres de hauteur avec une probabilité non nulle d'effondrement en masse. Six secteurs principaux sont distingués le long de cette côte (Figure 9) :

- Cap Canaille (Bouches-du-Rhône) :
 - type de mouvement : éboulement
 - nature des matériaux : éboulis, poudingues,
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : 800 000 m³
- Le Revestel (Bouches-du-Rhône) :
 - type de mouvement : glissement
 - nature des matériaux : marnes
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : 960 000 m³
- Cap Nègre (Var) :
 - type de mouvement : éboulement
 - nature des matériaux : micaschistes,
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : 750 000 m³
- Falaise d'Eze (Alpes Maritimes)
 - type de mouvement : éboulement
 - nature des matériaux : brèches,
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : 800 000 m³
- Cap Béar (Pyrénées Orientales) :
 - type de mouvement : éboulement
 - nature des matériaux : schistes,
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : 200 000 m³
- Falaise de Bonifacio (Corse du Sud)
 - type de mouvement : éboulement
 - nature des matériaux : molasse, calcaire gréseux
 - ordre de grandeur du volume maximal potentiellement déstabilisé : < 100 000 m³

On souligne néanmoins le fait que quelle que soit la zone côtière considérée, les volumes maxima susceptibles d'être générés en cas de départ en grande masse restent inférieurs à 1 million de m³.

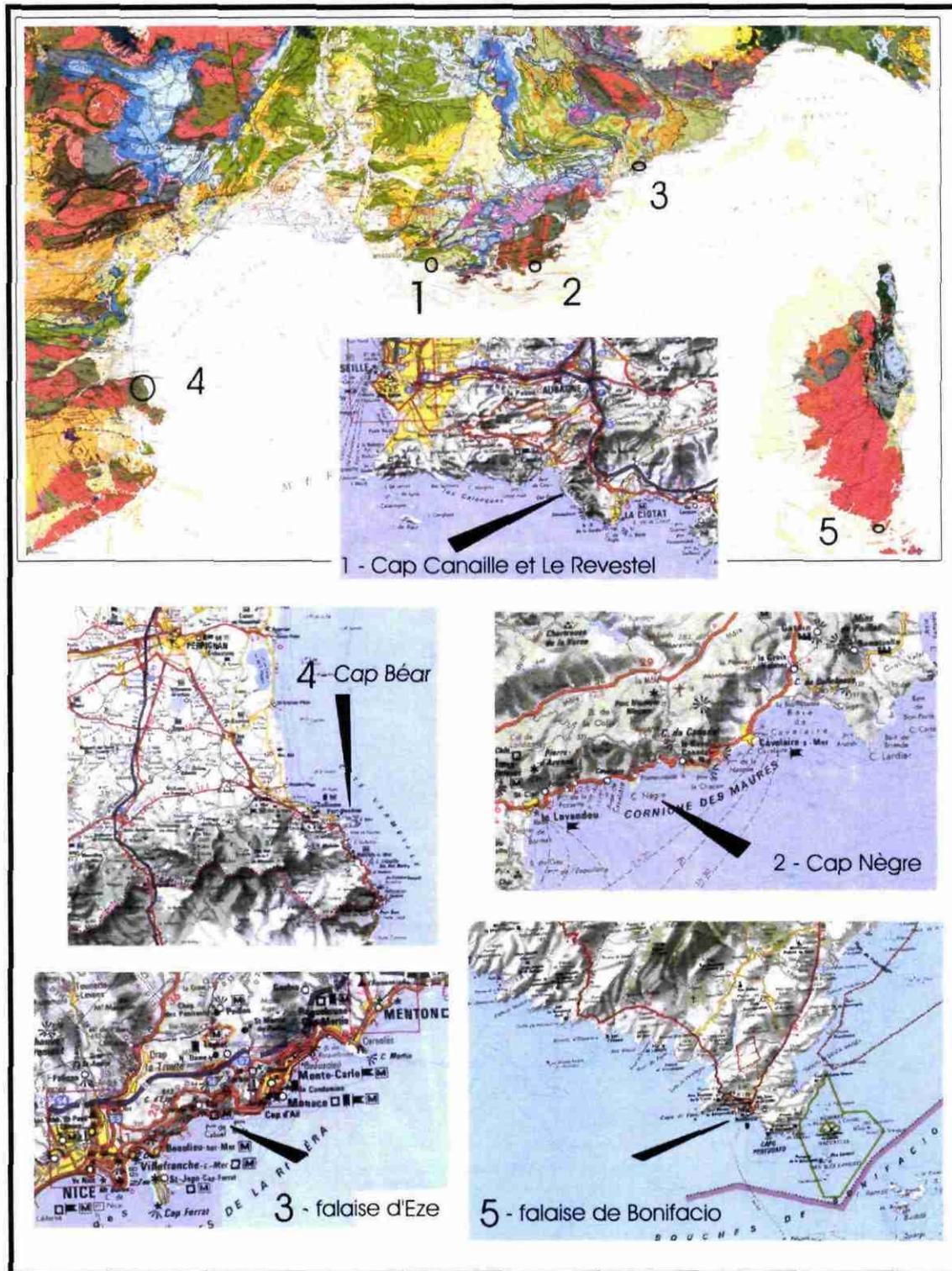


Figure 9 – Les principales zones à aléa effondrement côtier majeur identifiées sur le littoral méditerranéen français

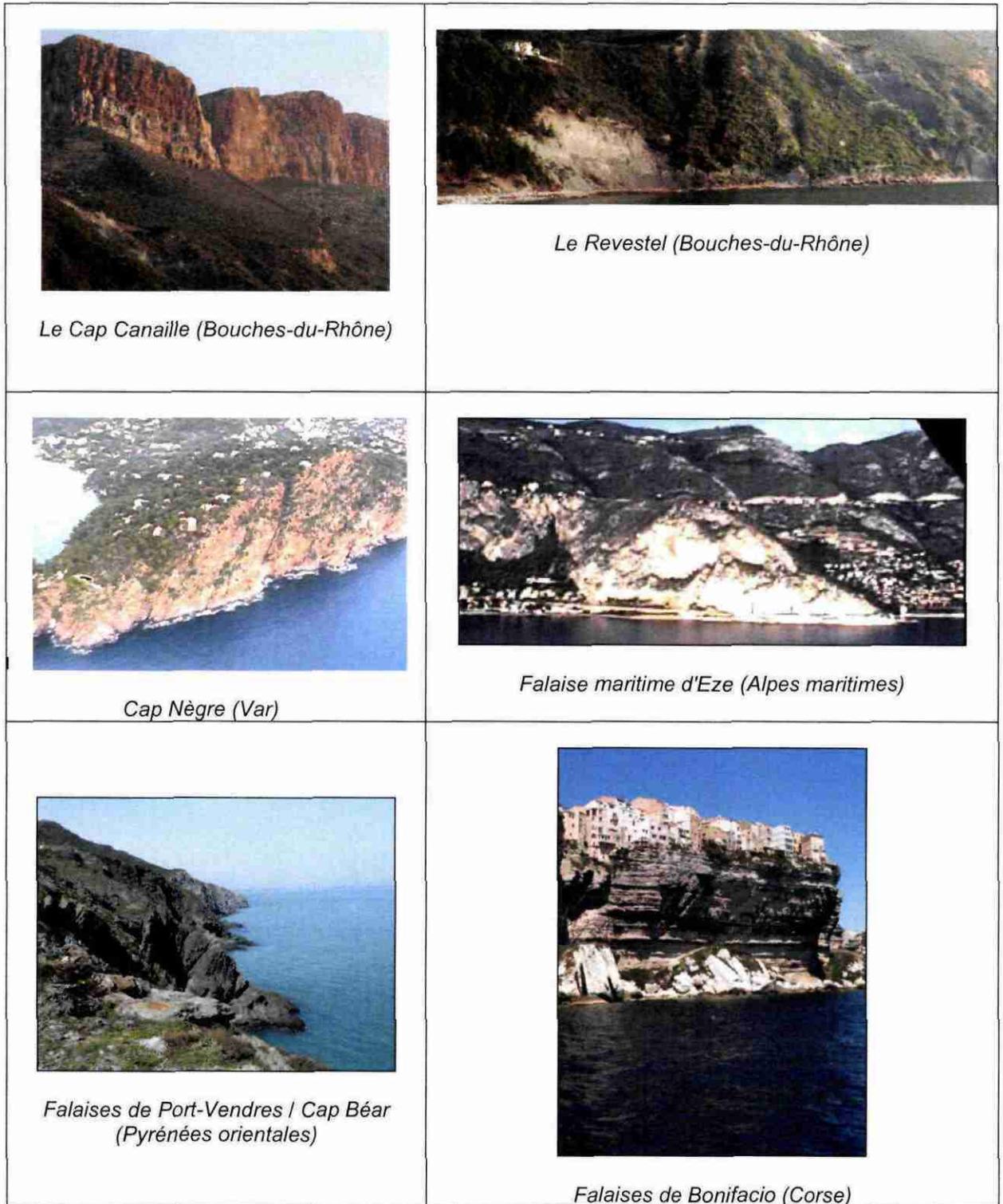


Figure 10 - Vues des principaux secteurs de mouvements de terrain côtiers

Références bibliographiques citées

Catteano A. (2007) – Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale - Zonage des mouvements de terrain sous-marins sur le plateau et talus continental au large des côtes françaises. Rapport final IFREMER, 66p, 2 ann.

COLAS B., SEDAN O. (2003) - Cartographie départementale de l'aléa mouvement de terrain. Département de la Corse du Sud (2A). Rapport final.

MARÇOT N., MATHON CH. (2003) – 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 BRGM/RP-52829-FR

RUPELLAN E., MANGIN A., MIGEON S., BETHOUX N., BUFFET G., DESCHAMPS A., DUBAR M., GARZIGLIA S., IOUALALEN M., LANGLOIS R., LEGONIDEC Y., LEBOURG T., MASCLE J., MARECHAL M., NAULT L., RIBODETTI A., SAGE F., TREVISAN J., TRIC E., BONGIOVANNI E., DESTE J.F., LEFUR H., RIGAUD V., OPDERBECKE J (2007) – GIS CURARE 2005- 2007, Axe III – Mouvements du sol et instabilités gravitaires en mer. Rapport scientifique 2006.(http://curare.unice.fr/rapport/2006/Axe3_GIS_CURARE_2006.pdf)

SEDAN O., MARTIN R., NAY K.M. (2002) - Département de la Haute-Corse. Aléa mouvements de terrain. Rapport BRGM/RP-51168-FR



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**Centre scientifique et technique
Service Aménagement et Risques Naturels**
3, avenue Claude-Guillemin

BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34