

Plans de prévention des risques littoraux (PPR)

guides



GUIDE MÉTHODOLOGIQUE



Plans de prévention des risques littoraux (PPR)

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Cet ouvrage a été rédigé par *Gérald Garry (DAFU/SP), Edmond Graszka et Marcel Toulemont (DPPR/SDPRM), et Franck Levoy (centre régional d'études côtières de l'université de Caen), à partir d'un document élaboré par ce dernier avec le concours d'un groupe de travail constitué de Pascale Bayer (STCPMVN), Michel De Laître (DDE 33), Gérald Garry (DAFU), Louis-Robert Lafond (EPHE-université de Paris sud), Marcel Toulemont (DPPR), et Jacques Viguié (SOGREAH).*

Les auteurs remercient les personnalités scientifiques et les représentants de l'administration qui ont bien voulu relire ce document et faire part de leurs observations, dont il a été largement tenu compte.

Photo de couverture :
Tempête en Manche, décembre 1977 (G. Garry)

En application de la loi du 11 mars 1957 (article 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre.

© La Documentation française, Paris, 1997 – ISBN 2-11-003883-7

PRÉFACE

Une grande partie du littoral métropolitain est soumise à des phénomènes naturels, tels que le recul du trait de côte, les submersions marines et les mouvements dunaires, déterminés par les actions de la mer ou du vent et qui peuvent être aggravés par les activités humaines.

Compte tenu de l'urbanisation actuelle du domaine littoral, et de la pression foncière croissante qui s'y exerce, ces phénomènes peuvent être à l'origine de risques importants, quelquefois à court terme.

Les solutions de prévention les plus pertinentes ne sont pas nécessairement les ouvrages de défense contre la mer, sauf pour la protection de lieux fortement urbanisés. Dans la plupart des cas, il est préférable d'agir en amont par la maîtrise de l'urbanisme et la prise en compte des risques dans les différents modes d'utilisation du sol.

Les problèmes spécifiques aux risques littoraux ne peuvent pas trouver leur solution par la seule application de la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. Les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) par contre, institués par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, du fait de leurs possibilités plus larges, constituent un instrument parfaitement adapté à la variété des phénomènes littoraux.

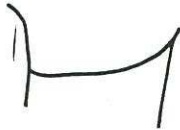
- Ils sont élaborés à partir d'une approche qualitative par bassins de risques, qui permet une approche globale des phénomènes à une échelle pluricom-munale.
- Ils couvrent les domaines de l'urbanisme, de la construction, de l'exploit-ation des sols et de la sécurité publique.
- Ils proposent des mesures appropriées à l'importance des risques et proportionnées à l'objectif de prévention recherché.
- Ils doivent être conduits avec une grande transparence, en recherchant la concertation la plus large possible avec l'ensemble des acteurs locaux du risque, en particulier les élus communaux.

Pour accompagner la mise en œuvre des PPR, élaborés et mis en application sous l'autorité du préfet de département, la direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme et la direction de la prévention des pollutions et des risques ont préparé des guides méthodologiques avec le concours de repré-sentants des administrations, d'experts et de bureaux d'études. Ces documents s'appuient largement sur leurs pratiques et leurs acquis, et seront bien entendu enrichis des retours d'expérience qui découleront de leur application.

Ils sont conçus pour aider les services déconcentrés de l'État à réaliser les pièces techniques et réglementaires des PPR. Ils définissent un cadre permettant d'assurer un minimum d'homogénéité de forme et de contenu aux PPR tout en laissant aux préfets une marge de manœuvre suffisante pour en garantir l'efficacité. Ils s'adressent également aux bureaux d'études techniques afin de circonscrire le travail qui leur sera demandé.

La série de guides méthodologiques comprend un guide général et des guides spécifiques par risque. Le premier, qui est paru en août 1997, présente les PPR, précise les conditions de leur élaboration et tente de répondre aux nombreuses questions susceptibles de se poser. Les autres, dont le présent document consacré aux risques littoraux, examinent les méthodes et moyens d'analyse de chaque phénomène naturel, de cartographie des aléas, d'évaluation des enjeux et proposent des orientations pour établir le zonage et les prescriptions réglementaires.

Les outils techniques et réglementaires sont désormais disponibles pour traiter des risques littoraux. Ils permettent d'engager une nouvelle étape en matière de prévention, qui doit mobiliser l'ensemble des compétences disponibles et s'appuyer sur la force de conviction des préfets et de leurs services pour aboutir à la mise en application de PPR, dans une perspective de développement durable.



Paul SCHWACH
directeur de l'aménagement
foncier et de l'urbanisme



Philippe VESSERON
directeur de la prévention
des pollutions et des risques

SOMMAIRE

Description des phénomènes et des risques littoraux

<u>Le recul</u> du trait de côte	9
<u>Les submersions</u> marines	13
<u>Les avancées</u> dunaires	16
<u>Les bassins</u> de risques littoraux	17

Méthode d'analyse et de cartographie des risques

<u>La démarche</u>	21
<u>Le périmètre</u> d'étude	21
<u>La connaissance</u> des phénomènes naturels	22
<u>La qualification</u> et la cartographie des aléas	26
<u>L'évaluation</u> des enjeux	36

Élaboration du dossier du PPR littoral

<u>Caractéristiques</u> du PPR	39
<u>La note</u> de présentation	40
<u>Le plan</u> de zonage réglementaire	40
<u>Le règlement</u>	42

Glossaire	47
------------------------	----

Principales références bibliographiques	49
--	----

Index des illustrations	51
--------------------------------------	----

INTRODUCTION

Le littoral français recule largement, que ce soit sur les façades de la Manche, de l'Atlantique ou de la Méditerranée. Ainsi, environ 1 800 kilomètres de côtes régressent, dont plus de 50 % des plages. Les côtes à falaises, notamment du Nord-Pas-de-Calais, de Normandie, du Pays-Basque, évoluent par glissement ou effondrement, et les côtes basses meubles, comme celles du Cotentin, de Vendée, des Landes, ou du Languedoc, par érosion. À ces phénomènes s'ajoutent des avancées dunaires et plus ponctuellement des menaces de submersion marine.

L'importance des risques induits justifie une attention particulière des pouvoirs publics et la réalisation de plans de prévention spécifiques aux risques littoraux. Ces plans ont pour objet la délimitation des zones exposées à des risques et la définition, par un acte réglementaire, des mesures de prévention à mettre en œuvre. Ils constituent à ce titre l'un des volets les plus importants de la politique de lutte contre les catastrophes naturelles. Prescrits et approuvés par le préfet, ils remplacent les plans d'exposition aux risques (PER) et les périmètres de risques pris en application de l'article R. 111-3 du code de l'urbanisme, avec le souci d'en renforcer le contenu réglementaire et d'en simplifier la réalisation.

Le présent guide qui complète le guide général déjà paru, précise la méthode d'élaboration des PPR littoraux. Il ne traite toutefois ni des effets directs dus aux vents de tempête, ni des risques générés par des actions continentales prédominantes (inondations estuariennes et glissements de terrain) ni des risques propres aux départements d'outre-mer (houles cycloniques, etc.) qui justifient un document distinct.

Il a pour objectif d'apporter aux services instructeurs tous les éléments techniques et réglementaires de référence indispensables pour constituer les pièces du dossier du PPR : la note de présentation, les documents graphiques et le règlement.

À cette fin, il est organisé en trois parties :

- il définit et présente les principales caractéristiques des phénomènes étudiés ;
- il propose les méthodes et outils permettant d'analyser et de cartographier les risques ; il indique en particulier les phénomènes de référence à prendre en compte, correspondant généralement à une probabilité d'occurrence au moins centennale pour les submersions marines, et à une échéance fixée à 100 ans pour le recul du trait de côte et les avancées dunaires ;
- il rappelle enfin sommairement les principes juridiques ou techniques communs à l'ensemble des plans, qui sont largement développés dans le guide général, et décrit la démarche d'élaboration des différentes pièces constitutives d'un projet de PPR.

DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES ET DES RISQUES LITTORAUX

Les phénomènes naturels retenus dans le cadre des PPR littoraux sont de trois types :

- Le recul du trait de côte par érosion concerne une grande partie des côtes basses meubles, ainsi que certaines côtes à falaises qui doivent être prises en considération dès lors que leur recul est significatif à l'échelle de l'homme.
- Les submersions marines sont des inondations épisodiques des terres basses situées au-dessous du niveau des plus hautes eaux. Le recouvrement par la marée des zones intertidales*, en particulier des vasières (slikkes*) et des herbus (schorres*) n'est pas traité ici.
- Les avancées dunaires, qui affectent certains littoraux constitués de dunes vives*, peuvent dans certains cas, constituer des risques naturels dans la mesure où l'intensité* du phénomène met en cause l'intégrité des biens et la sécurité des personnes.

Ces phénomènes évoluent de façon diverse en fonction, notamment, des caractéristiques morphologiques du trait de côte, de la dynamique marine et éolienne, et des espaces situés immédiatement en arrière du littoral.

Document 1

Notion de trait de côte sur les côtes sableuses et les côtes à falaises

Pour le présent guide, le trait de côte est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental. Il est proche de celle des plus hautes eaux exceptionnelles, mais pas nécessairement superposé. Sur les côtes sableuses, le trait de côte peut être matérialisé par l'extension de la végétation qui en est un bon indicateur dans le cas d'une dune en accretion*. Pour des dunes en érosion, taillées en micro-falaises, il correspond à la corniche dunaire. Selon la

Le recul du trait de côte

Définition

Le recul du trait de côte est le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental (document 1). C'est la conséquence d'une perte de matériaux sous l'effet de l'érosion marine, combinée parfois à des actions continentales.

L'érosion du littoral englobe à la fois :

- l'érosion naturelle induite par les forces marines ;
- l'érosion générée ou accélérée par l'homme, particulièrement sur les côtes sableuses (surfréquentation des cordons dunaires qui détruit la végétation ou empêche son développement et expose le sable à l'action du vent, extraction de matériaux et ouvrages côtiers qui modifient les échanges sédimentaires, etc.).

pente du talus, la limite des plus hautes eaux est plus ou moins éloignée du trait de côte.

Sur les côtes à falaise, on retient également la corniche de la falaise. Cependant, sur les versants littoraux urbanisés, le pied de versant peut apparaître comme le véritable trait de côte.

Ces limites sont le plus souvent assez faciles à identifier à partir de photographies aériennes verticales.

Conditions d'apparition

Le recul du trait de côte peut affecter différents types de formations : des cordons littoraux constitués de sable ou de galets, ou des falaises de nature

géologique très diverse. Il touche la plus grande partie du littoral métropolitain dans des proportions variables (figure 1).

* Les mots et expressions suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire, en fin d'ouvrage.

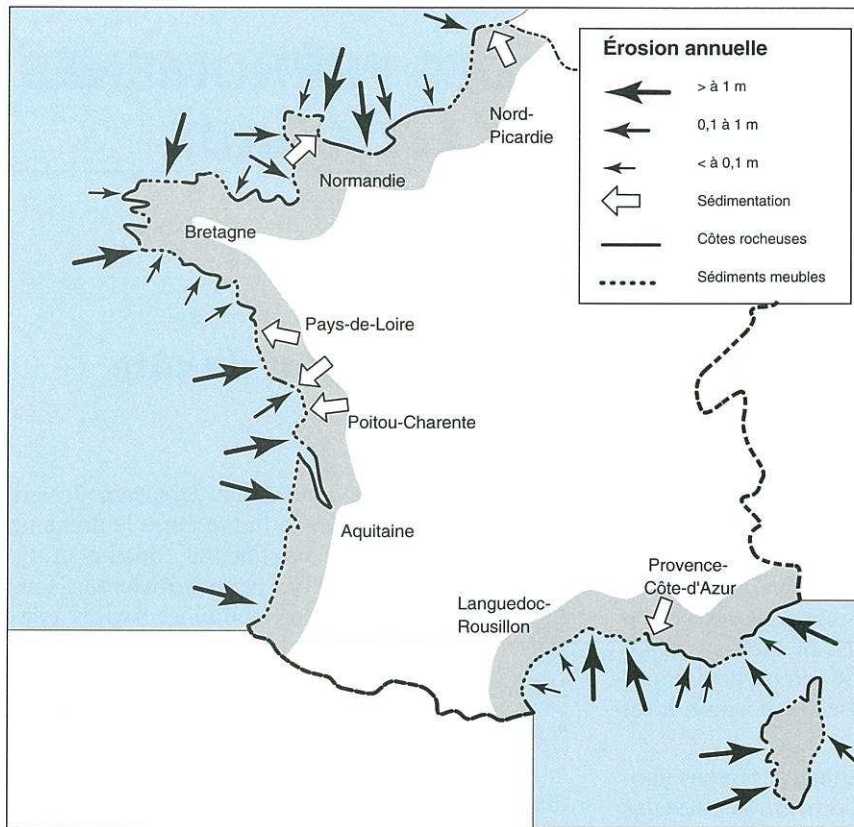


Figure 1.
Érosion annuelle
du trait de côte
en France

Source : C. Migniot, SOGREAH-LCHF, 1989.

CÔTES BASSES MEUBLES

L'érosion marine affecte 70 % des côtes basses constituées de matériaux meubles, sables ou galets. Elle résulte souvent d'un déficit chronique et généralisé du bilan sédimentaire depuis la période historique, comme en témoigne le recul de la côte aquitaine, connu depuis l'époque gallo-romaine.

Le phénomène est discontinu et provient principalement de la conjonction d'un niveau élevé du plan d'eau statique (niveau marégraphique), d'une élévation du niveau de la mer de courte durée liée aux effets combinés des vents de mer et des basses pressions atmosphériques (surcote*), et de l'effet des vagues déferlantes. Son intensité est conditionnée par la hauteur totale atteinte par les eaux marines, la fréquence des tempêtes ainsi que les caractéristiques morphologiques de l'avant-côte* et des plages (photo 1).

CÔTES À FALAISES

L'évolution des côtes à falaises est plus complexe, car les influences continentales peuvent s'ajouter aux actions directes de la mer. On peut en distinguer deux types principaux en fonction des conditions géologiques et hydrogéologiques :

- un recul par à-coup du pied de falaise sapé par les vagues. Négligeable lorsqu'il affecte des roches

résistantes comme les granites bretons, ce phénomène est de plus grande ampleur dans les roches calcaires où il peut menacer des sites anciennement implantés (photo 2). Certaines falaises crayeuses de Picardie peuvent régresser de 0,30 m en moyenne par an ;

- un recul par glissements ou éboulements successifs de falaises instables en raison de leur nature (marneuse ou argileuse) ou de leur structure (pendage* vers la mer, fracturation). Les eaux continentales ont souvent un effet déterminant dans le déclenchement du processus, et la mer ne joue alors qu'un rôle aggravant, en déblayant les matériaux éboulés et en empêchant la constitution d'une butée stabilisatrice de pied. Ce cas est illustré par certaines falaises normandes, bretonnes (document 2), ou basques (photo 3).

L'action de la mer, ici, peut se caractériser de trois manières :

- accélérer un processus de glissement en cours ;
- réenclencher un glissement en apparence stabilisé (versant marin du pays d'Auge) ;
- mettre en position de glissement des terrains initialement stables (poches sableuses et argileuses de la côte normande à l'ouest de Dieppe).

Photo 1. Érosion du trait de côte sur le littoral Corse



Source : ERAMM, 1996.

Photo 2. Recul de falaises à Bonifacio (Corse)



Source : G. Garry.

Document 2

Glissements observés sur les falaises en baie de Saint-Brieuc

Le littoral de la baie de Saint-Brieuc est le plus souvent bordé de falaises verticales. Les reliefs sont empâtés par des dépôts limoneux entamés par l'érosion au niveau du débouché des cours d'eau.

Ces limons glissent par pans entiers sous l'influence des infiltrations des eaux souterraines et les éboulis sont rapidement déblayés par les vagues déferlantes. Le recul de la côte, qui aurait atteint 20 à 30 m en trente ans en certains points, a conduit à évacuer et à démolir certaines habitations en sommet de falaise, comme à Binic, et les glissements ont détruit les accès à la plage, comme au Petit Havre en Pordic.

Les protections en pied de falaise s'avèrent peu efficaces, car elles n'agissent que sur le déferlement des vagues et non sur les causes de déstabilisation de la falaise. En outre, la pose d'enrochements amène très vite un amaigrissement de la haute plage sableuse et son remplacement par des galets ou un platier* rocheux. Les solutions de prévention reposent sur la maîtrise de eaux d'infiltration, le contrôle constant de l'état de la falaise, des interdictions strictes de construire, et des restrictions de passage sur le sentier littoral.

Effets et conséquences

Le recul du trait de côte se traduit par une perte de terrains continentaux et des dommages aux biens (maisons, routes, champs cultivés...). Il n'affecte qu'exceptionnellement les personnes.

Principales techniques de protection

Elles sont de deux types :

- Une protection passive qui vise à figer le trait de côte par des enrochements ou des digues, lorsque des biens sont directement menacés. Elle peut être

réalisée aussi bien le long des côtes basses qu'en pied des falaises. Dans ce dernier cas, seuls les effets de l'érosion marine sont traités. Cette technique lourde génère souvent des impacts négatifs importants, tels que l'abaissement progressif des plages au droit de l'ouvrage, pouvant, à terme, occasionner de coûteuses opérations d'entretien, voire provoquer la disparition de la plage.

- Une protection active qui a pour objet d'agir sur les causes de l'érosion. Sur les côtes basses meubles, différentes techniques telles que la construction d'épis, de brise-lames ou le rechargement de plage à l'aide de sédiments d'apport, peuvent être

Photo 3. Éboulement de falaises à Biarritz (Pyrénées-Atlantiques)

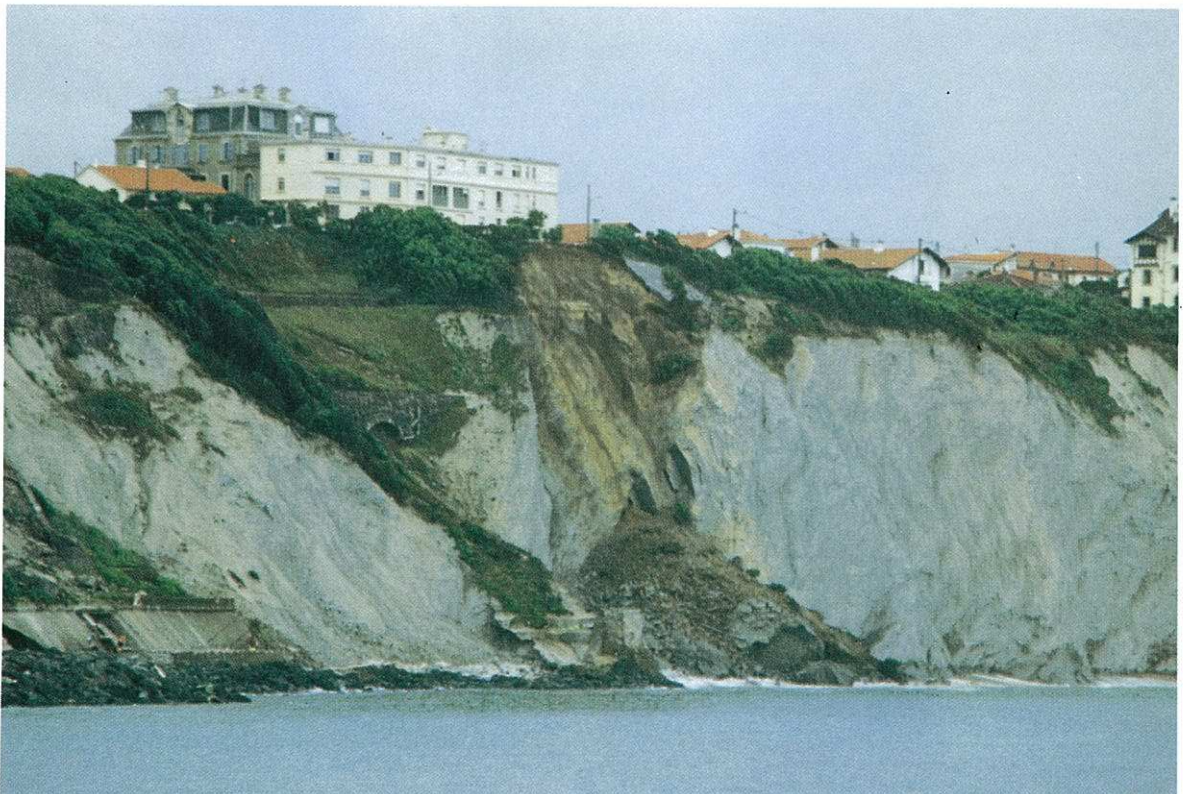


Photo : F. Levoy.

envisagées afin de favoriser la sédimentation en avant du trait de côte, d'amortir l'énergie des houles et de réduire leur capacité érosive. L'étude des impacts de ces ouvrages doit être effectuée avec soin afin d'éviter, dans le cas des épis, par exemple, un simple report de l'érosion d'amont en aval. D'autres techniques dites douces peuvent être utilisées pour traiter l'érosion des dunes bordières soumises principalement à des actions anthropiques (surfréquentation, circulation de véhicules à moteurs...). Pour les côtes à falaises on recourt aux techniques classiques de prévention des mouvements de terrain (cloutage, drainage, rééquilibrage des masses, etc.). Dans certaines configurations, une solution intéressante au plan économique et environnemental peut consister à accepter un recul limité et à concentrer les actions de prévention en arrière du trait de côte (méthode dite du « repli stratégique »).

Les submersions marines

Définition

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères provoquant des ondes de tempête. Elles envahissent en général des terrains situés en dessous du niveau des plus hautes mers, mais aussi parfois au-dessus si des projections d'eaux marines franchissent des ouvrages de protection.

Conditions d'apparition

Les submersions sont dues :

- à la rupture ou à la destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive (document 3 et photo 4) ;

Document 3

Les risques de submersion des Bas-Champs de Cayeux

Le cordon des Bas-Champs présente une grande fragilité depuis fort longtemps, comme en témoignent les archives. La première rupture daterait de la fin du 14^e siècle, et d'importants dégâts dus aux inondations sont mentionnés dans le secteur Ault, Hable d'Ault en 1792, 1914, 1927, 1935, 1938, 1941.

Pour la période la plus récente, les principaux événements se sont produits en :

- novembre 1972, des brèches se sont formées sur 800 m à partir de l'enracinement du cordon à Ault, provoquant une inondation de 750 ha ;
- février 1974, deux brèches se sont ouvertes en face et au nord du camping de Woignarue ;
- novembre 1984, le cordon a cédé face au camping et sur 2,5 km au nord de la ferme des Galets, provoquant une inondation de 400 hectares ;
- avril 1985, la digue a été écrêtée de 1,5 m sur plus de 500 m au nord du camping ;

- février 1990 : des brèches se sont produites entre Ault et la ferme des Galets, générant une inondation de 3 000 hectares. (carte 3, page 25)

L'événement de 1990 est le plus important à ce jour. L'essentiel des inondations résulte de la quasi-destruction du cordon sur un linéaire de 800 m, dans la zone non protégée par des épis. Les brèches se sont produites principalement dans les zones fragilisées par des événements antérieurs. Avant 1980 elles s'ouvraient systématiquement au voisinage de l'enracinement du cordon à Ault. Lors de la tempête de novembre 1984, seules quelques brèches secondaires sont apparues dans cette même partie du cordon, les principales se situant 2,5 km au nord de la ferme des Galets. Au fur et à mesure de la mise en place d'épis de protection au sud, la zone de formation des plus grosses brèches s'est décalée vers le nord.



Submersion des Bas-Champs de Cayeux (Somme) de février 1990

Source : DDE de la Somme.

Photo 4. **Submersion par rupture du cordon dunaire à Montmartin-sur-Mer (Manche)**



Photo : F. Levoy.

- au débordement ou à la rupture de digues ou d'ouvrages de protection, ou encore à leur franchissement exceptionnel par des « paquets de mer » (photo 5) ;
- à des vagues de forte amplitude provoquées par des glissements sous-marins (en particulier sur la façade méditerranéenne).

Effets et conséquences

Les submersions sont en principe de courte durée (de quelques heures à quelques dizaines d'heures, exceptionnellement quelques jours comme aux Bas-Champs), en raison de leur origine (franchissement lié à la marée ou à une tempête). Elles se traduisent par l'invasion de biens bâtis ou non bâtis (terrains agricoles) par des eaux salées particulièrement agressives.

Lorsqu'elles sont dues à une rupture de cordon littoral, les eaux marines peuvent véhiculer d'importantes quantités de sédiments, créant des « épanchages de tempête » qui rendent parfois les terres agricoles temporairement peu exploitables.

En cas de franchissement d'ouvrages de protection, elles peuvent entraîner des projections de sable et de galets aux effets dommageables sur les fronts de mer urbanisés (photo 6).

Principales techniques de protection

Plusieurs solutions sont possibles en fonction de la nature et des caractéristiques des événements.

- Le remblaiement des terrains submersibles est opérant, à condition qu'il n'ait pas d'impact sur l'environnement. Il est surtout réservé à de petites surfaces pour des raisons économiques.
- La stabilisation d'un cordon littoral fragile relève des mêmes techniques que la lutte contre l'érosion du trait de côte.
- La surélévation des ouvrages de protection est la seule mesure efficace pour lutter contre leur débordement. Leur modification, nécessaire pour atténuer les franchissements généralement observés, peut impliquer leur reconstruction totale. Pour les ouvrages à parois lisses et fortement pentus, la mise en place d'une carapace en enrochements permet de mieux absorber la houle déferlante et de réduire la remontée des lames d'eau et les franchissements, mais elle peut s'avérer coûteuse.

Dans tous les cas, la surveillance et l'entretien des protections naturelles et des ouvrages anciens est fondamentale.

Photo 5. Franchissement en tempête à Saint-Malo (Côtes-d'Armor)



Source : Éditions Jack.

Photo 6. Projections de galets associées à des submersions par franchissement (Calvados)



Photo : F. Levy.

Les avancées dunaires

Définition

On entend par avancées dunaires la progression d'un front de dune vers l'intérieur des terres. Ce phénomène n'est pas directement lié à la mer, mais résulte du déplacement des sables sous l'effet du vent marin. Il s'observe donc en milieu côtier où des stocks sédimentaires mobiles sont disponibles, et peut être à ce titre intégré aux risques littoraux. Il est relativement marginal sur les côtes françaises métropolitaines.

Conditions d'apparition

Les avancées dunaires résultent d'une dynamique éolienne active dans laquelle le niveau de développement de la végétation joue un rôle essentiel. Dans la plupart des régions tempérées, les dunes se trouvent partiellement, voire totalement stabilisées par le développement d'une végétation spécifique (oyats*, élymes*, etc.) spontanée ou plantée. Dans les secteurs où la végétation dunaire a disparu, il y

a une déstabilisation des dunes, une mise en mouvement, puis un accroissement de leur vitesse de déplacement. Cependant, certaines dunes bien végétalisées peuvent malgré tout progresser, comme le montrent quelques secteurs de la côte aquitaine.

Le phénomène peut être aggravé par la surfréquentation (piétons, véhicules à moteur, chevaux, etc.) qui détruit la végétation protectrice ou empêche son développement et modifie le profil dunaire. Dans les zones ainsi dénudées ou creusées (caoudeyres* ou siffle-vent*), l'accélération du vent accroît la mise en mouvement des sables et l'étalement ou le déplacement de la dune. Sa fixation ne peut alors s'effectuer.

Effets et conséquences

Les avancées dunaires ont généralement des effets limités, mais les volumes de sable mis en jeu, quelquefois considérables, peuvent aussi menacer les biens (ensablement des constructions), voire la sécurité des personnes quand leur progression s'accompagne d'« avalanches dunaires ». L'exemple du Cap-Ferret est à ce titre significatif (photo 7).

Photo 7. Dunes vives menaçant une zone urbanisée au Cap-Ferret (Gironde)



Source : LARAG, 1991.

Principales techniques de protection

Elles visent à stabiliser les dunes vives en recourant à deux types d'actions complémentaires :

- l'utilisation de brise-vent, constitués de fascines*, ganivelles* ou matériaux plastiques, qui limitent la dispersion des apports sableux venant de l'estran* et évitent des redistributions de sédiments à l'intérieur même du massif dunaire dénudé ;
- l'implantation de végétaux adaptés à l'environnement dunaire (oyats, élymes, etc.), qui fixent les sables à la surface du massif.

Par ailleurs, l'installation d'infrastructures destinées à assurer une meilleure gestion de la fréquentation des sites dunaires (parkings, escaliers d'accès, caillebotis,...) réduit la dégradation de la végétation, limite les phénomènes de creusement, et les risques d'avancées dunaires vers les espaces construits.

Les bassins de risques littoraux

La connaissance des risques littoraux doit être envisagée d'un point de vue naturaliste, à l'échelle d'une entité géographique qui présente des critères géologiques, morphologiques et hydrodynamiques homogènes, et qui constitue un bassin de risques en raison des spécificités de l'occupation des sols.

Délimitation

Elle dépend de la nature et des caractéristiques des phénomènes en jeu.

Pour les côtes à falaises, dont l'évolution est commandée par des facteurs continentaux et l'attaque de la mer, elle s'appuie sur des composantes géologiques, morphologiques et hydrogéologiques.

Pour les côtes basses et sableuses, elle résulte de l'évolution de l'unité ou cellule hydrosédimentaire qui est déterminée par les conditions de circulation des sédiments.

Les cellules hydrosédimentaires peuvent fonctionner selon trois modes : en système fermé, semi-ouvert ou ouvert.

- Le système fermé est indépendant de son environnement extérieur, et s'autoéquilibre d'un point de vue sédimentaire. Seule l'élévation du niveau de la mer serait un facteur d'érosion à long terme. Ce type est essentiellement représenté par des anses sableuses enserrées entre des caps rocheux.
- Le système est semi-ouvert quand il existe des échanges de sédiments entre l'unité hydrosédimentaire aux contours bien discernables et son environnement. Si, sur une période donnée, les apports de matériaux provenant de l'extérieur sont inférieurs aux pertes, la stabilité du système est menacée à

moyen terme. Les littoraux interrompus par des caps rocheux peu prononcés fonctionnent de cette manière (document 4).

- Le système est ouvert lorsque l'unité hydrosédimentaire correspond à des limites morphologiques qui ne sont plus discernables et qui peuvent être évolutives, comme dans le cas de longues côtes sableuses. Ce sont alors les zones d'inversion de la dérive littorale qui en constituent les frontières. Les échanges de sédiments avec les unités voisines, délicats à apprécier, sont importants. Leur bilan conditionne la stabilité du système, qui peut être rompu à court terme si il devient déficitaire.

Les observations morphologiques et hydrodynamiques déduites d'une approche de terrain ou issues de documents bibliographiques comme le « Catalogue sédimentologique des côtes de France » permettent de reconnaître le type d'unité hydrosédimentaire étudié et d'apprécier son fonctionnement de manière simplifiée.

Spécificités

Le bassin de risques en milieu littoral a une géométrie originale. Il s'étend quelquefois sur une grande longueur, pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres, mais sur une faible largeur, de quelques dizaines à quelques centaines de mètres (tableau 1).

Par ailleurs, pour une côte apparemment homogène, le fonctionnement hydrosédimentaire peut conduire à identifier plusieurs bassins de risques (document 5).

Tableau 1. Typologie des limites de bassins de risques

	Limites évolutives	Limites fixes
Limites longitudinales, de la côte vers le large	Supérieures : dunes ou falaises de roches meubles. Inférieures : limite du prisme sédimentaire, limite d'action des houles	Falaises en roches résistantes ou digues et perrés.
Limites latérales	Secteur d'inversion de la dérive littorale résiduelle	Caps rocheux ou jetées

Bassin de risques et périmètre du PPR

Pour l'étude du PPR, l'approche naturaliste, indispensable à la délimitation du bassin de risques, doit être complétée par d'autres éléments d'appréciation, tels que :

- l'intensité du ou des phénomène(s), correspondant par exemple, au sein d'une unité hydrosédimentaire, à une érosion ou à un ensablement forts ;
- les enjeux, liés le plus souvent à l'urbanisation.

Document 4

Délimitation du bassin de risques des Sables-d'Or (Côtes-d'Armor)

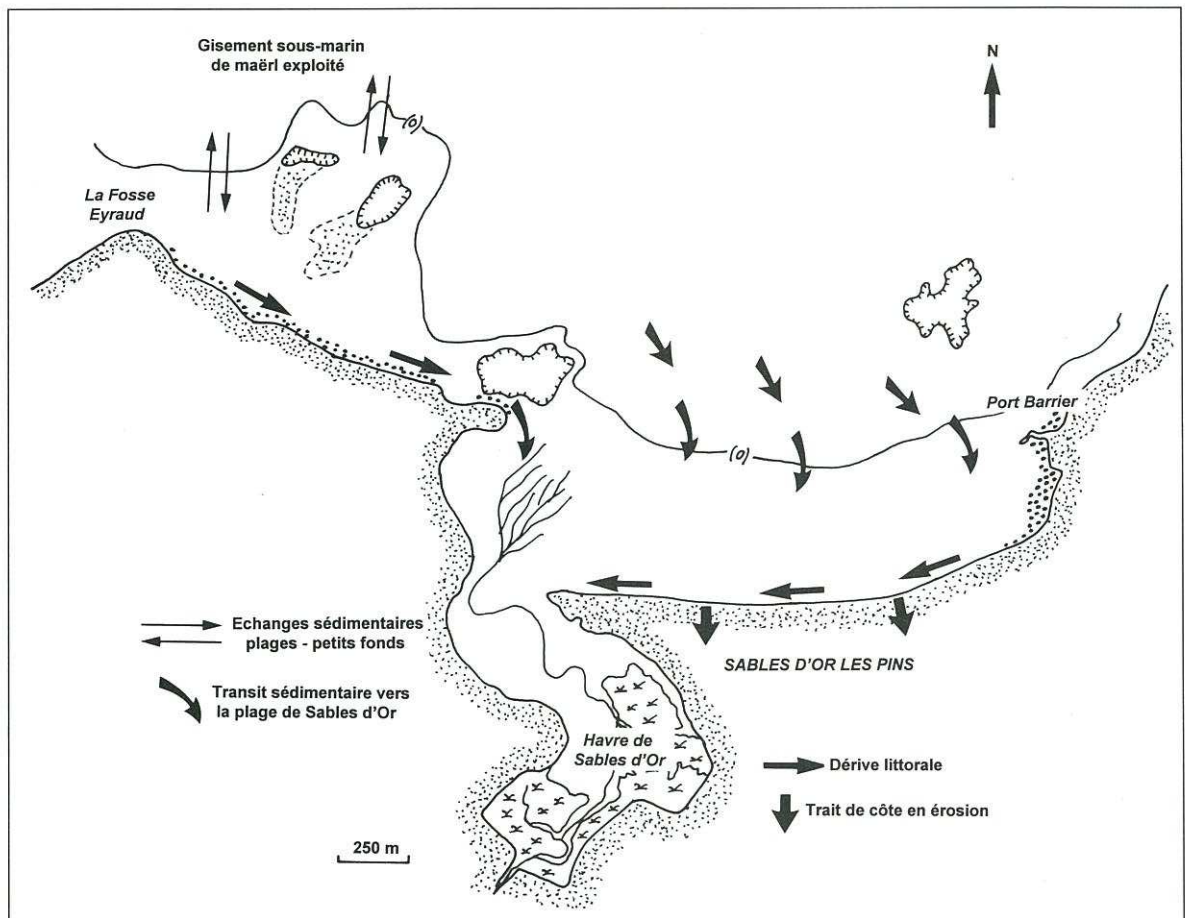
Entre le cap Fréhel et le cap d'Erquy, la vallée de l'Islet a été progressivement occupée par un corps sableux formant un ensemble de flèches littorales successives surmontées de massifs dunaires. Mais l'aplanissement du secteur en vue de la construction de la station des Sables-d'Or a réduit le volume des sables disponibles et interdit les échanges avec la plage. L'érosion et l'abaissement progressif de cette dernière se poursuivent depuis plusieurs décennies, entraînant la destruction d'installations balnéaires et d'une partie de la dune.

En dehors de l'urbanisation de la dune, la cause immédiate du phénomène est l'existence d'une obliquité des houles de nord-ouest, diffractées par les obstacles de l'avant-côte en direction de la flèche, où les sables sont dispersés par les courants de marée dans l'estuaire de l'Islet et au dehors de celui-ci. Les sables qui longeaient auparavant le cap d'Erquy vers les Sables-d'Or sous l'action des mêmes houles sont maintenant en quantité insuffisante pour alimenter

la plage. La cause la plus probable de cette diminution du transit est liée à l'existence d'importantes extractions de sédiments calcaires dans des fonds de 8 m devant le cap d'Erquy, créant des souilles* et piégeant les sables littoraux en tempête. Les échanges entre ces sédiments calcaires et les sables littoraux sont en effet attestés à la fois par la présence de fragments calcaires sur la côte et par l'augmentation de 2 à 16 % de la proportion de sédiments détritiques dans les produits d'extraction.

Le risque littoral constitué par l'érosion de la plage des Sables-d'Or trouve donc son origine dans une modification des profils littoraux en amont-transit, bien que l'extraction, cause présumée, se place en secteur péri littoral. Le bassin de risques des Sables-d'Or doit par conséquent inclure les rivages et les fonds en avant du cap d'Erquy (où la côte recule également). Il dépasse la limite communale entre Fréhel et Erquy.

Circulation des sédiments dans le secteur des Sables-d'Or



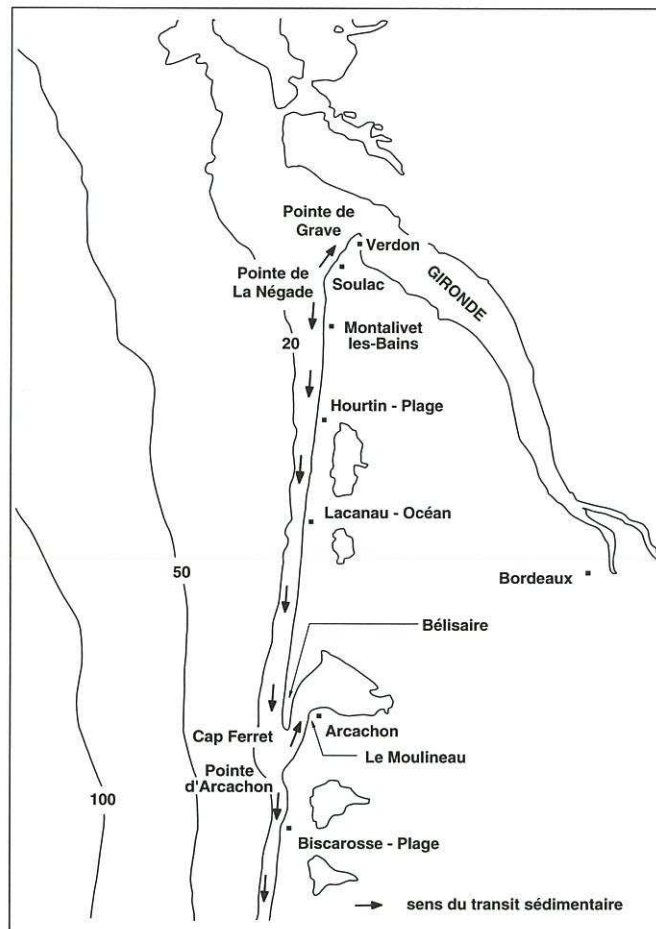
Source : d'après L.R. Lafond.

Document 5**Découpage du littoral de la Gironde en bassins de risques**

Le littoral de la Gironde s'étend de la pointe de Grave au nord à Biscarosse au sud. Il est entaillé par les passes du bassin d'Arcachon, mais l'intérieur du bassin et l'estuaire de la Gironde ne sont pas pris en compte.

Il peut être découpé en 5 secteurs qui ont chacun des caractéristiques propres du point de vue de la dynamique hydrosédimentaire et de la morphologie des fonds marins, et qui correspondent à autant de bassins de risques :

- « Le Verdon – pointe de la Négade » déterminé par la présence de la passe sud de la Gironde au large et un transit littoral orienté du sud vers le nord.
- « Pointe de la Négade – pointe du Cap-Ferret » marqué par des fonds marins réguliers et un transit du nord vers le sud.
- « Face est du Cap-Ferret », entre la pointe du Cap-Ferret et Bésilaire, où l'action des courants, influencée par les chenaux intérieurs du Cap-Ferret, est prépondérante.
- « Le Moulleau – pointe d'Arcachon » dont l'évolution est essentiellement liée à celle des passes du bassin d'Arcachon soumises à l'action dominante des courants.
- « Pointe d'Arcachon – Biscarosse » où l'agitation joue un rôle primordial et où les apports sédimentaires sont liés à l'évolution des passes du bassin d'Arcachon.



Source : SOGREAH.

MÉTHODE D'ANALYSE ET DE CARTOGRAPHIE DES RISQUES

L'analyse des risques passe par quatre étapes :

- la délimitation du périmètre d'étude ;
- la connaissance des phénomènes naturels, essentiellement fondée sur des événements historiques, qui donne lieu à la rédaction d'une « carte informative des phénomènes naturels » ;
- la caractérisation des aléas, qui fait l'objet d'une « carte des aléas » ;
- l'appréciation des enjeux qui peut également être cartographiée en fonction de la complexité de la situation locale.

Les documents ainsi établis ne sont pas des pièces réglementaires, mais ils sont indispensables à l'élaboration et à la compréhension du PPR. Leur réalisation s'inscrit dans une démarche globale associant service instructeur, bureaux d'études et collectivités locales.

La démarche

La mise en œuvre et la réussite des PPR s'appuient largement sur la priorité à accorder aux études qualitatives pour l'analyse des risques et à la concertation.

Les études qualitatives, le plus souvent peu onéreuses et rapides à mener, reposent sur l'exploitation des données existantes, en général nombreuses et facilement disponibles. Complétées par une analyse de terrain et l'expertise de l'homme de l'art, elles sont souvent suffisantes pour comprendre le fonctionnement du milieu, évaluer les risques potentiels et en tirer des conséquences vis à vis de l'occupation des sols et des constructions, même si une part d'incertitude subsiste.

Les types de données utiles sont nombreux. Ils concernent aussi bien le passé que le présent, les événements historiques (manifestations physiques des phénomènes, conséquences en terme de dommages et de victimes), que l'état actuel du milieu naturel et de son environnement (météorologique, géologique, morphologique, hydrologique, hydraulique...), et les composantes de l'occupation humaine (population, biens, activités).

Ces données peuvent être extraites des archives, des dossiers, des études et des cartes existantes, des

photographies aériennes, des photographies au sol, du terrain, des banques de données (numérisées ou non). Elles se trouvent aussi dans la mémoire collective. Elles sont détenues par de nombreux organismes tels que les services techniques de l'État, les services spécialisés dans les secours, la protection ou l'indemnisation des sinistres, les universités et les écoles d'ingénieurs, les bureaux d'études privés, et de nombreux établissements publics et organismes privés (le SHOM et l'IFREMER, mais aussi les CETE, l'IGN, le BRGM, Météo-France, EDF, les compagnies d'assurances, la presse locale, etc.). Les collectivités locales, la population et les associations, enfin, peuvent garder la mémoire des événements passés.

Le recueil des données et le premier traitement de l'information peuvent être effectués par un service de l'État. L'analyse des phénomènes naturels et des aléas sera conduite par un spécialiste qui vient souvent d'un bureau d'études privé, mais qui peut aussi, quelquefois, appartenir à un service, un établissement ou un laboratoire de l'État.

La concertation suppose d'associer toutes les compétences en présence, administratives, techniques et politiques.

- Le service instructeur désigné par le préfet pour élaborer le PPR doit s'appuyer sur la connaissance et l'expérience des principaux services de l'État.
- Les autorités locales doivent participer à la réflexion dès la phase de prescription du PPR, et être consultées régulièrement. Le service instructeur leur explicite, en amont, les intentions de l'État et s'informe de leurs projets d'aménagement et de leurs souhaits de prévention. Il leur soumet ensuite les différentes cartes techniques au fur et à mesure de leur avancement, afin de recueillir leurs observations et de prendre en compte leur connaissance des phénomènes.

Le périmètre d'étude

Il est délimité sur la base des bassins de risques lorsque des phénomènes naturels sont bien identifiés et répertoriés. Cette connaissance qui résulte des observations de terrain et de l'exploitation des

archives, met notamment en évidence les aléas qui menaceraient les personnes et les biens à la lumière des accidents passés. Elle bénéficie également des études à moyenne ou petite échelle (1/25 000 à 1/100 000) détenues par les services opérationnels de l'État. Les informations objectives ainsi recueillies permettent d'argumenter en faveur de l'établissement d'un PPR.

Ce périmètre d'étude, prescrit par arrêté préfectoral à l'échelle du bassin de risques, ne préjuge pas des zones qui seront réglementées par le PPR.

La connaissance des phénomènes naturels

Elle est destinée à décrire de manière objective les phénomènes naturels ayant affecté ou affectant la zone d'étude. Elle porte sur chaque type de phénomène, de manière conjointe ou indépendante.

Elle est traduite par un ou des documents cartographiques dont on soignera la lisibilité. L'échelle de ces documents est fonction à la fois du degré de précision de l'analyse, de l'ampleur des évolutions constatées et de leur densité. Chaque fois que cela est possible, on doit travailler au 1/25 000 agrandi au 1/10 000. Lorsqu'il existe des informations de base plus détaillées ou pour répondre à certaines situations particulières, on peut recourir à un plan topographique au 1/5 000.

Document 6

Présentation et usage des techniques de cartographie du trait de côte

Photo-restitution : elle consiste, à partir d'une photographie aérienne verticale, à réaliser une orthophotographie géométriquement parfaite. La comparaison de deux orthophotographies permet alors d'apprécier la mobilité du trait de côte. Ce type de traitement ne peut être effectué que par des organismes spécialisés (IGN, géomètres, photogramètres) possédant le matériel adéquat.

Redressement optique à l'aide d'un stéréozoom-transfertscope : cet appareil optique permet d'agrandir, de faire pivoter et de lire des couples de photographies aériennes ou tous autres documents pouvant être observés en superposition avec une carte. Il offre également la possibilité de redresser des photographies aériennes et de reporter sur plan, manuellement, différents tracés du trait de côte afin d'apprécier sa mobilité en fonction du temps. Les corrections apportées sont toujours très locales et nécessitent de procéder par étapes successives sur une photographie donnée. Il n'y a pas de correction globale des déformations de la photographie aérienne, ce qui conduit parfois à des incohérences entre les résultats obtenus pour des segments de côte traités séparément.

Recul des côtes basses meubles

Il est évalué à partir du taux d'érosion moyen annuel, déduit de la comparaison de la position des traits de côte successifs à différentes dates, cartographiés à partir de divers documents (carte 1, photos 8 et 9) :

- le cadastre napoléonien et les cadastres plus récents ;
- les cartes anciennes dont on vérifiera la valeur topographique ;
- les photographies aériennes verticales.

La fiabilité de l'estimation est conditionnée par la qualité de ces documents.

Les techniques d'exploitation des photographies aériennes, des plus simples (souvent peu onéreuses) aux plus complexes (souvent coûteuses), donnent des niveaux de précision très inégaux (document 6 et tableau 2). Il convient donc de vérifier l'origine des documents ainsi que la validité et la compatibilité des résultats.

D'autres sources contribuent à compléter la connaissance :

- les photographies obliques d'un même site (aériennes ou au sol) prises à différentes dates ;
- les témoignages, écrits ou oraux, même s'ils ne sont pas déterminants pour qualifier les faits ;
- la comparaison de levés topographiques ou bathymétriques sur une période suffisamment longue pour être significative peut également souligner l'évolution de l'érosion des plages et de l'avant-côte voisine.

Redressement numérique du trait de côte : cette technique recourt à des logiciels d'aérotriangulation pour redresser et mettre à une échelle donnée un objet singulier, ici le trait de côte, sur une photographie aérienne verticale. Elle nécessite de digitaliser le trait de côte, d'identifier à proximité un certain nombre de repères parfaitement connus en X, Y, Z (points géodésiques), globalement bien répartis sur la photographie à redresser, et de connaître la focale précise de l'appareil photographique. La correction géométrique des traits de côte successifs permet une analyse cinématique.

Déformation numérique : certains logiciels de cartographie déforment « à volonté » des images et les superposent par ajustement polynomial à partir des mêmes repères au sol bien identifiés en X, Y sur chacune des images. Le nombre et la répartition de ces repères sur la photographie sont des facteurs importants pour apprécier la qualité des résultats, et des erreurs peuvent être faites aisément si certaines règles ne sont pas respectées. Cette méthode permet de ne pas prendre directement en considération les paramètres de vol dans les calculs de redressement.

Carte 1. Carte informative des phénomènes naturels : recul du trait de côte à l'embouchure de la Têt (Pyrénées-Orientales)

Photo 8 : Photographie 1942

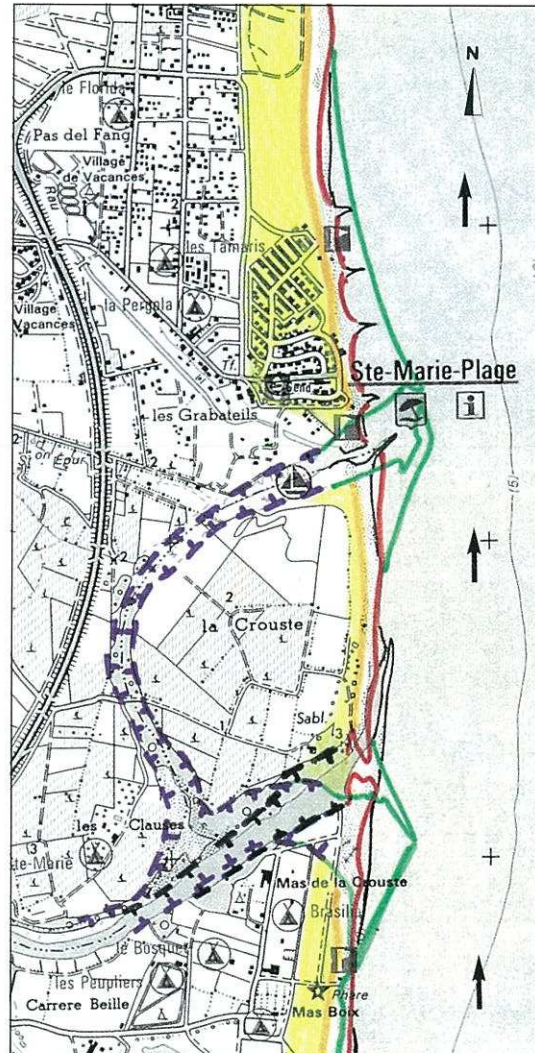


Source : Armée américaine.








Photo 9 : Photographie 1982



Source : IPLI.



LEGENDE

-  Trait de côte tracé à partir de la mission aérienne de 1942.
-  Trait de côte tracé à partir de la mission aérienne de 1982.
-  Trait de côte de la carte I. G. N. (TOP25, 2548 OT, édition 1990).
-  Lit mineur actif de la Têt en 1942.
-  Lit mineur actif de la Têt en 1982.
-  Cordon littoral sableux non aménagé en 1942.
-  Transit littoral.

0 250 500 750 1000m

Echelle : 1 : 25000

Source : CETE Méditerranée, IPSEAU.

Tableau 2. Comparaison de techniques de cartographie du trait de côte à partir de photographies aériennes (d'après Leatherman, 1983)

Techniques	Coût	Durée	Précision		Production de carte	Critique de la technique
			Correction des distorsions photos	Ajustement de l'échelle		
Agrandissement de photographies aériennes (Dolan et Al.)	Moyen	Moyen	Non	Non	Cartes tracées manuellement	Pauvre , imprécise, relativement chère et longue
Mesures sur références ponctuelles (Stafford)	Faible	Faible	Non		Aucune	Bonne , mais mesures uniquement pour les points situés près du trait de côte et pas de vision planimétrique de l'évolution
Utilisation de Stéréoplotters (USGS)	Élevé	Longue	Oui	Oui	Oui	Bonne , mais trop chère et longue (rarement utilisée pour l'étude du trait de côte)
Stéréozoom-transferscope (J.J. Fisher, Hennigar)	Moyen	Moyen	Non	Oui	Cartes tracées manuellement	Fiable , mais longue et les déformations des cartes ne sont pas totalement corrigées
Cartographie automatique : aérotriangulation (Leatherman et Al.)	Moyen	Moyen	Oui	Oui	Production informatique	Excellente , meilleure technique pour produire des cartes historiques du trait de côte

En outre, il est indispensable de décrire le comportement du trait de côte lors d'événements exceptionnels de type tempête pour des occurrences variables. Le cumul de ces phénomènes de courte durée contribue en effet à l'évolution pluriannuelle du littoral.

La carte informative du recul des côtes basses meubles montre la position du trait de côte pour des dates significatives. Il est impératif de privilégier la lisibilité de la carte en réduisant à deux ou trois le nombre de traits de côte représentés si les évolutions constatées sont faibles et en recourant de préférence à la couleur.

Recul des côtes à falaises

Il se distingue du recul des côtes basses meubles par la fréquence beaucoup plus faible des événements qui remodelent le trait de côte et par leur caractère discontinu et ponctuel. Son évaluation suppose d'associer deux méthodes d'investigation : d'une part, la mesure de l'évolution du trait

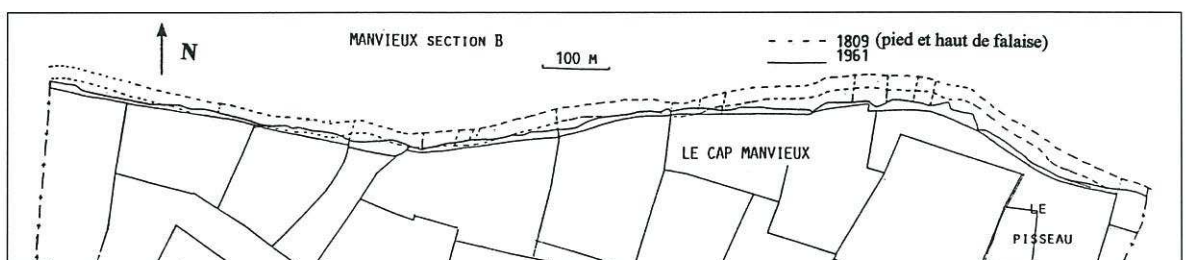
de côte, d'autre part l'inventaire et l'analyse des mouvements ponctuels, quel que soit le type de phénomène (érosion, éboulement, glissement) et son origine (marine ou continentale).

On emploie les mêmes techniques que pour les côtes basses.

- La comparaison des cadastres, notamment du cadastre napoléonien avec les documents les plus récents, si le tracé du trait de côte a été réactualisé, donne une information intéressante à une échelle de temps de l'ordre de 150 ans (carte 2). Elle permet de déterminer la vitesse d'évolution des traits de côte à falaises sans recourir à des moyens techniques spécifiques.

- La comparaison de photographies aériennes verticales donne rarement une indication générale sur la cinématique des traits de côte à falaise, parce que leur évolution est trop lente. Elle montre toutefois des réajustements, souvent isolés, à l'échelle d'une cinquantaine d'années, période maximale couverte par les photographies aériennes de l'IGN.

Carte 2. Carte informative des phénomènes naturels : évolution des falaises du Bessin (Calvados)



Le trait de côte est analysé à partir de documents cadastraux. Celui de 1809 est représenté par deux lignes en tirets ; l'une, côté mer, localise le pied de falaise et l'autre le haut de falaise. Le cadastre de 1961 ne fait pas de distinction entre les tracés. L'interprétation doit tenir compte de ces imprécisions.

On doit aussi faire appel à des analyses géotechniques pour identifier les facteurs d'instabilité et caractériser les phénomènes ponctuels. Ces derniers peuvent en effet modifier l'évolution apparente du trait de côte, qui paraît stabilisé alors que l'érosion du pied d'un versant est compensée par un glissement progressif. Leur étude et leur cartographie exploite principalement les données historiques, les indices géomorphologiques et les dommages aux ouvrages, selon des techniques propres à l'élaboration des PPR mouvements de terrain.

La carte informative du recul des côtes à falaises présente la position du trait de côte pour des dates significatives et les phénomènes ponctuels. Il est impératif de privilégier la lisibilité de la carte en limitant le nombre d'informations représentées et en employant de préférence la couleur.

Submersions marines

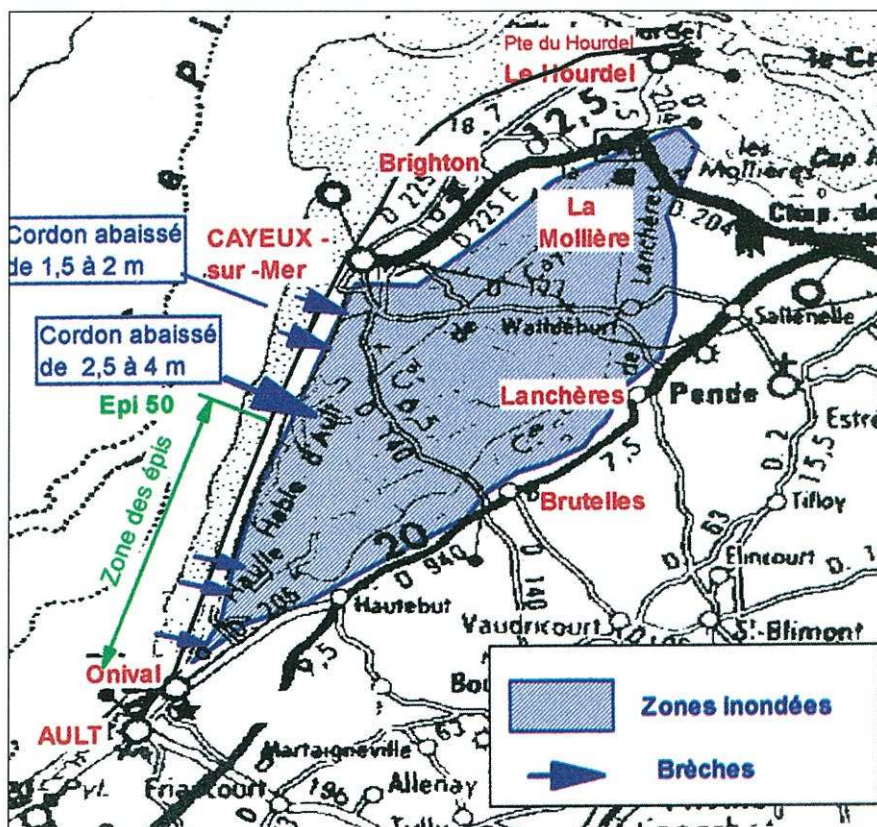
Leur analyse s'appuie sur la confrontation entre d'une part, les données et les indices ayant trait aux événements passés (documents photographiques, témoignages, traces de submersion, brèches, etc.), et d'autre part, la topographie des lieux et les niveaux extrêmes de la mer que peut fournir le SHOM.

Sauf dans le cas d'événements dommageables, il existe peu d'informations précises sur l'extension des submersions historiques. On évalue alors les surfaces couvertes par ces dernières en interprétant les données relatives aux niveaux des plus hautes eaux (carte 3). Cette approche qualitative surestime souvent l'extension des zones inondées dans la mesure où les conditions locales ne sont pas prises en compte (micro-topographie, largeur de brèche, effet déversoir, rôle des fossés, etc.).

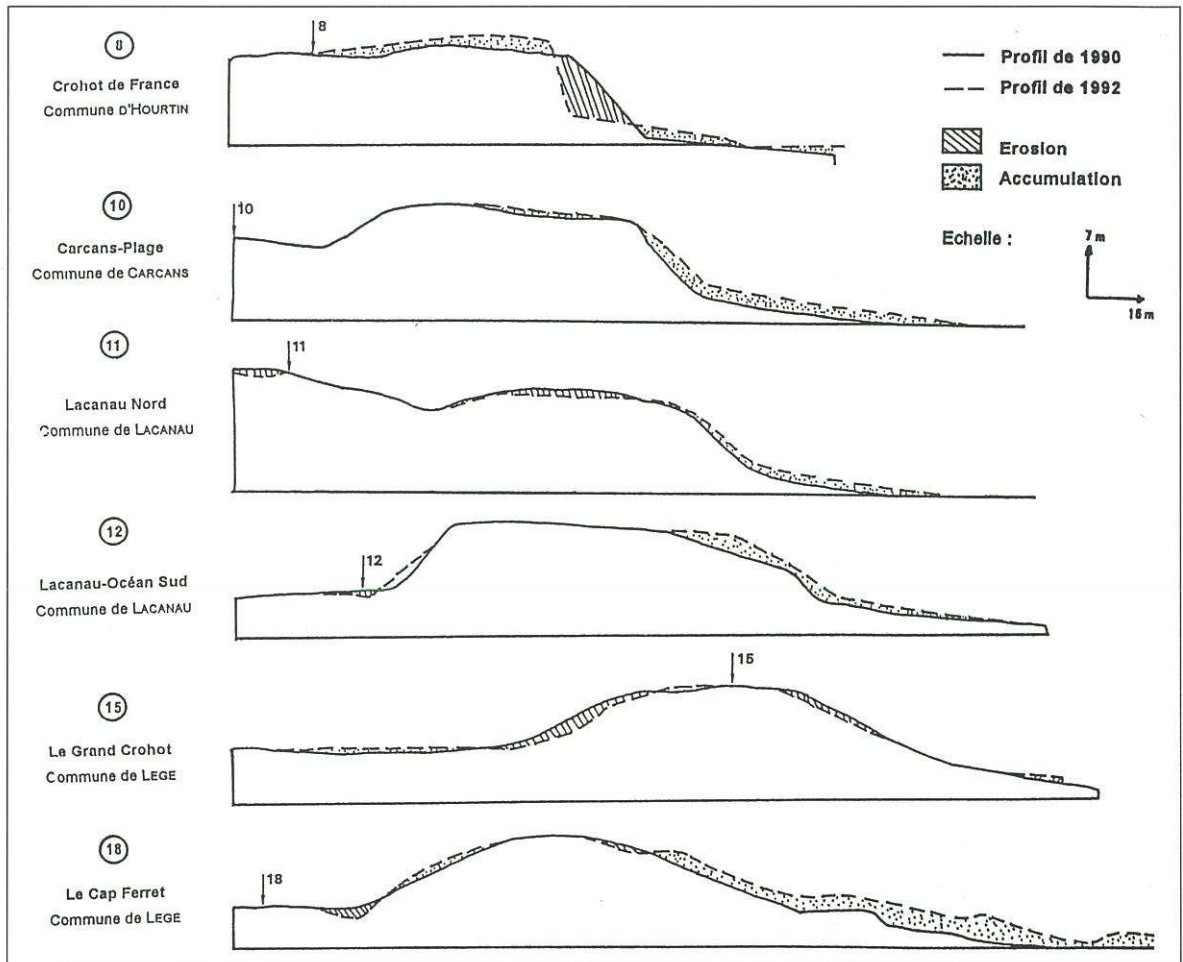
La carte informative des submersions marines montre si possible les hauteurs d'eau maximales, ainsi que les zones de forts courants.

Avancées dunaires

L'approche est similaire à celle du recul du trait de côte. Un taux d'avancement moyen annuel peut être estimé à partir des relevés successifs du pied de dune (ou éventuellement de la corniche) issus de levés topographiques ou de la comparaison de photographies aériennes (figure 2). On recherchera notamment les conséquences des tempêtes afin d'apprécier l'ampleur des mouvements possibles sur de courtes périodes (quelques heures à quelques jours).



Carte 3.
Carte informative des phénomènes naturels : extension des zones inondées en février 1990 le long du littoral des Bas-Champs (Somme)

Figure 2. **Mobilité des dunes de Gironde entre 1990 et 1992**

Source : SOGREAH - LARAG

La progression du front de dune est cartographiée selon les mêmes principes que pour le recul du trait de côte, mais en choisissant un figuré distinct de celui-ci. Des barbules, orientées côté terre, peuvent être employées pour matérialiser le front dunaire mobile. Afin de ne pas surcharger la carte, on ne reportera que deux ou trois positions à des dates successives au moyen de couleurs différentes. Comme pour les autres phénomènes, le recours au noir et blanc est déconseillé sur le fond IGN au 1/10 000.

La qualification et la cartographie des aléas

Définition des aléas de référence

L'aléa est un phénomène naturel défini par une intensité et une probabilité d'occurrence données.

En ce qui concerne les phénomènes littoraux, il est évalué, par convention, à partir d'une probabilité d'occurrence au moins centennale pour la submersion marine, et d'une échéance fixée à 100 ans pour le recul du trait de côte et l'avancée dunaire. Les moyens et les méthodes d'évaluation et de caractérisation de chaque type d'aléa sont résumés dans les tableaux 3 et 4.

Spécification des cartes d'aléa

CONTENU

Elles montrent les surfaces affectées par un ou plusieurs aléas hiérarchisés en fonction de leur intensité. Pour le recul du trait de côte et l'avancée dunaire, considérés comme irréversibles, l'aléa est toujours qualifié de fort. Pour la submersion marine, on distingue deux niveaux d'aléas : faible ou moyen d'une part, fort d'autre part, selon la hauteur d'eau et la vitesse du courant.

Tableau 3. Évaluation des aléas

Phénomène		Outils de base	Outils spécifiques	Données sur les événements	Méthodes d'évaluation de l'aléa
Recul des côtes basses meubles	E	Photographies aériennes,	Suivis de repères	Évolution des traits de côte	Extrapolation raisonnée des tendances et démarche d'expert
Recul des côtes à falaises	R	cadastres, cartes anciennes, archives,	Carte géologique, données hydrologiques	Évolution des traits de côte et carte de localisation des événements ponctuels	Extrapolation raisonnée des tendances, démarche d'expert et analyses géologiques
Avancées dunaires	D	visites de terrain, cartes	Profils dunaires	Évolution du front de dune	Extrapolation raisonnée des tendances et démarche d'expert
Submersions	M	topographiques, etc	Cahiers du SHOM et BD ALTI de l'IGN	Localisation historique des brèches et extension des submersions passées	Analyses fréquentielles diagnostic de l'état des digues

Tableau 4. Caractérisation des aléas

Phénomène		Probabilité	Échéance	Extension	Qualification de principe	Danger humain
Recul des côtes basses meubles	E	-	100 ans	100 Tx ¹	Fort	improbable
Recul des côtes à falaises	R	-	100 ans	100 Tx + Lmax ² ou démarche d'expert	Fort	possible en tête ou pied de falaise
Avancées dunaires	D	-	100 ans	100 Tx	Fort	improbable
Submersions	M	occurrence historique au moins centennale	-	plan d'eau centennal	Fort à faible selon la vitesse de l'eau	possible en arrière des digues

1. Tx : taux d'avancement moyen annuel.

2. Lmax : évolution du trait de côte suite à un événement exceptionnel.

Nota : pour les glissements de versant littoral on se référera aux méthodes d'élaboration des PPR mouvements de terrain.

FONDS DE PLAN

Comme pour la cartographie des phénomènes naturels, on utilisera la carte IGN au 1/25 000 agrandie au 1/10 000. Lorsqu'il existe des informations détaillées ou pour répondre à certaines situations particulières, on pourra employer un plan topographique au 1/5 000. L'échelle des documents sera fonction à la fois du degré de précision que l'on accorde à la méthode utilisée et de l'ampleur des évolutions constatées.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

En ce qui concerne le recul des côtes basses meubles et des côtes à falaises et l'avancée dunaire, elle doit s'envisager de deux façons.

- S'il n'y a qu'un seul phénomène, on pourra mettre en évidence sa progression dans le temps en reportant la limite du trait de côte ou du front de dune aux échéances retenues. Ces limites seront représentées par des traits pleins d'une même couleur de valeur croissante (par exemple : verts clair,

moyen et foncé) ou par des traits de couleurs différentes dans une progression logique (par exemple : jaune, orange, marron). Les différents traits porteront toujours leur échéance ou leur année de référence, ce qui suppose de préciser en légende la date de réalisation de l'étude et d'établissement de la carte. Selon l'échelle de travail et l'espace disponible, on pourra renforcer l'information en montrant la progression du recul par des aplats de couleur entre chaque limite. Par ailleurs, sur les secteurs très évolutifs, il sera souhaitable de mettre à jour la position actuelle du trait de côte sur le fond de plan s'il est jugé trop ancien.

- En présence de plusieurs phénomènes, on utilisera une couleur différente pour chacun d'eux. Si on veut figurer leurs évolutions dans le temps, on veillera à garder la lisibilité des informations cartographiées en déclinant chacune des couleurs retenues en deux ou trois valeurs.

L'aléa submersion sera matérialisé par un aplat de couleur (par exemple bleu-vert) d'une valeur croissante en fonction du degré d'aléa.

Ces documents en couleur sont nécessaires pour l'information des élus et du public. Mais on cherchera aussi à assurer une reproduction correcte des documents en noir et blanc en faisant notamment appel à des trames points de densité différente en lieu et place des aplats de couleur.

S'il y a plusieurs aléas, chacun d'entre eux sera en outre identifié par une lettre :

recul des côtes basses meubles (Erosion)	E
Recul des côtes à falaises avancées Dunaires	R
submersions par la Mer	M

Dans le cas des submersions marines, on pourra également ajouter un indice numérique pour indiquer le niveau d'aléa (en principe 1 pour le niveau faible à moyen et 2 pour le niveau fort).

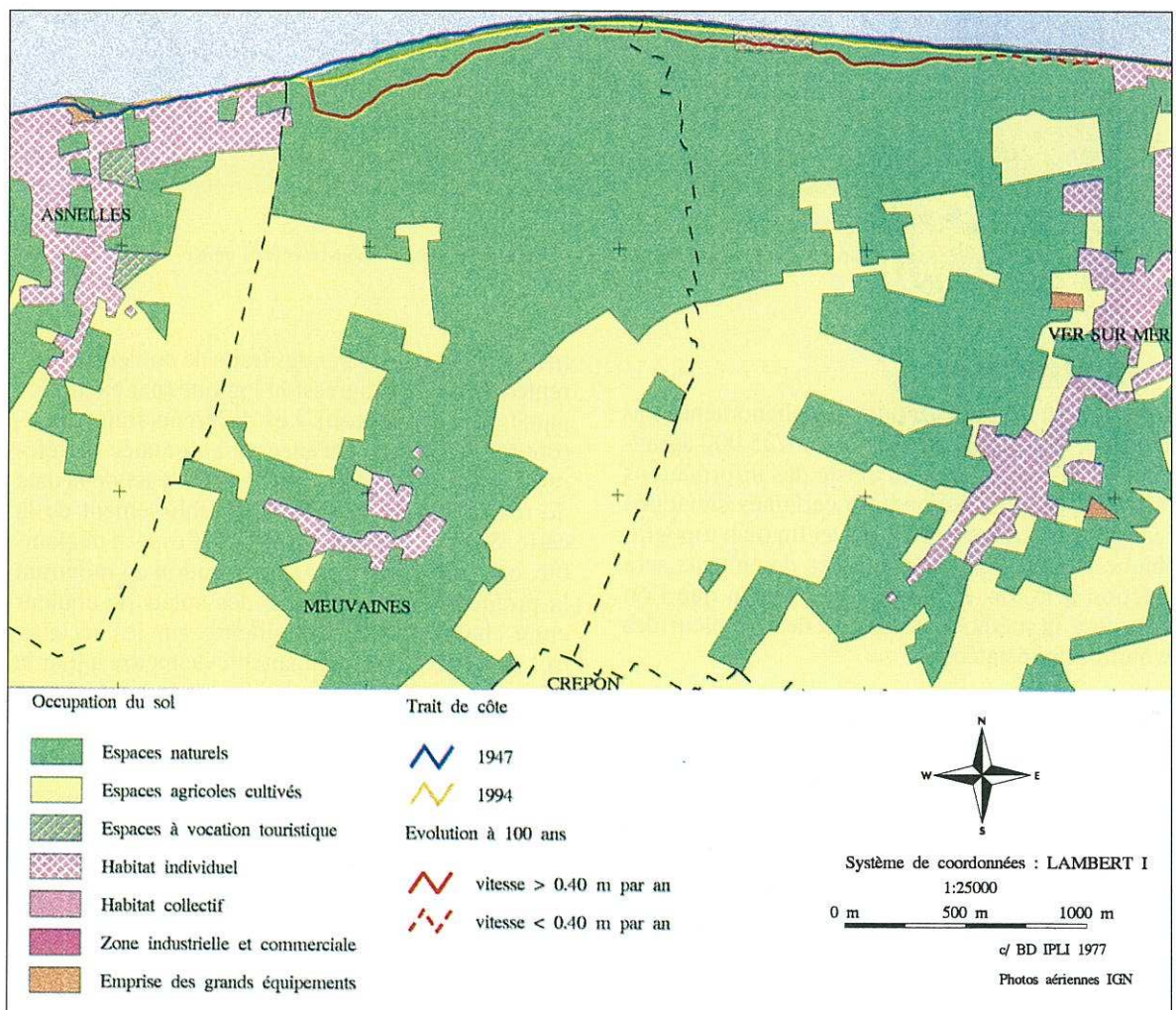
Les aléas liés aux glissements de versants littoraux (notés G) seront traités selon la méthodologie relative aux mouvements de terrain en adoptant des aplats de couleur de valeur croissante en fonction du degré d'aléa.

Recul des côtes basses meubles

La zone d'aléa correspond à la bande de terrain potentiellement érodable à l'échéance de 100 ans. Elle n'est pas définie par une probabilité d'occurrence qui est difficile à appréhender. En effet, chaque tempête possède une probabilité d'occurrence conjuguant à la fois la probabilité d'apparition d'un niveau extrême de la mer (niveau marégraphique théorique et surcote) et la probabilité d'occurrence d'une agitation de la mer (amplitude de la houle). En pratique, la probabilité globale ne peut pas être définie comme le produit des probabilités de chaque phénomène, ceux-ci n'étant pas indépendants. De plus, l'état morphologique des plages (plages fortement engraisées ou démaigrées) conditionne pour beaucoup l'intensité du recul de la côte pour un même scénario hydrodynamique.

La zone d'aléa est délimitée par le trait de côte actuel (date t) et sa position estimée à t+100 ans (carte 4). Elle traduit la somme des actions érosives des tempêtes successives sur une période de 100 ans.

Carte 4. Carte d'aléa : recul du trait de côte entre Asnelles et Ver-sur-Mer (Calvados)



La zone d'érosion cartographiée à l'échéance de 100 ans se réduira au fil du temps. Il est donc indispensable d'indiquer sur la carte la date initiale t , à partir de laquelle la prévision est faite, ainsi que celle du trait de côte à $t+100$ ans. Il faut aussi envisager la situation au-delà des 100 ans au regard de la marge de sécurité (surtout dans les secteurs où le recul est rapide), des conséquences en cas de dépassement des hypothèses de référence, et des précautions à prendre pour limiter les dommages. Une réactualisation de la carte d'aléa peut s'avérer nécessaire par exemple si on constate une accélération de l'érosion.

La délimitation de la zone d'aléa à l'échéance de 100 ans s'appuie sur la connaissance du taux annuel d'érosion, déduit de l'observation passée du trait de côte. Son évolution est extrapolée pour le long terme, sur la base de conditions dynamiques considérées comme invariantes dans le temps. Elle intègre implicitement le taux d'élévation actuel du niveau de la mer, mais pas son éventuelle accélération, en l'absence de consensus scientifique. Elle supporte une part d'incertitude liée au caractère aléatoire des tempêtes et de leurs effets.

La largeur de la zone de risque d'érosion (L_r) est égale au recul correspondant au taux d'évolution moyen annuel observé sur une période pluridécennale (T_x) multiplié par 100 ans :

$$L_r = 100 T_x \text{ (exprimée en mètres)}$$

Document 7

Niveau de sécurité des ouvrages côtiers

Le niveau de sécurité des ouvrages de défense (et particulièrement des ouvrages longitudinaux de haut de plage) intervient dans l'évaluation des aléas d'érosion et de submersion pouvant affecter les zones protégées.

Son appréciation, délicate en raison de la multiplicité des paramètres en jeu, dépend d'abord du dimensionnement de l'ouvrage. Celui-ci résulte le plus souvent d'un compromis entre un aspect strictement technique, qui vise à garantir une protection maximale, et le coût de l'ouvrage, qui peut contraindre le maître d'ouvrage à choisir un niveau de protection financièrement acceptable.

Elle est également liée à la pérennité de l'ouvrage vis à vis des sollicitations de la houle et du déchaussement des fondations par suite de l'abaissement des fonds par érosion.

Elle dépend enfin de l'ancienneté des ouvrages et de leur entretien dans le temps.

Pour les ouvrages existants, le niveau de sécurité est difficile à évaluer :

- la qualité des données décrivant les conditions hydrodynamiques et sédimentaires utilisées pour leur dimensionnement est souvent méconnue ;
- la fiabilité des méthodes de calcul analogique n'est pas démontrée ;
- les ouvrages vieillissent plus ou moins bien et ne sont pas toujours entretenus. Si les risques de

Cette extrapolation doit être motivée et aménagée en fonction des configurations locales. Dans certains cas, ce résultat doit être révisé à la hausse pour tenir compte d'une évolution non-linéaire qui peut être due à l'effet réactif d'aménagements lourds (épis) ou à une modification importante des apports fluviaux (constructions de barrages, extraction de matériaux, approfondissement des lits de fleuves côtiers).

En complément, il est important de mentionner, même sans les cartographier, les reculs ponctuels possibles consécutifs à un événement exceptionnel (houles de tempête associées à des pleines mer de vives eaux et des surcotes météorologiques). Leur ordre de grandeur peut être évalué à partir de recherches bibliographiques ou historiques ou exceptionnellement, dans des zones à forts enjeux, à l'aide d'un modèle numérique d'évolution. Pour mémoire, la côte ouest du Cotentin subit des reculs brutaux d'une dizaine de mètres survenant tous les 5 à 10 ans.

En présence d'ouvrages de protection, l'aléa sera délimité de deux manières distinctes, à l'exception des centres urbains* où il sera défini au cas par cas (document 7).

déchaussement des fondations peuvent être appréciés de la même manière pour les ouvrages en enrochement et les ouvrages en maçonnerie, il n'en est pas de même pour leur tenue à la houle : la pérennité des seconds repose essentiellement sur la qualité et l'entretien des joints.

Pour les ouvrages nouveaux, les méthodes de dimensionnement, essentiellement probabilistes, exploitent les informations relatives aux niveaux d'eau et au régime des houles et intègrent généralement l'évolution de la plage. Mais ces ouvrages sont calculés pour des durées de vie de 20 à 30 ans et des incertitudes demeurent sur les conditions d'environnement hydrodynamique et sur les traitements statistiques des données de terrain.

En conséquence, on ne peut pas généraliser le niveau de sécurité des ouvrages de protection contre la mer, car :

- ils sont construits pour des durées de vie plus courte que la référence centennale ;
- leur niveau de protection est problématique, même sur leur durée de vie théorique ;
- ils peuvent évoluer défavorablement dans le temps.

Il est donc recommandé aux services instructeurs d'être circonspects quant à la confiance qu'ils accordent aux ouvrages de protection, et en particulier aux plus anciens. Leur classement en fonction de leur état, lorsqu'il est possible, peut contribuer à apprécier les risques.

- Pour les ouvrages et aménagements qui ne fixent pas le trait de côte (épis, brise-lames, rechargements en sédiments, protections dunaires), la zone d'aléa est établie sur la base d'une extrapolation à 100 ans de l'évolution passée de la zone ainsi protégée. L'effet des ouvrages est donc pris en considération dans l'évolution future du trait de côte. Cela revient à intégrer l'efficacité passée des ouvrages et à parier sur leur pérennité. Si les ouvrages sont trop récents, une extrapolation par défaut du taux d'évolution passé du trait de côte sera préférée, en attendant de pouvoir apprécier l'impact réel des ouvrages. Une révision du PPR pourra être engagée si cette estimation s'avère à terme non conforme à la réalité.
- Pour les ouvrages longitudinaux qui fixent la position du trait de côte (digues, enrochements), l'aléa résulte principalement de ruptures en principe limitées et rapidement réparées. Il est rare d'enregistrer un réel recul du trait de côte, sauf si les ouvrages ne sont pas dimensionnés pour les conditions hydrodynamiques du site (cas fréquent des cordons simples en enrochement). Dans ce cas, la zone d'aléa sera fixée en extrapolant à 100 ans

l'évolution annuelle des zones voisines non protégées, en s'assurant qu'elle ne présente pas une grande variabilité.

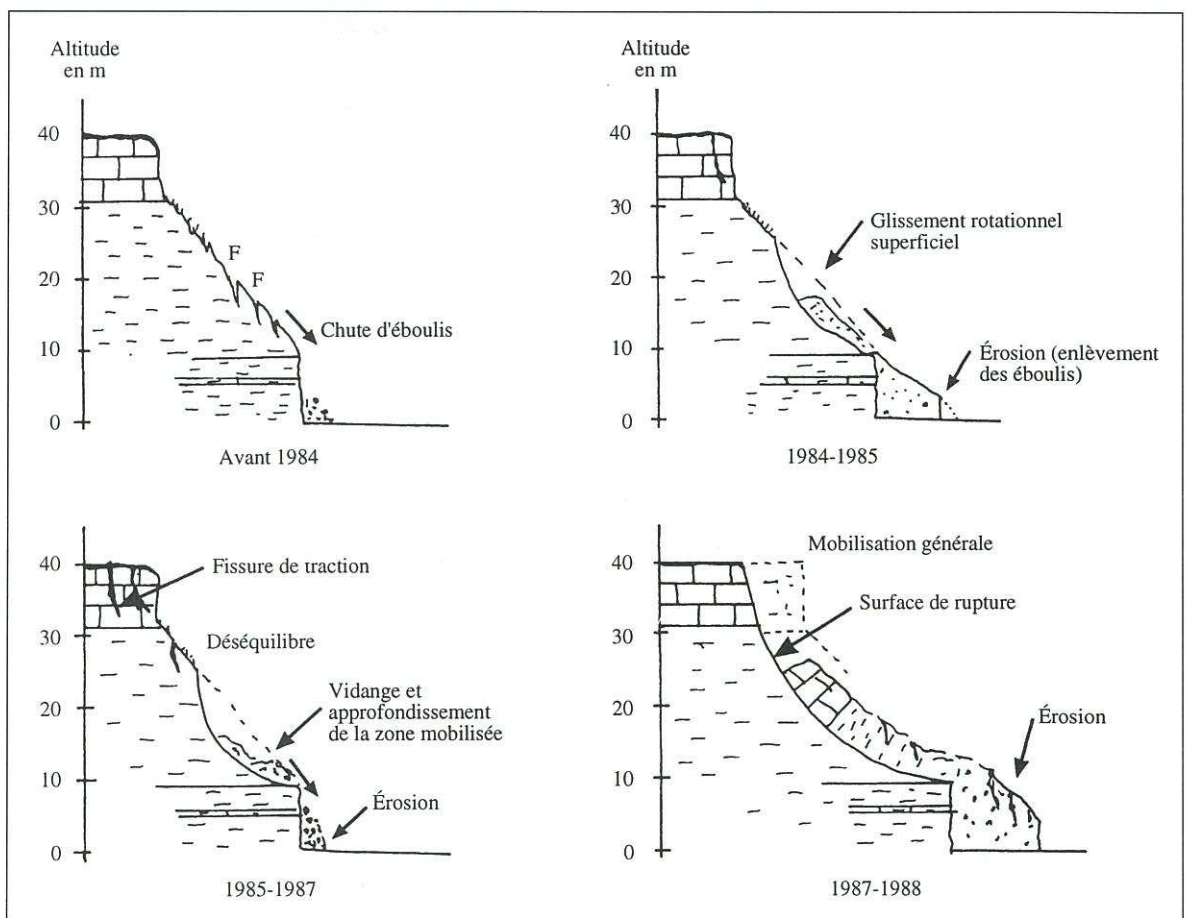
On ne retiendra qu'un seul niveau d'aléa, qualifié de fort. Cependant, par exception, derrière un ouvrage figeant le trait de côte, l'aléa pourra être défini comme faible à moyen lorsque la vulnérabilité de l'ouvrage de défense et le recul latéral sont réduits.

Recul des côtes à falaises

Les falaises de matériaux meubles de faible hauteur (généralement inférieure à 10 m), régressent comme les côtes basses meubles.

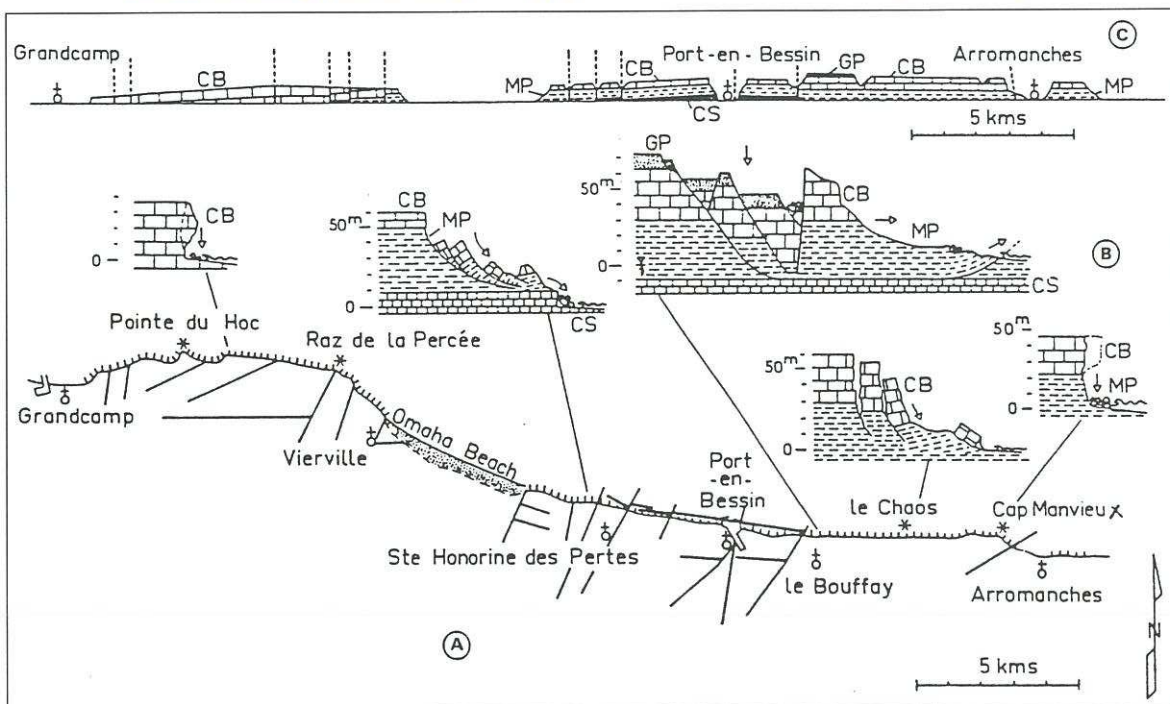
Les autres falaises évoluent selon des modes complexes qui dépendent de leurs caractéristiques physiques (nature, résistance des roches, pendage, fracturation, superposition de couches dures et tendres, etc.) et de leur état (falaise vive, protégée ou non en pied par des éboulis, falaise morte, etc.) (figures 3 et 4).

Figure 3. **Évolution de la falaise entre Saint-Côme de Fresné et Arromanches de 1984 à 1988 (Calvados)**



Source : O. Maquaire, 1990.

Figure 4. Variété lithologique et morphologique des falaises du Bessin (Calvados)



Source : O. Maquaire, 1990.

L'analyse de l'aléa, qui vise à évaluer la bande de terrain potentiellement érodable à l'échéance de 100 ans, repose sur deux approches complémentaires :

- l'exploitation des événements passés ou déclarés, à partir de leur type, de leur date et de leur importance, en fonction des facteurs de prédisposition observés (carte 5) ;
- l'extrapolation du recul historique en pied et en partie haute de falaise.

À partir de ces informations, la largeur de la zone d'aléa, L_r , pour un tronçon de côte homogène, est égale au recul correspondant au taux d'évolution moyen annuel constaté (T_x) extrapolé pour 100 ans, auquel il convient d'ajouter une marge de sécurité correspondant à la valeur du recul du trait de côte (l_{max}) consécutif à un événement brutal, par exemple le plus intense répertorié sur ce tronçon ou la largeur du surplomb identifié ou encore le phénomène exceptionnel prévisible d'ordre centennal selon les informations disponibles :

$$L_r = 100T_x + l_{max} \text{ (exprimée en mètres)}$$

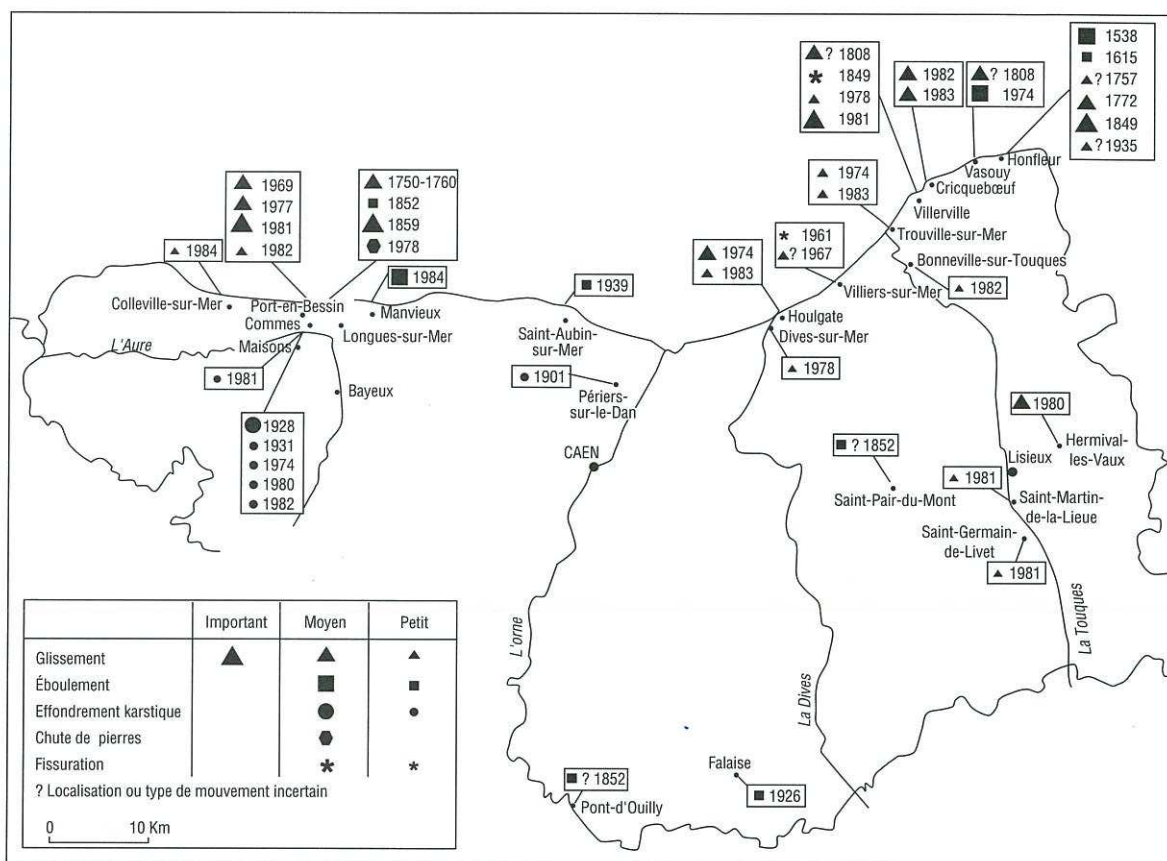
Si les informations historiques (archives, indices morphologiques, etc.) sont insuffisantes, voire inexistantes, la largeur de la zone d'aléa (L_r) est établie soit à dire d'expert, soit exceptionnellement par des études géotechniques dans les zones à forts enjeux. La marge de sécurité l_{max} pourra atteindre dans ce cas plusieurs fois la valeur du taux d'érosion annuel extrapolé $100T_x$.

Pour les versants littoraux dont l'évolution procède par glissements localisés, l'extrapolation d'un recul à 100 ans est délicate ou impossible. Il convient alors d'analyser le rôle des caractéristiques intrinsèques du versant (nature, pendage et spécificités géomécaniques des différentes couches), des facteurs externes (précipitations efficaces, drainages, battement de nappe phréatique, changements dans l'occupation du sol, secousses sismiques, etc.) et de la mer qui ne permet pas la mise en place d'un versant d'équilibre en raison de son action érosive. Leur influence respective conditionne la stabilité du versant (document 8). Ici, la valeur l_{max} doit tenir compte de l'extension prévisible du mouvement dans le domaine continental. L'étude et la cartographie de l'aléa s'appuieront sur les méthodes exposées dans le guide relatif aux PPR mouvements de terrain. Cependant, on essaiera toujours d'apprécier l'effet aggravant dû à l'érosion marine (suppression de butée de pied) par rapport aux rôles des autres facteurs de déstabilisation.

On ne retiendra qu'un seul niveau d'aléa, qualifié de fort, à l'exception de quelques cas justifiés (document 8).

Le recul des côtes à falaises peut quelquefois générer des dangers pour les personnes, aussi bien sur la corniche qu'en pied de falaise, exposé aux chutes de blocs, aux coulées boueuses ou aux glissements perchés. Ils peuvent être mentionnés sur le document cartographique au regard de la position du trait de côte au jour de l'étude, par un figuré ou un cartouche.

Carte 5. Inventaire des mouvements de terrain sur le littoral du Calvados



Source : CREGEPE, Caen ; J.L. Ballais, O. Maquaire, H Ballais, mars 1994.

Submersions marines

Elles se produisent à la suite de ruptures en principe localisées (brèches), de franchissements ou de débordements d'ouvrages de protection naturels ou artificiels.

Les phénomènes prévisibles à court terme (10-15 ans), en raison de la proximité de la mer et d'un système de protection peu fiable, seront systématiquement étudiés et cartographiés.

Les zones potentiellement submersibles à plus long terme, du fait de leur éloignement géographique du littoral, pourront être prises en compte et cartographiées en fonction du taux d'évolution moyen annuel constaté du trait de côte, selon la méthodologie déjà exposée. Celles qui ne seraient pas retenues dans un premier temps par le service instructeur à cause d'une échéance trop lointaine ou incertaine, doivent faire l'objet d'une surveillance accrue et donner lieu à l'élaboration ou à la révision d'un PPR si leur submersibilité se confirme.

NIVEAUX D'EAU DE RÉFÉRENCE

L'évaluation de l'aléa consiste à étudier la zone submergée par la mer pour le niveau d'eau atteint

pour une occurrence centennale. Elle inclut les phénomènes de surcotes météorologiques, et est calculée à pleine mer sur les littoraux à marée.

Pour les côtes comprises entre la frontière belge et la frontière espagnole, on se référera aux données du rapport du SHOM : « Statistique des niveaux marins extrêmes le long des côtes de France » (SIMON, 1994), qui donne le niveau du plan d'eau statique de la mer au moment d'une pleine mer d'occurrence centennale conjuguant un niveau marégraphique observé élevé et une surcote météorologique (effet d'une basse pression atmosphérique et d'un vent de mer soufflant à la côte). À ce propos, on estime empiriquement qu'une diminution de 1mm de la pression atmosphérique normale provoque une surélévation du plan d'eau de 1 cm.

Dans les autres zones côtières, il est nécessaire de consulter les données marégraphiques disponibles sur une grande période pour un site proche du secteur étudié. Une extraction du niveau annuel de pleine mer observé de la série chronologique permet par traitement statistique (ajustement à une loi extrême de type Gumbel, Fréchet,...) de déduire le niveau de pleine mer d'occurrence centennale.

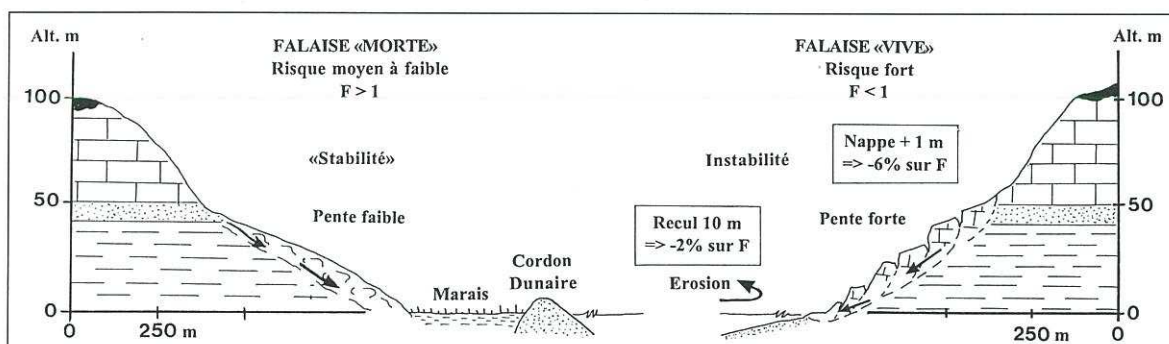
Document 8

Exemple de l'évolution de la côte du pays d'Auge (Calvados)

Une douzaine de kilomètres de côte du pays d'Auge dans le Calvados fournit une bonne illustration des phénomènes de glissement. Les falaises offrent des profils variables, d'une extrémité à l'autre, en rapport avec l'épaisseur relative des assises sédimentaires affectées d'un faible pendage vers l'est : craie et sables glauconieux reposant sur une épaisse série argilo-marneuse. L'ensemble surmonte des calcaires gréseux qui arment le pied de falaise et constituent un platier rocheux. À l'escarpement crayeux succède un talus en pente douce plus ou moins régulière taillé dans des formations superficielles épaisses qui comportent d'une part des panneaux et des blocs de craie, d'autre part des « éboulis » (composés d'éclats de craie et de silex) et des limons qui comblent les espaces entre les blocs de craie.

En simplifiant, il est possible de distinguer deux niveaux d'aléa :

- un aléa fort dans les secteurs de falaise « vive » dont le pied, taillé dans les grès résistants ou dans les formations meubles, est baigné par la mer. Le versant évolue sous l'action combinée de la variation de la nappe phréatique et de la suppression de la butée par érosion. On calcule que le coefficient de sécurité au glissement est abaissé d'environ 6 % pour une élévation de la nappe d'un mètre, et de 2 % pour un recul de la base d'une dizaine de mètres.
- un aléa moyen ou faible dans les secteurs de falaise « morte » qui est protégé par le cordon sablo-graveleux d'un marais littoral et dont l'évolution dépend de l'action des eaux continentales.



Le rôle de l'eau comme facteur déclenchant est important. Celui de la butée est néanmoins indispensable pour maintenir la stabilité, même si l'incidence de la suppression de butée semble faible sur le coeffi-

cient de sécurité global. Pour être efficaces, les mesures confortatives ou correctives devront donc agir simultanément sur l'eau (drainage, etc.) et sur la défense du pied de versant (enrochement, épis, etc.).

D'autres méthodes se prêtent à une estimation des niveaux extrêmes de la mer, mais il est difficile de leur affecter une probabilité d'occurrence. On peut citer pour mémoire, selon les données disponibles :

- l'addition d'un niveau de pleine mer théorique en marée de vive-eau exceptionnelle et d'une surcote météorologique déterminée par comparaison entre le niveau de pleine mer observé et le niveau théorique prévu par les annuaires de marée ;
- l'utilisation d'une relation entre les niveaux de pleine mer observés et les coefficients de marée pour définir le niveau correspondant à un coefficient extrême de 120.

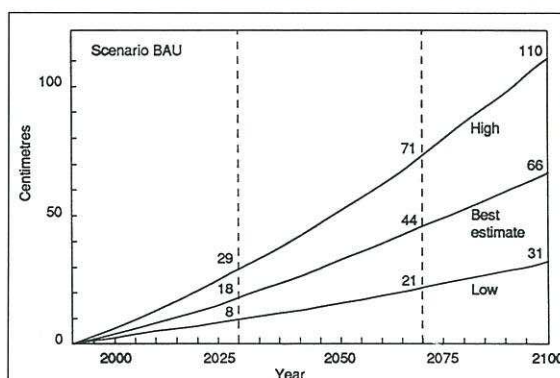
Si le niveau d'eau centennal ne peut être calculé (insuffisance de données de base), ou s'il est inférieur à la plus forte submersion historique connue, on retiendra cette dernière.

Le niveau d'eau sera exprimé, avant tout, en cote IGN 69 et rattaché, si besoin est, en cote marine.

L'accélération de l'élévation du niveau moyen des mers à l'échéance de cent ans ne sera généralement

pas prise en compte. Les seules exceptions pourront concerner des zones où les enjeux sont considérés comme importants, à l'initiative des services instructeurs, et sous forme d'une marge de sécurité (figure 5).

Figure 5. Élévation du niveau moyen de la mer : meilleures hypothèses retenues



Source : IPCC.

QUALIFICATION

L'expérience montre que les hauteurs d'eau sont faibles dans la majorité des cas, et inférieures à un mètre, compte tenu des mécanismes de submersion (durée de la marée haute, taille des brèches, etc.). Par contre, la vitesse du courant peut varier, ce qui conduit à distinguer deux niveaux d'aléa, qualifiés de fort, lorsque la vitesse est rapide, et de faible à moyen lorsque la vitesse est lente.

Immédiatement en arrière d'une brèche dans un cordon littoral ou un ouvrage de protection, la vitesse des courants peut être élevée. Ce phénomène sera représenté par une bande de terrain où l'aléa est considéré comme fort. Sa largeur sera fonction du contexte local.

CARTOGRAPHIE

Elle commence par une étude de la topographie dont la précision est fonction des enjeux. À défaut de levés topographiques à grande échelle sur la zone d'étude, on recourra le plus souvent aux données de l'Institut Géographique National, commercialisées sous forme de cartes et d'une base de données intitulée « BD ALTI ». Cette dernière, issue de la numérisation des courbes de niveau de la carte topographique de la France au 1/25 000, permet la réalisation de modèles numériques de terrain avec un pas de maille pouvant descendre à 50 m (figure 6). Cependant, la précision altimétrique annoncée est de l'ordre de 1 m sur les points cotés et de 2 à 3 m sur les courbes de niveau. Un recalage par rapport à des points connus (repères de nivellement de l'IGN) sera souvent indispensable pour obtenir une bonne topographie côtière.

Dans un second temps, on superpose la cote du plan d'eau retenu à la topographie, pour cartographier les espaces continentaux situés à une altitude inférieure à la cote de référence (carte 6). On en déduit

les hauteurs d'eau. Les polders, situés par définition à des niveaux altimétriques inférieurs aux niveaux des plus hautes mers, doivent systématiquement être pris en considération.

La précision du zonage dépend de celle des documents topographiques supports. Compte tenu du rôle joué par la micro-topographie, en général méconnue, et des mécanismes de submersion, les limites de la zone inondable sont fréquemment surestimées. On peut réduire la marge d'incertitude par une analyse critique des données et des résultats obtenus au regard d'événements historiques bien connus.

Avancées dunaires

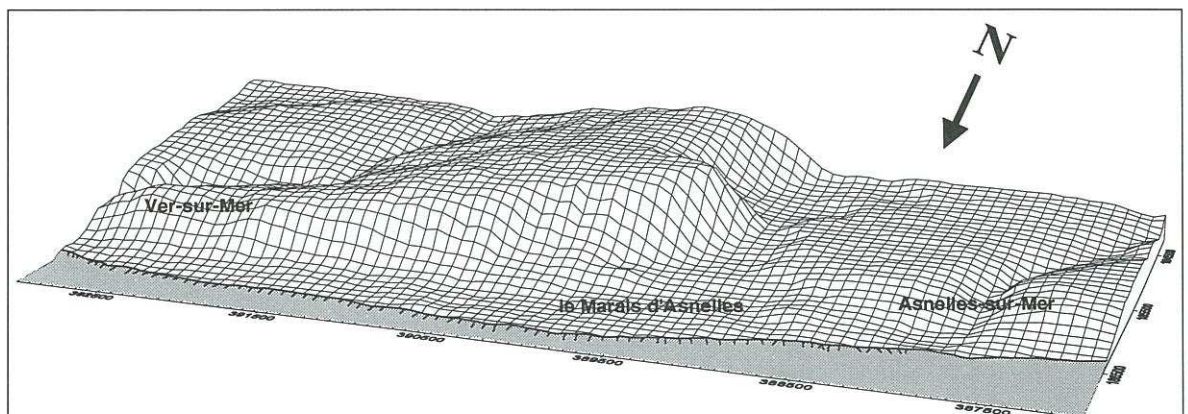
La zone d'aléa correspond à la surface recouverte par la dune en mouvement à échéance de 100 ans. La méthode de cartographie est semblable à celle employée pour le recul des côtes basses meubles. Elle est basée sur l'extrapolation de l'évolution passée du front de dune (figure 7), les conditions dynamiques étant supposées invariantes dans le temps. La largeur de la zone à risque d'ensablement (L_r) est égale à l'avancée correspondant au taux d'évolution moyen annuel observé sur une période pluridécennale (T_x) multiplié par 100 ans :

$$L_r = 100 T_x \text{ (exprimée en mètres)}$$

Comme pour l'érosion, la mobilité du front de dune rend éphémère la position atteinte à $t+100$ ans, et implique de prendre les mêmes précautions d'annotation et le cas échéant d'actualisation.

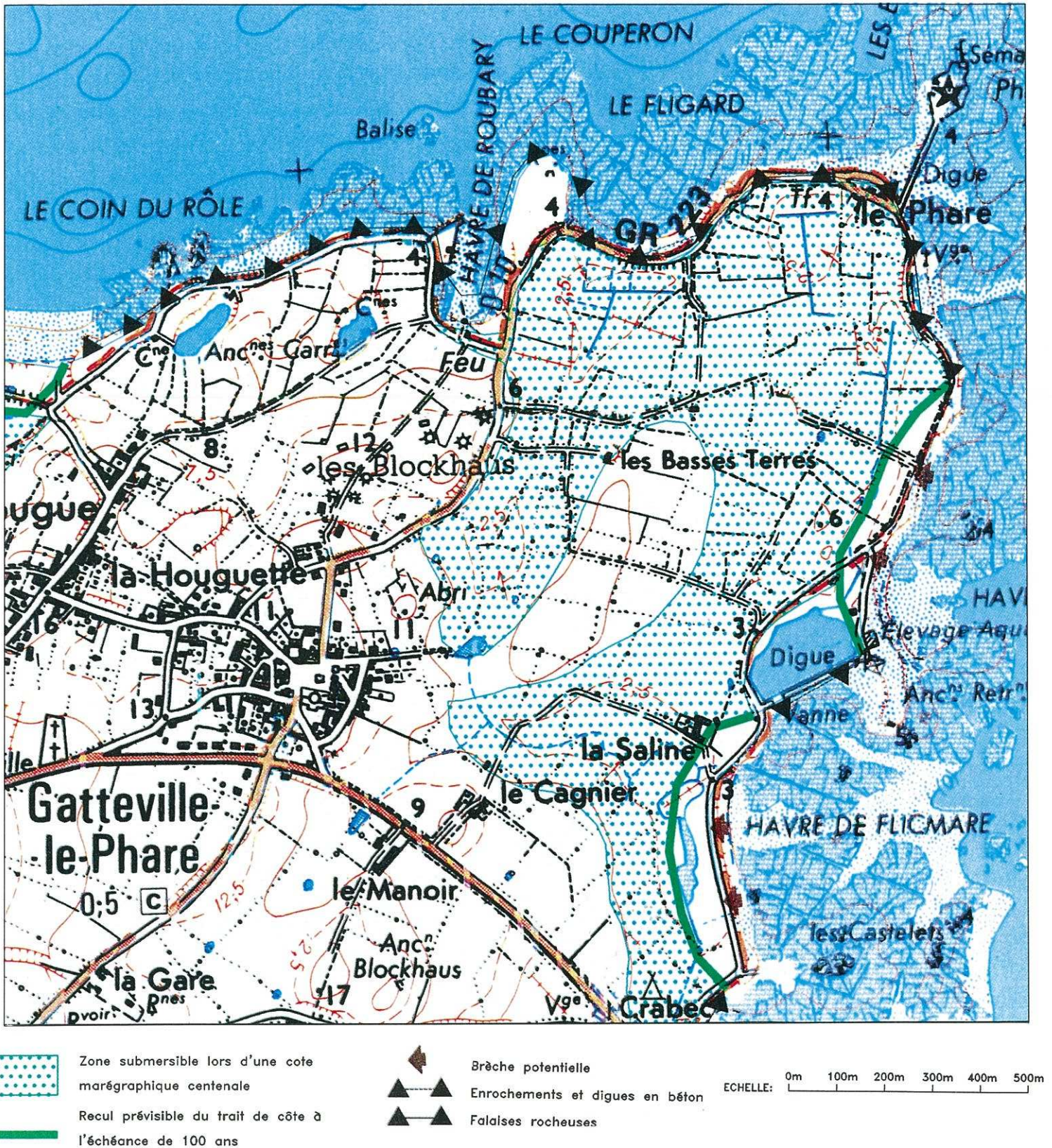
Un seul niveau d'aléa, considéré comme fort, est retenu pour ce type de phénomène. La zone pouvant être soumise à des glissements avalanches sur le front de dune constitue un danger. Elle peut être mentionnée sur le document cartographique au regard de la position du front à la date de l'étude, par un figuré ou un cartouche.

Figure 6. **Modèle numérique de terrain issu de la BD ALTI au pas de 75 m (Calvados)**



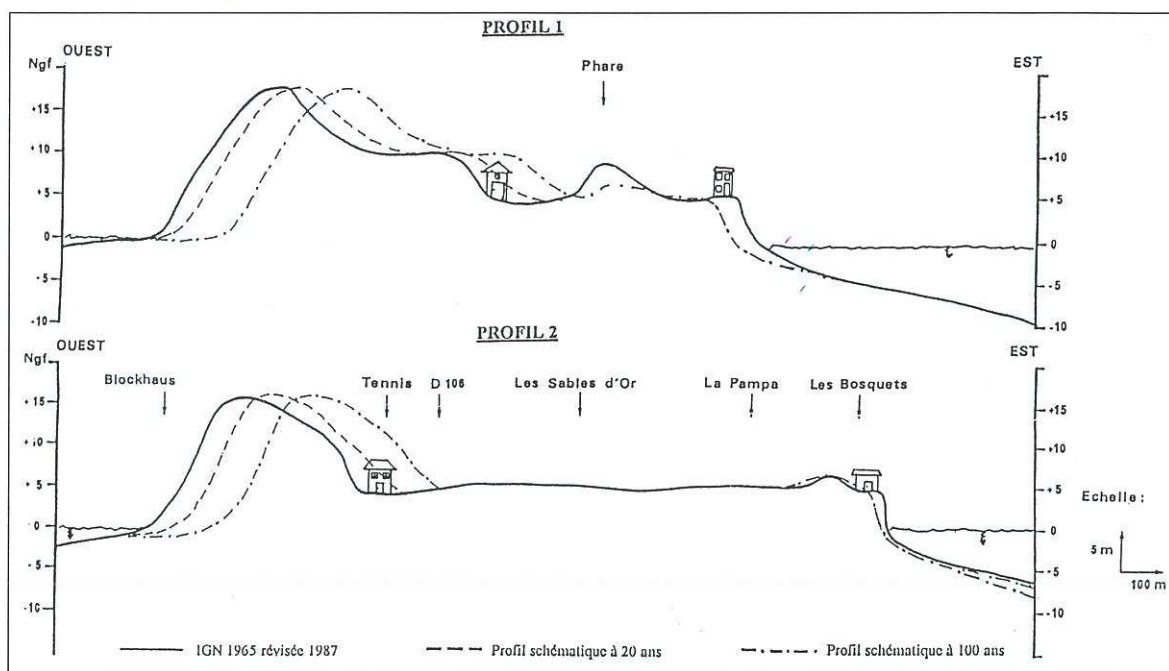
Source : IGN.

Carte 6. Carte d'aléa : submersion marine et recul du trait de côte à Gatteville (Manche)



Source : DDE de la Manche.

Figure 7. Évolution prévisionnelle du front de dune à 20 et 100 ans à la pointe du Cap-Ferret (Gironde)



Source : SOGREAH-LARAG.

Pour une meilleure lisibilité des documents, il est préférable de réaliser deux cartes si une zone côtière est soumise à la fois aux aléas érosion et ensablement.

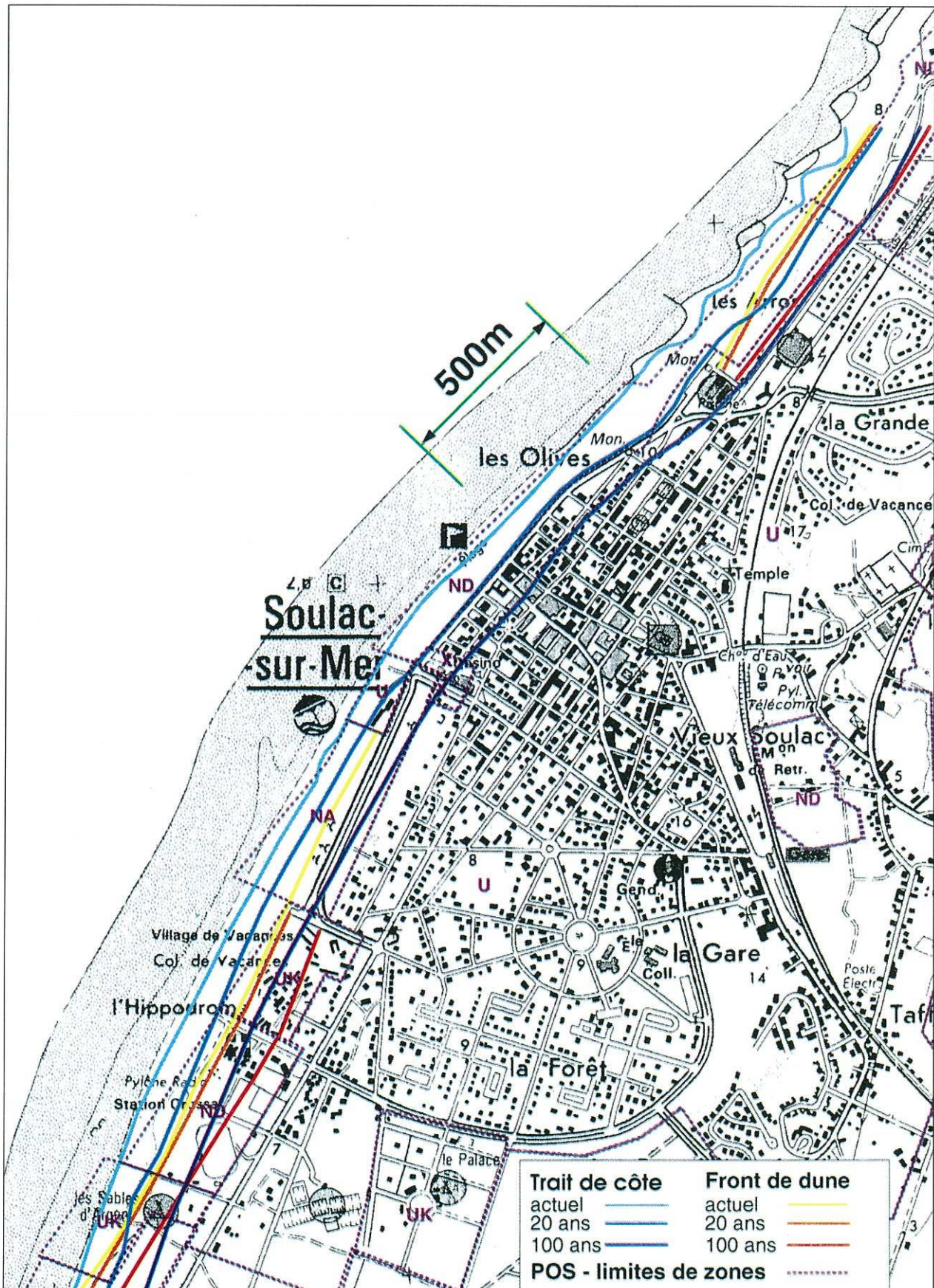
L'évaluation des enjeux

Elle porte sur les enjeux existants et futurs exposés aux aléas pris en compte. Elle consiste à identifier les populations en danger, à recenser les établissements recevant du public (hôpitaux, écoles, maisons de retraite, campings...), les équipements sensibles (centraux téléphoniques, centres de secours...) et à distinguer les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire accessibles pour l'acheminement des secours.

Elle résulte notamment de la superposition de la carte des aléas et de celle des occupations du sol (carte 7), actuelles et projetées et ne doit pas donner lieu à des études quantitatives. Elle peut, si nécessaire, faire l'objet d'une représentation cartographique spécifique sur un fond de plan IGN à l'échelle du 1/25 000 agrandi au 1/10 000.

La brutalité de certains phénomènes (éboulement de falaise, submersion consécutive à une rupture d'ouvrages de protection, avalanche dunaise, etc.) représente parfois un véritable danger pour les résidents ou les utilisateurs d'équipements et de voies de circulation potentiellement affectés. Ce danger, qui peut être temporaire et associé à des conditions météorologiques défavorables, doit être identifié, et parfois cartographié, en tenant compte dans la mesure du possible des volumes de matériaux pouvant être mis en mouvement au cours d'un événement exceptionnel.

Carte 7. Comparaison des aléas et de l'occupation du sol à Soulac (Gironde)



Source : DDE de la Gironde, SOGELERG-SOGREAH.

ÉLABORATION DU DOSSIER DU PPR LITTORAL

Caractéristiques du PPR

Le PPR est régi par les articles 40-1 à 40-6 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Ses modalités d'application sont définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995.

Il a été conçu avec le double souci d'un contenu réglementaire fort et d'une élaboration simple. Ses caractéristiques, sommairement rappelées ici, sont détaillées dans le « guide général ».

Domaine d'intervention

Le PPR a pour objet de délimiter les zones directement exposées à des risques, et d'autres zones qui ne sont pas directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux.

Il y réglemente en premier lieu les projets d'installations nouvelles :

- avec un champ d'application étendu puisqu'il peut interdire ou soumettre à prescriptions tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation ;
- avec des moyens d'action variés, allant de prescriptions de toute nature (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation, etc.) jusqu'à l'interdiction totale.

Le PPR peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques et par les particuliers. Cette possibilité vise notamment les mesures liées à la sécurité des personnes et à l'organisation des secours, et les mesures d'ensemble qui ne seraient pas associées à un projet particulier.

Enfin, le PPR peut agir sur l'existant, avec un champ d'application équivalent à celui ouvert pour les projets nouveaux. Toutefois, pour les biens régulièrement autorisés, on ne peut imposer que des « aménagements limités » dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée de ces biens.

Moyens d'application

Le PPR est une servitude d'utilité publique et doit être annexé au plan d'occupation des sols (POS). Lorsqu'il n'y a pas cohérence dans les règles d'urbanisme des deux documents, les plus restrictives prévalent. En général, il s'agira de celles du PPR. Ces incohérences devront être supprimées dans le cadre d'une modification ou d'une révision du POS.

En outre le PPR est doté de nombreux moyens d'application, à commencer par des sanctions pénales en cas de non-respect des règles applicables aux projets nouveaux. Il peut également rendre obligatoire la réalisation, dans un délai maximal de 5 ans, de certaines mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ou de mesures applicables à l'existant. Si cette obligation n'est pas suivie d'effet dans le délai prévu, le préfet peut la faire appliquer d'office aux frais du maître d'ouvrage en titre.

Enfin, la loi comporte des dispositions ouvrant aux assureurs la possibilité de déroger à certaines obligations de garantie des catastrophes naturelles en cas de violation des règles du PPR.

Conditions d'élaboration

La procédure réglementaire est volontairement simplifiée. En particulier, si son déroulement est classique (approbation du document par arrêté préfectoral après enquête publique, consultation des communes et d'autres organismes dans certains cas spécifiques), tous les avis non rendus sont réputés favorables dans le délai de deux mois après la consultation et l'approbation est totalement déconcentrée au niveau du préfet. Celui-ci peut également en cas d'urgence, et après information des maires, rendre immédiatement opposables certaines mesures du projet de PPR.

Dossier réglementaire

L'article 3 du décret du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles énumère les pièces réglementaires obligatoires constitutives du dossier :

- une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;

- un ou plusieurs documents graphiques délimitant le zonage réglementaire ;
- un règlement précisant en tant que de besoin :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones délimitées sur les documents graphiques ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, et celles qui peuvent incomber aux particuliers, ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur réalisation.

La note de présentation

Elle doit présenter clairement :

- les raisons de la prescription du PPR ;
- les phénomènes naturels connus, étayés par des faits et des illustrations significatifs ;
- les aléas, en faisant la part des certitudes, des incertitudes, et en explicitant les hypothèses retenues ;
- les enjeux humains et socio-économiques ;
- les objectifs recherchés pour la prévention des risques ;
- le choix du zonage et des mesures réglementaires répondant à ces objectifs.

Secteur géographique et motivation

Le bassin de risques et le périmètre du PPR seront localisés sur une carte d'échelle adaptée à leur extension.

Les limites du bassin de risques seront justifiées par une description succincte des entités géologiques, morphologiques et hydrodynamiques homogènes qui le caractérisent, en renvoyant le cas échéant à des références bibliographiques.

Celles du PPR seront également explicitées, si elles ne recouvrent qu'une partie du bassin de risques, en s'appuyant sur les enjeux locaux (population, occupation du sol, axes de communication, équipements publics, projets d'aménagement...) et les priorités définies par le préfet.

Phénomènes pris en compte

La note de présentation doit d'abord les décrire, en se référant par exemple à la première partie de ce guide.

On exposera ensuite leur importance et leur localisation, en s'appuyant essentiellement sur la carte informative des phénomènes naturels. Le rappel des principaux événements passés, ainsi que les victimes et les dommages qu'ils ont occasionnés, est indispensable pour raviver la mémoire collective, et constitue souvent une des meilleures justifications du PPR.

On présentera enfin la ou les cartes des aléas de la zone d'étude en précisant la définition adoptée pour chaque type de phénomène, la méthodologie retenue pour aboutir au zonage, ainsi que les incertitudes inhérentes aux méthodes utilisées.

Analyse des conséquences

Elle reprend les conclusions de l'évaluation des enjeux et porte sur les biens et les activités ainsi que, le cas échéant, sur les dangers pour les personnes. Elle commente la carte des enjeux lorsqu'elle existe.

Zonage et règlement

Ils constituent l'aboutissement de la démarche du PPR. On accordera beaucoup de soin à expliciter la délimitation du zonage réglementaire, et à justifier et motiver les mesures qui s'appliquent, en distinguant les prescriptions des simples recommandations.

Le plan de zonage réglementaire

Principes d'élaboration

Le plan délimite les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes, ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Conventionnellement, ces zones sont définies sur des critères de constructibilité, ce qui conduit à considérer deux types de zones, les unes inconstructibles, dites « rouges », les autres constructibles sous conditions, dites « bleues ».

Leur délimitation est basée sur trois critères d'importance variable selon l'origine et la gravité du risque.

- La nature et l'intensité des aléas.

Les zones d'aléa fort sont en principe inconstructibles, pour des raisons évidentes liées à la sécurité des personnes et des biens.

- Les enjeux, et en particulier l'urbanisation effective de l'espace.

Les zones non urbanisées resteront préservées de tout projet. La vulnérabilité des zones urbanisées ne devra pas être augmentée afin d'éviter que se développent des situations délicates à gérer sur le

moyen terme. Toutefois, dans les centres urbains, la gestion de l'existant peut autoriser des adaptations à ce principe.

- L'existence et la fiabilité des ouvrages de protection.

Les zones protégées se verront en principe appliquer les mêmes prescriptions que les zones non protégées pour tenir compte d'une éventuelle défaillance des ouvrages, sauf lorsque le niveau de sécurité de ces derniers sera garanti (qualité de conception et de réalisation, entretien, etc.).

La combinaison brute de ces critères (tableau 5) peut conduire à un premier projet de zonage réglementaire qui devra être confronté aux différentes mesures de protection existantes, dont celles relevant de la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, pour s'assurer de leur compatibilité. Ce projet doit être présenté aux partenaires locaux pour discussion et avis.

Importance du dialogue local

Le plan de prévention des risques, prescrit par l'État, affecte directement le mode de vie des habitants et intervient dans des domaines de compétence principalement dévolus aux communes, comme l'urbanisme ou la sécurité publique. Les maires ont en particulier une compétence propre en matière de prise en compte des risques naturels, fondée sur le code général des collectivités territoriales, la loi sécurité civile du 22 juillet 1987 et le code de l'urbanisme, qu'ils doivent assumer avec l'État. L'élaboration d'un PPR implique donc que soient engagées systématiquement des discussions approfondies avec les élus communaux.

Dans ce débat, le service instructeur doit afficher fermement les objectifs poursuivis et les moyens qu'il va mettre en œuvre. Cette position ne fait pas obstacle à des échanges de point de vue avec les élus, pour adapter les contraintes générales, sans les dénaturer, à chaque contexte. Les discussions doivent être préparées par un argumentaire appuyé sur les réalités du terrain et guidé par « le bon sens ».

En fonction des situations locales, il peut être nécessaire d'associer au débat d'autres acteurs publics ou privés, tels que les conseils généraux ou régionaux, qui sont souvent impliqués dans la gestion du littoral, les chambres de commerce et d'industrie, les organismes de développement ou d'aménagement touristique, les associations représentatives, etc. Les structures de coopération intercommunale compétentes en matière d'urbanisme sont également des partenaires obligés.

Le dialogue avec les élus et ces autres partenaires, doit conduire à un accord sur un risque « acceptable » localement, dans les limites fixées par l'État.

Éléments de cartographie

Le plan, qui sera annexé au POS, doit être suffisamment précis et lisible pour être applicable en terme de droit des sols. Sa lisibilité passe en particulier par le choix de l'échelle du document, la précision du trait et le mode de représentation cartographique.

En ce qui concerne l'échelle, les caractéristiques géographiques des risques littoraux induisent des besoins contradictoires.

- La bande de terrain exposée, étroite de quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres, suppose de recourir à une grande échelle.

Tableau 5. Principes de constructibilité

Type de phénomène	Aléa	Zones urbanisées ¹			Zones non urbanisées avec ou sans ouvrage de protection
		Derrière un ouvrage de protection ²		Sans ouvrage de protection	
		Trait de côte figé	Trait de côte non figé		
Érosion des côtes basses meubles	fort	Inconstructible ou constructible sous conditions	Inconstructible	Inconstructible	Inconstructible
Recul des côtes à falaises	fort	Inconstructible ou constructible sous conditions	Inconstructible	Inconstructible	Inconstructible
Submersions par la Mer	faible à moyen	Constructible sous conditions	Constructible sous conditions	Constructible sous conditions	Constructible sous conditions
	fort	Inconstructible ou constructible sous conditions	Inconstructible	Inconstructible	Inconstructible
Avancées dunaires	fort	–	Inconstructible	Inconstructible	Inconstructible

1. Pour les centres urbains, une analyse au cas par cas est nécessaire.

2. Sous réserve d'entretien des ouvrages.

- Le linéaire de côte, qui peut atteindre quelques dizaines de kilomètres, justifie une plus petite échelle.

Le fond de carte sera donc retenu en fonction des besoins, entre la carte IGN agrandie au 1/10 000, plus appropriée au bassin de risques, et le fond cadastral réduit au 1/5 000, plus adapté aux zones urbanisées. Dans ce dernier cas, le passage de la carte d'aléa, en principe dressée sur un fond IGN au 1/10 000, à un document parcellaire, impose un travail de transcription plus ou moins complexe. Il peut alors être utile de faire préciser au spécialiste les limites de l'extension du phénomène sur le plan de zonage réglementaire, en retournant, si nécessaire, sur le terrain. Une occupation du sol hétérogène peut conduire à scinder le plan de zonage en plusieurs documents d'échelles différentes.

Les limites de zones s'appuieront sur celles des aléas lorsqu'ils seront le critère déterminant, sur celles du parcellaire lorsque le critère principal sera l'urbanisation existante (par exemple dans les centres urbains), ou sur certains éléments structurants en fonction des circonstances locales (route ou défense côtière, falaise morte, etc.).

On adoptera conventionnellement le rouge pour les zones inconstructibles et le bleu pour les zones constructibles sous conditions (carte 8). Il est préconisé de prévoir quelques exemplaires de cartes en couleurs, destinées à l'enquête publique, aux élus et aux principaux services de l'administration, et des cartes en noir et blanc pour une diffusion plus large. En effet, la couleur est attractive et constitue un atout de communication non négligeable qui justifie le surcoût qu'elle génère. Afin de réduire autant que possible le travail et les dépenses, il est donc souhaitable, au niveau de la légende, de rechercher des solutions qui permettent d'effectuer indifféremment des tirages en couleurs et en noir et blanc à partir des mêmes originaux.

Pour éviter toute confusion dans la lecture des couleurs ou des valeurs, on renforcera la désignation des zones en ajoutant une lettre (R pour zone rouge et B pour zone bleue, par exemple) et des indices spécifiques numériques (secteurs B₁, B₂, etc.) si des mesures différentes s'appliquent dans les zones bleues ou rouges.

Le règlement

Les dispositions réglementaires doivent toujours être arrêtées dans la perspective de leur perception et de leur application. Elles seront d'une manière générale simples, claires, efficaces et réalistes pour :

- délimiter sans ambiguïté les contraintes et les obligations qui seront éventuellement imposées ;

- être comprises par les destinataires du PPR, et par les personnes et institutions consultées au cours de la procédure ;

- être facilement applicables, et si nécessaire contrôlables.

On ne recherchera pas l'exhaustivité, mais les mesures les plus directement opérantes. Celles-ci peuvent être plus souples pour les constructions nécessaires au bon usage des terrains exposés au risque, telles que les exploitations agricoles, ou au contraire plus strictes lorsque les projets concernent des équipements sensibles ou des activités et des personnes particulièrement vulnérables, à l'instar des maisons de retraites, hôpitaux, écoles maternelles, terrains de camping et autres installations touristiques, etc.

Le règlement précisera les mesures associées à chaque zone du document cartographique, en distinguant les projets nouveaux, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et les mesures applicables à l'existant.

On trouvera dans le « guide général » un exemple commenté de plan de règlement, calqué sur l'organisation prévue par le décret relatif aux PPR et correspondant à un projet très complet. Toutefois, le règlement peut être beaucoup plus simple, la structure minimum étant réduite à un article introductif et à un article unique par type de zone délimité dans les documents graphiques.

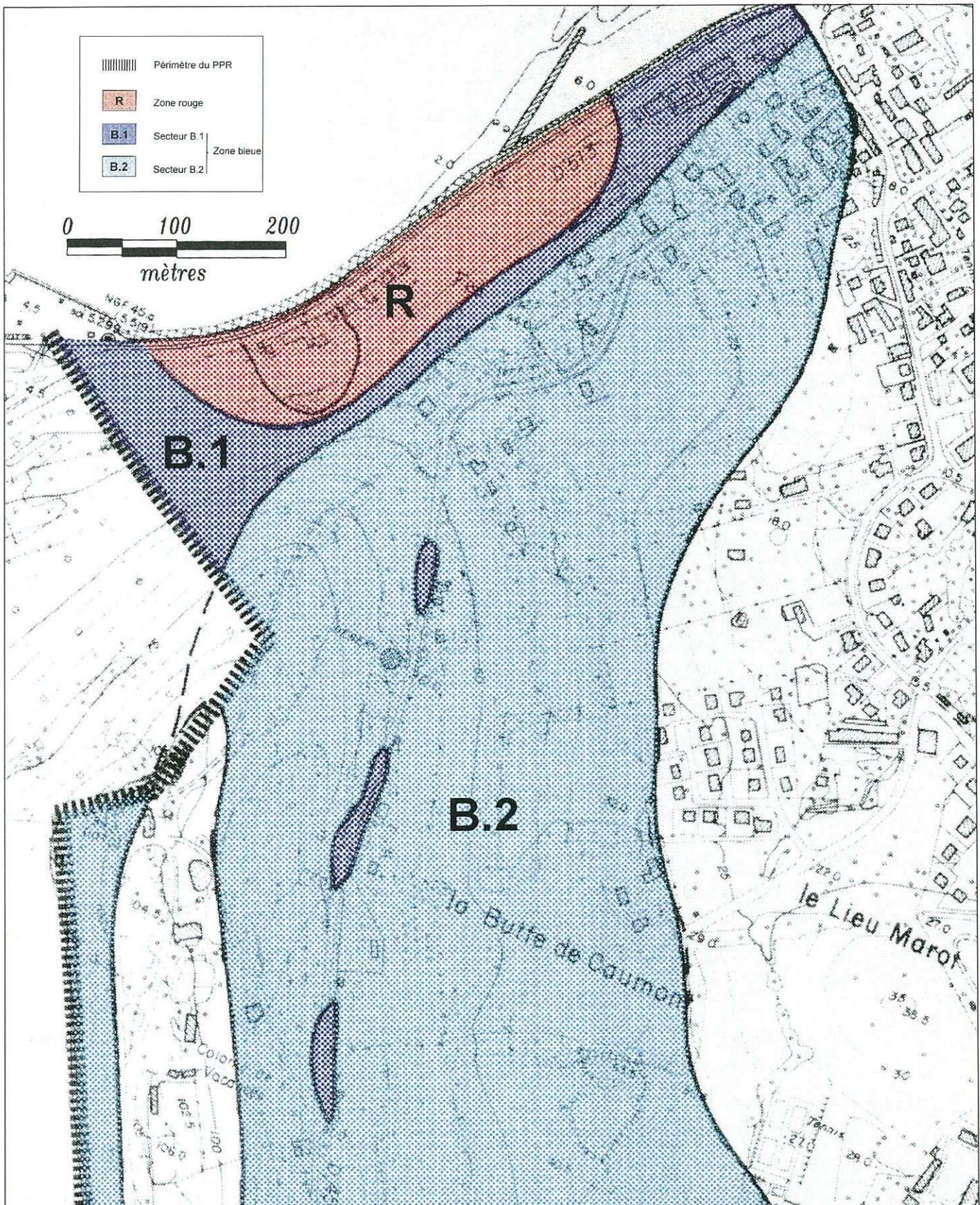
Réglementation des projets nouveaux

Le règlement du PPR doit tenir compte des contraintes et des limites en matière d'urbanisation, d'aménagement, d'environnement apportées par la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'amélioration, la protection et la mise en valeur du littoral, dite loi littoral.

Dans tous les cas, les aménagements qui pourraient augmenter les risques, comme les déboisements, les surcharges, les remaniements de terrains, les assainissements individuels, doivent être proscrits ou sévèrement encadrés, de même que toute opération d'extraction de sédiments marins ou terrestres s'il était prouvé qu'elle aggrave l'érosion.

Cependant, les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du PPR, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, ne peuvent être interdits, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou s'ils conduisent à une augmentation de la population exposée.

Carte 8. Plan de zonage du PPR d'Houlgate (Calvados)



DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE ROUGE

Les constructions nouvelles y sont interdites, mais certains projets restent autorisés :

- les constructions nécessaires au maintien d'une activité qui contribue à la bonne gestion du territoire et compatible avec le risque, spécialement une activité agricole, sportive, de loisirs, etc., dans les limites permises par les autres réglementations ;
- les réparations ou reconstructions de biens sinistrés, sous réserve que la sécurité des occupants soit assurée et que la vulnérabilité de ces biens soit diminuée ;
- les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès permettant de réduire le risque ;
- les extensions mesurées, exprimées en valeur absolue ou en pourcentage des surfaces existantes.

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE BLEUE

Des aménagements ou constructions y sont autorisés sous réserve de prendre des mesures adaptées au risque.

Pour les submersions marines, on veillera à ce que la cote du plancher du premier niveau habitable soit fixée à une hauteur supérieure ou égale à la cote de référence, en construisant sur remblai ou en surélévation. Par ailleurs, les équipements ou stockages de produits sensibles seront hors d'eau ou étanches et les réseaux d'eaux pluviales et d'assainissement pourront requérir l'installation de clapets anti-retour.

Dans les zones d'érosion protégées par un ouvrage figeant le trait de côte qui n'offre pas toute garantie de pérennité, on évitera l'installation d'établissements publics lourds et d'équipements sensibles (hôpitaux, centraux téléphoniques, centres de secours, etc.).

Pour les côtes exposées à des reculs de falaise ou des glissements littoraux, on peut prévoir des zones bleues au delà de la limite de recul du trait de côte à 100 ans, pour éviter d'aggraver les risques. On y prescrira des dispositions préventives telles que le drainage des terrains ou le raccordement obligatoire à un réseau d'assainissement.

Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Il s'agit essentiellement de mesures d'ensemble qui ne sont pas directement liées à un projet spécifique, et qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ou incomber aux particuliers. Elles sont notamment destinées à assurer la sécurité des personnes et à faciliter l'organisation des secours.

Il peut s'agir de moyens légers ou non-structurels, en principe à la charge des collectivités :

- instrumentation et surveillance de sites ou d'ouvrages ;
- information sur les risques et les précautions à prendre, sur la fragilité des espaces dunaires, etc. ;
- signalisation du danger dans les zones d'effondrement, d'éboulement, d'avalanche dunaire, de franchissement de paquets de mer, etc. ;
- limitation ou suppression d'accès au littoral ou aux dunes ;
- élaboration de plans de secours et d'évacuation ;
- aménagement d'itinéraires d'accès ou d'évacuation en cas de danger.

Le PPR peut également préconiser des mesures de protection, qui sont par nature de plus grande envergure :

- réalisation d'études et de travaux de défense, à mener à l'échelle du bassin de risques, qui sont en principe les seuls dispositifs pertinents pour se protéger des risques littoraux ; toutefois, la réalisation d'ouvrages lourds n'est justifiée que pour la protection des lieux déjà fortement urbanisés, et il convient de faire appel chaque fois que c'est possible à des techniques « douces » (rechargement des plages en sable ou galets, rétablissement des transits littoraux, stabilisation, réhabilitation ou reconstitution de cordons dunaires, végétalisation, etc.) ;
- réhabilitation, surveillance et entretien des ouvrages existants.

Les mesures de protection sont normalement de la compétence des propriétaires riverains au titre de la défense contre la mer (article 33 de la loi du 16 septembre 1807 relative au dessèchement des marais etc.). Ces derniers devraient généralement se regrouper en associations syndicales, avec ou sans la participation des collectivités, pour mener une étude globale de protection dans le cadre du bassin de risques, construire des ouvrages de protection ou les gérer.

Selon une jurisprudence constante, ni l'État, ni les collectivités territoriales ne sont tenus de réaliser des travaux de défense contre la mer. Toutefois, l'intervention des communes peut être justifiée dans les cas suivants :

- en application de l'article 31 de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau qui habilite les collectivités territoriales et leurs groupements, et certains syndicats mixtes à engager des études et des travaux de défense contre la mer d'intérêt général ou urgents, ainsi que des opérations d'entretien ;
- en application des pouvoirs de police que détiennent les maires au titre du code général des collectivités territoriales (CGCT), qui comprennent « le soin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par la distribution des secours

nécessaires », les accidents et risques naturels (art. L. 2212-2-5 du CGCT. Ces dispositions incluent le cas échéant la réalisation des travaux indispensables à la protection des habitants s'ils sont d'intérêt collectif et dans la limite des ressources communales ;

La mise en œuvre des mesures à prendre par les particuliers ou par les collectivités peut être rendue obligatoire dans un délai maximal de 5 ans. À défaut de mise en conformité, le Préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire, de l'utilisateur et de l'exploitant. L'État peut également imposer la constitution d'une association syndicale.

Outre ces contraintes, l'État peut aussi intervenir directement pour élaborer des plans de secours spécialisés, prendre des mesures de police lorsqu'elles ont une vocation pluricommunale ou en cas de carence du maire (art. L. 2215-1 CGCT), contrôler des semis et des plantations assurant la fixation des dunes (article L. 431-1 et suivants du code forestier), etc. Par ailleurs, il instruit les projets et contrôle les travaux sur le domaine public maritime conformément aux procédures de déclaration ou d'autorisation mises en place par les lois du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, du 3 janvier 1992 sur l'eau, du 12 juillet 1993 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement).

Mesures applicables aux biens existants

Ce sont les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. Elles peuvent être de natures très diverses, et s'appliquent aux bâtiments, mais aussi à tout type d'aménagement susceptible d'aggraver le risque. Elles peuvent être rendues obligatoires en fonction de la nature et de l'intensité du risque ; dans ce cas leur coût est limité à 10 % de la valeur

des biens si ces derniers ont été construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme.

Certaines mesures individuelles sont indispensables et faciles à mettre en œuvre, comme :

- la collecte des eaux de ruissellement et des eaux usées par un réseau d'assainissement, lorsqu'il existe, dans les zones soumises à des glissements littoraux ou des reculs de falaises ;
- la fixation ou la mise hors d'eau d'objets ou de produits dangereux, polluants ou flottants, tels que les cuves à gaz ou à mazout, dans le cas de submersions marines ;
- la création ou l'aménagement d'un plancher de refuge au dessus de niveau de la submersion de référence.

La plupart des autres mesures ne sont pas à l'échelle des risques littoraux, et peuvent même être néfastes en amont comme en aval en perturbant, par exemple, le transit général des sédiments le long des côtes basses meubles.

Il est également possible, lorsqu'on dispose des données suffisantes, de recommander, sur certains ouvrages, des travaux destinés à réduire les risques, tels que la suppression ou le redimensionnement d'épis bloquant un volume trop important de sédiments, ou l'exécution d'un « by-pass » sédimentaire.

En définitive, il est délicat d'adapter les biens existants aux risques :

- la définition des mesures n'est pas facile et leur efficacité n'est pas toujours avérée ;
- l'obligation de les réaliser se heurte rapidement à des limites réglementaires.

Les occupants des zones couvertes par un PPR doivent pouvoir conserver la possibilité de mener une vie ou des activités normales si elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité recherchés. Les PPR doivent par conséquent s'attacher prioritairement au contrôle des projets nouveaux.

GLOSSAIRE

- Avant-côte** . . . Espace ou domaine côtier sous le niveau des plus basses mers
- BD ALTI** Base de données altimétriques de l'IGN
- BRGM** Bureau de recherche géologique et minière
- Caoudeyre** . . . Voir siffle-vent
- Centre urbain**. Zone urbaine historique présentant une forte densité d'habitats et une mixité d'usage
- CETE** Centre d'études techniques de l'équipement
- Dune** Formation sableuse d'origine éolienne en milieu désertique ou littoral
- Dune en accrétion** . . Dune en phase de croissance
- Dune vive** Dune non fixée par un couvert végétal
- Élymes** Voir oyats
- Estran** Espace compris entre le niveau des plus hautes et des plus basses mers
- Falaise** Escarpement vertical ou sub-vertical du littoral
- Falaise morte** . Falaise dont l'évolution n'est plus liée à l'action de la mer du fait de son éloignement du rivage
- Fascines** Brise-vent constitué d'un assemblage de branchages
- Ganivelles**. Brise-vent constitué de lattes de bois à perméabilité variable
- IFREMER** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
- IGN** Institut géographique national
- Intensité** Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène, évaluée ou mesurée par des paramètres physiques (hauteur ou vitesse de submersion par exemple)
- Intertidal** Voir estran
- Oyats** Graminée vivace à rhizome très développé, adaptée à la colonisation des sables de dune et à leur stabilisation
- Pendage** Inclinaison des couches géologiques par rapport au plan horizontal
- Platier** Étendue rocheuse à l'affleurement sur l'estran
- Polder** Zone basse conquise sur la mer par endiguement
- PPR** Plan de prévention des risques naturels prévisibles
- Schorre** Herbus ou prés-salés, domaine végétalisé de l'espace intertidal supérieur présent dans les baies, estuaires ou marais maritimes
- SHOM** Service hydrographique et océanographique de la marine
- Siffle-vent** . . . Encoche ou brèche dans une dune à l'origine d'accumulations sableuses en retrait du trait de côte
- Slikke** Espace intertidal moyen et inférieur, dénudé de végétation dans les baies, estuaires ou marais maritimes
- Souille** Excavation sous-marine
- Surcote** Différence positive entre le niveau marégraphique mesuré et le niveau théorique. Elle peut s'observer à n'importe quel moment du cycle de marée

PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DRAE de Basse-Normandie, Levoy F., Larsonneur C., 1992, Guide méthodologique pour l'élaboration d'une notice d'impact en vue de travaux de protection contre la mer, 72 pages

Laboratoire régional des ponts et chaussées de Rouen, 1980, Stabilité des falaises du pays de Caux, 85 pages

Leatherman S.P., 1983, Shoreline Mapping : a comparison of Techniques, Shore and Beach, vol. 51 n° 3, pp 28-33

Maquaire O., 1990, Recherches sur les mouvements de terrain de la côte du Calvados en vue de leur prévention, thèse de l'université de Strasbourg, 431 pages

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, 1997, Plans de prévention des risques naturels prévisibles : guide général, La Documentation française, 76 pages

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, (à paraître), Plans de prévention des risques de mouvements de terrain (PPR) : guide méthodologique, La Documentation française

Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, DPMVN, service hydrologique central, 1973, Le

littoral français, dommages côtiers, ouvrages de défense, étude BCEOM, 4 tomes

Ministère de l'Environnement, 1987, Mer et littoral : couple à risque, actes du colloque de Biarritz, La Documentation française, 565 pages

Ministère de l'Environnement, 1987, Plans d'exposition aux risques : mesures de prévention – mouvements de terrain, La Documentation française, 529 pages

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1997, Fonds de plan – études d'aménagement et de prévention des risques, Villes et territoires, 64 pages

Paskoff R., 1993, Côtes en danger, Masson, collection « Pratique de la géographie », 250 pages

Secrétariat d'État auprès du ministre de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, chargé de la mer, DPMVN, service technique central, laboratoire central d'hydraulique de France, 1986, Catalogue sédimentologique des côtes françaises, collection de la direction des études et recherches d'Électricité de France, Eyrolles

Simon B., 1994, Statistique des niveaux marins extrêmes le long des côtes de France, service hydrographique et océanographique de la Marine, section géodésie-géophysique, rapport n° 001/94, 78 pages

INDEX DES ILLUSTRATIONS

- Carte 1** Carte informative des phénomènes naturels : recul du trait de côte à l'embouchure de la Têt (Pyrénées-Orientales), 23
- Carte 2** Carte informative des phénomènes naturels : évolution des falaises du Bessin (Calvados), 24
- Carte 3** Carte informative des phénomènes naturels : extension des zones inondées en février 1990 le long du littoral des Bas-Champs (Somme), 25
- Carte 4** Carte d'aléa : recul du trait de côte entre Asnelles et Ver-sur-Mer (Calvados), 28
- Carte 5** Inventaire des mouvements de terrain sur le littoral du Calvados, 32
- Carte 6** Carte d'aléa : submersion marine et recul du trait de côte à Gatteville (Manche), 35
- Carte 7** Comparaison des aléas et de l'occupation du sol à Soulac (Gironde), 37
- Carte 8** Plan de zonage du PPR d'Houlgate (Calvados), 43
- Document 1** Notion de trait de côte sur les côtes sableuses et les côtes à falaises, 9
- Document 2** Glissements observés sur les falaises en baie de Saint-Brieuc, 12
- Document 3** Les risques de submersion des Bas-Champs de Cayeux, 13
- Document 4** Délimitation du bassin de risques des Sables-d'Or (Côtes-d'Armor), 18
- Document 5** Découpage du littoral de la Gironde en bassins de risques, 19
- Document 6** Présentation et usage des techniques de cartographie du trait de côte, 22
- Document 7** Niveau de sécurité des ouvrages côtiers, 29
- Document 8** Exemple de l'évolution de la côte du pays d'Auge (Calvados), 33
- Figure 1** Érosion annuelle du trait de côte en France, 10
- Figure 2** Mobilité des dunes de Gironde entre 1990 et 1992, 26
- Figure 3** Évolution de la falaise entre Saint-Côme de Fresné et Arromanches de 1984 à 1988 (Calvados), 30
- Figure 4** Variété lithologique et morphologique des falaises du Bessin (Calvados), 31
- Figure 5** Élévation du niveau moyen de la mer : meilleures hypothèses retenues, 33
- Figure 6** Modèle numérique de terrain issu de la BD ALTI au pas de 75 m (Calvados), 34
- Figure 7** Évolution prévisionnelle du front de dune à 20 et 100 ans à la pointe du Cap-Ferret (Gironde), 36
- Photo de couverture** Tempête en Manche, décembre 1977
- Photo 1** Érosion du trait de côte sur le littoral corse, 11
- Photo 2** Recul de falaises à Bonifacio (Corse), 11

- Photo 3** Éboulement de falaises à Biarritz (Pyrénées-Atlantiques), 12
- Photo 4** Submersion par rupture du cordon dunaire à Montmartin-sur-Mer (Manche), 14
- Photo 5** Franchissement en tempête à Saint-Malo (Côtes-d'Armor), 15
- Photo 6** Projections de galets associées à des submersions par franchissement (Calvados), 15
- Photo 7** Dunes vives menaçant une zone urbanisée au Cap-Ferret (Gironde), 16
- Photo 8** Photographie 1942, 23
- Photo 9** Photographie 1982, 23
-
- Tableau 1** Typologie des limites de bassins de risques, 17
- Tableau 2** Comparaison de techniques de cartographie du trait de côte à partir de photographies aériennes (d'après Leatherman, 1983), 24
- Tableau 3** Évaluation des aléas, 27
- Tableau 4** Caractérisation des aléas, 27
- Tableau 5** Principes de constructibilité, 41

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
Description des phénomènes et des risques littoraux	
Le recul du trait de côte	9
Définition	9
Conditions d'apparition	9
Côtes basses meubles	10
Côtes à falaises	10
Effets et conséquences	12
Principales techniques de protection	12
Les submersions marines	13
Définition	13
Conditions d'apparition	13
Effets et conséquences	14
Principales techniques de protection	14
Les avancées dunaires	16
Définition	16
Conditions d'apparition	16
Effets et conséquences	16
Principales techniques de protection	17
Les bassins de risques littoraux	17
Délimitation	17
Spécificités	17
Bassin de risques et périmètre du PPR	17
Méthode d'analyse et de cartographie des risques	
La démarche	21
Le périmètre d'étude	21
La connaissance des phénomènes naturels	22
Recul des côtes basses meubles	22
Recul des côtes à falaises	24
Submersions marines	25
Avancées dunaires	25

La qualification et la cartographie des aléas	26
Définition des aléas de référence	26
Spécification des cartes d'aléa	26
Contenu	26
Fonds de plan	27
Représentation graphique	27
Recul des côtes basses meubles	28
Recul des côtes à falaises	30
Submersions marines	32
Niveaux d'eau de référence	32
Qualification	34
Cartographie	34
Avancées dunaires	34
L'évaluation des enjeux	36

Élaboration du dossier du PPR littoral

Caractéristiques du PPR	39
Domaine d'intervention	39
Moyens d'application	39
Conditions d'élaboration	39
Dossier réglementaire	39
La note de présentation	40
Secteur géographique et motivation	40
Phénomènes pris en compte	40
Analyse des conséquences	40
Zonage et règlement	40
Le plan de zonage réglementaire	40
Principes d'élaboration	40
Importance du dialogue local	41
Éléments de cartographie	41
Le règlement	42
Réglementation des projets nouveaux	42
Dispositions applicables en zone rouge	44
Dispositions applicables en zone bleue	44
Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde	44
Mesures applicables aux biens existants	45
Glossaire	47
Principales références bibliographiques	49
Index des illustrations	51

Maquette :
Service graphique de la Documentation française

Mise en page :
Service d'édition électronique de la Documentation française

Cet ouvrage a été achevé d'imprimer en novembre 1997
par Normandie Roto Impression s.a., Z.I. de Montperthuis, 61250 Lonrai.
N° d'imprim. : 972509. Dépôt légal : novembre 1997.
Imprimé en France

Près d'un tiers du littoral métropolitain est soumis à des phénomènes naturels tels que reculs du trait de côte, submersions marines et avancées dunaires. Ainsi environ 1 800 kilomètres de côtes régressent, dont plus de 50% des plages.

Ces phénomènes peuvent être à l'origine de risques importants, quelquefois à court terme. Ils imposent donc de mettre en œuvre des solutions de prévention efficaces et durables qui sont indissociables de la maîtrise de l'urbanisme et d'une bonne gestion des usages du sol. Les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), institués par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, constituent, du fait de leurs larges possibilités d'action, un instrument parfaitement adapté à la variété des phénomènes littoraux.

Ce guide méthodologique a été préparé par la direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme et la direction de la prévention des pollutions et des risques pour aider les services déconcentrés de l'État à réaliser les pièces techniques et réglementaires des PPR. À cette fin, il expose les méthodes et moyens de l'analyse des phénomènes naturels, de la cartographie des aléas, de l'évaluation des enjeux, et propose des recommandations pour établir le zonage et les prescriptions réglementaires.

Il s'adresse également aux collectivités locales qui ont à prendre en compte les risques dans les documents d'urbanisme et aux bureaux d'études techniques afin de circonscrire le travail qui leur sera demandé.

Prix : 110 F
Imprimé en France
DF 5 4053-6
ISBN 2-11-003863-7

La Documentation française
29, quai Voltaire
75344 Paris cedex 07
Tél. : 01 40 15 70 00
Télécopie : 01 40 15 72 30

9 782110 038838

