

Répondre aux risques liés au changement climatique dans les Zones Côtières

Un guide des bonnes pratiques



A propos de ce guide

Ces guide des bonnes pratiques a été préparé au sein du projet 'RESPONSE' - "Répondre aux risques du changement climatique" de LIFE Environnement. Le projet a bénéficié du soutien financier du Programme LIFE Environnement de la Commission Européenne (L'instrument Financier de l'Environnement). Des scientifiques du Royaume Uni, de France, d'Italie et de Pologne ont participé à ce projet, sous la direction du Centre Côtier pour l'Environnement du Conseil de l'Ile de Wight.

Le programme de travail de 'Response' (2003-2006) est décrit sur le site web du projet à l'adresse suivante: www.coastalwight.gov.uk/response.html. Nous tenons également à remercier pour leurs contributions les équipes scientifiques des partenaires au projet, dont la liste se trouve ci-après.



**Centre for the Coastal Environment
Isle of Wight Council, Royaume Uni**



**IRPI Institute of Perugia, Conseil
National de la Recherche (CNR), Italie**



**Bureau de Recherches
Géologiques et Minières, France**



**Regione Marche, Autorità di
Bacino Regionale, Ancona, Italie**



Provincia di Pesaro e Urbino, Italie



Provincia di Macerata, Italie



**Office Maritime - Gdynia
(Urząd Morski w Gdyni), Pologne**



**Scarborough Borough Council,
Royaume Uni**



**SCOPAC Groupe Régional Côtier, Côte
centre sud de l'Angleterre, Royaume Uni**

Répondre aux risques liés au changement climatique dans les Zones Côtières

Un guide des bonnes pratiques

Dr Robin McInnes, OBE
Centre pour l'Environnement Côtier
Conseil de l'Ile de Wight
Royaume Uni



Remerciements

A propos du projet 'RESPONSE' du programme LIFE

Ce guide des Bonnes Pratiques a été préparé avec le soutien financier du programme LIFE Environnement de l'Union Européenne (EC DG Environnement). Il fait partie des documents issus d'une étude de trois ans intitulée '**Response**' (Répondre aux risques du changement climatique, 2003-2006). Des renseignements complémentaires concernant le programme peuvent être obtenus sur le site www.coastalwight.gov.uk/response

L'étude a été menée par le Centre pour l'Environnement Côtier du Conseil de l'Île de Wight. Ce guide est basé sur l'expérience en gestion des risques côtiers du centre lui-même et de celle de ses partenaires au projet, acquise sur de nombreuses années et plus particulièrement au cours de cette étude.

L'Isle of Wight Council (Le Conseil de l'Île de Wight) souhaite remercier tout particulièrement les partenaires du projet '**Response**' pour leur contribution, l'équipe de consultants de chez Halcrow pour son expertise, ainsi que le Docteur E M Lee, qui ont tous apporté leur soutien précieux à l'étude.

Photographies

BRGM: Planches (i), 5.6; Andrew Butler: 5.3; Editions d'Art Jack: 2.1; Editions de Goubey: 1.1; EID Méditerranée: 5.2. Fabio Gemolo: 6.3; Isle of Wight Centre for the Coastal Environment: 1.3, 1.4, 2.4, 2.7, 4.2, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.4, 6.5, 6.6, 7.1; Dr Eric Leroi: 6.1, 6.2, Regione Marche: 6.7; Ville de Sete, France: 2.6, dos de la couverture (centre); South Downs Coastal Group: 5.4, 5.5; Wight Light Gallery: Couvertures, Planche (ii), 1.2, 2.2, 2.3, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.1.

Copyright © Centre for the Coastal Environment, Isle of Wight Council, September 2006.

L'objectif de ce guide est d'offrir une aide pratique à ses lecteurs. Les informations contenues dans ce guide peuvent être reproduites avec la permission du Centre pour l'Environnement Côtier du Conseil de l'Île de Wight. Pour obtenir la permission de reproduire des extraits de ce rapport, merci de bien vouloir contacter : Dr Robin McInnes OBE - Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, Salisbury Gardens, Dudley Road, Ventnor, Île de Wight, PO38 1EJ, ou robin.mcinnnes@iow.gov.uk

Illustrations en couverture: Photo principale: Ventnor Undercliff, Île de Wight, Royaume, qui forme le plus grand complexe de glissement de terrain urbain du nord-ouest de l'Europe.

Photos en cartouche au dos de la couverture :

A gauche: Lyme Regis, Comté du Dorset, Royaume Uni. Droite: Sirolo, Marche Regione, Italie.
Centre: Sète, France

Table des Matières

Résumé	5
Introduction	7
Chapitre 1	
Changement climatique et comportement et évolution et du trait	11
Chapitre 2	
Quelles sont la nature et l'échelle des risques côtiers?	17
Chapitre 3	
Cadres légaux et cadres administratifs pour la gestion des risques côtiers	35
Chapitre 4	
Evaluation et monitoring du changement côtier et du changement climatique	47
Chapitre 5	
Répondre au changement des Risques Côtiers - renseigner les politiques d'aménagement	57
Chapitre 6	
La gestion des risques côtiers en pratique	71
Chapitre 7	
Engager la communauté et coordonner la réponse aux risques côtiers	81



Planche (i): Chute de Pierres sur la route côtière, Les Saintes, Antilles Françaises. Sur les îles, les routes nationales suivent souvent la côte. Ces routes sont particulièrement sensibles aux risques naturels, y compris à l'érosion côtière, les submersions marines et les glissements de terrain.

Résumé

Les zones côtières de l'Union Européenne se sont progressivement développées depuis les derniers siècles. Non seulement les zones côtières contribuent de manière très importante au bien-être des états membres mais elles offrent également des possibilités de détente et de loisirs au sein d'un éventail d'environnements naturels exceptionnels. Pendant les 10 dernières années, des efforts considérables ont été faits par la Commission Européenne pour encourager une meilleure gestion du littoral, ce qui a conduit au développement de stratégies nationales soutenant le principe du développement durable. Une étude approfondie des aléas naturels et des risques qui en résultent pour les personnes, les biens immobiliers et l'environnement, doit être réalisée au sein de ce procédé. Les stratégies de gestion des risques pour les zones vulnérables offrent un cadre pour répondre aux risques liés à l'érosion côtière, les inondations et les glissements de terrain.

Le changement climatique va, sans aucun doute, exercer une influence de plus en plus grande sur nos vies dans les décennies à venir de par leur incidence sur la gravité de l'érosion côtière, des inondations et des glissements de terrain. De nombreux impacts climatiques, en particulier les plus préjudiciables, seront associés à une fréquence ou une intensité croissante d'événements extrêmes. Cet aspect est important et nécessite d'être approfondi par un travail supplémentaire, car de nombreuses études ne prennent pas en compte de manière explicite les effets des événements extrêmes, bien qu'il soit reconnu que ces événements présentent des risques majeurs pour le bien-être de l'homme; la vague de chaleur qui a touché l'Europe en 2003 en est un parfait exemple (Defra, 2005')..

Il est clair que les changements climatiques vont exercer une pression de plus en plus grande sur certaines façades côtières et nécessiteront de modifier notre approche de la gestion des risques liés à la montée du niveau de la mer, aux changements météorologiques et à l'érosion côtière, aux inondations et aux glissements de terrain qui en résultent. Il est reconnu qu'il est impossible, et en effet, peu souhaitable de défendre toutes les parties de la côte européenne. Le développement de stratégies de gestion des risques ayant pour objectif d'aider à faire face à ces problèmes côtiers doit être basé sur une compréhension exhaustive de l'évolution de la côte et des procédés naturels.

Avec le soutien financier du Programme LIFE Environnement (L'Instrument Financier de L'Environnement)², il a été possible d'entreprendre une série d'études et de programmes de démonstration qui ont commencé par le 'Programme de démonstration sur la gestion intégrée des zones côtières'³ (1996-1999), suivi par le programme 'Changements côtiers, climat et instabilité'⁴ (1997-2000) et un projet de démonstration supplémentaire (dont cette publication fait partie) intitulé 'Response' (Répondre aux risques côtiers liés au changement climatique)' (2003-2006)⁵.

Au cours des trois années du projet 'Response' du programme LIFE, il y a eu une augmentation très notable de la recherche, de l'échange d'informations et de la sensibilisation sur le sujet du changement climatique. L'année 2005 a été la deuxième année la plus chaude depuis 1860 (après l'année 1998 qui détient le record). La dernière décennie a, en fait, été témoin de huit des 10 années les plus chaudes depuis la création des relevés de température. La température de surface de la mer dans l'Atlantique Nord a également été la plus élevée depuis 1880. La nécessité vitale d'avoir des conseils sur la manière de répondre aux risques côtiers qui en résultent a été démontrée par un nombre grandissant de catastrophes naturelles dévastatrices qui ont touché de nombreuses parties du monde, y compris l'Europe. Le changement climatique est, par nécessité, un des principaux sujets formulé dans les politiques en matière d'environnement et d'énergie.

Bien que 2005 ait été désignée comme 'l'Année des Désastres' par l'Organisation Météorologique Mondiale, l'Europe a, en fait, été témoin de plus d'une centaine d'inondations majeures depuis 1998, dont les événements catastrophiques qui ont touché l'habitat le long du Danube et de l'Elbe en 2002 et entraîné la mort de plus de 700 personnes, le déplacement de près de 500.000 habitants et une perte de plus de vingt-cinq milliards d'euros. D'autres inondations graves se sont également produites au cours du printemps 2006.

Le programme EUrosion, 2004,⁶ soutenu par la Commission Européenne souligne le fait que plus de 20% de la côte européenne doit faire face à de sérieux problèmes, qui résultent de l'érosion côtière avec un recul important du trait de côte qui affecte des milliers de kilomètres de côte. Les défis actuels et futurs

comprennent la gestion de niveaux de plus en plus élevés du risque côtier, tout en cherchant à optimiser les possibilités de protéger et de préserver et, quand cela est possible, d'améliorer nos environnement côtiers. Il est vital d'éviter les erreurs passées qui ont, dans certains cas, augmenté les risques ou provoqué des dégâts importants sur l'environnement.

L'objectif de ce guide est d'aider non seulement ceux qui, au sein des autorités régionales et locales, sont intéressés par les zones côtières, mais aussi les autres acteurs. Il propose des orientations pour une gestion durable des risques côtiers sur la base d'un lot de cartes intégrant l'évolution de la côte et les risques côtiers, réalisées au sein du projet 'Response' de LIFE Environnement de l'Union Européenne. Les partenaires du projet Response ont basé leur recherche sur des études détaillées dans cinq régions côtières européennes, dans cinq zones d'études en Angleterre, en France et en Italie représentatives des conditions sur les côtes des mers européennes.

Les conseils sont basés sur l'expérience pratique émanant du travail entrepris depuis les trois dernières années ('Response'⁵, 2003-2006). L'équipe du projet espère que ce nouveau document s'avèrera avoir une réelle valeur pratique pour ceux participants à la gestion des risques côtiers, bien qu'il soit reconnu que bon nombre de ces recommandations peuvent également être appliquées à d'autres environnements comme par exemple les régions montagneuses.

Dr Robin McInnes, OBE
Centre for the Coastal Environment
Isle of Wight Council
United Kingdom

Références

1. Defra, 2005. 'Avoiding dangerous climate change'. Résumé du Symposium Scientifique. Exeter. Crown Copyright.
2. Commission Européenne, 2001. 'LIFE Environnement en action - 56 nouveaux succès pour l'environnement en Europe'. Luxembourg: Commission Européenne.
3. Commission Européenne, 1999. 'Leçons tirées du Programme de Démonstration sur la gestion intégrée des zones côtières de la Commission Européenne'. Bruxelles: Commission Européenne.
4. McInnes, R. G., Tomalin, D. and Jakeways, J., 2000. 'Coastal change, climate and instability'. Rapport final du rapport pour le projet LIFE Environnement de l'Union Européenne. Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, Ventnor, Ile de Wight, Royaume Uni.
5. McInnes, R. G., Jakeways, J. and Fairbank, H., 2006. 'Response - Responding to the risks from climate change'. Rapport final du rapport pour le projet LIFE Environnement de l'Union Européenne Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, Ventnor, Ile de Wight, Royaume Uni.
6. Commission Européenne, 2004. 'EUrosion - Vivre avec l'érosion côtière en Europe'. Luxembourg: Commission Européenne.

Introduction

Les zones côtières de l'Union Européenne sont continuellement sujettes aux processus naturels d'altération, d'érosion marine, de submersions marines et de glissements de terrain. Les impacts de ces processus et de ces événements varient d'un trait de côte à l'autre et dépendent de la structure géologique de la ligne de côte, de la résistance de la roche exposée sur chaque section particulière de la façade côtière, ainsi que de l'exposition relative de cette façade aux impacts des vagues et des marées. Les matériaux érodés par la mer et les intempéries qui s'accumulent à la base des falaises ou sur l'estran sont transportés d'une partie de la côte à l'autre par le processus de dérive. Les matériaux sédimentaires peuvent être déposés le long du trait de côte où le cheminement des sédiments est interrompu par des caps, des estuaires et des 'puits' de sédiments. L'activité humaine de développement s'est imposée sur cet environnement côtier en évolution et en transformation constante. Des ouvrages de défense de la côte ont été construits pour essayer de 'fixer' la position du trait côtier et protéger les villes, les villages côtiers et les infrastructures stratégiques.

Depuis des milliers d'années, les hommes ont été attirés par les zones côtières pour des raisons stratégiques, économiques ou liées aux loisirs. Il leur a souvent fallu défendre les aménagements résultant contre l'érosion de la côte ou la submersion marine. De nombreuses parties du trait de côte européen ont été sujettes à un développement intensif, particulièrement vers la fin du 19^e et le début du 20^e siècle, lorsque l'air de la mer, la baignade et la voile sont devenus à la mode. Cependant, l'évolution de la côte et la présence de certains aménagements à des endroits vulnérables ont nécessité la construction de très longues digues et autres structures de défense de la côte afin de protéger ces enjeux. Dans certains endroits, le développement côtier a eu des impacts importants sur les systèmes naturels côtiers, ce qui a eu des conséquences négatives sur les façades maritimes voisines situées en aval du courant, provoquant l'exacerbation de l'érosion ou une instabilité de la côte.

Des récentes recherches ont démontré que les procédés naturels tels que l'érosion côtière ont provoqué depuis quelques années la perte ou l'endommagement de centaines de biens et affecté la valeur marchande de nombreux autres parce que le développement a été effectué dans des endroits inappropriés (EUrosion, 2004¹). Les inondations côtières ont un impact de long s segments de côte et l'interaction de plus en plus grande entre les aléas naturels et la population côtière en développement, aboutira inévitablement en une augmentation des risques, à moins que des systèmes de gestion des risques côtiers ne soient mis en place. Les scientifiques nous ont clairement expliqué que nous devons soit faire face au changement climatique, soit en accepter les conséquences dramatiques (Commission Européenne, 2002²). Le changement climatique se produit déjà : il a de nombreux impacts sur les zones côtières avec des coûts économiques importants pour les personnes et des dégâts pour les écosystèmes. Il est reconnu qu'il y a besoin de développer aux divers niveaux administratifs des stratégies pour rechercher, comprendre et s'adapter aux défis du changement climatique. Peu importe l'efficacité avec laquelle nous essayons aujourd'hui de nous attaquer aux causes du changement climatique, le changement climatique sera inévitable à cause de nos émissions passées de gaz contribuant à l'effet de serre ; nous devons donc prévoir l'avenir.

Des études sur les impacts du changement climatique dans les zones côtières font suite à des programmes de démonstration précédents qui ont bénéficié du soutien financier du programme LIFE Environnement de la Commission Européenne. Au sein du 'Programme de Démonstration sur la gestion intégrée des zones côtières' (1996-1999)³ de la Commission, des études ont été entreprises sur trente-cinq sites situés le long des côtes européennes, afin d'identifier les leçons apprises et de contribuer aux meilleures pratiques d'un éventail d'environnements côtiers. Plus particulièrement, un projet supplémentaire de LIFE Environnement intitulé 'Changement côtier, climat et instabilité' (1997-2000) a commencé à réfléchir aux problèmes du changement de la côte et au changement climatique en terme d'utilisation de techniques paléo-environnementales et géomorphologiques, et également en terme de compétences de gestion, afin d'aider à comprendre et de répondre aux problèmes actuels et potentiels du changement côtier, et de l'instabilité dans les zones côtières et montagneuses (McInnes et al 4). L'objectif du projet 'Response' (Répondre aux risques du changement climatique', 2003-2006⁵) est d'offrir des conseils pratiques afin d'aider la mise en oeuvre de stratégies durables à l'échelle régionale afin de faire face aux aléas naturels dans le contexte du changement climatique.

Les aléas naturels ont des impacts sérieux sur les zones côtières de la majeure partie des états membres de l'Europe. Les coûts des opérations d'urgence, de la remédiation et de la prévention peuvent représenter un poids financier important pour les communautés concernées. Une proportion des coûts doit souvent être prise en charge par les autorités régionales ou locales avec des ressources limitées. Il est désormais

communément accepté que les risques dus au changement climatique soient réels, la montée du niveau de la mer pose un risque particulier pour les communautés côtières en raison de l'érosion marine accrue, des submersions marines et des glissements de terrain. Afin de protéger les vies, les biens et les enjeux environnementaux dans les zones côtières, il a été nécessaire d'établir clairement l'étendue des risques côtiers actuels ainsi que des impacts du changement climatique et de conseiller sur les cadres pour la mise en œuvre de stratégies de gestion des risques durables afin d'essayer de mitiger les risques futurs.

Une grande part du trait de côte de l'Union Européen est densément urbanisée. Les schémas d'urbanisation remontent au-delà du 19^e siècle. En fait, de nombreuses grandes villes et de nombreux grands ports d'Europe forment des urbanisations côtières concentrées qui contribuent de manière importante au produit national brut de leur pays. Les pressions de l'urbanisme ont mis l'accent sur la nécessité de concilier les demandes des nombreux utilisateurs de la côte sans accroître les dommages causés à l'environnement naturel. Afin de mieux gérer ces problèmes, et plus particulièrement depuis les dix dernières années, les personnes intéressées par la gestion des zones côtières ont énormément changé leur philosophie, dans un objectif de développement durable. La prise en compte, au niveau décisionnel, de l'évaluation des modifications du trait de côte de la côte et de l'importance des procédés naturels a, cependant, été adoptée plus lentement, malgré l'apparition d'exemples évidents de problèmes résultants des répercussions des développements côtiers ou de projets de défense de la côte sur les segments côtiers voisins.

Il est de plus en plus reconnu que, dans la mesure possible, il faut "laisser faire" les processus physiques naturels de l'érosion côtière, du transport et du dépôt des sédiments. Dans certains endroits, la protection de la côte sera beaucoup plus efficace si elle essaye de 'travailler avec la nature', par exemple, en favorisant l'engraissement naturel des plages qui forment une excellente défense de la côte. La nécessité d'encourager une meilleure compréhension de l'évolution côtière pour définir le cadre de gestion des risques côtiers a été démontrée à la fois par le gouvernement et par les groupes de protection de la côte en Angleterre et au Pays de Galles (Futurecoast, 2002⁶; SCOPAC, 2003⁷).

Depuis quelques années, diverses nouvelles directives, communications et nouveaux conseils européens ont été mis en avant afin d'apporter leur aide à la gestion des risques ainsi qu'à d'autres problèmes. Par exemple, la Directive Cadre sur l'Eau, la Stratégie Thématique pour la Protection des Sols et la Directive Inondation, en plus de la 'Recommandation sur la gestion intégrée des zones côtières' du Parlement Européen.

De nombreux états membres ont commencé à identifier les aménagements côtiers et autres enjeux clefs mis à risques par des aléas naturels, tels que l'érosion marine et les inondations par la mer, qui sont accru par le changement climatique. Ailleurs, les villes et villages côtiers sont touchés par des glissements de terrain qui peuvent être provoqués par l'érosion marine, les modifications de la distribution annuelle des pluies ou des pratiques d'aménagement. Ces divers impacts sur les aménagements côtiers ont entraîné un accroissement des demandes de mise en œuvre de stratégies durables à la fois pour la gestion des défenses côtières et pour la gestion des risques côtiers en général. Tenant compte des dépenses publiques importantes nécessaires pour maintenir les défenses côtières, il est vital que les solutions proposées soient durables d'un point de vue technique, économique et environnemental.

Certains des risques les plus sérieux et évidents sur le trait de côte européen résultent du manque de coordination entre le plan d'occupation des sols et les propositions de développement. En effet, de nombreuses parties de l'Union Européenne subissent l'héritage de communautés et de développements non planifiés situés sur, ou à proximité, de falaises en érosion, sur des systèmes de glissements de terrain côtiers, ou sur des zones sujettes aux inondations. Malgré les inondations graves dans l'est de l'Angleterre et aux Pays-Bas en 1953, et autres inondations plus récentes, ces avertissements ne se sont pas avérés suffisants pour assurer le développement et la mise en œuvre de stratégies de gestion des risques côtiers plus durables dans de nombreux états membres. Les conséquences du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer présentent désormais un défi très sérieux pour la gestion du littoral. Une recherche étendue a démontré que, pour de nombreux enjeux côtiers, les risques d'érosion côtière et d'inondations côtières vont s'accroître, avec une augmentation des glissements de terrain primaires ainsi que des réactivations d'événements passés. Les gouvernements centraux, ainsi que les gouvernements régionaux et les gouvernements locaux vont devoir développer et mettre en œuvre des politiques, pour faire face aux risques en émergence, tout en respectant les inévitables contraintes techniques.

Afin d'appuyer le processus de développement de bonnes pratiques pour la gestion des risques côtiers, le projet 'Response' (Répondre aux risques liés au changement climatique sur le trait de côte)⁸ du programme LIFE recommande le développement de stratégies durables pour les autorités régionales et locales afin de les aider dans le domaine de la gestion des aléas dans les zones côtières. Cet objectif



Plate (ii): Glissement de terrain côtier, Niton Undercliff, Ile de Wight, Royaume Uni touchant un camping pour caravanes et la route côtière A3055. Le glissement de terrain fait suite à des précipitations au cours de l'hiver 2000/01

est atteint en démontrant l'utilisation d'une méthodologie novatrice, à l'échelle régionale, de cartographie de l'évolution de la côte et des risques, en prenant en compte les impacts du changement climatique. Le projet Response a évalué les coûts actuels et futurs des aléas naturels côtiers et propose un cadre pour se préparer à l'impact du changement climatique sur le trait de côte européen. Ce processus adopte le principe de précaution et propose une méthodologie donnant des priorités dans un rapport coût efficacité équilibré et respectueuse de l'environnement. Le projet Response prend en considération à la fois les systèmes humains et les systèmes naturels qui influencent la zone côtière, et, en se basant sur une philosophie visant à accompagner les processus naturels, recommande une méthodologie transférable pour réaliser des études d'évolution du trait de côte et la cartographie des risques. La méthodologie est basée sur la reconnaissance des conditions locales spécifiques, et s'assure que les décisions en matière de gestion de du littoral sont adéquates et durables, compatibles avec la connaissance la plus complète des impacts prévus du changement climatique et sont adaptées à renseigner les systèmes de planification et d'aménagement des territoires.

Une approche systématique a été adoptée dans le but de porter assistance à l'aménagement côtier. Ceci se fait en plusieurs étapes. Premièrement, les morphologies des différents segments côtiers sont classées en fonction de leur type physique, puis le comportement générique de chaque segment est évalué, sur la base des informations historiques. Des scénarios de changement climatique régional ont été identifiés pour les différentes zones côtières considérées. Une évaluation des sensibilités génériques probables au changement climatique a été faite pour chaque segment. Les interactions entre les segments viennent compléter l'identification des 'systèmes de comportement côtier' reconnaissant les impacts probables du changement climatique, chacun étant défini par une évaluation de l'impact basée sur des études de cas. Cette approche permet une analyse du trait côtier de la région qui, par le biais d'une succession logique de cartes, offre une base pour évaluer le changement de risque et identifier les 'points critiques' liés au changement climatique qui doivent faire l'objet d'une attention particulière aujourd'hui et dans le futur afin de gérer les risques côtiers.

Une pleine appréciation de l'évolution de la côte et des procédés naturels est fondamentale au développement de la compréhension de la côte. Ces facteurs qui nécessitent tout d'abord une évaluation sont décrits au Chapitre Premier.

Terminologie

Aléa - ou la probabilité d'occurrence d'un événement menaçant lié à un phénomène potentiellement préjudiciable, dans un temps donné ou une zone donnée.

Risque - Perte prévue (décès, blessés, dégâts aux propriétés et perturbation de l'activité économique) due à un aléa spécifique pour une zone donnée et pour une période de référence donnée. Sur la base de calculs mathématiques, le risque est le produit de l'aléa et de la vulnérabilité.

Vulnérabilité - Le degré auquel un système est prédisposé à un aléa et capable de faire face à une avarie, un dégât ou un dommage.

Source - Agence Européenne pour l'Environnement

Références

1. Commission Européenne, 2004. 'EUrosion - vivre avec l'érosion côtière en Europe'. Luxembourg: Commission Européenne.
2. Commission Européenne, 2002. 'Sixième Programme d'Action pour l'Environnement'. Bruxelles: Commission Européenne.
3. Commission Européenne, 1999. 'Leçons tirées du Programme de Démonstration de la Commission Européenne sur la gestion intégrée des zones côtières'. Bruxelles: Commission Européenne.
4. McInnes, R. G., Tomalin, D. et Jakeways, J., 2000. 'Coastal change, climate and instability'. Rapport final du projet LIFE Environnement de l'Union Européenne. Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, Ventnor, Ile de Wight, Royaume Uni.
5. McInnes, R. G., Jakeways, J. et Fairbank, H., 2006. 'Response - Responding to the risks from climate change'. Rapport Final pour le Projet LIFE Environnement de l'Union Européenne. Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, Ventnor, Ile de Wight, Royaume Uni.
6. Halcrow, 2001. 'Futurecoast'. Rapport pour le compte de Defra. HMSO London
7. Hosking, A., et Moore, R., 2001. 'Preparing for the impacts of climate change'. Rapport pour la Conférence Permanente sur les Problèmes Associés au Trait de Côte (SCOPAC). Swindon.

Chapitre Cinq

Risques Côtiers - Renseigner les Politiques d'Aménagement

L'évaluation du risque est un facteur clef de l'examen des propositions de aménagement. Le cadre de la gestion des risques peut être très complexe et souvent spécifique à chaque état membre. Cependant, les outils de base qui sont à la disposition des gestionnaires sont globalement semblables :

- Accepter le risque ; par exemple en étalant ou en partageant le coût à entre assurances, compensation et 'aide d'urgence ;
- Eviter les zones vulnérables, par exemple par le biais de mesure conservatoires au regard de nouveaux aménagements dans les zones à risque (par exemple, risques d'inondations côtières, d'érosion ou de glissements de terrain) ;
- Réduire l'apparition d'événements potentiellement dévastateurs, par exemple par le biais d'une gestion active du territoire visant à réduire l'ampleur et la fréquence des glissements de terrain ;
- Protéger contre les événements potentiellement dévastateurs, par exemple en prévenant l'érosion côtière ou stabilisant les glissements de terrain ou encore améliorant les constructions.

Les systèmes d'aménagement et d'urbanisation sont conçus dans le but de réglementer le développement et l'occupation des sols dans l'intérêt général du public. La plupart de ces systèmes ont pour objectifs :

- d'apporter des conseils, qui aideront à prévoir l'utilisation des sols de manière sensée, et qui permettront aux autorités en matière d'aménagement et d'urbanisation d'interpréter l'intérêt du public de manière sage et consistante ;
- de motiver le gouvernement local pour qu'il stimule le développement en attribuant les terrains selon les plans statutaires ;
- dans certains états membres, de contrôler de manière réglementaire le développement afin d'assurer qu'il n'aille pas à l'encontre de l'intérêt général et afin que le point de vue des personnes concernées par ce développement puisse être pris en considération.

Ce n'est que relativement récemment que, dans certains pays, les autorités en matière d'aménagement et d'urbanisme ont pris en compte les problèmes d'érosion côtière, d'inondations et d'instabilité au sein de leur cadre d'aménagement. Plus récemment, on a noté un changement croissant dans la perception de la façon dont les risques et l'aménagement sont traités. Ces changements montrent que l'on a réalisé que l'approche passée n'était pas toujours dans l'intérêt général. L'évaluation des conditions physiques et l'élaboration de cartes (géomorphologique, de l'évolution côtière, du comportement des sols, des risques côtiers et de conseils en aménagement) vont, de ce fait, aider la mise en œuvre de politiques de ce genre.

Une série de cartes renseignant l'aménagement sur les risques côtiers dans le contexte du changement climatique a été préparée au sein du projet Communautaire 'Response' de LIFE Environnement (McInnes et al, 2006³). Les partenaires du projet Response ont basé leurs recherches sur des enquêtes détaillées effectuées au sein de cinq régions côtières européennes. Ces cinq régions sont représentatives des différentes façades maritimes européennes :

- 1 Côte centre sud de l'Angleterre
(Côte de la Manche)
- 2 Côte du comté du North Yorkshire en Angleterre
(Façade la Mer du Nord)
- 3 Côte d'Aquitaine en France
(façade Atlantique)
- 4 Côte du Languedoc-Roussillon, en France
(façade Méditerranéenne)
- 5 Région de la Marche, côte centre est de l'Italie
(façade Adriatique)

Une évaluation minutieuse a confirmé que ces façades côtières représentent un vaste éventail de caractéristiques géomorphologiques et reliefs côtiers représentatifs du trait de côte européen. L'objectif de cette évaluation était d'élaborer et de mettre en œuvre une méthodologie efficace et transférable à toute l'Union Européenne pour l'étude de l'évolution côtière et la cartographie des risques.



Figure 5.1: Les cinq zones d'étude du projet RESPONSE. © Commission Européenne 2006

Le premier objectif du projet Response a été d'évaluer les impacts actuels des facteurs de forçage le long de ces façades côtières, puis d'établir la sensibilité au changement des formes de relief de la côte lorsque les scénarios de changement climatique sont appliqués. Cette tâche a aidé à définir le risque lorsque l'aménagement et les facteurs socio-économiques interagissent avec le paysage physique. Ce processus a contribué élargir le cadre de la gestion des risques.

Les cinq européennes zones d'études ont adopté une approche uniforme du travail de cartographie. Cette approche comprenait, tout d'abord l'élaboration d'une étude impliquant la collation d'informations factuelles sur les processus côtiers, les morphologies côtières et les données climatiques historiques. Une fois cette étude terminée, une base de données des événements historiques a été établie afin de rassembler les informations concernant la fréquence et l'ampleur des événements naturels, y compris l'ampleur de l'érosion côtière et de l'inondation par la mer, les informations sur les glissements de terrain, les mouvements de terrain et les éboulements de falaise historiques.

Ceci a été suivi par une la définition d'unités géomorphologiques pour l'élaboration d'une évaluation du risque côtier. La première étape a été de perfectionner et d'utiliser une classification mise à jour des morphologies côtières basée sur le travail déjà réalisé par la SCOPAC (Hosking et al, 2001³) sur 400 kilomètres de la côte centre sud de l'Angleterre. Cette approche classifiait les formes de relief en trois zones:

- L'avant-côte (shoreface) - qui contrôle l'énergie des vagues, le transport et le dépôt de sédiments,
- La ligne de côte - qui contrôle l'érosion et l'inondation de l'arrière côte ;
- L'arrière-côte - qui contrôle la disponibilité des sédiments (par exemple l'alimentation provenant des falaises et du stockage de sédiment dans les estuaires)..

Les 'unités littorales homogènes (" coastal behaviour systems " ont été définis selon les caractéristiques principales suivantes :-

- Des formes de relief interdépendantes qui contrôlent le système de réponse pour les événements extrêmes ;
- La connexion transversale et latérale des types morphologiques ;
- Les changements d'une morphologie pouvant induire des modifications aux autres.

En résumé, le processus de définition des unités littorales homogènes comprenait l'examen, premièrement, des éléments de la forme de relief et les mécanismes de réponse au processus, et deuxièmement, du comportement historique. Ceci a permis de prendre en considération la sensibilité des unités littorales homogènes au changement climatique , le 'potentiel de changement de ces unités littorales homogènes spécifique et la transposition de cette définition à d'autres formes de relief similaires, moyennant certaines précautions. Une fois la sensibilité et le comportement établis, il est possible de considérer les aléas et les risques côtiers en tenant compte des impacts prévus du changement climatique, basés sur les modèles climatiques européens et régionaux. L'étude a pour objectif de renseigner les décideurs sur les impacts des pressions futures sur les zones côtières, y compris :

- Débordement des défenses côtières en raison de l'élévation du niveau de la mer
- Perte des dépôts intertidaux en facade maritime
- Augmentation de la force des vagues
- Changement du comportement des dérives le long des côtes
- Augmentation du niveau des eaux souterraines dans les falaises et réduction des sédiments accumulés en pied de falaise pour les systèmes de glissements de terrains.
- Interaction des inondations tidales et fluviales
- Inondations soudaines potentielles



Planche 5.1: Les falaises d'argile douce et de grès en érosion à Chale, sur l'Ile de Wight, au Royaume Uni

Systèmes de Comportements Côtiers						
Forme de Relief	Falaise Dure	Falaise Tendre	Plaines, plage-barrière	Flèches Littorales, anses et deltas de marée	Estuaires et rivières tidales	Terrains côtiers en pente
avant-côte (Shoreface)	Abrupte	Douce	Douce	Douce	Douce	Douce
Ligne de côte	Plage étroite de gros galets et/ou Platier rocheuse sur le rivage	Plage de sable étroites, plages de galets ou mélange.	Plage de sable étroite, plages de galets ou mélange. Barrière de galets autonome ; sable frangeant ou plages de galets	anses; deltas tidaux, plages de galets étroite	Platier tidal; Marais salant; Rivière tidales	Phage de sable étroite, plages de galets ou mélange.
Arrière-côte	Falaise Dure	Falaise tendre	Plaine	Plaine	Plaine	En pente douce
Techniques de Gestion	Aucune	structures de controle ; Structures de maintien statique; Stabilisation complète de la falaise, Remédiation de la falaise (réduction du recul); Défenses abandonnées;	Gestion des sédiments; Surveillance des structures ; Structures de maintien statique; Défenses abandonnées;	Gestion des sédiments; Surveillance des structures ; Structures de maintien statique;	Structures de maintien statique; Défenses dilapidées ou abandonnées (qui continuent à avoir une incidence sur les processus)	Structures de maintien statique ou gestion des sédiments et / ou surveillance des structures.

Figure 5.2: Classification des Systèmes de Comportements Côtiers appliqués aux zones d'étude du projet Response.



Planche 5.2: Falaises dures. Par exemple : Collioure, Pyrénées orientales, France



Planche 5.3: Falaise douce. Par exemple : Chale, Ile de Wight, Royaume Uni



Planche 5.4: Plaines et barrière dunaire (lido). Par exemple : Lancing, West Sussex, Royaume Uni



Planche 5.5: Flèches littorales, anses et deltas tidaux. Par exemple: Pagham Harbour, West Sussex, Royaume Uni



Planche 5.6: Dunes d'Aquitaine, France



Planche 5.7: Estuaires et rivières tidales. Par exemple : Western Yar river, Ile de Wight, Royaume Uni

Les informations collectées à partir des zones européennes d'études de cas ont été illustrées par le biais d'une succession de cartes côtières à l'échelle régionale qui peut être sous forme d'exercice papier, ou en utilisant un SIG, en fonction des ressources à disposition.

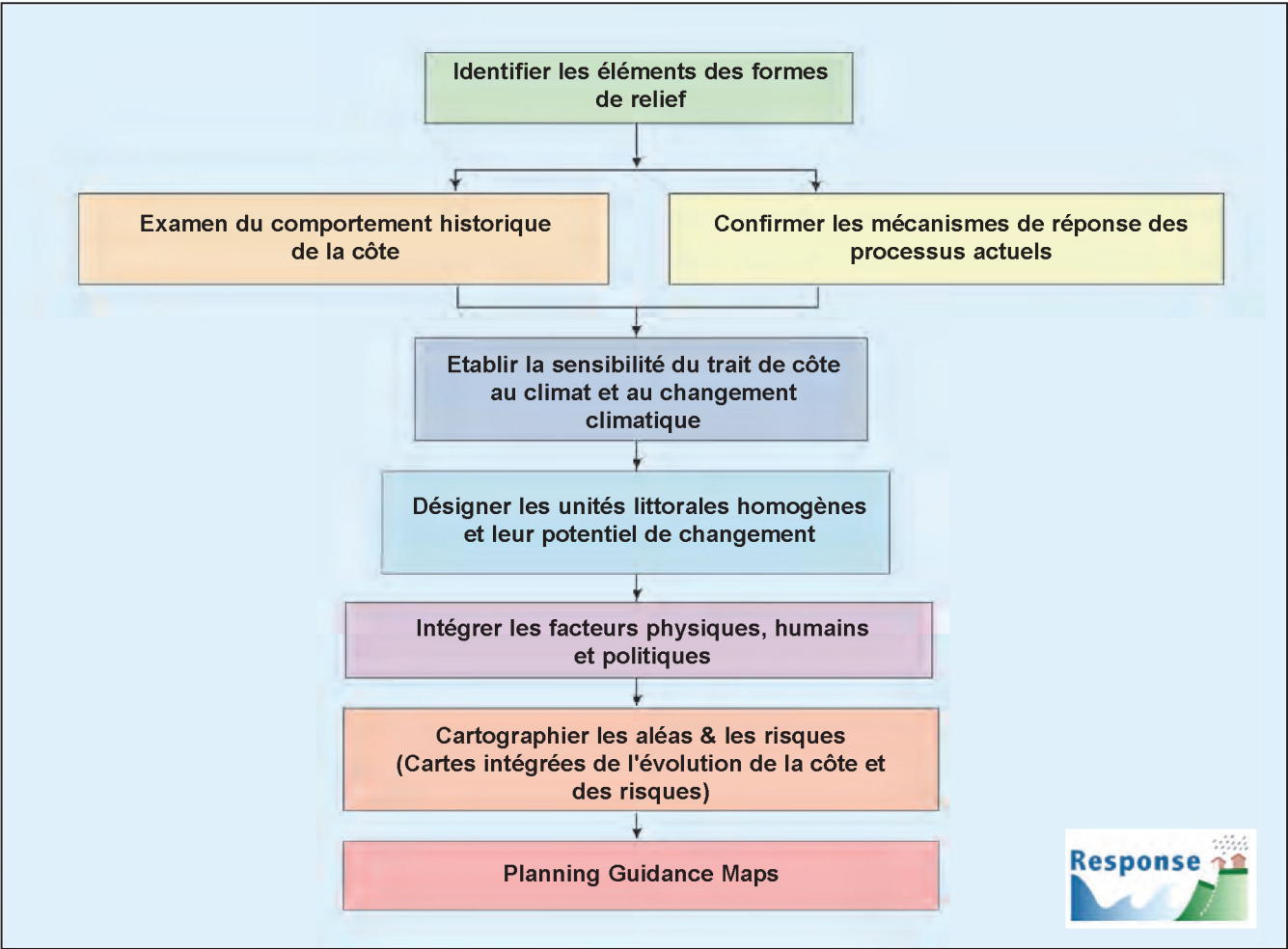


Figure 5.3: - Méthodologie du projet 'Response' pour l'élaboration des cartes intégrées de l'évolution côtière et des risques. (D'après Hosking et Moore, 2001)

Carte 1. carte géomorphologique

La Phase 1 de la cartographie (Cartes 1 à 4) offre une représentation des données factuelles, identifiant l'environnement physique et les principaux problèmes de gestion pour une partie du trait de côte. La Carte 1 illustre les formes de relief côtier ainsi que les processus côtier. Elle donne des informations générales importantes sur le trait de côte.

Les formes de relief côtier sont classées en fonction de la forme et du comportement de l'avant côte, de la côte et l'arrière côte. La carte représente donc les caractéristiques telles que les dunes, les types de falaise, les plages et les estuaires. Il faut noter que les variations importantes au niveau de la forme et du comportement sont évidentes dans la plupart des types de formes de relief génériques. Si nécessaire, des subdivisions supplémentaires peuvent être créées.

La Carte 1 comprend également une représentation factuelle des données. La carte inclut selon la disponibilité des données, une représentation des cellules sédimentaires et des limites des sous-cellules, du transport des sédiments, de la direction de la dérive côtière, des contributions de l'érosion côtière, des bassins versant et des stockages de sédiments, ainsi que des informations sur l'énergie de la vague côtière, l'érosion côtière et les processus actifs des déclivités. Lors de l'évaluation des impacts futurs du changement climatique, il est important de bien comprendre les processus côtiers tels que les mouvements de sédiments le long de la côte et les tendances de l'érosion et du dépôt.



Figure 5.4: Exemple de Carte 2 'Types d'ouvrages de défense de la côte et pratiques de gestion' de la zone d'étude de la Regione Marche, en Italie.

Carte 2. Types d'ouvrages de défenses de la côte et pratiques de gestion

L'exemple de Carte 2 est tiré de la zone d'étude de la Région des Marches sur la côte centre sud de l'Italie. La majeure partie du trait de côte européen n'est pas capable de fonctionner 'naturellement' en raison de l'impact des structures des défenses côtières. La répartition et la nature des défenses côtières doivent être bien comprises car elles ont un effet sur la morphologie de la côte et modifient l'impact des facteurs en œuvre. Les défenses sont utiles en terme de protection d'atouts tels que les villes et les terrains agricoles, mais également en terme de coût économique de construction et de maintenance. Ceci est important lorsque l'on évalue les risques côtiers potentiels si les défenses échouent. Les défenses côtières peuvent se dégrader dans le futur, ce qui entraîne une augmentation de la probabilité d'échec dans le temps, et une augmentation associée du risque pour les atouts protégés. Les politiques de gestion peuvent changer dans le temps, avec la possibilité du retrait ou du réaligement des défenses afin de permettre aux traits côtiers de recommencer à fonctionner naturellement.

Carte 3. Aléas côtiers historiques

Les informations sur les aléas côtiers passés et présents mettent en évidence la présence de points chauds d'activité. Elles donnent une bonne indication des aléas potentiels. Les données historiques sont une source utile d'information sur l'emplacement et la nature des aléas passés et présents. Les cartes des zones d'étude apportent trois types de données, y compris les enveloppes d'inondation indiquant les zones actuelles touchées par les inondations tidales et fluviales ; des informations sur les emplacements approximatifs de l'érosion côtière passé ou des glissements de terrain passés (d'après des informations historiques) ; ainsi que des informations sur les zones actuelles approximatives de glissements de terrain actifs.

Pour la côte centre sud de l'Angleterre, par exemple, les zones inondables sont indiquées par des polygones ombrés dérivés données numériques modélisées précises et vérifiées sur le terrain. Les emplacements des événements présents et historiques sont indiqués par des points sur la carte, qui se trouvent également dans une base de données à laquelle on peut se reporter pour plus d'informations. Les informations contenues dans la base de données comprennent des détails sur l'évènement comme la date, l'ampleur, les coûts qui y sont liés.

Carte 4. Atouts côtiers et population

La Figure 5.5 (ci-dessous) représente une partie de la façade Aquitaine sud dans le sud-ouest de la France. Comme mentionné ci-dessus, le risque est souvent défini comme étant le résultat de la combinaison des aléas et de leurs conséquences, qui peuvent inclure les pertes en vie, en biens ou en habitat. Ces caractéristiques sont présentées à la Carte 4, qui illustre les atouts humains et la population, ainsi que les atouts environnementaux.

La Carte 4 est une représentation des données factuelles. Les atouts humains, y compris les principaux centres de population sont représentés en fonction de la densité de population. Les industries principales ainsi que les atouts environnementaux (naturels) tels que les zones protégées au niveau national et les sites européens.

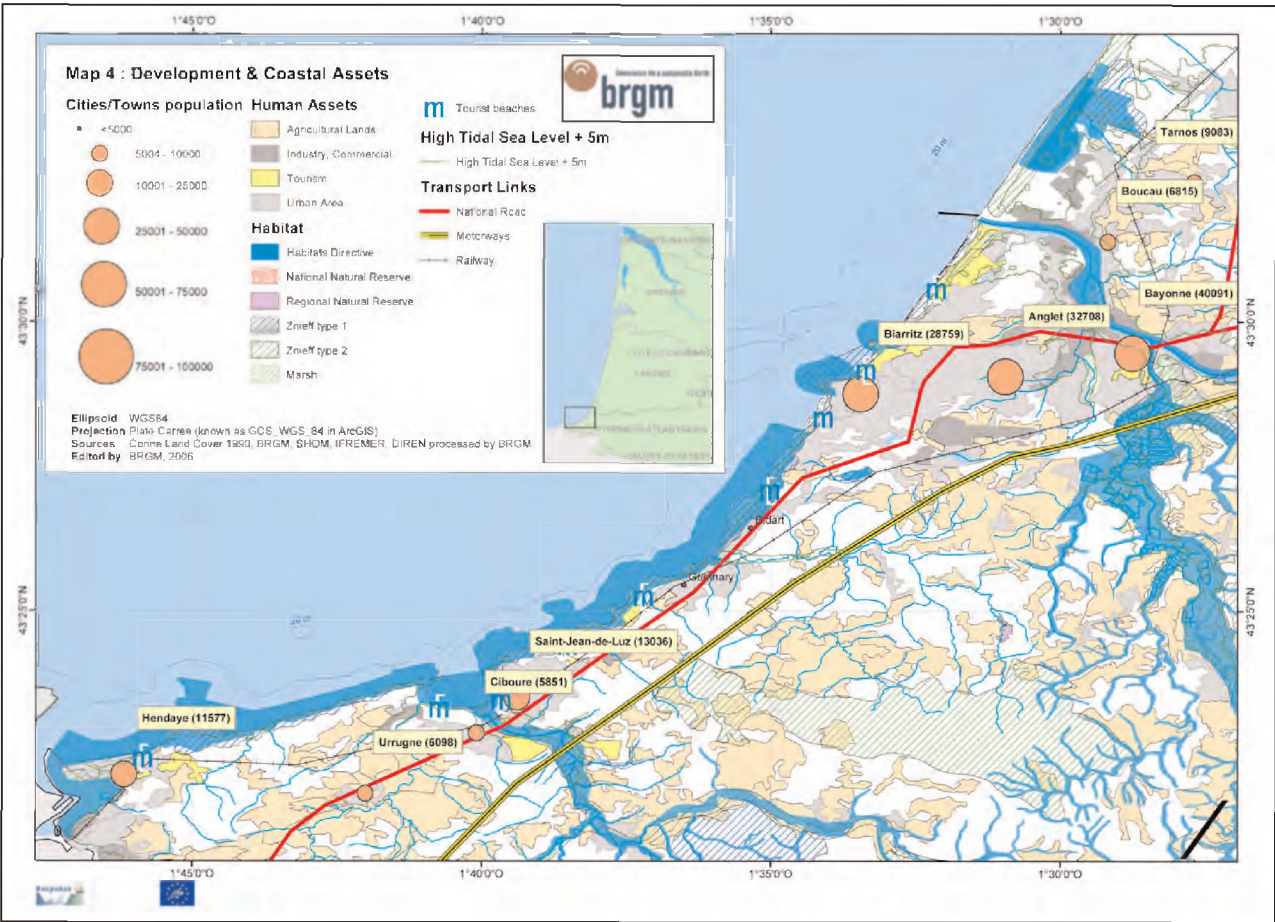


Figure 5.5: Carte 4 - 'Développement et atouts côtiers'; une partie du trait de la côte Atlantique du sud-est de la France.(Préparé par le BRGM, France)

Projet Communautaire "RESPONSE" LIFE - Environnement LIFE 03ENV/UK/000611

Carte 5: SYSTEMES DE COMPORTEMENTS COTIERS

Partenaire no2: IRPI-CNR Perugia Italy et Regione Marche avec la contribution de la Provincia di Macerata et de la Provincia di Pesaro-Urbino

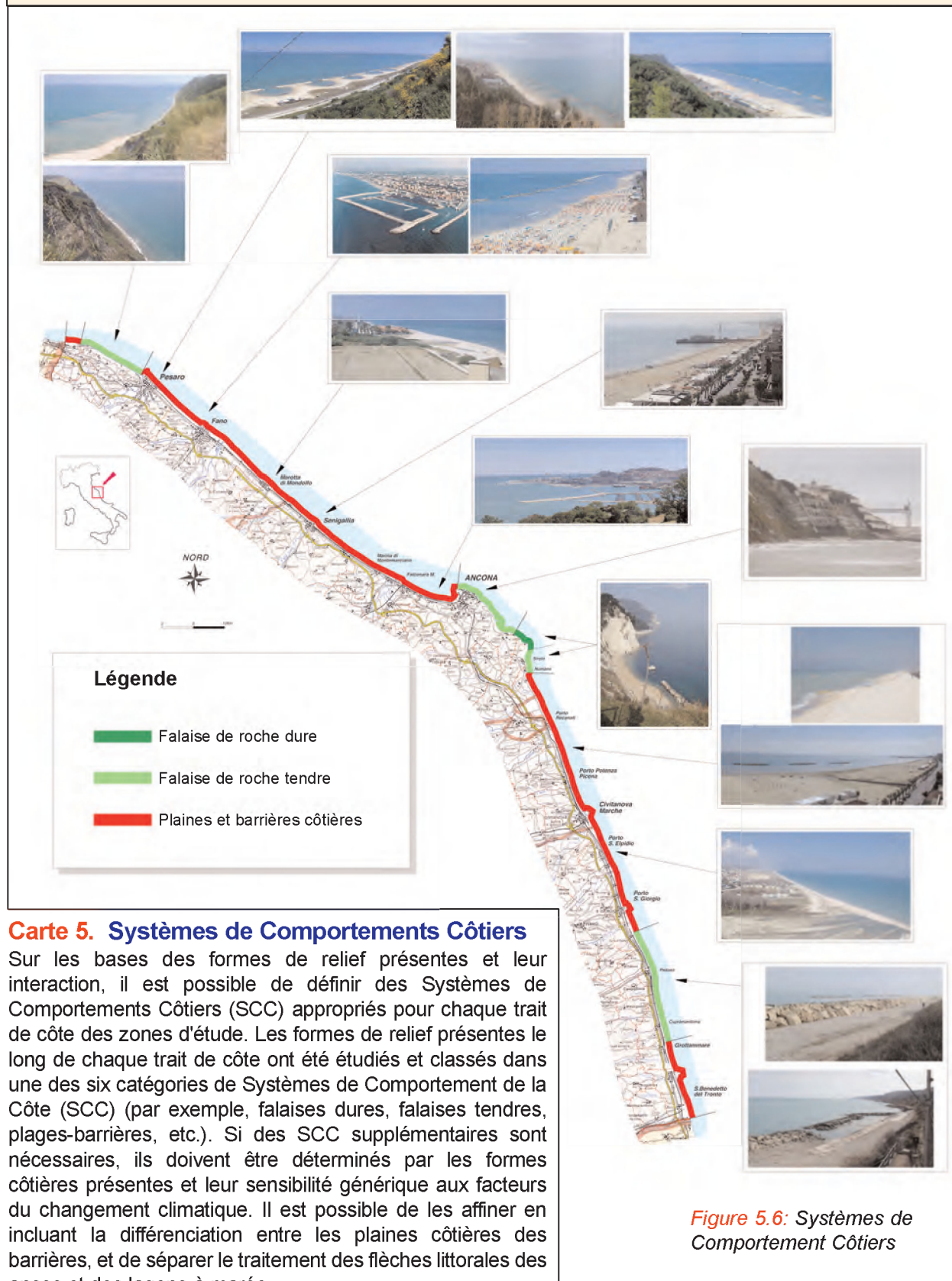


Figure 5.6: Systèmes de Comportement Côtiers

Carte 6. Risques côtiers potentiels (année 2100)

Les projections du changement climatique mondial pour les 100 années à venir ont été publiées par le Panel Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (IPCC, 2001).

Dans certaines parties de l'Europe, il se pourrait que le niveau de la mer augmente de 80cm d'ici aux années 2080 (UKCIP, 2005) et, dans le cas du scénario moyen / fort, que les températures annuelles moyennes augmentent de 4° Celsius et que la pluviosité hivernale augmente jusqu'à 30% au dessus des niveaux actuels. Ces changements du climat ont un impact direct sur les vitesses et la nature des processus côtiers, modifiant la nature des aléas côtiers futurs.

La Carte 6 (voir page 65) identifie trois types d'aléas : l'inondation, l'érosion côtière et la réactivation de complexes de glissements de terrains côtiers. Dans chaque cas, l'aléa est identifié comme étant 'actuel' lorsque aucune défense n'est présente ou 'potentiel' lorsque l'aléa dépend de l'échec de la défense.

Les classifications des aléas futurs sont déterminées par des superpositions de cartes des systèmes de comportements côtiers, des défenses côtières et des événements passés et présents. L'aléa d'érosion côtière est classé en fonction de la vitesse moyenne de récession prévue pour les 100 années à venir, provenant d'une rupture progressive ou épisodique. Les classes des aléas d'érosion côtière vont de faible à moyen et élevé, et reflètent les zones potentielles de l'arrière pays qui pourront être perdues dans les 100 prochaines années.



Planche 5.8: Dégâts provoqués par le glissement de terrain sur la route côtière A3055, à Niton, sur l'Ile de Wight, au Royaume Uni, Printemps 2001.



Planche 5.9: Les risques croissants d'inondation sur la côte résulteront de l'élévation du niveau de la mer et des tendances climatiques moins prévisibles.

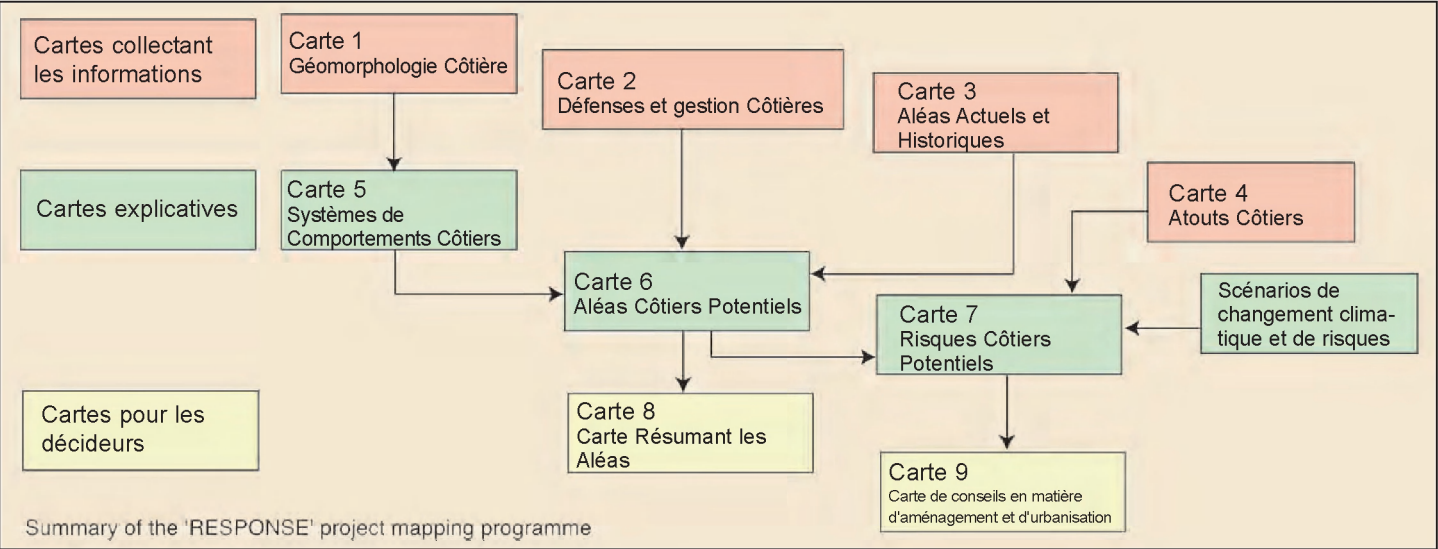


Figure 5.7: Cartes de Response et leurs associations.

Projet Communautaire "RESPONSE" de LIFE - Environnement LIFE 03ENV/UK/000611

Carte 6: ALÉAS COTIERS POTENTIELS

Partenaire no2: IRPI-CNR Perugia Italie et Regione Marche avec la contribution de la Provincia di Macerata et de la Provincia di Pesaro-Urbino

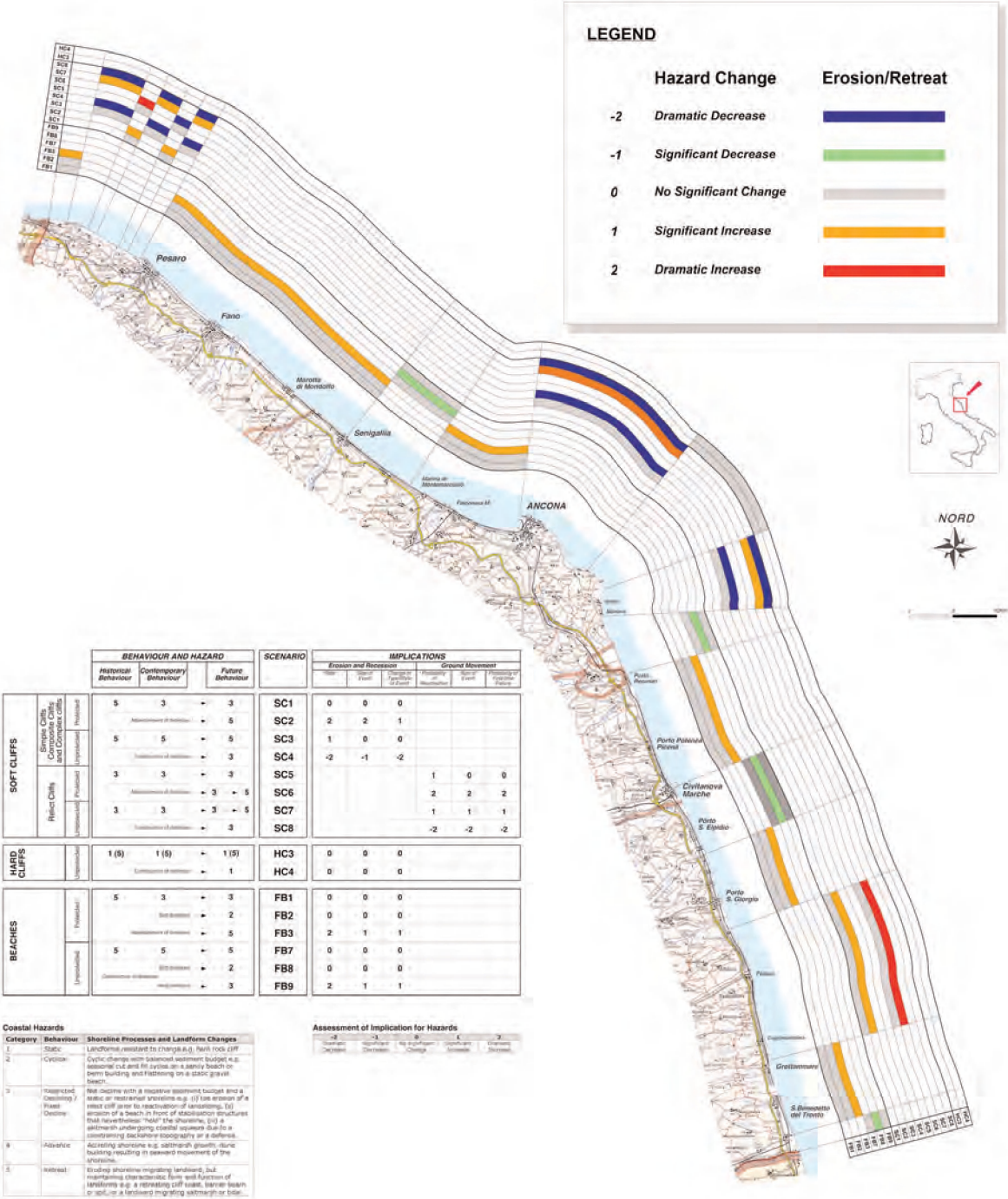


Figure 5.8: Carte 6 - Aléas côtiers potentiel.

Carte 7. Risque côtier potentiel (année 2100)

Il est impossible de comparer les changements à une mesure quantitative de base du risque (comme par exemple la valeur actuelle des biens), il faut donc utiliser une approche descriptive utilisant une matrice d'indices de risques relatifs. Cette approche évalue le risque en comparant les conséquences économiques de l'inondation, de l'érosion côtière ou de la réactivation des glissements de terrain côtiers avec la probabilité d'événements de magnitudes différentes.

Les probabilités d'aléas sont mesurées différemment, selon le type d'aléa, comme suit:

- L'érosion côtière peut être quantifiée par le taux de récession moyen prévu pour les 100 années à venir. Les classes sont : >1m/an; 0,5 à 1m/an; <0,5m/an et aucun érosion (grâce aux défenses côtières);
- Le risque d'inondation peut être quantifié par l'intervalle attendu entre les inondations. Il est prévu que les zones d'inondation non protégées subissent une inondation tous les 10 ans, les zones protégées contre les inondations devraient être protégées au taux de 1 :100 (événement / années), et les autres zones adjacentes aux zones d'inondation entre 5 et 10m OD seront inondées tous les 1000 ans;
- Le risque d'instabilité côtière peut être mesuré par l'intervalle entre les mouvements de terrain, comme suit : 1:10; 1:100; 1:500 et 1:1000 (événement / années).

En utilisant ces trois critères dans une matrice, il est possible d'assigner un indice de risque relatif à chaque 'cellule côtière'. Cette étude utilise une classification de 1 (Risque Faible) à 4 (Risque Très Elevé), des classes supplémentaires peuvent être ajoutées si nécessaire. Il faut souligner que les niveaux de risque potentiels provenant des différents aléas (érosion côtière, inondation et instabilité côtière) sont subjectifs et ne peuvent pas être directement comparés. Ceci est dû au fait que les données quantitatives concernant l'aléa et la conséquence sont inconnues. La méthodologie permet de tester plusieurs scénarios, cependant, dans la méthodologie actuelle, l'impact de deux scénarios sur le trait de côte est évalué:

- 'business as usual', avec une réponse côtière limitée vis à vis du changement climatique et aucun changement au niveau des pratiques de la gestion côtière pour les 100 prochaines années;
- 'pire des cas', avec le changement climatique ayant un impact direct et négatif sur les processus côtiers et des changements spectaculaires au niveau des pratiques de la gestion côtière, et toutes les protections détruites dans les 100 années à venir.

(a) Scénario 'business as usual'

Dans le scénario 'business as usual', la densité de population et le degré d'aléa de chaque segment du trait de côte (c'est-à-dire les aléas actuels et futurs représentés sur la Carte 6) fait l'objet d'une évaluation visuelle et chaque Système de Comportement Côtier reçoit une note de risque.

Pour le risque d'érosion, le degré de l'aléa d'érosion est dérivé de la Carte 6, et toutes les côtes à érosion potentielle, qui sont actuellement protégées par des défenses, sont classés sous 'aucune érosion'. La note de risque la plus élevée ne peut être atteinte que dans des endroits où la densité de population est la plus forte et où l'aléa d'érosion est le plus grand, et inversement, les notes de risque les plus basses sont atteintes là où l'érosion est très lente ou inexistante dans des endroits où la densité de population va de moyenne à très faible.

Le risque d'inondation est déterminé par la présence ou l'absence de défenses contre les inondations et la densité de population des zones d'inondation. La note de risque la plus élevée est appliquée aux zones urbaines situées dans des zones d'inondation sans protection. Les notes de risque les plus basses sont appliquées en présence de protection, et si la densité de population est plus faible. Le risque d'instabilité de la côte est évalué de manière semblable, en utilisant la probabilité d'un mouvement de terrain important comme mesure de l'aléa. Les notes de risque élevées sont donc appliquées aux endroits où la densité de population est la plus élevée et où un mouvement de terrain important est attendu.

Le risque des différents aléas ne peut pas être directement comparé car les risques sont évalués de manière relative. Donc, la cartographie pour la zone d'étude du sud de l'Angleterre illustre les notes de risque relatif pour l'érosion, l'inondation et l'instabilité côtière. Elles sont chacune respectivement identifiées par le préfixe E, F ou C. Ceci signifie que les risques élevés d'inondation (F4) et d'érosion (E4) ne sont pas les mêmes et ne peuvent pas être considérés comme des risques comparables.

(b) Scénario 'au pire des cas'

Afin d'évaluer l'impact du scénario du changement climatique 'au pire des cas' sur le risque côtier, la même série de matrices de risque relatif peut être utilisée. Afin de prendre en compte l'impact du changement climatique sur chaque segment côtier, le degré d'aléa est augmenté (c'est-à-dire, le taux d'érosion moyen, la probabilité d'inondation ou la probabilité de mouvement de terrain important). En utilisant une matrice (voir

Pack de formation 'Response'), ceci est obtenu en se déplaçant d'une case vers la droite le long du même rang de Conséquence. En fonction de la structure de la matrice, ceci peut entraîner une élévation du risque. L'impact du retrait des défenses côtières sur le taux d'érosion et l'instabilité côtière est évalué en choisissant la case probable de 'taux de recul / période de retour de réactivation' pour la case 'falaises / glissements de terrain', puis en se déplaçant d'une case vers la droite pour prendre en compte l'impact du changement climatique. L'impact du retrait des défenses sur le risque d'inondation est obtenu en présupposant que toutes les zones d'inondation seront inondées sur la base de 1:10 (une fois tous les 10 ans).

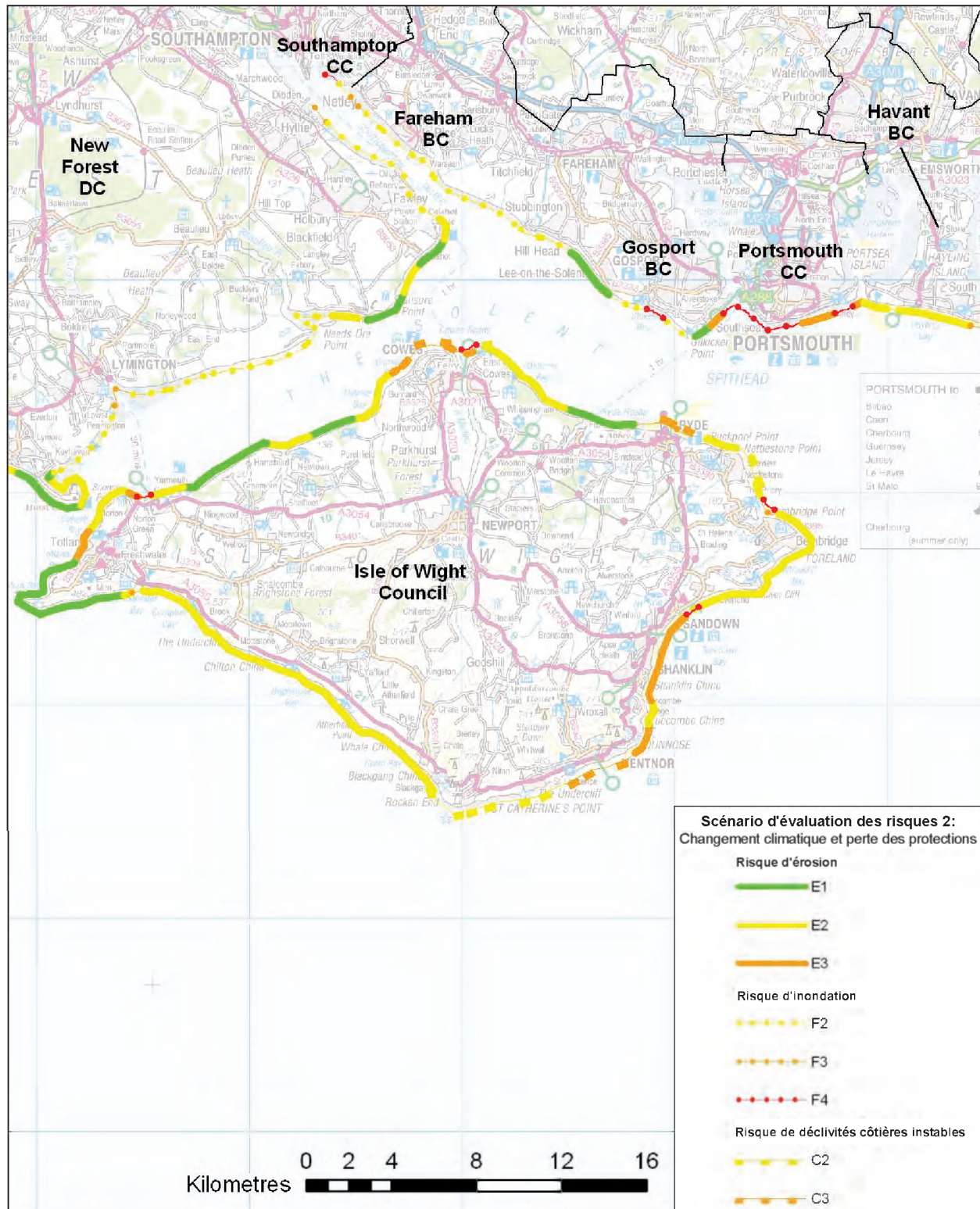


Figure 5.9: Carte 7b, risques côtiers potentiels actuels et futurs: changement climatique et perte de la protection.



Figure 5.10:
Carte résumant les aléas

Carte 8. Carte résumant les aléas

Pour démontrer les applications potentielles des ensembles de données de RESPONSE, deux cartes récapitulatives et non techniques ont été produits. Elles comprennent des informations et des conseils complémentaires. Il faut noter que les cartes 8 et 9 ne sont adaptées qu'au Royaume Uni, où les réglementations de l'aménagement font incomber la responsabilité au promoteur, c'est-à-dire que les Collectivités Locales n'ont besoin que de directives générales. Les réglementations de l'aménagement seront peut-être différentes dans les autres états membres de l'Union Européenne, la nature des cartes non techniques complémentaires devra donc être modifiée en conséquence.

La Carte 8 est un résumé des aléas côtiers. Son objectif est de mettre en valeur les 'points chauds' le long du trait de côte sud central de l'Angleterre afin d'être utilisée par des personnes qui ne sont expertes en la matière. Les informations peuvent être utilisées pour donner un aperçu général des processus à l'œuvre dans la zone d'étude et peuvent être utilisées pour concentrer des études supplémentaires le long de certaines parties de la côte. La carte des aléas potentiel a servi de base à la Carte 8, mais seuls les aléas les plus importants y sont indiqués. Donc les zones dont le taux d'érosion est modéré ou lent ne sont pas indiquées, afin d'accorder une importance plus grande aux parties de la côte qui s'érodent plus rapidement, aux déclivités côtières instables et aux zones d'inondation.

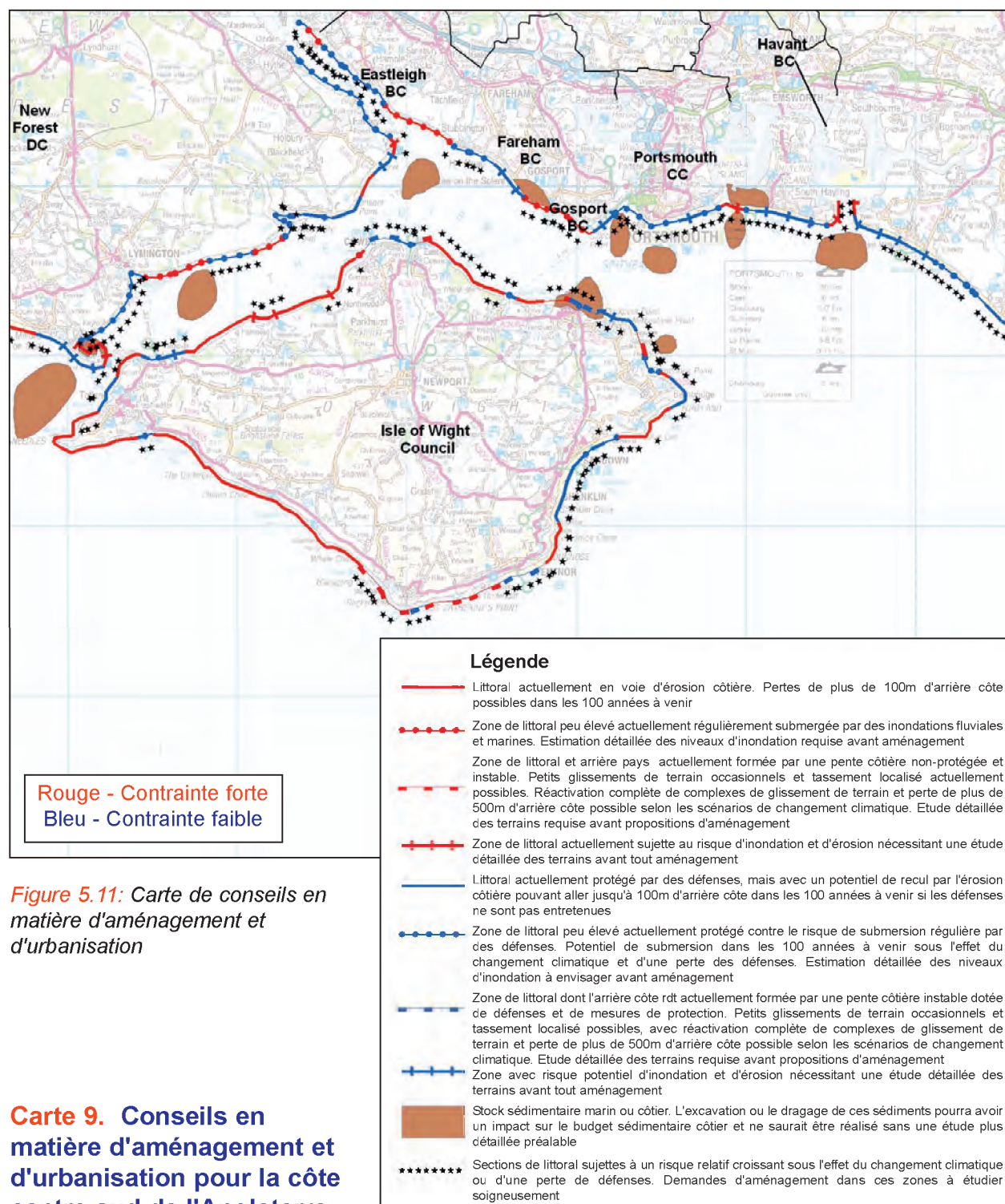


Figure 5.11: Carte de conseils en matière d'aménagement et d'urbanisation

Carte 9. Conseils en matière d'aménagement et d'urbanisation pour la côte centre sud de l'Angleterre

Les informations contenues dans la Carte 9 sont dérivées de la cartographie des risques. Elles offrent des conseils sur les contraintes au développement sur les 'points chauds' le long du trait de côte. La carte souligne également les parties du trait de côte où les niveaux de risques relatifs ont augmenté à cause de l'impact du changement climatique et/ou de la perte progressive des protections, c'est-à-dire quel le niveau des risques a changé lorsque l'on compare avec le scénario 'business as usual' et le scénario 'au pire des cas' (Cartes 7). Le risque peut également augmenter si la conséquence de l'aléa s'accroît, ce qui serait provoqué par une augmentation de la densité de population.

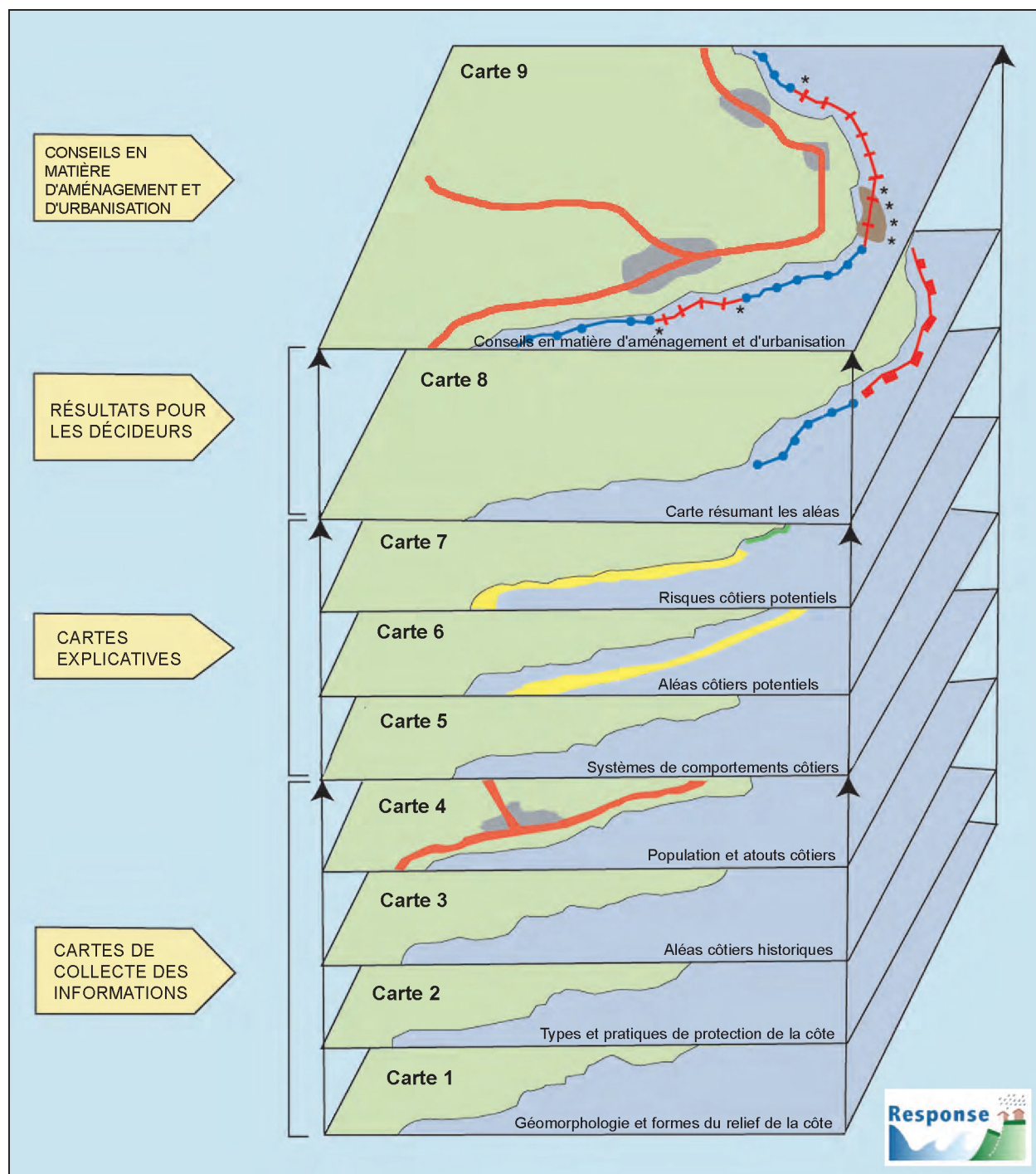


Figure 5.12: Méthodologie du projet 'Response' pour l'élaboration de cartes intégrées des risques et de l'évolution côtière.

Références

1. Thompson, A., Hine, P.D., Poole, J.S., Grieg, J.R., 1998. 'Environmental geology in landuse planning'. Rapport par Symonds Travers Morgan pour the Dept. of the Environment, Transport and the Regions.
2. McInnes, R. G., Jakeways, J. et Fairbank, H., 2006. 'Response - Responding to the risks from climate change'. Rapport final du projet LIFE de la Commission Européenne. Ventnor, Ile de Wight.
3. Hosking, A. et Moore, R., 2001. 'Preparing for the impacts of climate change'. Rapport pour la SCOPAC. Swindon.

Chapitre Six

La gestion des risques côtiers en pratique

Le développement durable des zones côtières repose sur la gestion efficace des risques, à l'heure actuelle et dans le contexte des impacts croissants du changement climatique. La nécessité d'améliorer notre compréhension de l'aléa et du risque, en mettant à disposition des outils pour mieux renseigner les politiques d'aménagement et d'urbanisation et de ce fait améliorer la gestion du risque, est essentielle.

Dans les chapitres précédents, plusieurs exemples d'approches de la gestion des risques ont été présentés. Les recommandations du projet EUrosion (Commission Européenne, 2004¹), ainsi que les directives et les bonnes pratiques recommandées par le Defra (Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires Rurales) (Halcrow, 2002², Defra 2005³ et 2006⁴) en lien avec leur recherche en matière d'évolution de la côte, de fonctionnement des plans de gestion du littoral et des études sur les stratégies de protection de la côte, sont des exemples validés, de l'approche coordonnée choisie par le gouvernement central anglais, servant de guide aux collectivités locales au sein d'un cadre de gestion des risques clairement défini. Le regroupement régional et sub-régional de collectivités locales, avec d'autres acteurs majeurs des zones côtières, permettent la mise en œuvre de politiques durables de gestion de la côte. Dans certain cas, (SCOPAC, 2005⁵), des recherches ont été mandatées ; elles ont permis d'entreprendre des études plus détaillées sur des sujets tels que le transport de sédiments, qui peuvent permettre de mieux informer tout un éventail d'organisations impliquées dans la gestion du risque côtier, en offrant un niveau d'information détaillé nécessaire pour les façades côtières les plus complexes.

Le processus du plan de gestion du littoral, qui a été mis en œuvre avec succès en Angleterre et au Pays de Galles, et qui va bientôt être suivi d'un second programme national, est un excellent exemple de la gestion des risques côtiers d'une manière coordonnée, s'appuyant sur une compréhension approfondie de l'évolution côtière et des processus naturels. Cette approche a également reçu le soutien de la Commission Européenne (EUrosion, 2004¹), qui mettait en avant le concept de 'plans de gestion des sédiments côtiers'. De même, le projet EUrosion a souligné la valeur ajoutée d'informations accessibles sur une base sub-régionale pour les acteurs côtiers. Le concept de 'systèmes d'information locale' (Fairbank et al, 2004⁶) a été mis en avant. Il est illustré par le groupe régional côtier pour le centre sud de l'Angleterre (SCOPAC, 2005⁷) ; qui a versé sur Internet une base de données bibliographiques de plus de 8.000 références concernant la gestion du littoral, pour un linéaire côtier de 400 kilomètres au centre sud de l'Angleterre. Ces ressources sont mises à disposition à partir contributions des membres du groupe côtier, comprenant essentiellement des collectivités locales et l'Environment Agency, assurant une mise à jour annuelle de la base de données

SITUATION COTIERE	PLAN DE DEVELOPPEMENT	CONTROLE DU DEVELOPPEMENT
Falaises qui s'érodent rapidement Pentes activement instables Zones de basse altitude non protégées Défenses naturelles côtières (par exemple les dunes de sable) Côtes hypersensibles	Zones les moins adaptées au développement en raisons des conditions physiques. Propositions d'aménagement ou d'urbanisation sujettes à des contraintes majeures.	Si l'aménagement devait être considéré, il sera nécessitera' une dé-marche préalable détaillée, comprenant une évaluation complète des risques et/ou d'une étude environnementale. De nombreuses demandes d'aménagement dans ces zones devront peut-être être refusées sur la base des problèmes physiques potentiels
Falaises en érosion Pentes potentiellement instables Zones de basse altitude avec défenses côtières insuffisantes. Dunes de sables Zones de marais salants Estrans dans des zones importantes de transport sédimentaire Côtes de sensibilité forte à modérée	Zones probablement sujettes à des contraintes importantes en raison de leurs conditions physiques. Les propositions d'aménagement du Plan Local doivent identifier et prendre en compte la nature des problèmes potentiels et y répondre par des défenses côtières adéquates.	Une étude de reconnaissance du site devra être suivie par une analyse détaillée de celui-ci, y compris une évaluation du risque et/ou une étude environnementale, avant de faire la demande d'aménagement.
Zones situées derrière les falaises en érosion Etat du sol posant problème Estuaires Estrans	Zones plus ou moins adaptées à l'aménagement mais nécessitant peut-être des enquêtes et une surveillance avant toute proposition de Plan Local	Les zones doivent faire l'objet d'une enquête et d'une surveillance pour déterminer les risques, le budget en sédiments, ou la sensibilité. L't devrait être évité à moins que des preuves adéquates des conditions favorables ne soient fournies.

Figure 6.1: Conseils génériques d'aménagement et d'urbanisation pour différents types côtiers visant à aider la gestion des risques. (d'après Hosking et Moore, 2001)



Quels sont les risques potentiels dans la zone Côte d'Albâtre sur les côtes de la Manche, en France ?

Les 130 kilomètres de la Côte d'Albâtre sont composés d'un paysage de falaises crayeuses entaillées de vallées, similaire à celui du trait de côte du comté de l'East Sussex en Angleterre. Il existe un long passé d'érosion le long du trait de côte de la Seine-Maritime. Elle est parfois spectaculaire lorsque de très grands pans de falaise s'écroulent, provoquant des dégâts et des pertes au niveau des infrastructures, et représentant des risques pour la population locale et les visiteurs. Les risques de l'érosion constituent une menace pour les diverses activités situées dans la zone de la falaise. Heureusement, à ce jour ce phénomène n'a pas fait de victime. Les mouvements du terrain ont eu un impact beaucoup plus grave sur les biens et les infrastructures. Notamment, à Criel-sur-Mer, des propriétés résidentielles ont été sérieusement touchées par le retrait du trait de côte.

Les risques côtiers sont un problème permanent à l'ordre du jour des collectivités locales, et un souci majeur pour la population locale. Cependant, les principaux processus à l'œuvre ne sont pas toujours bien compris. Les éboulements de falaise sont le résultat de processus naturels de l'érosion côtière et de l'altération des roches. Les tensions des diaclases de la falaise augmentent à mesure que l'érosion marine enlève le matériau rocheux au pied de la falaise. Les infiltrations d'eau de pluie amplifient le problème en diminuant l'homogénéité du matériau de la falaise et en augmentant le niveau de la nappe de la craie. De plus, les tempêtes attaquent la facade maritime de la falaise ; l'absence de sédiments des plages au pied de la falaise est également un problème. Tous ces facteurs contribuent au risque d'écroulement de la falaise.

Lorsqu'une partie de la falaise s'écroule, elle laisse les zones environnantes encore plus sujettes à l'érosion et entraîne un cercle vicieux de fragilisation et de glissements. Le Laboratoire de Recherche de l'Université de Caen a pu estimer le taux de recul de la falaise : Le taux moyen pour les falaises côtières de la Seine Maritime est d'environ 20 centimètres par an. Cependant, entre Veuves-les-Roses et Puys, où la craie est très fragilisée, le taux de recul est de 51cm par an. Entre Benouilles et Veulettes-sur-Mer, où la roche est plus dure, le taux se situe entre 14 et 17 centimètres par an. A Etretat, les falaises n'ont pratiquement pas bougé depuis quelques siècles car la craie qui se situe au pied de la falaise correspond au faciès du Tilleul, qui est un matériau très dur.

L'urbanisation le long de la zone côtière a entraîné la construction de défenses côtières, en particulier à la fin du 19e siècle lorsque la 'politique de lutte contre la mer' a été adoptée. De ce fait, de nombreuses et importantes structures de protection ont été construites ; y compris des jetées et des digues, afin d'essayer de combattre l'érosion côtière. Plus récemment, le renforcement de certaines de ces structures a été suggéré mais jugé inapproprié car la mer l'emporte toujours.

Afin de répondre à l'érosion côtière, une des principales stratégies est désormais de créer des zones de retrait foncier. La définition des zones de retrait sera basée sur une politique de déplacement de la population au sein d'une zone.

La création des zones de retrait, même si elle est essentielle, présente certains désavantages, mais la nécessité de cette politique a été acceptée par le public et le gouvernement local. Le problème qui demeure est la sécurité des visiteurs qui s'aventurent au bord de la falaise sans tenir compte des panneaux d'avertissement. L'aménagement le long de la côte a créé une illusion de sécurité dans ces zones, mais les traits de côte restent toujours et encore vulnérables aux forces de la nature, et peuvent, de ce fait, représenter un certain nombre de risques pour les usagers côtiers.



Figure 6.2: Les falaises en érosion à Criel-sur-Mer présentent un risque pour les habitations. Récemment, selon les dispositions de la Loi Barnier, des habitations ont été démolies car elles étaient devenues dangereuses.

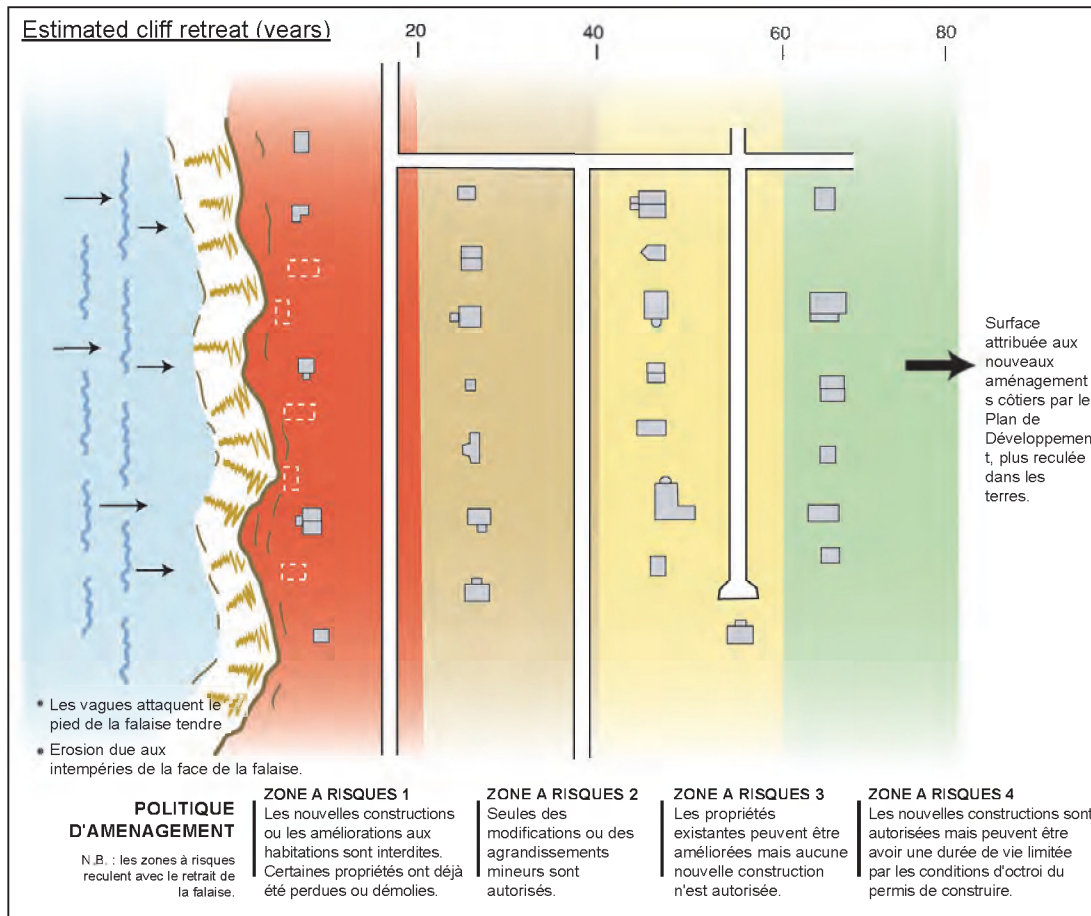
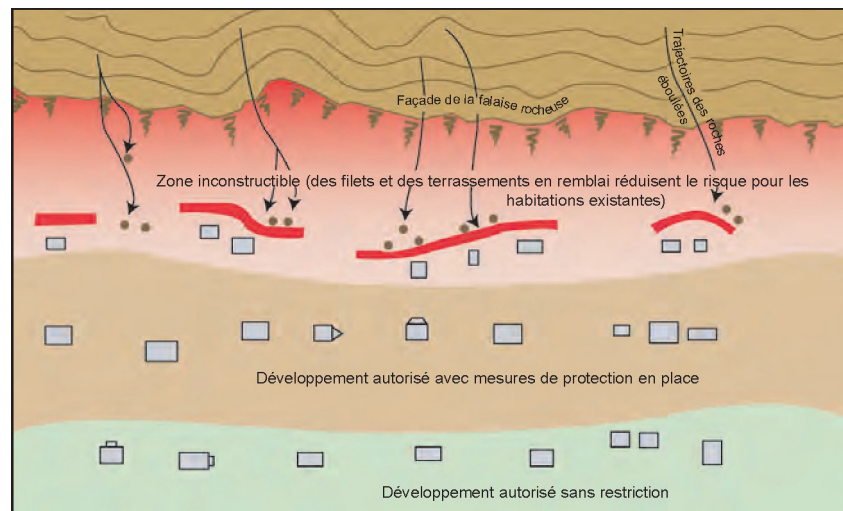


Figure 6.3: Un modèle possible d'urbanisation en retrait le long d'une façade côtière en érosion, où les travaux de protection ne sont pas durables. (McInnes, 2006)

Figure 6.4: Gestion du risque de chutes de pierres grâce au zonage d'urbanisation (adapté de Copons 2004)..



Les diverses initiatives décrites ci-dessus visent à fournir une information de meilleure qualité pour renseigner les politiques d'aménagement et d'urbanisation. Il a été souligné auparavant que l'aménagement et l'urbanisme jouent un rôle important en terme de gestion des risques côtiers. Elles aident à assurer que le risque est pesé par rapport aux autres considérations telles que le développement économique, la protection et les loisirs (Ballinger et al, 2005⁸). Un système d'aménagement stratégique aide également à minimiser les risques pour les personnes et les biens, en s'assurant que seul le développement qui n'engendre pas de risque inacceptable est autorisé. Il peut tirer parti de la connaissance et de l'expertise croissantes dans les domaines de la gestion des risques côtiers liés à l'érosion côtière, aux inondations et aux glissements de terrain et, de ce fait, mieux renseigner les prises de décision sur la pertinence ou non des développements côtiers, en considérant les 50 à 100 années à venir. Les scientifiques côtiers peuvent ainsi aider les aménageurs et les urbanistes en identifiant les aléas côtiers le long de leur façade et en expliquant les risques qui en découle, identifiant, de ce fait, si le développement peut-être autorisé ou non. Et si oui, pour combien de temps.

MENTON: Plan d'occupation des sols dans une région touchée par les glissements de terrain



UNE ÉTUDE NOVATRICE OFFRANT DE NOUVELLES PERSPECTIVES SUR LA GESTION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN



Est-ce possible de construire dans les environs de Menton, en France, et de protéger les aménagements contre les phénomènes naturels tels que les glissements de terrain? Voici la question à laquelle devait répondre l'étude entreprise par la Commune de Menton, en collaboration avec la Direction Départementale de l'Équipement (DDE), le Département des Alpes-Maritimes, et la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

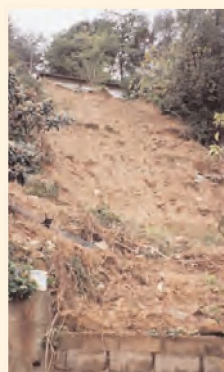
Planche 6.1



Fig. 6.5: La gestion des glissements de terrain à Menton, France

UN TERRAIN TOUCHE PAR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

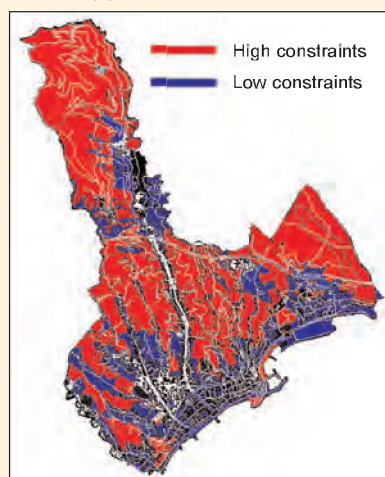
En raison des fortes pluies fin novembre 2000, plus de 400 glissements de terrain se sont produits sur la commune de Menton, située sur la Côte d'Azur. Ils ont provoqué des dégâts aux bâtiments, aux routes et aux infrastructures. Ces phénomènes ne sont ni exceptionnels ni uniques sur cette commune.



En 1952, un glissement de terrain a fait 11 victimes ; en 1887, plusieurs bâtiments se sont effondrés à la suite d'un tremblement de terre important et le village de Castillon, situé à 5km au nord de Menton a été entièrement détruit. Bien que moins dramatiques, les inondations provoquent régulièrement des dégâts importants dans plusieurs quartiers de la ville.

CONTRAINTES CONCERNANT L'OCCUPATION DES SOLS

Suite au Plan de Prévention des Risques préparé pour la commune de Menton par l'Etat, 30% de son territoire a été déclaré inapte à l'aménagement. Ces contraintes au développement ont du être ajoutées à celles déjà provoquées par d'autres réglementations, en particulier la 'Loi Littoral' qui protège les zones naturelles, plus celles définies dans le Plan de Développement Urbain



Plan d'Occupation des Sols (POS)

COUTS IMPORTANTS



Suite aux glissements de terrain, 10 millions d'euros ont été dépensés à la mise en oeuvre de travaux de remédiation, afin de rétablir l'accès aux propriétés. De plus, des études générales, sur l'évaluation des risques et la mitigation des risques, ont été menées.



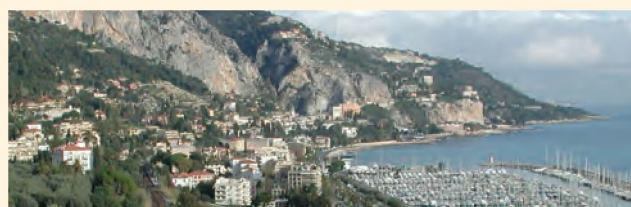
ANALYSE COUTS/BENEFICES

Il a fallu trouver un équilibre entre l'aménagement du territoire et la protection, les risques naturels n'étant seulement qu'une contrainte parmi d'autres.

Les solutions étaient basées sur:

- la compréhension du phénomène
- la compréhension du territoire en utilisant les données historiques
- l'établissement d'un inventaire de tous les enjeux, classés selon leur vulnérabilité
- le développement d'outils (par exemple les SIG) pour la gestion et l'affichage des données

Les solutions ont du être comprises par tous les partenaires (Etat, Commune, population locale), et ont été développées selon la logique du gagnant/gagnant.



UNE PRIORITE MAJEURE: GESTION ET CONTROLE DU FLUX DES EAUX SUPERFICIELLES



Un cadre pour la gestion des risques de chutes de blocs sur l'île de la Désirade, Antilles Françaises

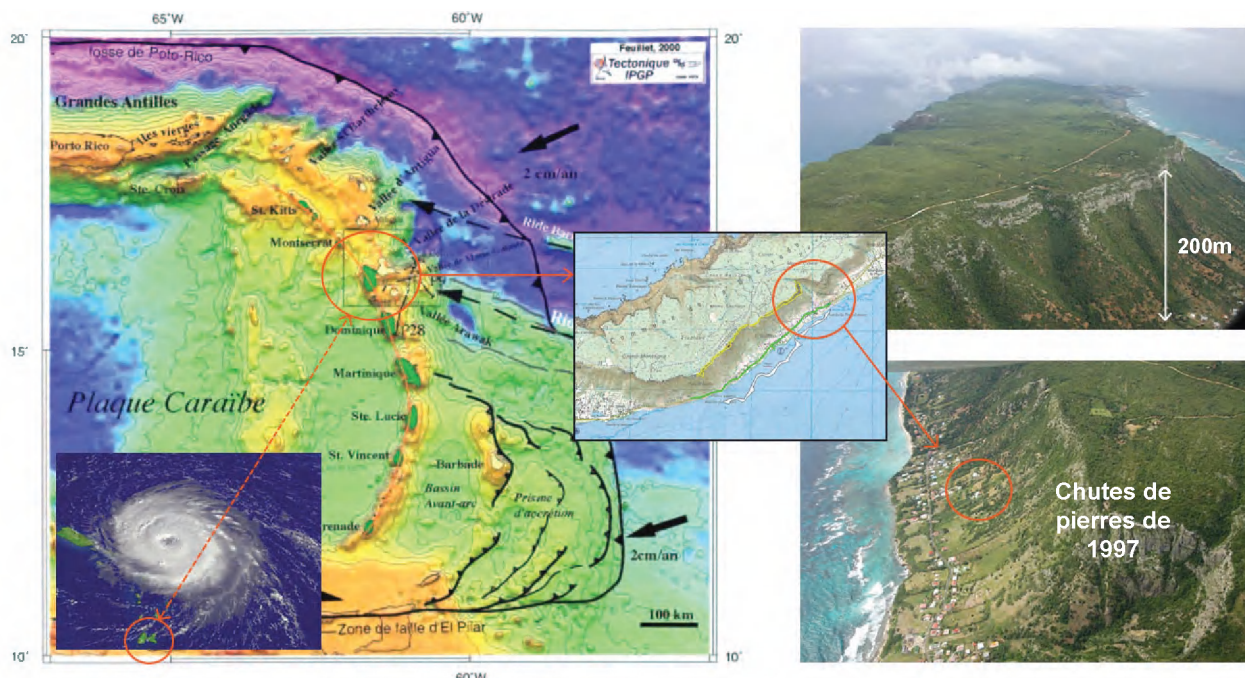


Planche 6.2: Emplacement de La Désirade et le site des chutes de pierres de 1997 au Souffleur

La Désirade: un exemple de gestion intégrée des risques

L'île de la Désirade, aux Antilles, fait 11km de long par 3km de large. Elle fait partie de l'extrémité est de l'archipel de la Guadeloupe. L'île est surplombée d'un plateau crayeux avec une façade de 200m de haut qui descend vers la côte. La Désirade se trouve sur la trajectoire des cyclones et dans une zone d'interaction entre la plaque tectonique des Caraïbes et celle de l'Atlantique et est, de ce fait, fortement exposée aux risques naturels des glissements de terrain, des tremblements de terre et des cyclones.

Sur la commune du Souffleur, une maison a été fortement endommagée par une chute de pierres en 1997 ; deux personnes ont été blessées. Des filets temporaires de protection ont été installés et l'Etat a mandaté un consultant afin de proposer des solutions durables pour sécuriser le site. L'Etat a également étudié la possibilité de déplacer certaines habitations au cas où les solutions de protection s'avèreraient trop coûteuses.

Des études ont démontré que les filets de protection n'étaient pas économiquement justifiables comparés au nombre d'habitations qui auraient pu en bénéficier, mais les habitants étaient fortement opposés aux solutions de déménagement.

L'Etat a alors décidé d'entreprendre la préparation simultanée du Plan de Prévention des Risques (PPR)* pour la Désirade, et d'une étude d'aménagement et de développement pour la zone du Souffleur, afin d'analyser les terrains disponibles pour accueillir les familles exposées aux niveaux de risques les plus élevés. La méthodologie adoptée comprenait:

- Un diagnostic territorial exhaustif de l'île de La Désirade ;
- La proposition d'une solution de réduction du risque et un projet d'aménagement et de développement basé sur une approche intégrée des solutions (protection et environnement), ainsi qu'une approche à plusieurs échelles (analyse locale et analyse globale);
- L'aptitude à écouter, communiquer et éduquer (y compris une enquête auprès de la population pour comprendre sa perception des risques et identifier ses aspirations ; des réunions publiques expliquant l'approche et les actions proposées);
- un zonage réglementaire des risques et les réglementations qui lui sont associées.

Grâce à une combinaison d'ouvrages, d'améliorations sociales, de politiques d'aménagement et de politiques des risques, des solutions, à la fois durables et acceptables pour la population locale, ont été trouvées.

* Le Plan de Prévention des Risques (PPR)

est un élément majeur de la gestion des risques naturels en France. Il combine l'occupation des sols, l'information pour la population et la compensation en cas de catastrophe (Leroi 2005)

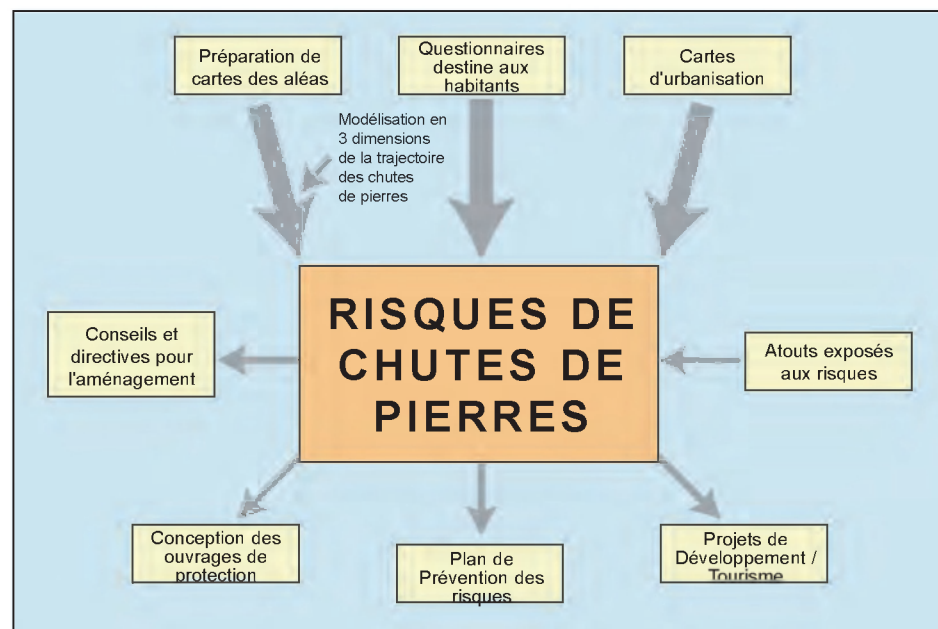


Figure 6.6: Cadre général pour la gestion des risques de chutes de Pierres sur l'île de La Désirade (Adapté de Leroi 2005)⁹

Gestion du risque d'inondation dans la ville de Venise, en Italie

Dans les dernières décennies, les surcôtes marines dans Venise ont augmenté en termes de fréquence et d'intensité. Ceci est dû aux effets combinés d'une élévation du niveau de la mer (eustasie) et d'un abaissement du terrain (affaissement / subsidence). Le résultat est une perte d'altitude du terrain par rapport au niveau de la mer d'environ 23 centimètres depuis le début du vingtième siècle. Les quartiers les plus bas de la ville sont les plus gravement touchés. La Place Saint Marc commence à être inondée par les marées d'un peu plus de 60 centimètres, et à +100 centimètres, la place est pratiquement entièrement submergée. L'eau envahit la Place Saint Marc environ 250 fois par an.

Un nouveau programme d'ouvrages de protection contre les inondations a pour objectif de protéger la zone des inondations les plus fréquentes, de rétablir le pavé et d'améliorer les conditions du sous-sol.

L'objectif du projet est de protéger la Place Saint Marc des marées hautes les plus fréquentes. Ceci permettra d'assurer l'accès sur la place même lors de marées de +110 centimètres, par le biais d'une combinaison de mesures qui répondent à chacun de trois types d'inondation. Pour combattre l'eau qui se déverse dans le lagon, le front de mer ainsi que la place qui se trouvent derrière, seront surélevés et remodelés. Pour combattre l'eau qui remonte par les systèmes d'égouts et par la filtration souterraine, les travaux vont restaurer puis condamner les anciens tunnels qui se trouvent sous la Place Saint Marc, un nouveau réseau d'évacuation des eaux de pluie sera ensuite installé. L'effondrement de ces vieux tunnels a, à son tour, provoqué des dégâts du pavé qui se trouve au dessus. Ils seront restaurés sans pour autant modifier le niveau actuel de la Place Saint Marc. Par ailleurs, une couche de bentonite sera coulée sous le pavé de la Place afin de la rendre imperméable.

Les défenses contre les inondations pour la Place font partie d'un programme majeur de mesures visant à protéger la ville et la lagune contre les inondations. Il est intégré à un projet en construction aux trois embouchures du lagon afin de défendre la totalité de la zone du lagon contre la montée des eaux, y compris les événements extrêmes.



Planche 6.4: Travaux de prévention contre les inondations auprès de la Place Saint Marc.



Planche 6.3: Une inondation de la Place Saint Marc. La place est partiellement inondée environ 250 fois par année.

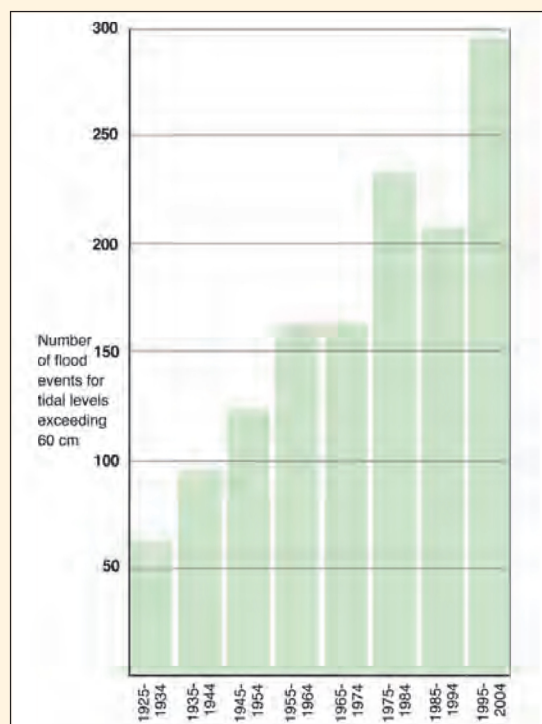


Figure 6.7: Fréquence des inondations dans la ville de Venise par décennie

Simulation du risque côtier - prévoir une gestion durable pour le futur

La prédiction des tendances de la morphologie côtière et par conséquent l'évaluation des aléas associés se concentre sur la compréhension des changements qui se sont produits dans le passé. Historiquement, ceci a été fait par le biais du suivi et de l'enregistrement des données grâce à une variété de bases de données telles que des études topographiques ou la photogrammétrie aérienne. Cette méthodologie a fait de récents progrès et a produit un outil quantitatif qui permet une évaluation rapide de l'évolution future du trait de côte en utilisant un SIG. Des photographies aériennes datant du milieu du vingtième siècle ont permis d'obtenir un relevé précis du changement côtier qui offre de nombreux avantages par rapport aux approches plus traditionnelles telles que la comparaison des lignes de falaise en retrait obtenue grâce à des cartes plus anciennes. Des méthodes de plus en plus sophistiquées de manipulation des données, y compris des données de l'Ordnance Survey et des données satellites, sont désormais disponibles. Elles permettent de produire un éventail de modèles et de simulations. Combinées aux photographies aériennes, ces techniques offrent un outil puissant qui aide à la diffusion de l'information sur tout un éventail de problèmes en rapport avec les sciences de la terre et l'ingénierie géologique.

Figure 6.8: Simulation du retrait de la base de la falaise sur 50 années pour une partie de la côte sud-ouest de l'île de Wight au Royaume Uni.



Planche 6.5: La simulation (Figure 6.8 ci-dessus) représente une section des falaises de grès fragiles et à érosion rapide situées sur la côte sud-ouest de l'île de Wight. Cette photographie de la ligne de la falaise sous sa forme actuelle illustre l'ampleur des processus d'érosion que le Conseil de l'île de Wight souhaite quantifier dans le contexte du changement climatique.

La gestion des risques dans la Région des Marches dans le centre est de l'Italie



La Région des Marches s'étend sur 172 km le long de la côte Est de l'Italie, sur la Mer Adriatique. Elle est orientée Nord-Ouest - Sud-Est. La région est composée de 23 Territoires Communs et de 4 Provinces. Les risques naturels représentent un problème majeur pour les Collectivités Régionales et Provinciales de cette zone. La Région des Marches est une des régions italiennes leader en termes d'analyse et de réponse aux aléas et aux risques naturels qui s'aggravent.

Le trait de côte de la Région des Marches a une valeur importante tant sur le plan économique qu'environnemental. Cependant, l'urbanisation intense au cours des 50 dernières années, le développement d'infrastructures résidentielles et touristiques, les activités industrielles et commerciales n'ont pas toujours pris en compte les contraintes physiques et environnementales de la zone côtière. La côte de la Région des Marches est touchée par l'érosion côtière, les risques d'inondations fluviales, les risques de glissements de terrain et les risques de séismes. Parmi ces risques, l'érosion côtière représente une des préoccupations les plus importantes au regard de la stabilité économique, et plus spécifiquement au regard de l'industrie du tourisme.

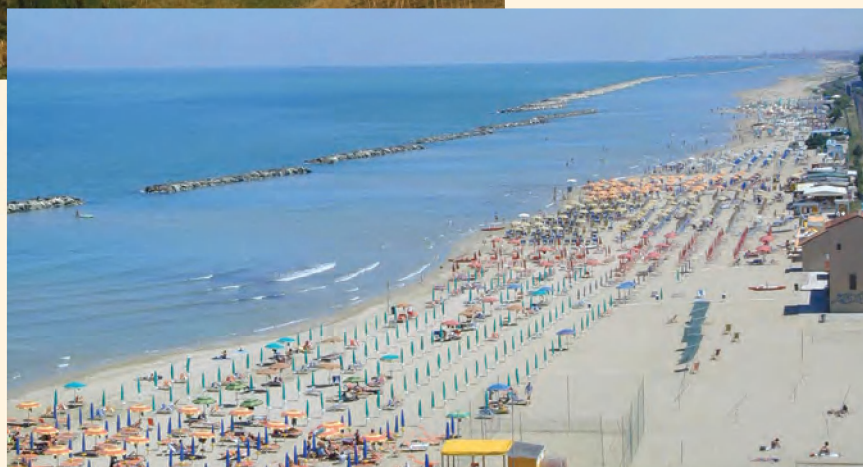
En 2004, la Région des Marches a développé deux instruments majeurs d'aménagement et d'urbanisation:

- Pour répondre à l'érosion du trait de côte : une loi régionale concernant la 'Gestion Intégrée des Zones Côtières'¹⁰, suivie par un Plan spécifique pour gérer les problèmes liés à l'érosion côtière et à l'urbanisation.
- Pour gérer les inondations fluviales et les glissements de terrain : le 'Plan pour les enjeux hydrogéologiques'¹¹ concernant les inondations fluviales et les glissements de terrain à l'échelle régionale - y compris les zones côtières. Il a pour objectifs de définir les conditions d'aléas et de risques, d'établir des règles d'occupation des sols, d'identifier les actions prioritaires visant à améliorer la sécurité et à réduire les risques en général.



Planche 6.6: Le trait de côte de la Région des Marches en Italie est très touristique. La zone côtière bénéficie également d'une importante liaison ferroviaire et d'une autoroute nord-sud, qui passent toutes les deux par des tunnels au sein de terrains affectés non seulement par les glissements de terrain côtiers, mais aussi par l'activité sismique. Cette photo de la ville de Grottamare a été l'objet d'études détaillées afin de renseigner les politiques d'urbanisation, et la réduction des risques en général.

Planche 6.7: La majeure partie de la zone côtière de la Région des Marches est densément urbanisée afin de soutenir l'industrie du tourisme.



Afin que les collectivités régionales et locales puissent évaluer leurs progrès vers la mise en œuvre de la gestion des risques côtiers, les questions suivantes sont pertinentes :-

- considérez-vous nos réglementations en matière de gestion des risques côtiers dans le plan d'aménagement ou d'urbanisation comme étant globales, partielles, limitées ou non existantes ?
- notre plan d'aménagement prend-il en considération la durée de vie limitée de certaines protections côtières par rapport aux aménagements potentiels futurs ?
- Nos documents prévisionnels reflètent-ils une approche collaborative impliquant les ingénieurs côtiers, les spécialistes des inondations, des risques d'érosion et de glissements de terrain, aux côtés des urbanistes ?

(Ballinger et al, 2005^e).

Il est vital que les avis d'experts en risques côtiers soient pris en considération par le plan d'aménagement et par les politiciens. Les risques croissants provenant de l'érosion, des glissements de terrain, et des inondations ne peuvent être diminués que si des réglementations sont incluses dans les plans d'aménagement, qui doivent être respectées tout au long du processus de contrôle de cet aménagement. Si tel n'est pas le cas, il sera peut-être nécessaire d'imposer des mesures d'intervention supplémentaires afin de prévenir une vaste escalade des coûts pour les états membres, en terme de réponses d'urgence et de travaux de remédiation post-catastrophe.

Historiquement, les relations entre la planification de l'aménagement et les risques côtiers sont limitées. Ceci a entraîné un héritage d'aménagement de sites inadéquats dans des zones côtières et une réalisation au coup par coup de travaux de protection de la côte. Une fausse impression de sécurité a souvent été donnée par des défenses importantes et vieillissantes, et de nombreuses communautés continuent à être tentées d'accorder une confiance injustifiée à la fiabilité à long terme de solutions telles que les digues. Ceci malgré la menace du changement climatique le long du trait de côte et des conditions physiques à évolution rapide qui lui sont associées.

Il est désormais globalement reconnu que dans certains endroits, des erreurs ont été faites dans le passé, et l'on espère que les conseils, les directives et les excellents exemples de bonne pratique qui ont été fournis par tout un éventail d'états membres et illustrés dans ce guide, aideront à améliorer le processus en s'assurant que les nouveaux aménagements, les personnes et les biens ne soient pas exposés à des risques qui ne soient pas nécessaires (Ballinger et al, 2005^e).

References

1. Commission Européenne, 2004. 'EUrosion - Vivre avec l'érosion côtière en Europe'. Luxembourg.
2. Halcrow, 2002. 'Futurecoast report for Defra'. Swindon.
3. Defra, 2005. 'High level targets for flood and coastal erosion risk management'. Defra, Londres.
4. Defra, 2006. 'Shoreline management plans guidance'. Crown copyright, Londres.
5. Bray, M., Hooke, J. et Carter, D. 2005. 'SCOPAC sediment transport study'. Rapport pour la Conférence Permanente sur les Problèmes Associés au Trait de Côte. University of Portsmouth.
6. Fairbank, H. and McInnes, R. G. 2004. 'Report for the EUrosion project on Local Information Systems'. Ventnor, Isle of Wight. Centre for the Coastal Environment.
7. SCOPAC, 2005. 'Bibliographic database for SCOPAC'. Ile de Wight.
8. Ballinger, R., Potts, J., Taussik, J., McInnes, R. G. and Fairbank, H. 2004. 'Local authority coastal risk management pack'. Local Government Association, London.
9. Leroi, E., Bonnard, Ch., Fell, R., McInnes, R., 2005. 'Risk assessment and management'. State of the Art Paper No.6. Int. Conf. on Landslide risk mgt. Vancouver. Balkema.
10. Regione Marche. 2005. 'Integrated management of coastal zones'. Ancona, Italia.
<http://www.autoritabacino.marche.it/costa/costa.asp>
11. Regione Marche. 2004. 'Plan for hydrogeological assets'. Ancona, Italia.
<http://www.autoritabacino.marche.it/pai/paiintro.asp>

Chapitre Sept

Engager la communauté et coordonner la réponse aux risques côtiers

La gestion des zones côtières nécessite une prise de décision judicieuse, qui prend totalement en compte les conditions côtières passées, présentes et potentielles. Pour ce faire, le moyen le plus efficace est une approche coordonnée de la gestion des risques côtiers, diminuant les risques pour les communautés côtières vulnérables, en identifiant et en comprenant la nature et l'ampleur du changement côtier, et en guidant donc le développement vers les endroits les plus adaptés. Une telle approche permettra de s'assurer que les aménagements existants et futurs ne soient pas exposés à des risques inacceptables et que ces aménagements n'augmentent pas le risque pour le reste de la communauté côtière. Les conséquences du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer représentent sans aucun doute des défis importants pour la gestion future de la côte. De plus en plus, les décisions politiques présentes et futures doivent être placées dans un cadrage à long terme qui offre une 'vision' et une 'direction' vers lesquelles les politiques devront s'orienter (Lee, 2000¹). Le développement d'une compréhension de l'évolution côtière à long terme aide également à s'assurer de l'identification des zones où des problèmes de gestion peuvent potentiellement se produire à l'avenir. Les partenaires du projet Response sont convaincus que l'approche adoptée, visant à cartographier le changement côtier et mettre en évidence les zones qui méritent une attention particulière en terme de gestion des risques, est un exemple de bonne pratique.

La pertinence de l'intégration des risques naturels et des risques artificiels dans la planification de l'aménagement a déjà été soulignée. Il est désormais possible de tirer avantage des nouvelles technologies, qui offrent des opportunités excellentes pour améliorer l'échange de l'information et la dissémination de la recherche, à la fois au sein de la communauté scientifique et entre les scientifiques et les praticiens. Cette étude a également souligné la nécessité d'une intégration plus étroite entre les actions des ingénieurs, des aménageurs, des politiciens et autres acteurs. Elle reconnaît également non seulement le fait que les autorités locales jouent un rôle essentiel en coordonnant la gestion des zones côtières et les activités de gestion des risques côtiers 'sur le terrain', mais également le fait qu'elles soient les mieux placées pour maintenir le dynamisme des stratégies de gestion des zones côtières et des stratégies de gestion des risques côtiers en association avec les autres organisations compétentes.

Les spécialistes dans les domaines des sciences de la terre, de la protection de la côte et des inondations côtières vont devenir nécessaires en plus grand nombre afin de gérer les risques croissants associés aux changements climatiques dans les décennies à venir. Vivant dans un environnement souvent turbulent et imprévisible, les spécialistes des sciences de la terre peuvent contribuer à la prise de décision par le biais d'un cadrage de gestion des risques, conçu pour examiner les problèmes techniques et sociaux liés au développement durable. En fait, ceci signifie d'anticiper les risques naturels induits par l'homme par le biais d'une consultation étendue, de calculs des situations potentielles futures et d'évaluation des certitudes, des incertitudes et des probabilités de la vulnérabilité et de l'exposition des personnes aux aléas. L'avis des scientifiques aidera à évaluer et à déterminer toutes les options disponibles afin de contrôler, d'atténuer le risque ou de s'y adapter. En terme de gestion du risque d'inondation, la création de cartes des aléas et des risques d'inondation pour les bassins versants dans les zones côtières ainsi que la création d'équipes d'experts au niveau national ou au niveau du bassin versant, mais encore la stimulation de la prise de conscience et l'éducation du grand public sont considérées comme les piliers d'une gestion durable des inondations, telle qu'elle est menée au niveau européen par la Directive Cadre et les propositions d'une Directive Inondation.

Les études relatives à la côte, les enquêtes de terrain et autres évaluations scientifiques peuvent soulever tout un éventail de préoccupations aux différents groupes et aux individus au sein des communautés. La bonne diffusion de l'information à une communauté durant et après les études des risques côtiers forme donc, une partie essentielle d'un bon programme de communication. Les propriétaires de maison, en particulier, qui ne connaissent peut-être que peu l'histoire ou l'ampleur de l'érosion côtière, des problèmes d'instabilité ou d'inondations dans une zone, seront peut-être particulièrement concernés par les résultats des enquêtes ; la préparation d'une information non technique pourra les aider à prendre conscience et à apaiser leurs angoisses. Par ailleurs, il est de plus en plus reconnu que, le maintien du dialogue avec les acteurs dès le commencement de cette recherche et de ces enquêtes est essentiel afin que la communauté puisse comprendre et apporter son soutien aux résultats finaux.

Figure 7.1: En terme de gestion du risque côtier, la communauté locale peut jouer un rôle important. Ceci ne peut être fait que si les problèmes techniques complexes sont expliqués d'une manière 'non technique'. Ce panneau d'affichage est un des cinq panneaux conçus dans le but d'expliquer aux habitants côtiers le risque de glissement de terrain sur l'Ile de Wight, au Royaume Uni.

Les principaux conseils offerts par ces panneaux d'affichage sont:

- 1 Quelles sont les dispositions actuelles pour gérer le risque de glissement de terrain sur l'Ile de Wight.
- 2 Quel est le rôle du Conseil comme autorité planificatrice pour l'Ile de Wight.
- 3 Comment les mesures de protection de la côte peuvent aider à réduire le risque de glissement de terrain
- 4 Quels sont les programmes de surveillance des glissements de terrain et systèmes d'alerte.
- 5 Comment améliorer la stabilité par des systèmes de drainage, y compris les mesures visant à réduire les fuites d'eau des canalisations des égouts et de l'eau.
- 6 Que peuvent faire les propriétaires de maisons pour s'assurer que les pratiques de gestion de leur terrain n'aggravent pas les problèmes d'instabilité.
- 7 Comment les nouvelles technologies telles que le SIG peuvent aider à la gestion des données et à l'information du public.
- 8 Quel est le rôle du Centre Côtier pour les Visiteurs de l'Ile de Wight en terme d'aide à l'information du public et son travail éducatif.
- 9 Quelques conseils aux propriétaires de maisons et d'entreprises par le biais de documents, de brochures et du site Web du centre.

CONSEILS AUX HABITANTS DES ZONES COTIERES TOUCHEES
 COMMENT GERER LE PROBLEME DU

Introduction

1991 saw a major change in the way landslide and ground movement problems were managed within the Undercliff. Prior to that date individual problems were viewed as 'Acts of God', unpredictable entirely natural events and were tackled on a 'case-by-case' basis. Since the publication of the results of the Undercliff study, a range of landslide management techniques have been promoted by the Council as part of a coordinated **Landslide Management Strategy**.

The Strategy aims to:

- Reduce the likelihood of future movements by controlling the factors that cause ground movement.
- Limit the impact of future movement through the adoption of appropriate planning and building controls.

A **Landslide Management Committee** meets twice a year to enhance professional and public awareness of how the strategy is being implemented and to monitor its effectiveness. The committee comprises representatives from:

- Isle of Wight Council (Chairman)
- Development Control Section, Building Control Section, Highways Section: Isle of Wight Council.
- Southern Water Services Limited
- British Gas (Yarmouth)
- British Telecom
- Southern Electric
- Building Employers Confederation
- Estate Agents representative
- National House Builders Council (NHBC)
- Association of British Insurers (abovisors)

The strategy involves a variety of approaches to address the ground movement problem by:

1. **Improving ground conditions** through the control of water in the ground and coast protection measures
2. **Preventing unsuitable development** through planning control and building control
3. **Monitoring ground movement** and weather conditions at automatic and manual recording stations

ISLE OF WIGHT UNDERCLIFF LANDSLIDE MANAGEMENT STRATEGY

Measurement of the key aspects

Land Conditions:

- Slope movement
- Groundwater
- Soil properties
- Foundation and structure movement
- Surface cracking and settlement
- Geotechnical stability
- Research and investigation

Design and Construction:

- Water control (drainage)
- Foundation design and construction
- Structural design of buildings and structures
- Foundation and structure movement
- Slope and foundation movement
- Surface cracking
- Foundation and structure movement

Planning and Building:

- Planning and Building
- Building Regulations
- Planning and Building
- Building Regulations

Undercliff Planning Policy

A central theme of the Isle of Wight Council's Undercliff Landslide Management Strategy is to ensure that development is compatible with ground conditions and is not encouraged where the likelihood of movement is high. These requirements are overseen by the Council through the **Planning System** and application of the **Building Regulations**.

Local Planning authorities are required and empowered under the **Town and Country Planning Act 1990** to control most forms of development and are responsible under the Building Regulations and the Housing Acts for ensuring standards of construction of development. When reviewing an application for planning permission the local authority has a duty to take into account a range of material considerations, which include potential land instability problems. The main aim of considering potential landslide problems at this stage is the planning process are:

- To minimise the risks and effects of landsliding on adjoining property, services, structures and the public.
- To help ensure that various types of development should not be placed in unstable locations, without appropriate precautions.
- To ensure suitable land to be appropriately used.
- To assist in safeguarding public and private investment by a proper appreciation of site conditions and the necessary precautionary measures.

Planning Policy Guidance advises local authorities, landowners and developers on the role of planning controls in a landslide management tool. The purpose of the guidance is not to prevent development but to ensure it is suitable and to minimise undesirable consequences such as property damage or degradation of the physical environment.

Detailed areas have been identified on 1:2,500 scale maps of **Ground Behaviour and Planning Guidance** that have been prepared for the whole of the Undercliff. Areas identified include those that are physically capable of development to those that are likely to be unsuitable.

When applying for planning permission it is the developer's responsibility to investigate the potential problems on and around a site and to satisfy the planning authority that adequate attention has been paid to ground movement in the proposed building design.

Three levels of investigation by the Planning Authority of the Isle of Wight Council may be required, as follows:

- Desk Study:** Involving a review of available information relating to instability problems in and around the proposed development site.
- Site Survey:** An inspection of the site and surrounding area should be carried out to assess the geomorphological context of the proposed development and to identify any recent ground cracking or structural damage to property.
- Ground and subsurface investigations:** involve trial pitting, boreholes and ground water monitoring. They may be required in certain areas of the Undercliff. However, it is recognised that the extent of any investigation should be realistic, otherwise the cost of obtaining stability information might act as a restriction on development.

These criteria are being used by the council to ensure development is suitable and do not **Building Regulations** secure the "health, safety, welfare and convenience of persons in or about buildings" (CPR Building Act 1984). These regulations provide a complementary mechanism to the planning system for addressing ground movement problems, by ensuring that appropriate foundations and building types are used in problem areas and that they are properly checked during construction.

Coastal Protection

Following the recommendations made in the various Undercliff geotechnical studies, special efforts have been made to reduce the effects of coastal erosion along the developed Undercliff. Coastal protection schemes undertaken by the Council with financial assistance provided by the Department for Environment Food and Rural Affairs (Defra) have been implemented from Bonchurch to Steephill Cove, and at Castletavern, Hiton as part of a coordinated programme over the last fifteen years.

Wheeler's Bay, Ventnor Coastal Protection Scheme

At Wheeler's Bay in the town of Ventnor, the coastal slope, which comprises part of an ancient landslide complex known as the Undercliff, was reactivated following extreme autumn and winter rainfall in 1995. A ground investigation revealed significant slope movements and there was serious concern for the stability of a large number of properties sited up slope of Wheeler's Bay.

The consequences of a coastal landslide involving loss of the sea wall, thereby opening up the frontage to wave attack and further ground movements led the implementation of a major coast protection and slope stabilisation scheme, which was completed in 2000. The work involved advancing the coastal defence line seawards and a provision of substantial rock armour revetment as toe support for a filled and drained slope. The upper part of the slope was soil nailed and tarried. The coastal slope itself was covered with the original soil and vegetation cover was regenerated successfully.

The total cost of the project was £1.6 million and was grant aided by Defra. Coastal defence measures such as these form a key element of the Undercliff Landslide Management Strategy that has been in place since 1991.

How Is The Undercliff Monitored?

- There are more than 100 Sensors situated along the Undercliff.
- The sensors include: tiltmeters, crackmeters, settlement cells, piezometers, inclinometers and weather stations.
- The sensors help to plot movement trends and monitor rainfall.
- The frequency of data collection varies from place to place depending on the area's perceived susceptibility to ground movement.
- The data collected in each area can indicate landsliding or ground movement.
- In sensitive locations there are warning systems which alert the emergency services and the Council.

Taking readings at the weather station in Ventnor Park

Taking inclinometer readings from a borehole along the Undercliff face

La recherche passée (McInnes et al, 2000²) a démontré que l'on peut faire beaucoup pour réduire l'impact des aléas naturels par le biais d'une approche coordonnée à laquelle participent tous les secteurs de la communauté, ainsi que les professionnels de l'aménagement et de l'urbanisme, des ponts et chaussées, du secteur tertiaire, du secteur des assurances ainsi que des entrepreneurs, des architectes et des promoteurs. Il est très important que ces groupes travaillent ensemble dans le but de s'assurer que les problèmes de la gestion du risque ne soient pas aggravés par une conception inadaptée ou suite à la mise en œuvre de projet d'ingénierie, de construction et autre. Un éventail de plus en plus vaste d'outils sont à disposition afin d'aider ces processus, le manque de consultation est donc inexcusable. Les nouvelles technologies, les sources médiatiques, les centres côtiers d'information et les représentants des autorités locales ainsi que des programmes éducatifs, offrent, tous, le moyen d'éveiller l'intérêt et la prise de conscience des problèmes de gestion des risques côtiers. Les médias mentionnent presque quotidiennement le changement climatique, ceci sert également de véhicule à stimuler l'intérêt et la prise de conscience de ses conséquences, offrant une occasion de placer ces problèmes mondiaux dans un contexte régional ou local.

INous espérons que ce guide des bonnes pratiques ainsi que le guide de Formation Response qui l'accompagne et les publications précédentes, y compris 'la gestion de l'instabilité des sols dans les zones urbaines' (McInnes, 2000³) et le 'Guide non technique de la protection de la côte' (McInnes, 2000⁴) éveilleront un intérêt et une prise de conscience, mais offriront également une aide pratique pour ceux qui s'efforcent de réduire les risques dans les zones côtières. Il est également reconnu que la majeure partie des conseils et des directives offertes par le projet Response de LIFE peut être appliquée aux autres environnements, tels que les régions montagneuses.

Références

1. Lee, E. M, Jones, D. K. C. and Brunsden, D. 2000. 'The landslide environment in Great Britain'. In 'Landslides - Theory, research and practice'. Thomas Telford, London.
2. McInnes, R. G., Tomalin, D. and Jakeways, J. 2000. 'Coastal change, climate and instability'. Rapport final du projet LIFE Environnement. Ventnor, Ile de Wight.
3. McInnes, R. G. 2000. 'Managing ground instability in urban areas'. Ile de Wight.
4. McInnes, R. G. 2004. 'A non-technical guide to coastal defence'. Report for SCOPAC, Ile de Wight.



Planche 7.1: Les spécialistes côtiers et géotechniciens étudiant le Plan de Gestion du Littoral de la Côte de l'Ile de Wight au Centre Côtier des Visiteurs à Ventnor. Le Centre concentre la gestion du risque côtier avec des ressources à disposition pour la recherche pour les scientifiques, les groupes scolaires et le grand public qui viennent le visiter.

Point de vue des experts sur le changement climatique



**Professeure Jacqueline McGlade,
Directrice de l'Agence Européenne pour l'Environnement**

'le changement climatique est d'ores et déjà en cours et ses impacts sur les populations et les écosystèmes à travers l'Europe sont largement étendus - souvent avec des coûts économiques significatifs.la nécessité de stratégies au niveau européen, régional, national et local, pour s'adapter au changement climatique.'



**International Strategy
for Disaster Reduction**

**Kofi Annan*, Secrétaire Général des Nations Unies,
Officiel des Nations Unies Klaus Toepfer**,**

*"Le changement climatique n'est pas une prévision, c'est une réalité qui va considérablement augmenter la souffrance humaine et les épreuves économiques". ***

*"Depuis quelques années les événements météorologiques extrêmes se multiplient. Le souci est que cette tendance va probablement continuer." **



Commission Européenne

'Le capital investi dans la bande des 500 mètres de trait de côte, y compris les plages, les terrains agricoles et les industries est estimé aujourd'hui entre 500 et 1000 milliards d'euros'. Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions sur la gestion des risques liés aux inondations - Prévention, protection et mitigation des inondations, Bruxelles.

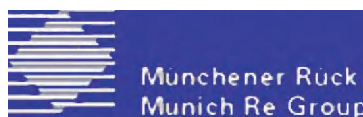


Dr R K Pachauri, Président, Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique

"Les effets du changement climatique sur la santé des hommes, les écosystèmes, la production de nourriture, les ressources en eaux, des petites îles et des zones côtières submersibles, seront graves".

"La conclusion du Troisième Rapport d'Evaluation est donc que, les principaux avantages économiques de l'atténuation seraient d'éviter les coûts associés aux impacts néfastes si le climat change."

Discours lors de la Neuvième Conférence des Parties de la Convention Cadre sur le Changement Climatique des Nations Unies, Milan.



Munich Re (2006), Rapport Annuel: Catastrophe Naturelles 2005

"2005 a battu tous les records. Les Catastrophes naturelles n'ont jamais été aussi coûteuses, que ce soit pour l'économie mondiale ou le secteur des assurances. Elle a également été une des années les plus meurtrières des dernières décennies."

Dr. Gerhard Berz, Responsable du Groupe de Recherche GéoRisque, Munich Re (2006), Changement Climatique- Réchauffement modeste, effets catastrophiques.

"Observée de par le monde depuis les dernières décennies, et clairement reflétée par le fardeau financier du secteur des assurances, l'augmentation des pertes dues aux catastrophes naturelles est une des premières et plus criante preuve que l'impact des changements environnementaux mondiaux provoqués par l'activité de l'homme est en croissance."

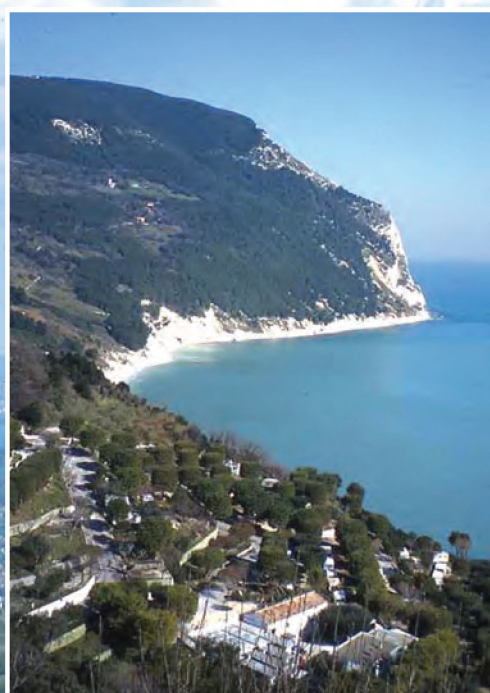
Re (2006), Climate change – Modest warming, dramatic effects.



Association des Assureurs Britanniques

"Au Royaume Uni, le changement climatique pourrait faire multiplier par 15 les coûts annuels des inondations d'ici aux années 2080 dans le cas du scénario d'émissions élevées, entraînant des pertes totales potentielles dues aux inondations fluviales, côtières et urbaines de plus de 40 milliards de Dollars (22 milliards de Livres Sterling). La prise en compte du changement climatique dans les politiques de gestion des inondations, y compris le développement dans les zones inondables et l'augmentation de l'investissement dans les défenses contre les inondations, pourrait limiter l'augmentation des coûts à une multiplication par quatre (9,7 milliards de dollars ou 5,3 milliards de Livres Sterling)."

Association des Assureurs Britanniques (2005), les risques financiers du changement climatique, rapport, juin 2005.



Chapitre Premier

Comportement et Evolution du trait de côte et Changement Climatique

Les conditions géologiques diverses sur le trait de côte de l'Union Européenne déclinent un vaste éventail de caractéristiques géomorphologiques générant une côte très variée, dotée de beaux et intéressants paysages. Le trait de côte s'est constitué à travers les temps permettant la dépôt ou la genèse de diverses formations éventuellement déformées par les orogénèses successives avant d'être modifiées s par des processus plus récents (glaciation, inondation, érosion côtière, altération météorique. Un examen des cartes géologiques de nombreux pays européens illustre le vaste éventail de types de roches exposées sur le trait de côte. La nature de la géologie côtière et des fonds marins, ainsi que la géométrie des roches (lignes de joints, plans stratigraphiques, pendage), ainsi que d'autres facteurs tels que les niveaux des nappes phréatiques, les processus sédimentaires naturels et les impacts des changement de la croûte terrestre ont tous eu une influence sur l'apparence de la zone côtière.

Un travail de cartographie détaillée a été entrepris par les Services Géologiques d'un certain nombre d'états membres européens et a aidé à identifier les liens entre la géologie terrestre et la géologie sous-marine ce qui a permis de mieux comprendre l'évolution côtière. Par exemple, la cartographie de la Manche et de ses rives permet aux Iles Britanniques et à la France d'être placées dans un contexte géologique européen, illustrant de nombreuses caractéristiques structurales importantes y compris les lignes de faille, les bassins et les zones plus élevées.

L'histoire géologique dicte donc la structure et le paysage actuel de nos zones côtières. Depuis leur formation, les dépôts géologiques ont été érodés et altérés pour créer notre paysage actuel. Le long de la côte, les différences les plus marquées sont liées au contraste entre les roches plus résistantes, qui forment les caps et les reliefs, et les roches plus tendres, généralement sédimentaires, qui forment les plaines et les falaises plus tendres des façades côtières.

Le trait de côte change constamment, et des facteurs tels que la taille des vagues, la vitesse du vent, la profondeur de la mer, la force des marées et les variations relatives du niveau de la mer, ainsi que les pluies et la fréquence et l'intensité des tempêtes, sont tous des facteurs influents. L'étude des cartes géologiques de divers pays permet d'apprécier la structure géologique globale et d'identifier les roches des périodes géologiques qui, de par leurs caractéristiques individuelles spécifiques, créent les escarpements, des vallées et autres caractéristiques topographiques importantes. Ailleurs, l'influence de la glaciation a sculpté la géologie alors que, dans d'autres zones, des dépôts importants de matériaux plus récents, comprenant des argiles, des dépôts de graviers, des talus de glissements de terrain et des alluvions forment des couvertures qui masquent la géologie sous-jacente. Les phases de 'd'orogénèse (formation de chaîne de montagne) ont eu une influence particulière, notamment l'orogénèse armoricaine et l'orogénèse Alpine qui ont entraîné la formation des plus grandes chaînes de montagne du monde dont l'Himalaya et les Alpes. Les échos de ces phases majeures d'activité de l'écorce ont entraîné la formation de structurations importantes en Europe du nord-ouest, par exemple, en dessinant le Bassin Parisien et les 'Downs' du Nord et du Sud de l'Angleterre. Un examen des coupes transversales géologiques et des pendages, représentés sur les cartes géologiques, illustre l'ampleur du plissement puis de l'altération et de l'érosion et qui se sont produites depuis que les roches se sont déposées.

De nombreux facteurs ont entraîné l'évolution et la forme du trait de côte sous la forme que nous leurs connaissons actuellement. Ces facteurs comprennent les fluctuations du niveau de la mer qui, dans certains endroits, ont été spectaculaires depuis les 30.000 dernières années. Ceci a, à son tour, a influencé la nature et la sévérité de l'érosion côtière, qui joue un rôle important dans la transformation du paysage côtier. L'influence de la pluviosité est également particulièrement importante car les pluies, et le ruissellement entraînent les sédiments de l'arrière pays à la côte, alors que le long de la côte elle-même l'érosion et le transport de matériaux par les vagues, les marées et les courants ont entraîné la formation de plages et de puits de sédiments créant des accumulations dans certains endroits et des érosions dans d'autres.

La variation des conditions dont la pression atmosphérique, la température, la vitesse du vent et les pluies ont eu un impact sur la géologie du trait de côte. Ces processus naturel ne sont cependant pas uniformes et même au cours des 2.000 dernières années des phases spécifiques d'activité ont été identifiées. Des

tempêtes comme celle qui a touché le sud de l'Angleterre en 1703 et les tempêtes côtières qui ont touché la Mer du Nord en 1953 ont causé la mort de plus de 3.000 personnes aux Pays-Bas et de 300 personnes dans l'est de l'Angleterre et dans l'estuaire de la Tamise. Depuis, un nombre important de recherches ont été entreprises afin de comprendre pourquoi les tempêtes particulièrement dévastatrices se produisent afin d'établir si ceci forme une tendance ou si ces événements sont aléatoires. Des études de cette nature, et une meilleure compréhension de l'évolution de la côte et des conditions naturelles en général sont vitales pour se préparer aux 100 années à venir, au cours desquelles les changements vont s'accroître à mesure que les changements climatiques deviennent de plus en plus sérieux.

Depuis quelques années, de nombreuses recherches se sont intéressées à la période de 10.000 BP à nos jours, connue sous le nom de période Holocène. Au début de l'Holocène, un recul progressif de la calotte glaciaire de glace s'est produit, provoquant une élévation du niveau de la mer et un réajustement de la croûte terrestre par l'effet de la diminution de la charge liée à l'énorme masse des couches de glace. Ces changements ont eu des effets divers sur le continent européen. En Grande Bretagne, par exemple, la disparition de la calotte glaciaire a entraîné un ajustement du bloc continental dans le sud de l'Angleterre et une surrection en Ecosse de part et d'autre d'un axe qui longe grossièrement la frontière écossaise. Examiner l'évolution du bloc continental européen au cours de cette période et comprendre les inter-corrélations entre les différents segments du trait de côte européen aident à évaluer l'évolution côtière à l'échelle régionale. Par exemple, il y a 10 000 ans (début de l'holocène), la Grande Bretagne était reliée à l'Europe continentale par un 'pont' de terre situé à proximité du détroit du Pas de Calais, tandis qu'au Nord, la côte de l'Angleterre était séparée de la Belgique et de la Hollande par la Mer du Nord. Vers 8.000-5.000 ans BP, pendant la période dite mi-Holocène, le taux d'élévation du niveau de la mer a commencé à ralentir tandis que les processus majeurs d'érosion et d'altération, qui avaient entraîné le transport de quantités énormes de matériau érodé à partir de sources fluviales et côtières, commençaient également à diminuer. Au cours de cette période, l'élévation du niveau de la mer a continué, beaucoup plus lentement générant l'apparition de plusieurs zones intertidales de basse altitude, à l'intersection entre la terre et la mer.

Il y a environ 7.500 ans, l'érosion côtière a entraîné la séparation la rupture du pont de terre entre Mer du Nord et Manche dessinant la carte de l'Europe globalement comme nous la connaissons aujourd'hui. La rupture de ce lien a l'apparition de courants beaucoup plus forts et un transport important de sédiments le long des côtes de la Manche, avant de se stabiliser à un régime semblable au régime actuel. Une élévation progressive et constante du niveau de la mer a entraîné des inondations de plusieurs vallées de rivière situées le long de la côte européenne formant ainsi des estuaires, des criques, des vasières et des marais salants. Ce processus se poursuit de nos jours est continu.



Planche 1.1: La falaise de craie de la Côte d'Albâtre a été érodée et forme des grottes, des arches et des piliers comme ceux d'Étretat, en Haute Normandie, France.

La recherche paléo environnementale (archéologique) a aidé à mieux comprendre le changement côtier à long terme, en Grande Bretagne et ailleurs (McInnes et al, 2000¹). Elle a fourni une grande richesse d'informations concernant l'évolution et les changements côtiers depuis les glaciations. Les preuves paléo environnementales peuvent également nous aider à mieux comprendre les fluctuations passées du climat, par exemple au cours des périodes optimums connues en Europe sous l'appellation Période Médiévale Chaude (ou Optimum Médiéval) et le Petit Age glaciaire. Ces phases ont eu leur propre influence, bien que de moindre ampleur, en terme de modification et de modelage du trait de côte européen. Des épisodes de pluies au cours des périodes géologiques ont également entraîné une activité ou une inactivité des processus géomorphologiques. L'ampleur de l'érosion côtière et la pluviosité hivernale sont deux facteurs qui peuvent influencer l'activité de glissement de terrain. La recherche a permis d'identifier la période de 1700 à 1850 comme étant une période particulièrement active dans le sud de l'Angleterre (Brunsden et Lee², 2000).

Depuis les 100 dernières années, l'influence du Petit Age Glaciaire semble être moins importante et la tendance générale au refroidissement s'est désormais inversée. De nombreuses personnes ont remarqué un accroissement plus rapide des températures dans les décennies récentes, bien que cet accroissement ne soit pas nécessairement constant mais plutôt caractérisé par des fluctuations et des crises. Cette tendance au réchauffement coïncide avec une préoccupation internationale à plusieurs niveaux vis-à-vis de l'accroissement des températures provoqué par l'influence de l'homme sur le changement climatique, connu sous l'appellation de 'l'effet de serre'. La recherche a identifié le fait que la quantité de lumière solaire qui atteint la terre entraîne de plus en plus l'accélération du rythme du changement climatique. Depuis les années 90, la fonte des glaciers et de la calotte glaciaire s'est accélérée partout dans le monde, et la tendance à la diminution globale de l'intensité des rayons solaires due à leur 'interférence' par des polluants semble désormais s'inverser ce qui, si cela continue, pourrait avoir des impacts désastreux pour les environnements humains et naturels dans les années à venir.

L'influence des impacts climatiques et celle des procédés naturels ne sont pas les seules à avoir une conséquence sur l'environnement côtier. Depuis la colonisation humaine de la côte pour le commerce, la défense ou les loisirs, et plus particulièrement depuis l'époque Romaine, le trait de côte a été modifié de manière importante. Ce processus a été particulièrement spectaculaire à partir du milieu du 19^e siècle lorsqu'une augmentation forte du développement côtier a été entraînée par la popularité de la baignade en eau de mer et à la publicité qui s'ensuivit sur les bienfaits du climat côtier pour la santé. Cette intervention humaine a entraîné l'aménagement ou la polderisation de nombreux estuaires côtiers, la canalisation des rivières, leur modification ou, leur dragage. Ces changements ont non seulement un impact sur la formation et le développement des estuaires mais peuvent également avoir des impacts importants sur les parties adjacentes du trait de côte, pouvant induire une fréquence accrue de l'érosion côtière ou des inondations.

Afin de protéger les aménagements côtiers, dont plusieurs ont été construits sur des traits de côte sujets à des taux importants d'érosion, de glissements de terrain et d'inondations; des défenses ont été mises en place plus particulièrement à la fin du 19^e siècle et au début du 20^e siècle. Dans certains endroits, ceci a permis d'éviter l'érosion naturelle des falaises tendres ce qui a provoqué une diminution des apports en sédiments aux systèmes côtiers avec des répercussions telles que l'amaigrissement des plages côtières situées en aval courant. En fait, sur une grande partie du trait de côte européen, les volumes des plages ont diminué à cause de l'intervention de l'homme, mais également à cause d'autres facteurs, dont l'élévation du niveau de la mer ; la diminution de la plage qui en résulte entraîne, souvent, un accroissement de l'érosion marine.

La reconnaissance du changement côtier, ainsi que des expériences pratiques de ses conséquences depuis les trois siècles passés ont clairement démontré que la zone côtière est une zone qui est naturellement dynamique et sujette à des changements importants dans le temps et dans l'espace. Les facteurs qui entraînent le changement côtier ne se produisent pas toujours au même rythme et certains facteurs sont plus intenses que d'autres. Il est parfois difficile de bien comprendre la réponse côtière; les changements particuliers du taux d'érosion, des glissements de terrain et autres facteurs qui peuvent dépendre du dépassement de certains seuils, suivi par des périodes de tranquillité relative, jusqu'à ce qu'un autre seuil soit dépassé. Certains facteurs qui ont entraîné des changements côtiers plus spectaculaires ont peut-être été influencés par des activités dans les décennies passées, alors que d'autres peuvent avoir des conséquences rapides. Tout ceci souligne la nécessité d'être particulièrement prudent lorsque l'on examine les processus côtiers, mais également la nécessité de tirer des leçons d'expériences à plus long terme plutôt que de prendre des décisions basées une

connaissance à court terme. Bien comprendre les processus à l'œuvre sur la côte est donc fondamental pour une gestion du risque efficace (Futurecoast, 2002³).

Sur tout le trait de côte européen, l'influence de la géologie sur le paysage côtier est clairement illustrée par des exemples spectaculaires. Sur l'île de Wight, dans le sud de l'Angleterre, la pointe de craie plus résistante, située à l'extrémité ouest de l'île, qui se termine par les célèbres rochers des 'Needles', forme un contraste frappant avec les autres sédiments plus tendres au nord et au sud. En Normandie (France NW), le processus d'érosion côtière et d'altération crée un environnement côtier spectaculaire et exemplaire en reliefs typiques, (grottes, aiguilles et des arches le long de la falaise de craie de la Côte d'Albâtre. Ailleurs, le transport éolien de sédiments a entraîné l'accrétion d'énormes dunes de sable comme la dune du Pyla, situées auprès d'Arcachon le long de la côte Aquitaine dans le sud-ouest de la France.

Dans le sud de l'Angleterre, l'élévation spectaculaire du niveau de la mer entre 10.000 et 6.000 BP, allant parfois jusqu'à 100 mètres, a entraîné une érosion côtière agressive qui a laissé de nombreuses parties du trait de côte dans un état vulnérable lié à une forte pente. L'effet du processus d'érosion a été de déstabiliser certaines façades côtières, entraînant un héritage de problèmes de glissements de terrain et d'instabilité. Le complexe de glissement de terrain urbain le plus important en Europe du nord-ouest est l'Undercliff de l'île de Wight qui s'étend sur 12 kilomètres le long de la côte sud de l'île de Wight. L'érosion côtière, combinée à des niveaux élevés de la nappe phréatique, a favorisé une série de glissements de terrain au sein du complexe, qui se poursuivent aujourd'hui.

En Angleterre et au Pays de Galles, le Defra (Department for the Environment, Food and Rural Affairs), a mis à disposition un financement pour le développement de plans de défense côtière (gestion du littoral) (Defra, 2006⁶), afin de contribuer à une gestion sage du risque côtier. La première vague de ces plans, pour les côtes anglaises et galloises, a été terminée en l'an 2000 ; suite à quoi, un compte rendu a souligné l'importance d'entreprendre des recherches supplémentaires pour insister à nouveau sur la nécessité de bien comprendre l'évolution de la côte et des processus naturels pour soutenir la prise de décision. Une étude majeure (Futurecoast, 2002³) a donc été réalisée. Elle offre une grande richesse d'informations utiles qui permettent de s'assurer que les décisions, qui peuvent avoir un impact sur la côte, pour au moins les cent années à venir, sont basées sur la connaissance la plus exhaustive possible de la façon dont le trait de côte peut changer. Le projet 'Response' de LIFE a pour objectif d'apporter son assistance à ce processus, en proposant 'une succession de cartes démontrant illustrant l'environnement physique, les



Planche 1.2: L'affleurement de craie plus résistante forme le cap des Needles, situé à l'extrême ouest de l'île de Wight, au Royaume Uni, alors que les sables et les argiles plus tendres au nord, (Alum Bay), se sont érodés plus rapidement.

processus côtiers et de la susceptibilité des différentes façades côtières à changer, permettant de ce fait la création de cartes de changement d'es aléas et des enjeux qui pourraient être mis à risque, soulignant les endroits où des problèmes particuliers vont probablement être rencontrés dans le futur.

Depuis presque 200 ans, les spécialistes des sciences de la terre ont apporté des preuves du changement de la côte. Cela comprend des documents sur la perte de villages et de structures côtières tels que des forts, des phares et des églises (McInnes, 2004⁴) ainsi que de sites archéologiques datant de plusieurs milliers d'années. Des atouts importants ou historiques ont été perdus à cause de l'érosion côtière tandis que par ailleurs des ports de mer ont été isolés de la côte par l'envasement des estuaires anciens et des marais salants. Un outil majeur est l'utilisation de la datation au radiocarbone par les archéologues (McInnes et al, 2000¹) qui a aidé à reconstituer une chronologie des colonisations côtières et par conséquent du changement côtier depuis les 4.000 dernières années.

Etant donné que plus de 70 millions de personnes habitent dans les zones côtières de l'Union Européenne, ce qui représente approximativement 16% de la population de l'Union Européenne, une prise de décision sage est vitale. Le long de 20.000 kilomètres du trait de côte de l'Union Européenne (environ 20%) l'érosion côtière a des impacts graves (EUrosion, 2003⁵); 15.000 kilomètres sont en recul actif et presque 5.000 kilomètres sont protégés de manière artificielle. La résilience côtière est l'aptitude inhérente à la côte à s'adapter aux changements provoqués par l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique, les événements extrêmes et parfois les impacts de l'homme, tout en maintenant la fonction remplie par le système côtier à plus long terme ; elle doit être un objectif majeur. Le concept de résilience est particulièrement important à la lumière des toutes dernières prévisions de changement climatique mondial de l'IPCC (EUrosion, 2003⁵).

Les impacts du changement climatique nécessitent donc une approche plus stratégique et proactive de la gestion des risques côtiers, afin de rétablir l'équilibre sédimentaire, d'allouer l'espace nécessaire pour s'accommoder de l'érosion naturelle et des processus sédimentaires côtiers et d'aboutir à une meilleure compréhension de l'évolution côtière. Dans la plupart des pays, les risques d'érosion côtière ne sont pas suffisamment évalués. On espère donc que les informations fournies par le projet 'Response' de LIFE offriront une méthodologie commune pour cartographier les aléas et les risques côtiers. Cet objectif est une recommandation majeure du projet EUrosion de la Commission Européenne (2003)⁵. En incorporant la cartographie des aléas et des risques de l'érosion côtière dans les planifications à long terme, les autorités locales et régionales peuvent, de manière efficace, tenir les nouveaux aménagements à l'écart des zones à risque et chercher à modifier ou à réduire les risques dans les zones développées existantes.



Planche 1.3: La spectaculaire dune de sable éolien auprès d'Arcachon sur la côte Aquitaine en France.

Références

1. McInnes, R. G., Tomalin, D. and Jakeways, J., 2000. 'Coastal Change, Climate and Instability'. Rapport Final du projet LIFE Environnement de l'Union Européenne. Ventnor.
2. Brunsden, D. and Lee, E. M., 2000. Understanding the behaviour of coastal landslide systems - An inter-disciplinary view'. Extrait de 'Landslides - Research, theory and practice'. Thomas Telford.
3. Halcrow, 2002. 'Futurecoast project'. Rapport pour le Defra, Swindon.
4. McInnes, R. G. 2004. 'A non-technical guide to coastal defence'. Rapport pour SCOPAC. Ventnor, IW Centre for the Coastal Environment.
5. Commission Européenne, 2004. 'EUrosion - Vivre avec l'érosion côtière en Europe'. Résultats de l'étude EUrosion. Luxembourg.
6. Defra, 2006. 'Shoreline management plans guidance'. Crown Copyright. Londres.



Planche 1.4: Urbanisation intense de la zone côtière à Biarritz, sur la côte sud-ouest de la France.

Chapitre Deux

Quelles sont la nature et l'ampleur des risques côtiers?

Les aléas naturels ont des impacts importants sur les zones côtières partout en Europe. Les coûts des actions d'urgence, de la remédiation et de la prévention peuvent souvent représenter un fardeau important pour les communautés concernées, qui sont souvent des autorités locales ou régionales ayant des ressources limitées mais aussi les gouvernements nationaux. Il est désormais reconnu que les impacts du changement climatique sont réels et que l'élévation du niveau de la mer, en particulier, pose de sérieux risques aux communautés côtières. Afin d'identifier les risques pour les enjeux des zones côtières, il est nécessaire d'abord d'établir le niveau actuel des risques pour tenter ensuite d'identifier l'augmentation des risques résultants du changement climatique, afin de mettre en place des politiques durables qui visent à réduire ou à gérer ces risques.

Les caractéristiques géophysiques et climatiques diverses de l'Europe la rendent prédisposée à un vaste éventail d'événements naturels extrêmes. Les aléas naturels tels que l'érosion côtière, les submersions marines et l'instabilité sont des caractéristiques communes du trait de côte de l'Union Européenne et peuvent représenter des menaces importantes pour les communautés qui se trouvent dans les zones côtières. Se produisant sur des périodes différentes, ces aléas naturels présentent des degrés de risque variables ; l'érosion côtière étant un processus relativement graduel alors que les submersions et les glissements de terrain sont plus spontanés. Ces événements épisodiques peuvent être relativement plus difficiles à prévoir et sont, de ce fait, potentiellement plus coûteux (Agence Européenne pour l'Environnement, 2004¹).

En 2005, l'Europe a subi 648 catastrophes naturelles entraînant des pertes (c'est-à-dire tremblement de terre, tsunami, éruption volcanique, vent de tempête, inondations, pointes extrêmes de températures ou mouvement de masse). Elles ont provoqué la mort de 336 personnes, et des pertes financières globales de 16.002 millions de dollars américain dont 4.875 millions représentaient les pertes assurées. Il existe des signes évidents de l'augmentation du nombre de conditions météorologiques de forts vents d'ouest et une augmentation importante des catastrophes d'inondations telles que celles de l'Elbe et du Danube (2002), et dans les Alpes du Nord en 1999 et en 2005 ainsi que sur la côte. En 2005, trois inondations graves se sont produites en l'espace de seulement six semaines, ce qui est un signe évident que le changement climatique se produit déjà en Europe centrale. Les preuves suggèrent que les changements du temps occasionneront des événements plus fréquents et d'une sévérité accrue et, de ce fait, les pertes et les dégâts augmenteront également, face à quoi les assurances et la société en général doivent concevoir une réponse efficace.

Les catastrophes continueront à toucher les zones côtières et l'arrière pays de l'Europe. Cela s'explique par l'accroissement de la population, une concentration grandissante de personnes et de biens en conséquence de l'urbanisation, la colonisation et l'industrialisation des zones exposées telles que les côtes et les bassins versants des rivières, la plus grande prédisposition des sociétés et des technologies modernes et, plus particulièrement, les changements des aléas liés au climat et à l'environnement (Munich Re, 2006²). Le futur de certaines zones côtières est particulièrement incertain car l'élévation du niveau de la mer va menacer de devoir déplacer des communautés côtières dans leur totalité et de détruire leurs biens, entraînant des perturbations graves pour les régions voisines et l'économie.

Coastal risks arise when the hazards associated with the physical environment such as flooding and erosion or instability interact with society. Risk-based decision-making is seen to provide the means of addressing the challenges put forward by climate change and sea level rise. This is because it is based on a view of the world that recognises uncertainty rather than presenting an over-confident 'this will happen' view of what is known (ie. the so-called 'deterministic' perspective). The approach provides a framework for combining possible hazard events and their consequences along with a way of considering uncertain events and outcomes. It recognises that although current understanding may be limited, decisions still have to be made. It also supports the notion that management measures may reduce risks but they generally cannot eliminate them. Risk-based approaches allow an appreciation of the degree of risk reduction and the residual risk that must be borne by society or individuals after mitigation measures have been implemented (Lee et al, 2004³).

L'évaluation des risques est un processus qui porte toujours la notion d'appréciation. Il est conçu dans le but de déterminer l'importance des risques estimés et d'établir la meilleure ligne de conduite pour les actions futures, y compris la nature de la gestion des risques nécessaire. Les stratégies de gestion des risques reconnaissent généralement la notion d'un degré de risque acceptable. Passé un certain seuil, les



Planche 2.1: Les surcotes marines créent d'énormes vagues qui viennent se briser contre la digue de St Malo sur la côte bretonne en France.

risques peuvent être considérés comme intolérables ou inacceptables. Il est généralement reconnu qu'entre ces deux stades, le niveau de risque doit être réduit à un niveau qui est 'aussi faible que raisonnablement possible', le principe d'ALARP (Lee, 2004³).

Le risque d'érosion côtière

L'érosion côtière est un processus naturel et / ou provoqué par l'homme. Elle a modelé les paysages divers du trait de côte et peut être définie comme le processus d'enlèvement et de transport du sol et de la roche altérée par l'action des cours d'eau, des glaciers, des vagues, du vent, et de la nappe phréatique. Son importance pour l'environnement côtier réside dans le fait qu'elle offre une source de sédiments pour les plages, les marais salants et les dunes de sable où les sédiments vont se déposer. Ces derniers forment non seulement des défenses naturelles mais également l'habitat idéal pour une faune et une flore variées, et sont des secteurs importants de loisirs et de détente. Cependant, l'aléa de l'érosion côtière peut entraîner tout un éventail d'impacts ou de risques, y compris :

- Des pertes en vies humaines, en biens, en infrastructures et en terrains.
- Destruction des défenses naturelles ou artificielles, ce qui peut à son tour entraîner l'inondation de l'arrière-pays

La protection côtière engendre des dépenses publiques croissantes, d'autant plus qu'il faut reconnaître que les impacts des aléas naturels devraient augmenter à cause du changement climatique mais également à cause de la pression continue du développement dans des zones marginales et vulnérables. La Global Vulnerability Assessment (Evaluation de la Vulnérabilité Mondiale) a estimé que le coût de la protection côtière pour les états côtiers européens entre 1990 et 2020 dépassera 120.000 millions d'euros, auquel qu'il faut ajouter un coût indirect de plus de 41.000 millions d'euros (EUrosion, 2004⁴). Alors que le problème du développement peut et doit être traité par le biais d'une prise de conscience politique en matière d'aménagement, la réponse au changement climatique est plus difficile à planifier. Les trois principales catégories de coûts (monitoring, travaux de protection de la côte et recherche) auxquelles les autorités locales doivent faire face pour cela impliquent des dépenses importantes.

En 2001, les dépenses publiques consacrées à la défense de la côte en Europe ont atteint environ 3.200 millions d'euros (comparé à 2.500 millions de Livres en 1986). Ceci comprenait les nouveaux investissements réalisés (53%), les coûts de maintenance des programmes existants de protection et de surveillance du trait de côtes (38%), et des fonds pour l'achat de terrain côtiers à risque (9%). Entre 1999 et 2002, 300 propriétés ont dû être abandonnées suite au risque imminent d'érosion côtière et 3.000 résidences

ont vu leur valeur marchande diminuer d'au moins 10% (EUrosion 2004⁴). Cependant, le nombre et la valeur des biens qui n'ont pas subi de perte en raison de la construction ou de la maintenance constante des défenses côtières est plus difficile à quantifier. Quant à la valeur totale du capital économique investi dans une bande de 500 mètres du trait de côte, elle était estimée entre 500 et 1.000 milliards d'euros en l'an 2000. Bien qu'il soit peu probable que tout ce capital soit menacé par le risque, les coûts des stratégies de gestion du littoral représentent clairement une fraction infime des dommages qui seraient encourus si le trait de côte était laissé sans protection ; la gestion du littoral devient donc encore plus justifiée.

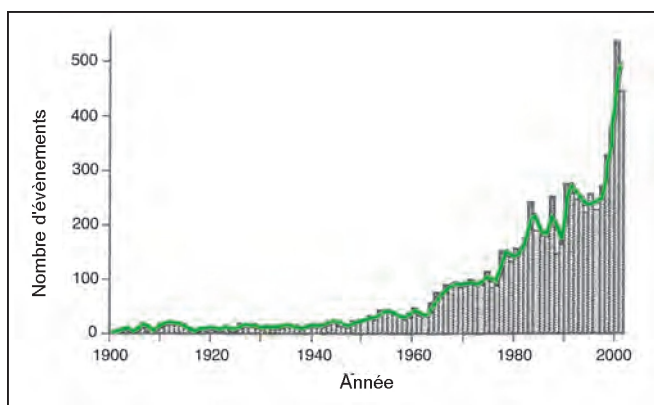


Figure 2.1: Catastrophes naturelles dans le monde 1900-2000. (Source EM-DAY (Base de Données OFDA/CRED))..

La gestion des risques côtiers implique l'atténuation et la surveillance de ces risques. En Angleterre, l'objectif principal des politiques gouvernementales de défense de la côte est de réduire les risques par le biais de programmes de défense de la côte qui sont consolidés d'un point de vue technique, justifiés d'un point de vue économique et durables du point de vue de l'environnement, et qui comprennent des mesures de prévention contre les submersions marines et des mesures de protection de la côte. Au cours des 100 dernières années, 865 kilomètres d'ouvrages de protection de la côte ont été construits en Angleterre dans le but de prévenir les pertes. Ce chiffre comprend la protection des zones de basse altitude enclines à l'érosion. La notion de 'risque acceptable' est implicite dans toutes les décisions d'investissement dans les mesures de réduction des risques. Le niveau de risque acceptable est, en partie, contrôlé par les responsabilités juridiques mais il varie également avec la perception des individus concernés et les ressources disponibles pour gérer le problème. La définition des risques posent un certain nombre de questions importantes :

- Que pourrait-il se passer - et sur quelle échelle de temps?
- Pourquoi de tels événements peuvent-ils se produire?
- Quelle est la probabilité d'occurrence des événements?
- Quelles pertes et quels dommages pourront être provoqués?
- Comment les problèmes peuvent-ils être gérés ou diminués?

Une gestion basée sur les risques se concentre sur les conséquences des aléas et les incidences des réponses de gestion. Par exemple, il devrait traiter non seulement de la probabilité d'un événement préjudiciable mais également de la possibilité d'échec des mesures de gestion, par exemple l'échec d'une défense côtière ou la panne d'un système d'alerte anticipée, et les pertes qui s'ensuivent (pertes en vies humaines, blessés, pertes économiques et environnementales). L'approche soutient également la notion de mesures de gestion qui peuvent réduire les risques mais qui ne peuvent généralement pas les éliminer entièrement.

Sur la côte, la nature et l'étendue de l'érosion et du recul de la falaise ainsi que la présence des aléas ne peuvent être comprises qu'après des études permettant le développement de modèles conceptuels des processus qui se produisent et la compréhension du comportement des falaises côtières. Leur comportement peut être défini en terme de deux paramètres principaux:

- le potentiel de recul, c'est-à-dire la taille, le style et l'éventail des événements de recul côtier qui peuvent se produire.
- L'intervalle de récurrence, c'est-à-dire le moment et la chronologie des événements de recul.

L'objectif des modèles de comportement basés sur une connaissance solide des processus côtiers et de l'évolution historique de la côte est d'établir des scénarios permettant de prédire les taux de recul. Le développement de ce cadre 'probabiliste' implique souvent l'étude d'un certain nombre de domaines importants, y compris :

- Les témoignages historiques
- La nature des changements récents de la forme du trait de côte (par exemple, à partir de cartes historiques, de photographies aériennes ou de monitoring)
- La cartographie géologique ou géomorphologique
- assessing the relationship between climate and coastal change

A l'échelle internationale, la plupart des pays, où le trait de côte est aménagé, reconnaissent la nécessité de trouver un équilibre entre la nécessité de défendre la côte et les ressources financières disponibles, en tenant compte des nombreuses demandes nationales concurrentes. Pour cette raison, l'efficacité économique des solutions de gestion le long du trait de côte est un facteur clef en terme de prise de décision. L'approche la plus habituelle pour résoudre ces problèmes est une analyse coûts/bénéfices. Cette analyse prend en compte les facteurs environnementaux ainsi que la valeur des biens et joue un rôle important dans la formulation des options préférables de la politique pour la côte et dans l'obtention de financements d'une partie du coût des nouvelles défenses côtières (Thompson, 1998⁵).

Les outils de base à la disposition de la prise de décision et de la gestion des risques du la côte comprennent:

- Accepter le risque ; par la ventilation ou le partage des coûts par les biais des assurances ou de la compensation;
- Eviter les zones vulnérables par le biais de mesures contrôlant les nouveaux aménagements dans les zones où il existe un risque d'érosion côtière, d'instabilité et d'inondations
- Réduire l'avènement d'événements potentiellement destructeurs, par exemple par le biais d'une gestion active du territoire visant à réduire l'ampleur ou la fréquence de l'érosion, des glissements de terrain et des inondations;
- Protéger contre des événements potentiellement destructeurs, en atténuant la submersion marine ou l'érosion côtière ou e stabiliser des falaises et des déclivités ou en améliorant les constructions.

Le coût de la réduction des risques d'érosion côtière repose essentiellement sur les budgets nationaux ou régionaux, rarement sur la communauté locale et pratiquement jamais sur les propriétaires des biens à risque ou sur la tierce partie contribuant au problème d'érosion côtière. Ceci est accentué par le fait que l'évaluation des risques d'érosion côtière n'a pas été incorporée au processus de prise de décision au niveau local dans certain pays et l'information du public sur les risques côtiers reste pauvre. Ceci souligne l'importance du développement de stratégies durables pour la gestion des aléas naturels côtiers, y compris l'érosion, qui permettront de renseigner l'aménagement et l'urbanisme en s'assurant que les décisions sont compatibles non seulement avec les conditions côtières locales particulières mais également avec les défis futurs.

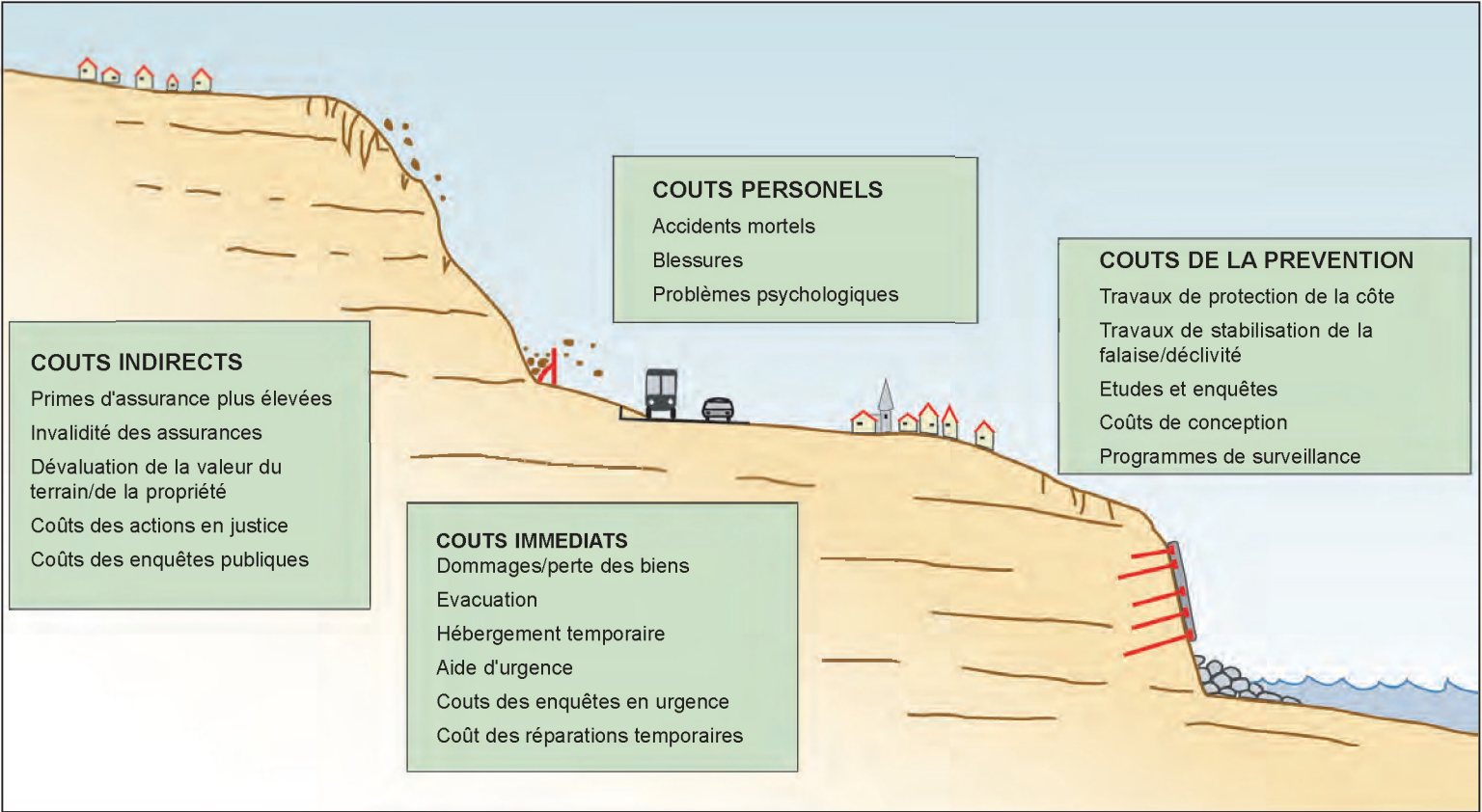
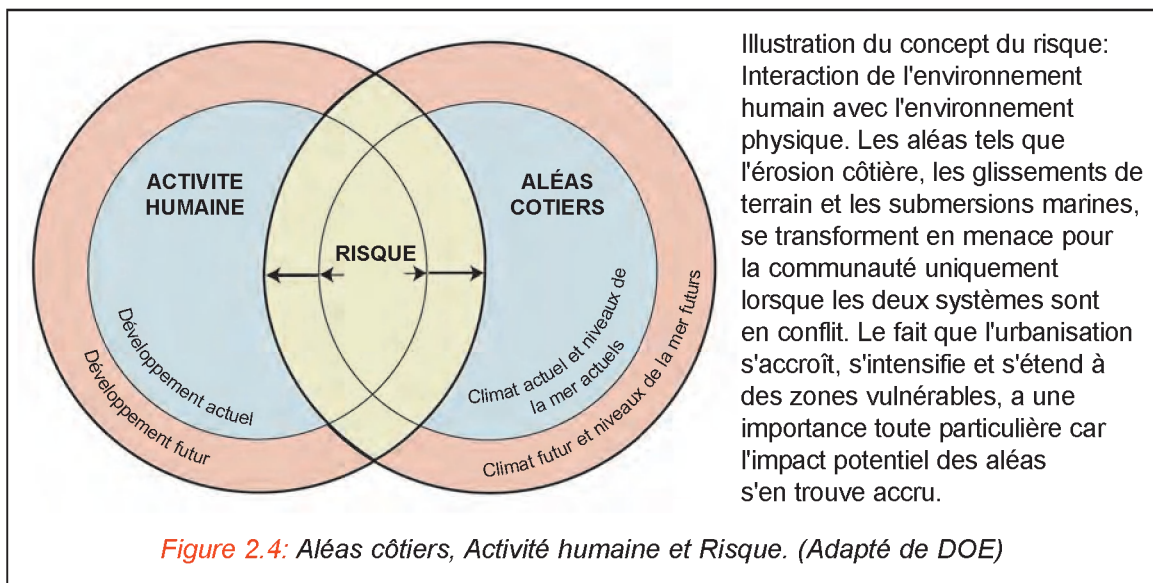
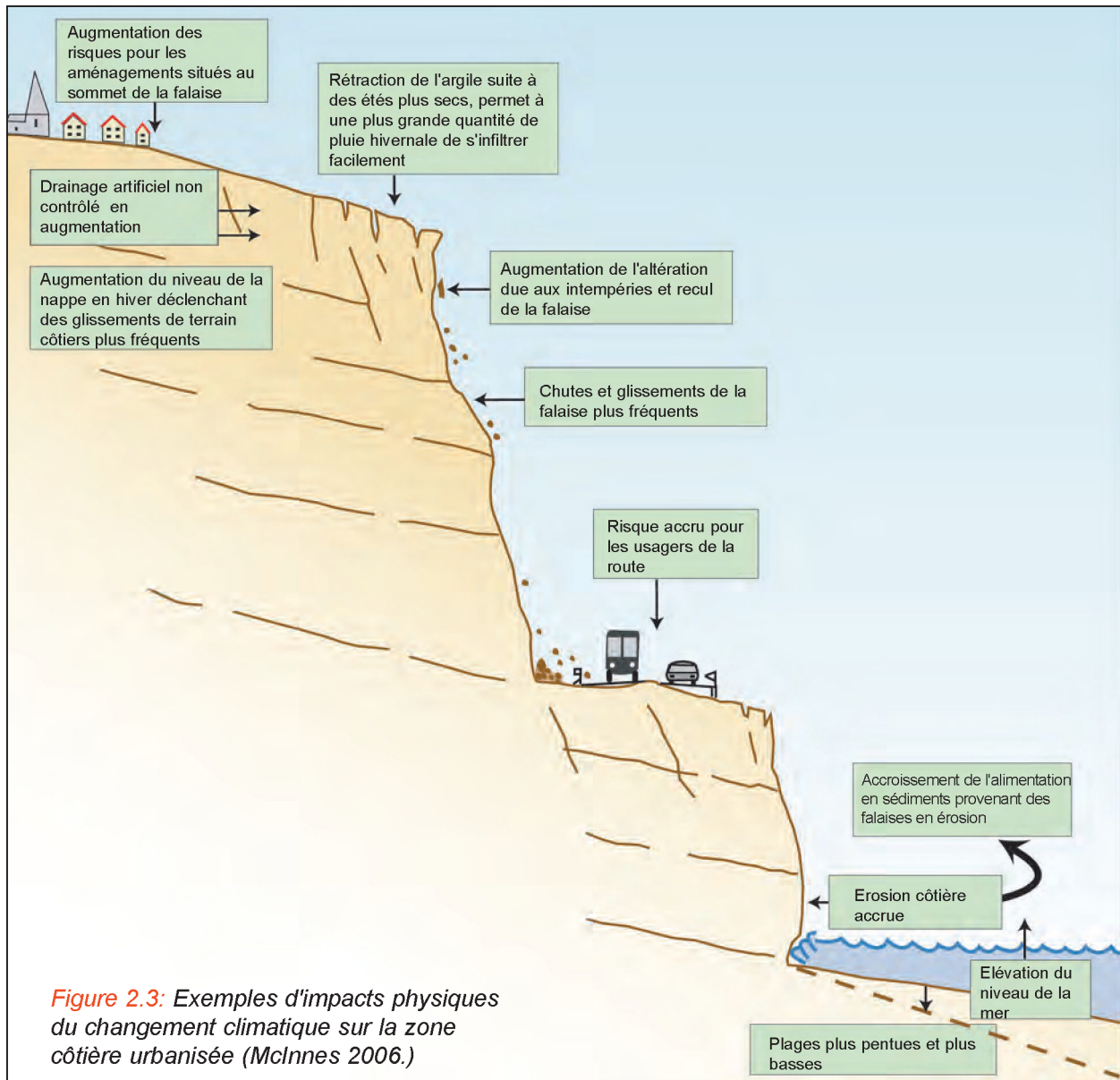


Figure 2.2: Conséquences Financières de l'érosion côtière et des glissements de terrain.
McInnes 2006 (Adapté de Jones & Lee 1994)



Le risque de mouvement de terrain

L'instabilité des sols pose des risques majeurs à l'utilisation des sols et à l'aménagement en Europe. Des exemples en Italie, en France et en Grande Bretagne illustrent son importance. Au cours des 40 dernières années, des glissements de terrain importants ont causé des pertes substantielles tant en vies qu'en biens, et plus particulièrement dans des zones côtières, des vallées de rivières et des régions montagneuses. Il est à souligner que les problèmes se sont souvent produits à cause du manque de coordination entre l'aménagement des sols et les décisions concernant la défense de la côte et autres stratégies. De nombreuses parties de l'Union Européenne souffrent d'un héritage d'urbanisme et d'aménagements non planifiés au sommet de falaises en érosion ou autres endroits non " durables ". C'est souvent - mais pas toujours - le résultat du développement réalisé au dix-neuvième siècle, ou du développement spéculatif massif du milieu du vingtième siècle.

En Europe, de nombreux glissements de terrain catastrophiques sont déclenchés par de forts orages et de fortes pluies, ajoutés à l'érosion du sol sur les déclivités des montagnes. Les zones où les déclivités sont abruptes, les matériaux instables et l'humidité des sols élevée sont des zones à risque. Les problèmes posés par ces facteurs sont aggravés par les activités de l'homme telles que la déforestation et la construction de routes et de bâtiments. Entre 1980 et 2000, les glissements de terrain ont provoqué la mort de 535 personnes et des centaines de millions de Livres de dommages aux biens et aux infrastructures. Le risque de glissement de terrain dans les endroits côtiers augmente face au changement climatique, notamment car les aménagements, par choix ou par nécessité, continuent à être situés dans des zones vulnérables.

L'étude européenne 'Changement Côtier, Climat et Instabilité' (McInnes et al, 2000⁷) du projet LIFE a souligné le fait que, même si les glissements de terrain majeurs entraînent inévitablement des pertes en vies humaines et des dommages aux propriétés situées dans les zones développées, les ruptures à plus petite échelle et à plus long terme peuvent également avoir des conséquences coûteuses dues à la perturbation des structures et aux dommages. Ceci est particulièrement vrai pour les communautés côtières qui ne sont pas équipées même du système de surveillance le plus simple, et où les mouvements passeront essentiellement inaperçus, avec la possibilité d'entraîner des dégâts irréversibles et des coûts considérables. Encore une fois, ceci accentue l'importance de l'intégration de la gestion des aléas naturels dans les politiques d'aménagement des sols et d'urbanisation, d'autant plus que peu de mesures d'atténuation peuvent être mises en œuvre pour combattre les mouvements de terrain majeurs qui se produisent sans (ou avec peu) de signes avant-coureurs.

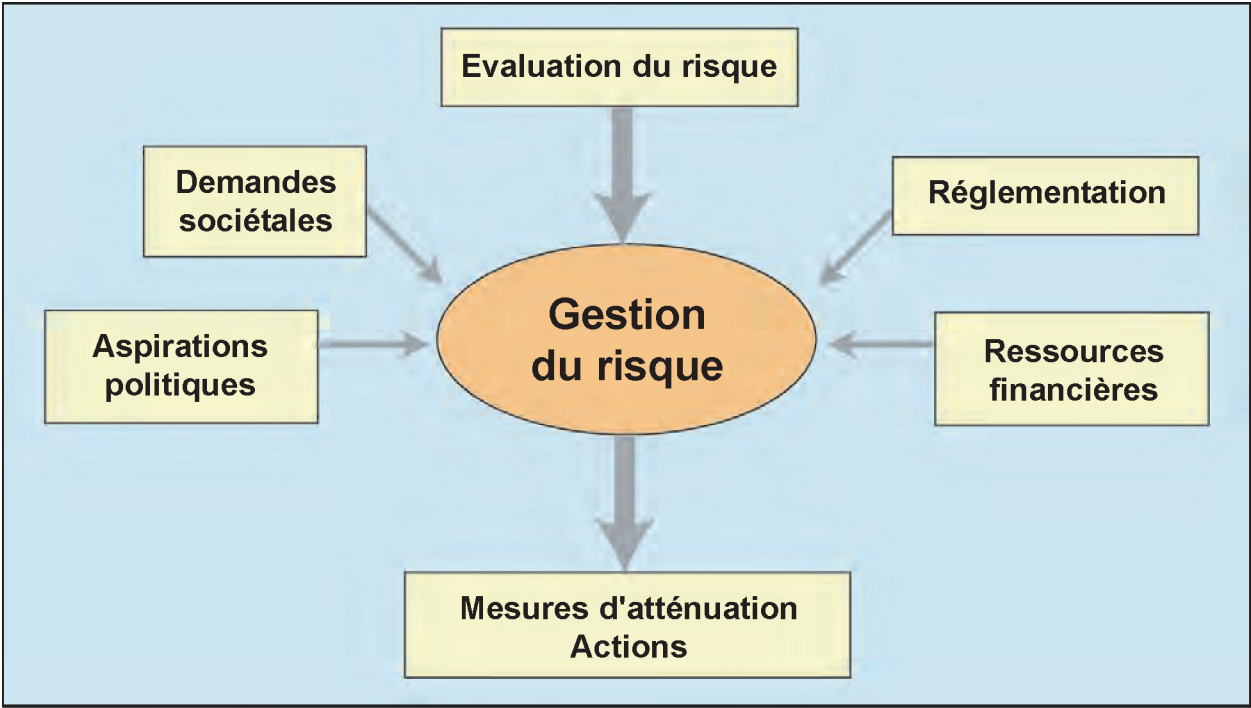


Figure 2.5: Contraintes devant être prises en compte dans la Gestion du Risque de Glissement de Terrain. (Adapté de Leroi et al. 2005).

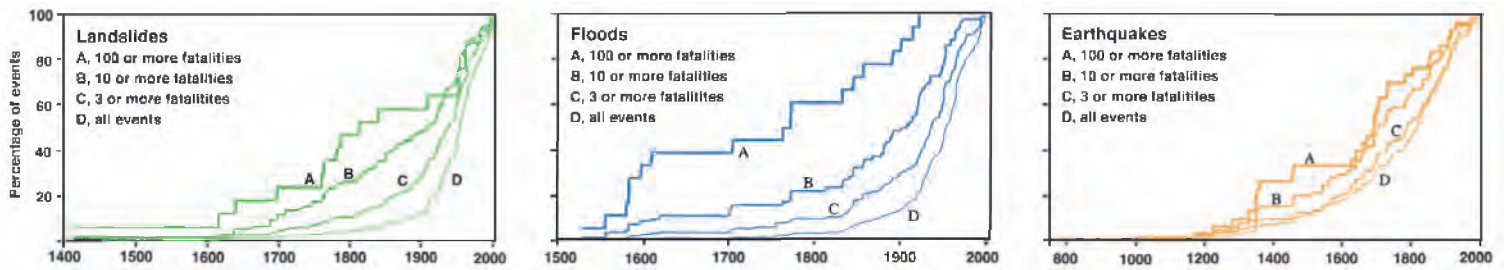


Figure 2.6: Distributions cumulatives des événements naturels qui ont entraîné mort d'homme en Italie (adapté de Guzzetti & Salvati) 25.

L'accroissement des problèmes d'instabilité est ressenti partout en Europe. Les bilans des glissements de terrain et des changements climatiques montrent qu'en plus de la tendance due à l'élévation du niveau de la mer, il existe une variabilité étroitement liée aux rythmes climatiques à courts termes. Les niveaux de pluviosité pour le sud de l'Angleterre, par exemple, montrent également une plus grande disponibilité de l'humidité et, donc, de l'humidité des sols et des eaux souterraines. L'enregistrement d'événements de glissement de terrain reflète le rythme notamment les successions d'années plus pluvieuses que la moyenne. Il est donc facile de spéculer que le trait de côte européen va devenir de plus en plus susceptible aux glissements de terrain. Les changements météorologiques auront un impact non seulement sur les zones montagneuses à l'intérieur des terres mais également sur la côte, et beaucoup estiment que la question de l'instabilité, qu'elle soit côtière ou intérieure, reste un aléa majeur et grandissant, dont les conséquences sont loin d'être totalement comprises dans de nombreux états membres de l'Union Européenne.

Il est raisonnable de présumer que l'instabilité va continuer à être un problème important en Europe car, premièrement, le développement économique et technique a entraîné un investissement massif dans les infrastructures, le bâti et l'industrie, conjugué à des modèles d'activité commerciale de plus en plus complexes, tout ceci indiquant une vulnérabilité croissante aux impacts des aléas de glissement de terrain. De plus, la pression du développement dans de nombreux pays de l'Union Européenne ont entraîné l'ouverture de régions jusqu'alors sous-développées, exposant de plus en plus, de ce fait, les activités humaines aux aléas naturels (Jones, 1999⁶).

Le fait de reconnaître que l'instabilité des déclivités s'étend de plus en plus au sein de l'Union Européenne a permis de conclure que le coût des failles des versants va probablement escalader en conséquence du changement climatique et des pressions de développements, à moins que des dispositions actives soient prises en matière de mitigation. Des mesures beaucoup plus positives de gestion des aléas seront nécessaires à l'avenir, de plus en plus concentrées sur l'aménagement des sols et basées sur des évaluations des aléas minutieusement préparées (Jones 1992⁶).

Dans Jones et Lee (1994⁶) la conclusion suivante est proposée : les problèmes de glissements de terrain ne sont pas des " actes de Dieu ", des événements entièrement naturels et imprévisibles qui peuvent, au mieux, être résolus en étant évités ou par le biais des travaux d'ingénierie à grande échelle. Le rôle de l'activité humaine dans le déclenchement ou la réactivation de nombreux problèmes de déclivité ne doit pas être sous-estimé. Ces dernières années, l'urbanisation a entraîné l'expansion de nombreuses villes dans une mesure telle que la majeure partie des terrains aptes à la construction a été entièrement occupée, donc les nouveaux développements suburbains sont souvent proposés sur des déclivités potentiellement instables. Les développements technologiques signifient que les perturbations aux projets d'ingénierie provoquées par l'instabilité peuvent être embarrassantes d'un point de vue politique et ternir les réputations mais également être très coûteuses.

Il est également reconnu que, même les ruptures mineures qui passent inaperçues et à évolution relativement lente peuvent avoir des répercussions coûteuses par le biais des perturbations des structures et des infrastructures, y compris le bouleversement des services souterrains. De même, il est vrai qu'il existe de nombreux exemples d'impacts de l'instabilité dus, au moins pro parte, à l'activité humaine. Les canalisations d'eaux ou d'eaux usées qui fuient peuvent contribuer à l'instabilité, comme peuvent également y contribuer la surcharge des déclivités par le biais de constructions inadéquates et également la décharge des déclivités par l'excavation. Tous ces facteurs indiquent la rentabilité qui peut être tirée du développement d'une approche durable de la gestion des problèmes d'instabilité dans les zones urbaines.



Planche 2.2: La ville de Portsmouth, un des grands ports maritimes britanniques, construite sur un terrain submersible, vraisemblablement vulnérable aux impacts du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer

De nombreux problèmes pourraient être réduits si un programme à long terme de gestion des glissements actifs de terrain était en place. Les communautés locales doivent accepter la situation et apprendre à 'vivre avec les glissements de terrain'. La nécessité de minimiser les risques et les effets de l'instabilité pour les propriétés et les infrastructures et le grand public, est de plus en plus reconnue. Une meilleure compréhension des problèmes d'instabilité, une surveillance des sites instables, et une interprétation des résultats ainsi que la mise en œuvre de mesures d'urbanisation plus efficaces sont également nécessaires.

Suite à la décennie internationale pour la prévention des catastrophes naturelles (DIPCN) des Nations Unies dans les années 1990, un nouveau défi a été de communiquer ce qui a été compris grâce à la recherche utile, aux décideurs et aux habitants locaux ; la Stratégie Internationale pour la Réduction des Catastrophes Naturelles (SIRCEN) qui en résulte soutient également cette tâche. La gestion du risque de glissement de terrain ne peut pas être laissée aux seuls services gouvernementaux et agences gouvernementales. Pour qu'une stratégie réussisse, elle doit impliquer tous les secteurs de la communauté au sein d'une stratégie holistique de la gestion de glissement de terrain.

Le risque de submersion marine

Sur la côte, le risque de submersion marine est actuellement déterminé par une la combinaison d'une élévation du niveau de la mer et de l'action des vagues. Les niveaux de la mer sont déterminés par les marées, qui sont contrôlées par le mouvement de la lune et des planètes, et par des surcotes provoquées par les variations de la pression atmosphérique et par la vitesse des vents sur la surface de l'eau. Les marées, les surcotes marines et l'action des vagues peuvent être modifiées de manière importante par la forme et les caractéristiques des fonds marins à la côte. L'expansion mondiale des océans, provoquée notamment par l'élévation des températures mondiales et la fonte de la banquise, provoquera par ailleurs dans le futur l'élévation du niveau de la mer.

L'inondation côtière peut être provoquée par une combinaison des niveaux des marées et des surcotes qui dépassent les niveaux des digues, mais elle est plus habituellement due à l'action des vagues combinée à ces niveaux des eaux élevés. À proximité du rivage, la hauteur maximum des vagues est étroitement liée à la profondeur de l'eau et au 'run-up' des vagues et la surverse est fonction de la nature et de la configuration du littoral. Les infrastructures de défense de la côte, y compris les digues, les barrières de protection contre la marée, et les contrôles qui s'y rattachent, influencent les trajectoires et ont pour objectif de contrôler l'impact de l'eau qui passe par dessus les défenses ou à travers des brèches sur la zone côtière inondable. Les digues fonctionnent souvent en conjonction avec les techniques de gestion de la plage et de l'estran, telles que le rechargement des plages et les brises lames, pour contrôler l'énergie des vagues, améliorer la résistance des structures côtières et limiter la surverse des vagues.

Les submersions peuvent avoir des impacts graves sur les personnes en termes de détresse, blessures ou perte de vies. Les services d'urgences et les services publics doivent également faire face à une demande considérable au cours de ces événements, et ce plus particulièrement dans les zones urbanisées (Environment Agency, 2005¹⁰). Les submersions côtières mais aussi les inondations dans les terres peuvent provoquer des dégâts importants pour les biens et les développements ainsi que des perturbations au niveau des entreprises et des autres services.

L'inondation est un souci majeur auquel les communautés côtières doivent faire face, en particulier lorsque l'on considère les estimations prévues de l'élévation du niveau de la mer. EM-DAT, la base de donnée internationale des catastrophes, suggère qu'entre 1998 et 2002 les inondations ont représenté 43% des toutes les catastrophes (Agence Européenne pour l'Environnement, 2004¹). Au Royaume Uni, plus de 2 millions de biens côtiers et fluviaux sont menacés par le risque d'inondation, et 80.000 résidences urbaines par des pluies torrentielles qui pourraient submerger les égouts (Foresight, 2004)²². Dans le sud-est de l'Angleterre, les zones à risque d'inondation représentent 11% du total des terrains constituant un risque pour 235.000 biens (Environment Agency, 2005¹⁰). Sans une action adaptée, il est prévu que les risques d'inondation augmentent et atteignent des niveaux inacceptables pour de nombreuses populations, non seulement pour les personnes et les biens, mais aussi pour les entreprises, les hôpitaux et les services d'urgence. Il est estimé que, si les politiques de gestion des inondations et les dépenses restent inchangées, les pertes annuelles au Royaume Uni augmenteront quelque soit le scénario de changement climatique d'ici aux années 2080. Cependant, le degré d'augmentation dépendra essentiellement d'un certain nombre de facteurs y compris de l'importance du changement climatique et de la mesure où les enjeux continueront à être situés dans des endroits vulnérables. Ceci s'applique à toutes les communautés côtières de l'Union Européenne. L'intégration du risque d'inondation dans le processus d'aménagement et de développement est une façon d'aider à réduire les coûts futurs pour les communautés côtières en termes de pertes économiques, sociales et environnementales.

La recherche a démontré que les alertes d'inondation peuvent réduire de plus de 25% les dommages aux biens, mais seulement si la communication est bien effectuée (Parker et al 1991, cité dans Crichton, 2003¹²). Avec la technologie disponible de nos jours, la possibilité de donner une alerte précoce a permis à des structures comme celle de la 'Thames Barrier' à Londres d'être extrêmement efficaces dans la prévention de pertes de millions de Livres Sterling pour les personnes, les biens et les entreprises qui se trouvent dans la zone inondable. L'Agence pour l'Environnement estime que les coûts d'une inondation grave dans le centre de Londres pourrait atteindre 30.000 millions de Livres Sterling, et ce avant de prendre en considération les coûts en vies humaines (Environment Agency, 2004¹³). Par comparaison, l'investissement initial nécessaire à la construction de la barrière et des défenses associées a atteint approximativement 535 millions de Livres Sterling (évalué à 1.300 millions de Livres Sterling aux prix de 2001), alors que le coût de fonctionnement et de maintenance de la barrière et des défenses associées est d'approximativement 6 millions de Livres Sterling par an, plus 5 millions de Livres Sterling (aux prix de 2001) pour les digues et les remblais (Environment Agency, 2004¹³). L'Agence pour l'Environnement exploite de nombreuses barrières plus petites au Royaume Uni qui seraient également utilisées en conjonction avec les procédures de réponse d'urgence.



Planche 2.3: Selsey près de Chichester, dans le comté du West Sussex, au Royaume Uni. Les risques majeurs de submersion sont concentrés sur les campings de caravanes, l'unique route au nord, et le lotissement résidentiel à l'est. Les terrains à l'ouest et au nord sont protégés par une étroite ride de graviers de 4 km de long, tandis qu'à l'est plus de 1.000 résidences et entreprises sont protégées par une plage de 1,2 km de long stabilisée par des brises lames et une digue de béton construite dans les années 50.

Quantifier et Atténuer les Risques

Les coûts des aléas naturels dans les zones côtières tombent globalement dans trois catégories : économiques, sociaux et environnementaux.

Les coûts économiques peuvent être divisés en deux catégories principales:

- les coûts de la remédiation et de la prestation d'urgence lorsqu'un évènement dangereux se produit (s'applique surtout aux glissements de terrain et aux submersions)
- les coûts de mitigation des effets des aléas naturels

Les coûts économiques sont les plus importants en terme financier. Ils sont peut-être les plus importants du point de vue des autorités locales et des organisations responsables de la gestion des défenses côtières. Il existe également des 'coûts indirects' tels que les coûts d'assurances, la dépréciation de la valeur d'un bien ou d'un terrain et les actions légales.

Le coût d'une réponse d'urgence peut inclure des travaux d'urgence de protection de la côte, les évacuations, l'hébergement temporaire, la mobilisation des services d'urgences et de secours, le coût des enquêtes, des retards au niveau des transports et autres interruptions. L'atténuation des risques est également très coûteuse et nécessite une recherche dans le domaine de l'évolution des risques côtiers et la préparation de plans et de stratégies de haut niveau pour soutenir l'élaboration des politiques d'aménagement, le coût des programmes de protection de la côte, y compris la conception et la construction, ainsi que le coût de la surveillance de la côte.

Les coûts sociaux des aléas naturels sont essentiellement intangibles. Les accidents mortels peuvent être mesurés en termes réels alors que les facteurs liés à la santé tels que le stress et la dépression, qui peuvent être liés au risque, ne peuvent pas être mesurés de la même manière. Les autres facteurs qui peuvent avoir un impact sur l'individu ou la société sont essentiellement liés au désagrément et sont plus difficiles à mesurer.



Le village de Sirolo sur la côte Adriatique en Italie, au sud d'Ancona, est situé au sommet d'une falaise de 125 mètres surplombant la mer. En parallèle de la surveillance du glissement de terrain, d'importants travaux d'engineering ont été entrepris pour diminuer les risques de mouvements de la déclivité.



Planche 2.4: Mesures de stabilisation du glissement de terrain y compris des ancrages au sol aident à réduire les risques des déclivités vers la mer en dessous de la ville historique de Sirolo dans la Région Marche en Italie.

Les coûts environnementaux sont difficiles à quantifier car les aléas naturels favorisent la modification naturelle de la côte. Les zones côtières abritent une profusion de sites d'importance écologique (par exemple les sites SPA, SAC ou RAMSAR) et la législation demandera peut-être de protéger ces sites de l'érosion ou des inondations afin de les conserver en bon état. Des atténuations du risque environnemental et, lorsque possible, des améliorations peuvent entraîner des coûts supplémentaires importants pour les projets de construction.

Les coûts qui résultent des aléas naturels peuvent s'avérer un fardeau important pour les contribuables au niveau local, en particulier en terme de financement de la réponse d'urgence. Le changement climatique va accroître la fréquence et l'intensité des aléas naturels, ce qui contribuera à l'accroissement du fardeau financier auquel doivent faire face les autorités régionales et locales et les services des dépenses publiques. La réponse d'urgence joue un rôle important dans la minimisation des coûts potentiels d'un événement dangereux. L'alerte avancée et l'alerte préventive sont essentiellement un moyen de réduire les coûts sociaux des événements dangereux, et plus particulièrement ceux du type examiné dans ce rapport, permettant de mettre en œuvre les procédures d'évacuation de manière efficace et aux communautés à risque, de chercher refuge. Pour ce faire, les systèmes d'alerte avancée sont composés de trois éléments:

- prévoir et prédire les événements imminents;
- traiter et diffuser les alertes aux autorités politiques et à la population;
- entreprendre la réaction appropriée aux alertes.

Ces mesures permettent de minimiser le coût en souffrance humaine et en vies mais les pertes économiques d'un événement inévitable sont plus difficiles à contrôler, en particulier dans le cas de la perte de propriété due à un glissement de terrain.

Dans la plupart des pays européens, le gouvernement supporte le poids des coûts associés à la réponse d'urgence et à la remédiation. Les services d'urgence, les forces armées, les services d'aménagement d'urgence des autorités locales et les services nationaux de l'alerte aux inondations pourraient tous être mobilisés, ainsi que d'autres équipes de secours.

La conséquence d'un événement dangereux pour les propriétaires est un coût plus personnel ; impliquant parfois des décès ou des blessures mais aussi du stress. Les inondations et les glissements de terrain peuvent être des événements traumatisants pour ceux qui sont touchés, particulièrement lorsqu'ils sont prévenus peu de temps à l'avance. La hausse des franchises des assurances représente un coût supplémentaire pour les propriétaires et dans certains endroits il n'est plus possible d'être assuré. La valeur économique du temps de travail peut également être calculée ; la perte de temps de productif (travail) et de détente est souvent un facteur très important pour les propriétaires lors d'une catastrophe naturelle grave (UKCIP, 2004¹¹). Ceci peut être aggravé par la perturbation du réseau et des infrastructures de transport qui accompagne toujours les événements dangereux, en particulier les inondations. Les compagnies d'assurance doivent également faire face aux coûts des catastrophes naturelles ; les pertes mondiales des assurances pour les catastrophes naturelles ont presque atteint la barre des 100 milliards de dollars américains pour les années 90 (Munich Re, 2000, cité dans Crichton, 2003¹²), sans oublier le fait que les mouvements de sol ont presque coûté aux assureurs 1 million de Livres Sterling par jour en moyenne (ABI, cité dans Crichton, 2003¹²).

Une des méthodes les plus importantes de réduction du risque est de continuer à développer une 'culture de prévention'. Les mesures d'atténuation des aléas sont fondées en grande partie sur les technologies d'alerte telles que la télémétrie qui peut surveiller l'accumulation d'humidité dans les sols dans une aire d'alimentation qui pourrait servir d'alerte d'inondation subite en aval, ou des capteurs satellites qui pourraient enregistrer des signes révélateurs de collines qui s'effondrent avant qu'un incident se produise (ISDR, 2002¹⁴). Ceci ne permet pas d'éviter une catastrophe mais a le potentiel de limiter de manière importante l'impact sur les communautés vulnérables. Le monitoring est un moyen important d'offrir une base pour l'alerte avancée et l'alerte préventive. Ceci a pour objectif de réduire les coûts associés aux procédures de réponse d'urgence en encourageant la préparation face à un événement imminent soit en protégeant les personnes et les atouts menacé par les risques d'un aléa particulier, ou en évacuant ceux qui ne peuvent pas être protégés. Le jaugeage des eaux d'inondation, en particulier durant et après une forte chute de pluie, peut permettre des prédictions exactes de l'évolution des niveaux des eaux, basées sur la surveillance des événements précédents. Par conséquent, les zones à risque d'inondation potentielle peuvent faire l'objet d'une prédiction et une action adaptée peut être mise en place afin de minimiser les dégâts subits. Des capteurs montés sur des ponts peuvent servir de méthode efficace pour déclencher des alarmes lorsque le niveau de l'eau qui



Planche 2.5: Le village de Fairlight, East Sussex, Royaume Uni est situé au sommet d'une haute falaise de grès peu cohésif. Une partie du village (sur l'extrémité droite de la photo) bénéficie déjà d'une protection de la côte. Des travaux supplémentaires sont actuellement proposés pour protéger le reste de la façade urbanisée.



Planche 2.6: La partie du lido de Sète dans la région du Languedoc-Roussillon (France). La plage et la dune forme une barrière de basse altitude (système de lido) abritant des enjeux (route, chemin de fer, vignoble), et une lagune d'importance environnementale et économique. Les travaux de protection de la côte réduisent localement les risques d'érosion marine

coule sous le pont atteint une hauteur critique. Ceci permet de fermer les barrières anti-inondation lorsque possible et de minimiser les impacts d'une inondation. De même, le contrôle des mouvements de terrain et de la vitesse de l'érosion côtière peut permettre de faire des prédictions sur les mouvements futurs en terme de date et d'étendue.

La surveillance par satellite des mouvements de terrain peut permettre de détecter des changements minimes du terrain et d'aider à prédire l'emplacement les glissements de terrain potentiels. La surveillance est également à la base des décisions en rapport avec la politique de protection côtière, particulièrement lorsque l'analyse des tendances des données à long terme permet de bien comprendre le changement spatial côtier. Ceci peut également contribuer à nous donner un aperçu des effets du changement climatique à long terme et, par conséquent, du niveau de protection qui sera peut-être adéquat dans le futur. Il faut remarquer que, bien que le monitoring soit une aide précieuse pour la gestion des coûts des aléas naturels, il a, lui aussi, des coûts. Cependant, ces derniers sont faibles comparés aux dépenses qui seraient nécessaires pour faire face aux dégâts et aux pertes associés à un glissement de terrain ou une inondation non prévus, et les dégâts provoqués par des défenses inadéquates ou non durables érigées à la suite d'une prise de décision mal informée.

La recherche est le troisième élément d'une gestion efficace des aléas naturels côtiers. Les mesures de protection ont, traditionnellement, protégé la côte contre le niveau de risque actuel ; seuls certains états membres prennent en compte dans leur conception une élévation du niveau de la mer. Cependant, il est de plus en plus apparent, à la lumière des prévisions de changement climatique, que le niveau de l'aléa va varier de manière importante. Il est nécessaire d'anticiper le niveau de risque et de planifier en conséquence. La recherche de scénarios et des conditions futures aidera à s'adapter à ces nouvelles conditions, minimisant, de ce fait, les impacts des événements dangereux et les coûts qui y sont associés.

Le rôle du secteur des assurances

Les assurances cherchent activement à évaluer les tendances et les impacts croissants des aléas naturels et à reconnaître les effets du changement climatique. L'augmentation des pertes dues aux catastrophes naturelles, observée partout dans le monde depuis les dernières décennies et clairement reflétée par le poids des demandes d'indemnité des assurances, est la première et la plus évidente preuve que l'impact des changements environnementaux mondiaux provoqués par l'activité humaine est en croissance. Les changements au niveau de l'exposition au risque et de la vulnérabilité ne suffisent pas à justifier à eux seuls de l'augmentation des pertes dues aux catastrophes naturelles dans leur totalité. Au contraire, il y a de plus en plus de raisons de penser que la fréquence et l'intensité des catastrophes météorologiques naturelles sont de plus en plus influencées par les changements environnementaux globaux et avant tout par le changement climatique (Munich Re, 2003¹⁵).

L'assurance contre l'existence des aléas naturels présume que les risques qui leurs sont associés sont acceptés. Son objectif est de répartir le coût entre ceux qui sont touchés. Les aléas naturels sont un secteur en évolution constante du marché des assurances. Les dernières décennies ont connu une augmentation importante des pertes associées aux aléas naturels non seulement parce que la population mondiale a quadruplé, avec une concentration importante dans les zones côtières, mais également parce que le nombre de grandes catastrophes naturelles a triplé. L'inquiétude existe de ce que les pertes potentielles puissent se développer dans certaines zones et soient capables de pousser la capacité du secteur des assurances à ses limites (Munich Re, 2003¹⁵). De ce fait, les assurances ont essayé de jouer un rôle croissant dans la gestion des impacts des aléas naturels par le biais de mesures telles que les exclusions et l'encouragement des clients à ne pas uniquement compter sur des mesures d'atténuation des pertes mais également d'agir d'une manière respectueuse de l'environnement.

Dans les conséquences immédiates d'une catastrophe naturelle, une des méthodes les plus évidentes pour mesurer l'ampleur de l'événement est d'évaluer les coûts en terme de vies humaines. Ceci est particulièrement le cas pour les médias, étant le coût le plus parlant. Il a été estimé qu'en 2002, et ce en Europe, 459 décès ont été provoqués par des catastrophes naturelles, la majorité ayant été causée par des inondations (Munich Re, 2003¹⁵). En raison de la nature des catastrophes naturelles, le nombre de victimes au cours d'une année quelconque n'est pas souvent représentatif des pertes moyennes sur un certain nombre d'années. De ce fait, un chiffre pour les pertes moyennes illustre plus exactement la vulnérabilité. Les pays ou les régions les plus pauvres sont souvent plus vulnérables car moins bien équipés pour se protéger et se préparer. Ces endroits connaîtront également des développements dans des zones à risques, entraînant des coûts humains plus importants lorsqu'une catastrophe naturelle se produit.

Vivre dans une zone sujette à l'aléa et savoir que l'on court un risque potentiel peut contribuer à un niveau de stress élevé. L'Evaluation Globale de la Vulnérabilité effectuée pour l'IPCC (Nations unies) a évalué que, suite à l'élévation du niveau de la mer, le nombre annuel de victimes de l'érosion ou des inondations côtières devrait atteindre 158.000 en 2020 (EUrosion, 2004⁴). Si l'on prend en considération le nombre supplémentaire de personnes touchées par les glissements de terrain et autres problèmes hydrogéologiques, ce chiffre augmente de façon spectaculaire.

La recherche effectuée à la suite une inondation grave à Lewes, dans le comté du Sussex, sur la côte sud de l'Angleterre souligne certains des problèmes potentiels liés à la santé pour les personnes exposées au risque. Lewes a subi une inondation grave en l'an 2000 et il a été constaté que les habitants des maison inondées étaient quatre fois plus susceptibles de souffrir de maladies psychologiques que les autres, et que l'inondation était également associée à un risque accru de maux d'oreilles, d'état nauséeux et de vomissements (Health Protection Agency, 2004¹⁶). Il a également été remarqué que les inondations graves vont peut-être devenir encore plus monnaie courante en raison du changement climatique. Il est de ce fait important de comprendre les conséquences à long terme sur la santé afin qu'il soit possible de renseigner les politiques sur la prévention des inondations et d'apporter un soutien aux individus et aux communautés touchées par les inondations (Health Protection Agency, 2004¹⁶).

Le secteur des assurances est de plus en plus impliqué dans le domaine de l'atténuation des aléas en identifiant les zones dans lesquelles le risque est considéré comme étant trop grand pour justifier d'une assurance. Le système de planification de l'urbanisme limite également de plus en plus les promoteurs quand aux endroits où ils peuvent construire. De cette manière, les personnes sont guidées vers des zones à plus faible risque où les pertes seraient moins substantielles en cas d'évènement dangereux. Cependant, en conséquence, les personnes ne pourront peut-être pas vivre à l'endroit qu'elles souhaitent et sont donc victimes d'un choix forcé.

Les conséquences financières du changement climatique et des risques côtiers

Les effets du changement climatique prédit inquiètent énormément les responsables de la gestion des risques côtiers. Sans une planification côtière plus efficace et plus intégrée, les conséquences pour la zone côtière pourraient être graves. L'augmentation de l'intensité des précipitations ainsi qu'une élévation du niveau de la mer et l'accroissement de la fréquence des tempêtes, vont augmenter le risque d'inondations côtières. Ceci aura des conséquences particulières pour les zones sensibles qui se situent déjà en dessous ou qui approchent du niveau de la mer moyen, comme par exemple les traits de côte hollandais et allemands de la Mer du Nord (IPCC, 2001¹⁷).

L'Europe du sud semble également plus vulnérable à ces perturbations, mais on note que l'Europe du nord a déjà été fréquemment exposée aux submersions côtières (Acacia, 2000¹⁸). L'élévation du niveau de la mer va aggraver les risques auxquels les communautés côtières doivent déjà faire face, car elle va probablement promouvoir l'érosion côtière et induira la submersion marine le déplacement des zones humides et des plaines, l'érosion du trait de côte, et la détérioration de la qualité de l'eau (IPCC, 2001¹⁷). En effet, le projet EUrosion (2004⁴) souligne que 'les perspectives d'une élévation du niveau de la mer supplémentaire, due au changement climatique et à l'héritage d'une mauvaise gestion passée, signifient que l'érosion côtière sera un souci croissant pour l'avenir'.

Les impacts potentiels d'une élévation du niveau de la mer de 1 mètre dans certains pays européens suggèrent que 13 millions d'habitants de cinq pays européens pourraient subir des submersions marines, l'impact potentiel le plus fort étant sur les Pays Bas. Des parties importantes des zones côtières de l'Europe sont submersibles et vulnérables aux inondations provoquées par la marée haute et la houle et la surcote des tempêtes, qui seront exacerbées par les effets du changement climatique tels que l'élévation du niveau de la mer et l'accroissement de l'intensité ou de la fréquence des tempêtes. Il est estimé que 9% de toutes les zones côtières européennes (sous la forme d'une bande de 10 kilomètres) se situent en dessous de 5 mètres d'altitude et potentiellement vulnérables à l'élévation du niveau de la mer, avec 85% de la côte des Pays et de la Belgique à moins de 5 mètres d'altitude, 50% de l'Allemagne et de la Roumanie, 30% de la Pologne et 22% du Danemark à moins de 5 mètres d'altitude, où 100% de la population habite à moins de 50 kilomètres de la côte. Au Royaume Uni, 75% de la population habite à moins de 50 kilomètres de la côte, alors que la moyenne pour l'Union Européenne est de 33% (EEA, 2005¹⁹).

Les conséquences potentielles des événements climatiques extrêmes tels que les précipitations et les tempêtes sont également préoccupantes. Des précipitations plus intenses ont déjà été enregistrées. Selon les prédictions pour le futur des scénarios où le climat se réchauffe, le climat d'Europe du Nord sera

généralement plus pluvieux avec un nombre plus élevé de jours à fortes pluies et des périodes de sécheresse en été. L'Europe du sud deviendra quand à elle généralement plus sèche avec des sécheresses prolongées plus sévères et un plus grand volume de pluie tombant les jours très pluvieux. La pluviosité en hiver va augmenter et entraînera, pour la majeure partie de l'Europe, une augmentation du risque d'inondation, y compris des conséquences pour les crues subites, les systèmes d'égouts, la gestion des eaux, l'érosion, la stabilité des déclivités et le renouvellement de la nappe phréatique.

En Europe de l'ouest, le nombre de tempêtes violentes au cours de l'hiver est prévu à la hausse. La vulnérabilité de l'Europe du point de vue des orages est démontrée par l'impact de la tempête Lothar en France le 26 décembre 1999, qui a tué 87 personnes et détruit 5.000 km² de forêt. En Europe de l'Ouest (par exemple au Royaume Uni, en France et en Allemagne), il est prévu que les vents de tempête vont faire augmenter les dommages et pertes de biens de 15% en 2070-2099 (comparé à la base de 1961-1990) avec adaptation ou d'au moins 20% sans adaptation. En 1999, par exemple, une série de trois tempêtes ont provoqué 16 millions d'euros de pertes économiques aux prix de 2004 (MICE Project, 2005²⁰).

La recherche récente en sciences du changement climatique se concentre de plus en plus sur le changement climatique rapide. Alors que le changement climatique graduel est attendu au cours du siècle prochain, certain processus ont peut être un seuil de déclenchement qui, une fois dépassé, rendra les changements inévitables, parfois soudains et fréquemment irréversibles. Bien qu'il soit difficile de quantifier le risque de ces événements et que leur probabilité à se produire soit faible dans le climat actuel, ils pourraient avoir un impact très important : Estimer leurs conséquences européennes et régionales permet de prévoir le la pire hypothèse de changement climatique pour les études des impacts et l'aménagement adapté.

Dans le classement par pertes économiques, l'Europe a subi la quatrième plus grande catastrophe naturelle en 2005, la tempête hivernale Erwin/Gudrun a causé 18 victimes, 5.800 millions de dollars américains de pertes financières dont 2.500 dollars américains de pertes assurées (Munich Re, 2006¹⁵). En juin 2005, l'Europe a également subi des dégâts importants dus au changement climatique, et se réchaufferait 40% plus vite que le monde en général. Les tempêtes de 1999 et les inondations de 2002 ont chacune coûté 13 milliards d'euros, alors que la vague de chaleur de 2003 a coûté 10 milliards d'euros. La Commission Européenne a estimé le coût futur des dégâts cumulatifs globaux et potentiels, si aucune action n'est entreprise, à 74 trillions d'euros (à la valeur actuelle de l'euro).

L'IPCC a compilé une sélection de chiffres nationaux pour souligner l'échelle des atouts humain et écologiques qui pourraient être affectés par l'élévation du niveau de la mer, qui sont montrés dans le tableau suivant (IPCC, 2001¹⁷):

Pays	Scénario d'élévation du niveau de la mer (m)	Population des zones inondables		Population Inondée par année		Perte de moins value		Perte de terrains		Perte de zones humides	Coûts d'Adaptation	
		# 10 ³	% total	# 10 ³	% total	US\$ 10 ³	% PNP	Km ²	% total	(km ²)	US\$ 10 ⁹	% PNP
Pays-Bas	1.0	10,000	67	3,600	24	186	69	2,165	6.7	642	12.3	5.5
Allemagne	1.0	3,120	4	257	0.3	410	30	n.a.	n.a.	2,400	30	2.2
Pologne	0.1	n.a.	n.a.	25	0.1	1.8	2	n.a.	n.a.	n.a.	0.7	2.1
Pologne	0.3	n.a.	n.a.	58	0.1	4.7	5	845	0.25	n.a.	1.8	5.4
Pologne	1.0	235	0.6	196	0.5	22.0	24	1,700	0.5	n.a.	4.8	14.5
Estonie	1.0	47	3	n.a.	n.a.	0.22	3	>580	>1.3	225	n.a.	n.a.
Turquie	1.0	2,450	3.7	560	0.8	12	6	n.a.	n.a.	n.a.	20	10

Note: Impacts de l'élévation du niveau de la mer dans certains pays européens, si l'on ne présume d'aucune adaptation, et avec coûts d'adaptation (d'après Nicholls et de la Vega-Leinert, 2000. 'Les résultats nationaux disponibles soulignent les valeurs humaines et écologiques élevées qui pourraient être touchées par l'élévation du niveau de la mer. Le tableau indique les résultats des évaluations nationales aux Pays-Bas (Baarse et al., 1994; Bijlsma et al., 1996), en Pologne (Zeidler, 1997), et en Allemagne (Sterr and Simmering, 1996; Ebenhöf et al., 1997) pour les aménagements existants et tous les coûts ajustés en Dollars américains (en 1990). Dans le tableau, l'adaptation présume d'une protection sauf dans les zones à faible densité de population. Les personnes exposées au risque signifie le nombre de personnes inondées par une tempête soudaine dans une année moyenne. Les coûts d'adaptation / de protection pour la Pologne comprennent le capital et les coûts annuels ; le pourcentage du PNB présume que l'occurrence des coûts se fait à l'année 1. Les études régionales et locales en East Anglia, au Royaume Uni (Turner et al., 1995), sur la côte sud du Royaume Uni (Kron et al., 1997), et en Ukraine (Lenhart et al., 1996) ainsi que les rapports régionaux (Tooley et Jelgersma, 1992; Nicholls et Hoozemans, 1996) soutiennent également cette conclusion. Beaucoup de grandes villes européennes comme Londres, Hambourg, St Petersburg et Thessaloniki sont construites sur des estuaires et des lagunes (Frassetto, 1991). Ces endroits sont déjà exposés aux tempêtes violentes, et le changement climatique est un facteur important à prendre en considération pour l'aménagement et le développement à long terme.'

Figure 2.7: Les impacts de l'élévation du niveau de la mer dans certains pays européens, si l'on ne présume d'aucune adaptation, et avec des coûts d'adaptation ; Extrait du Rapport IPCC 'Changement Climatique 2001 : Groupe de Travail II : Impacts, Adaptation & Vulnérabilité, Chapitre 13, Tableau 13-5" (IPCC, 2001).

Les Pays-Bas sont confrontés aux plus grandes pertes potentielles des pays sélectionnés, avec une perte de moins-value de 69% de leur PNB et une perte en terrain de 6,7% du total. Ceci représente une perte énorme, en particulier lorsque l'on considère que les pertes potentielles du deuxième pays le plus touché parmi ceux sélectionnés, c'est-à-dire l'Allemagne, n'atteint que 30% du PNB total, moins de la moitié en comparaison. Cependant, on peut observer l'importance de déterminer un scénario précis de l'élévation du niveau de la mer, avec les pertes en terrain subies variant de 0,1 à 0,5% du total. Cette variation dans les prédictions rend difficile la tâche des gestionnaires côtiers de planifier de manière efficace pour le futur.

Les assurances, outil de gestion des risques dans le contexte du changement climatique

Les dernières décennies ont connu un souci grandissant lié à l'importance et la fréquence des catastrophes naturelles, avec des conséquences importantes pour le secteur des assurances en Europe. Ceci est principalement dû à la croissance constante de la population et à la concentration en augmentation des personnes et des valeurs économiques dans les zones urbaines (Berz, 1999²¹). Ce à quoi vient également s'ajouter le changement climatique, dont on s'attend à ce qu'il aggrave les problèmes existants en entraînant une augmentation des surcotes marées, des tempêtes et de pluies torrentielles, qui entraîneront dans le futur des submersions marine de l'érosion côtière et des instabilités de falaises.

Il est prévu que la facture des assurances, pour les événements climatiques extrêmes et l'élévation du niveau de la mer, soit multipliée par dix d'ici à 2050, rendant certains endroits inassurables. L'augmentation est principalement due à 'des valeurs économiques et des responsabilités assurées grandissantes dans des zones métropolitaines fortement exposées' (Berz, 1999²¹); les pertes vont provoquer la faillite de partie de ce secteur, et nécessiteront une action du gouvernement pour freiner le changement climatique. Les coûts pour l'industrie des assurances peuvent être réduits par des mesures d'adaptation, si des initiatives sont prises rapidement. L'industrie des assurances elle-même aura à jouer un rôle de plus en plus actif dans le contrôle de ses coûts (Acacia, 2000¹⁸).

C'est dans cette optique que nous devons trouver des stratégies d'adaptation adéquates, qui prennent en compte l'existence continue du risque dans la zone côtière. De nombreux impacts de l'élévation du niveau de la mer pourraient être évités ou gérés de manière efficace pour peu que l'on prenne des mesures proactives aujourd'hui (Acacia, 2000¹⁸). Cependant, ceci nécessite le développement de stratégies de planification à long terme pour la gestion du littoral. En effet, Foresight (2004)²² souligne que 'les décisions prises aujourd'hui auront un impact profond sur l'ampleur des risques d'inondation que les générations futures auront à gérer. Elles auront également une forte influence sur les options disponibles pour gérer ces risques'. Les stratégies des communautés côtières de l'Union Européenne varieront énormément en fonction d'un nombre de facteurs. Clairement, une évaluation de la valeur économique des enjeux mis à risque sera effectuée ; ceci sera influencé par le niveau de financement disponible pour le travail de protection. Klein (et al, 1999, cité dans IPCC, 2001¹⁷) argumentent qu'une adaptation réussie nécessite une approche intégrée, intégrant la reconnaissance de la nécessité 'd'adaptation, de planification, de mise en œuvre et d'évaluation'. L'Agence Européenne (2004)¹ pour l'environnement estime que la nécessité d'adaptation au changement climatique devrait débuter dès que possible car;

- 'une adaptation préventive et par anticipation est plus efficace et moins coûteuse qu'une adaptation d'urgence, forcée et de dernière minute, ou qu'une modification rétroactive' et
- 'le changement climatique sera peut-être plus rapide et plus prononcé que les estimations le suggèrent. Il existe un risque de sous dimensionnement et pour la potentialité d'événements soudains et inattendus'.

Les responsabilités de la prise en charge des aléas naturels et des impacts du changement climatiques sont souvent divisées au niveau national, les problèmes de gestion des catastrophes, la prévention et les secours souvent associés à la Défense Civile ou au Ministère de l'Intérieur, tandis que les réglementations concernant le changement climatique et la coopération internationale sont souvent gérées par les Ministères chargés de l'Environnement et de l'Energie (Sperling and Szekely, 2005²³). Une coopération active et un partage de l'information sont nécessaires à une planification d'adaptation efficace à son plus haut niveau. De même, des synergies sont essentielles en termes de liens entre les régions et les autorités locales en intégrant les conseils et les directives du gouvernement central.

Une des difficultés de l'évaluation des conséquences financières du changement climatique est le manque de données cohérentes sur les coûts des aléas individuels dans les zones côtières. Il est reconnu que les

chiffres exacts des pertes économiques sont toujours difficiles à déterminer car les données ne sont disponibles que pour une partie de tous les événements qui se sont produits pour une période donnée. Fréquemment, la majorité des coûts sont regroupés dans des catégories générales. Un défaut supplémentaire est l'absence apparente de chiffres pour des zones plus localisées, la majorité des chiffres étant donnés à l'échelle globale, européenne ou nationale. De plus, il est difficile de comparer les coûts entre les états membres de l'Europe à cause du manque de méthode uniforme de collecte des données. Le fait d'annoncer des pertes à l'échelle de l'Union Européenne ne reflète pas la disparité des pertes pour les pays individuels ; l'impact peut varier de manière importante et peut être particulièrement sérieux pour les pays dont l'économie est en transition. De même, les estimations ont tendance à varier d'une source à l'autre, en particulier lorsque certains documents utilisent des estimations alors que d'autres donnent un coût réel.

L'ampleur grandissante des coûts associés aux aléas naturels dans la zone côtière (et plus particulièrement en terme de dégâts provoqués, de protection et de maintenance des défenses) est un souci majeur. Les coûts associés à la protection des enjeux sont faibles en comparaison des pertes induites si aucune action n'était mise en place, et se révèlent donc rentables. Cependant, malgré l'incertitude des conditions futures, il est reconnu que le changement climatique va entraîner de plus en plus d'augmentations importantes du coût des aléas naturels dans les décennies à venir. Il sera impossible de développer des stratégies qui nient l'existence du changement climatique car le niveau de risque futur ne peut pas être défini à ce niveau de précision. Il est donc seulement possible de diminuer le risque et la vulnérabilité des aléas naturels à un niveau acceptable.

Il est reconnu que il faut investir plus pour réagir contre l'augmentation prévue des coûts associés au changement climatique dans les zones côtières. Ceci restera rentable, même si la valeur des enjeux menacés par un risque n'augmente pas comme prévu. La cartographie des aléas permettra de proposer une base efficace pour la gestion des aléas naturels en aidant à éviter les zones du trait de côte impropres au développement. Avec l'incertitude concernant le changement climatique, il est demandé d'intégrer les risques associés aux aléas naturels dans la planification, afin d'en contrôler les impacts et les coûts. De cette manière, il sera possible d'aller vers une culture de la prévention, recommandant une action préventive rentable plus qu'une réparation post-catastrophe coûteuse.

Le Projet Response de LIFE-Environnement propose une méthodologie aux autorités régionales et locales, et autres groupes d'intérêt, pour identifier et évaluer les risques découlant du changement climatique le long de leur trait de côte, leur permettant d'établir la liste des priorités et d'aider à la formulation de réponses préventives et rentables. Le Projet Response offre également toute une gamme d'exemples d'innovation et de bonnes pratiques pour démontrer comment, une fois identifiés, ces risques peuvent être gérés.

References

1. Agence Européenne pour l'Environnement, 2004. 'Cartographier les impacts des catastrophes naturelles récentes et des incidents technologiques en Europe'. Problème Environnemental - rapport No. 35.
2. Munich Re, 2006. 'Rapport Annuel: Catastrophes Naturelles 2005'. Knowledge Series, Topics Geo. 302-04772. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Allemagne.
3. Lee, E. M. et Moore, R., 2004. 'Response project briefing notes relating to risks'. Birmingham.
4. EUrosion, 2004. 'Vivre avec l'érosion côtière en Europe: Espaces et Sédiments pour un Développement Durable, PARTIE I: Principales conclusions et Recommandations Politiques du projet EUrosion'.
5. Thompson, A., Hine, P. D., Poole, J. S. et Grieg, J. R., 1998. 'Environmental geology and landuse planning'. Symonds, Travers Morgan rapport pour le DETR, Londres.
6. Jones, M., 1999. 'Winds of change'. New Civil Engineer, London.
7. McInnes, R., Tomalin, D. et Jakeways, J., 2000. 'LIFE-Environment Project: LIFE - 97 ENV/UK/000510 1997-2000 Coastal change, climate and instability: Final Technical Report'. Isle of Wight Council, Ile de Wight, Royaume Uni.
8. Jones, D. K. C., 1992. 'Landslide hazard assessment in the context of development'. 117-141 I 'Geohazards - natural and manmade'. McCall et al (Eds), Londres.
9. Jones, D. M. C. et Lee, E. M., 1994. 'A review of Landsliding in Great Britain'. Department of the Environment, Royaume Uni.
10. Environment Agency, 2005. 'State of the Environment Report'. Crown copyright.
11. UKCIP, Metroeconomica, 2004. 'Costing the impacts of climate change in the UK: Overview of guidelines'.

12. Crichton, D., 2003. 'Climate Change, risk and insurance'. South East Climate Change Forum Annual Conference, Oxford. Voir <http://www.climatesoutheast.org.uk/>
13. Environment Agency, 2004. for Thames Barrier data:
<http://www.environment-agency.gov.uk/regions/thames/>
14. ISDR, 2002. 'Vivre avec le Risque: Un rapport mondial des initiatives de réduction des catastrophes'. UN: Suisse.
15. Munich Re, 2003. 'Les catastrophes naturelles et le changement climatique - les peurs des compagnies d'assurance et les réponses possibles'. www.munichre.com Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Allemagne.
16. Health Protection Agency, 2004. www.hpa.org.uk/hpa/news/articles/issues/
17. IPCC, 2001. 'Climate Change 2001: Synthesis Report'. Cambridge University Press, Cambridge.
18. Parry, M. L. (Ed), 2000. 'Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: The Europe Acacia project'. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, Royaume Uni. Egalement résumé: Parry, M. L. (Ed), 2000. 'Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: Summary and Conclusions'. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, Royaume Uni, 24pp.
19. Agence Européenne pour l'Environnement, 2005. 'Vulnérabilité et Adaptation au Changement Climatique en Europe'. Rapport Technique no. 7/2005 de l'EEA, Ebauche, Copenhague.
20. MICE, 2005. 'Modelling the Impacts of Climate Extremes' (MICE Project). August 2005. Funded by the EU Energy, Environment and Sustainable Development Programme (Contract EVK20CT2001-0018), MICE team, University of East Anglia, UK.
21. Berz, G. A., 1999. 'Catastrophes and Climate Change: Concerns and Possible Countermeasures of the Insurance Industry'. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4: 283-293, 1999.
22. Foresight, 2004. 'Future Flooding Executive Summary'. Office of Science and Technology, Royaume Uni.
23. Sperling, F. et Szekely, F., 2005. 'Disaster Risk Management in a Changing Climate'. Document de Discussion prepare pour la Conférence Mondiale sur le Réduction des Catastrophes pour le compte du Vulnerability and Adaptation Resource Group (VARG). Réimpression avec Addendum sur les conclusions de la Conférence. Washington, D.C.
24. LGA - Local Government Association, 2004. 'Sustainable energy and climate change, a survey of local authorities'. LGA Publications, Londres.



Planche 2.7: A Criel-Sur-Mer sur les côtes de la Manche en France, l'érosion rapide de la ligne de falaise de craie à pic a entraîné la perte de résidences se trouvant en haut de la falaise. Pour des raisons environnementales et économiques, la défense de la côte n'a pas été une option possible ; récemment une rangée des propriétés les plus vulnérables (A) a été détruite selon les dispositions de la Loi Barnier.

Chapitre Trois

Cadre Légal et Administratif de la Gestion des Risques Côtiers

La géologie et la topographie du trait de côte de l'Union Européenne présentent une énorme variété de conditions côtières, d'aléas naturels et de problèmes dus au développement historique dans des zones inadaptées ou peu stables. L'interaction entre l'érosion côtière, la stabilité du terrain et l'aménagement, induit le besoin d'une planification adaptée et d'un cadre légal afin d'assurer un aménagement adéquat, mais une gestion holistique de la côte. Dans certains cas, l'érosion côtière et inondations sont continues, et dans d'autres cas, épisodiques car déclenchées par des événements climatiques, ou par l'effet de l'érosion due aux intempéries ou enfin par l'intervention de l'homme. Quel que soit la nature du problème, il est nécessaire d'adopter une approche saine vis-à-vis de la planification et de l'aménagement des terrains côtiers, qui tienne compte du contexte géologique et environnemental.

Ce chapitre examine la législation la réglementation et la gestion des aléas naturels aux divers niveaux administratifs. Elles sont illustrées d'exemples dans divers états membres de l'Europe. Le développement durable des zones côtières et la gestion des ressources côtières de manière intégrée sont deux orientations majeures. Ces orientations sont des concepts clefs lorsque l'on considère la gestion des aléas naturels dans les zones côtières.

Le concept de la durabilité a été proposé lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro. Elle a établi les principes fondamentaux et le programme d'action pour atteindre un développement durable. L'Agenda 21 a été adopté par plus de 178 gouvernements au cours cette conférence mondiale. Cet agenda est un plan complet de mesures à prendre au niveau global, national et local par les Nations Unies, les Gouvernements, et les Principaux Groupes dans tous les domaines où l'homme a un impact sur l'environnement. L'objectif du Chapitre 17 est 'la Protection des océans et de toutes les mers, y compris les mers fermées et semi fermées, et des zones côtières et la protection, l'utilisation rationnelle et la mise en valeur de leurs ressources biologiques' (NU, 2003¹).

Les objectifs de la zone A du programme (Chapitre 17.5 : une gestion intégrée et la mise en valeur durable des zones côtières et de l'environnement marin, y compris les zones économiques exclusives; sont les suivants : Les Etats côtiers proclament leur attachement à une gestion intégrée et à la mise en valeur durable des zones côtières et de l'environnement marin relevant de leur juridiction nationale. C'est pourquoi il est nécessaire notamment de mener les activités ci-après :

- Fournir une stratégie et un processus décisionnel intégrateur en y associant toutes les parties en cause, de manière à promouvoir la compatibilité et l'équilibre entre les différentes utilisations;
- Recenser les utilisations actuelles et prévues des zones côtières et leurs interactions;
- Concentrer l'attention sur des questions bien précises relatives à la gestion des côtes;
- Prendre les mesures préventives et les précautions voulues dans la planification et l'exécution des projets, y compris l'évaluation préalable et l'observation systématique des incidences de grands projets;
- Promouvoir l'élaboration et l'application de méthodes, telles que les inventaires des patrimoines naturels et environnementaux, qui reflète le changement de valeur dus à l'utilisation des zones côtières et marines - pollution, érosion marine, perte des ressources et destruction d'habitats par exemple;
- Permettre, dans toute la mesure du possible, aux particuliers, aux groupes et aux organismes intéressés d'accéder à l'information pertinente et offrir des possibilités de consultation et de participation à la planification et à la prise de décisions aux niveaux appropriés. (UN, 2003¹).

Les stratégies internationales sur le changement climatique ont été difficiles à finaliser car elles nécessitent un accord mondial. En 1998, Les Nations Unies ont créé le Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique (GICC). Ce groupe assemble des scientifiques représentant divers gouvernements de par le monde. Au cours des années 80, les discussions concernant le changement climatique se sont concentrées sur les questions de réchauffement ou de refroidissement de la planète; la formation du GICC a marqué un pas en avant important vers l'obtention de réponses scientifiques.

En 2005, le Protocole de Kyoto a été ratifié par 55 pays industrialisés qui se sont engagés à réduire, d'ici 2012, les émissions de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone.

La Déclaration de l'ONU de la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN) (1990-1999) a contribué à élargir le débat aux causes et aux conséquences sociales et économiques du risque de catastrophe. En 1999, les pays qui participaient au Forum du Programme International de la DIPCN

ont signé une Déclaration d'Intention, dans laquelle ils reconnaissent que le monde est de plus en plus menacé par des catastrophes à grande échelle, et conviennent d'agir pour garantir un monde plus sûr aux générations futures. A la suite de la DPCN, en 2000 a été initiée la Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes (SIPC) pour répondre à cet objectif en se concentrant sur les procédés nécessaires à la prise de conscience, l'évaluation et la gestion des risques de catastrophes.

Au niveau européen

La législation et les politiques européennes offrent un cadre stratégique pour tous les aspects de l'aménagement et du développement du territoire au sein de l'Union Européenne, y compris les aléas naturels. Le Schéma de Développement de l'Espace Communautaire (SDEP) a mis un accent croissant sur le besoin de développement durable et de protection de l'environnement. En conséquence, les facteurs géologiques liés au développement économique et à la régénération doivent être sérieusement pris en compte. Si, au sein de l'Union Européenne, les décisions de gestion et d'aménagement du territoire sont généralement prises au niveau local ou au niveau régional la Commission a, cependant, un rôle à jouer en s'assurant que les états membres tiennent compte des problèmes environnementaux lorsqu'ils préparent leurs plans d'aménagement du territoire.

Les facteurs géologiques sont directement liés à de nombreux problèmes d'aménagement et doivent, de ce fait, être sérieusement pris en considération lors de la prise de décisions concernant l'aménagement. Les directives européennes sur la Protection des Eaux Souterraines (80/68/CEE), la Gestion des Déchets (75/442, modifiée) et la Sécurité et la Santé (89/391, 89/654 et 92/57) ont toutes des impacts sur les problèmes de développement et d'aménagement en rapport avec l'instabilité des sols (Thompson, 1998²). Afin de permettre une meilleure circulation de l'information entre les décideurs politiques et les citoyens sur les problèmes d'utilisation des sols, et de manière plus générale, deux initiatives de la Commission - INSPIRE (Infrastructure d'Information Spatiale dans l'Union Européenne) et GMES (Surveillance Mondiale pour l'Environnement et la Sécurité) - ont pour objectif de faciliter l'accès des citoyens à l'information concernant l'environnement.

Plus de 80% des 377 millions de citoyens de l'Union sont citadins, dont une part importante dans les zones côtière. Le défi pour les décideurs politiques est de développer une approche durable et intégrée du développement urbain et de sa gestion qui soit en harmonie plutôt qu'en conflit avec les écosystèmes. Afin d'aider à relever ce défi, le Sixième Programme d'Action Communautaire pour l'Environnement a fait appel à la Commission pour développer une nouvelle 'Stratégie Thématique sur l'Environnement Urbain' afin d'aider à promouvoir une approche plus intégrée et une action de soutien au niveau local. En janvier 2004, la Commission a adopté la Communication COM (2004)60 'Vers une Stratégie Thématique sur l'Environnement Urbain', qui décrit les lignes directrices de la Commission dans cet objectif. En soulignant les problèmes et les défis auxquels les zones urbaines de l'Europe doivent faire face, et plus particulièrement la gestion urbaine de l'environnement, les transports urbains, la construction durable et la conception urbaine.

Enfin, la Commission souhaite améliorer l'aménagement, la gestion et l'utilisation des zones côtières européennes en encourageant une Gestion Intégrée des Zones Côtières. De nombreuses zones côtières européennes doivent faire face à des problèmes de dégradation de leurs ressources environnementales, socio-économiques et culturelles. Depuis 1993, la Commission a travaillé à identifier et promouvoir des mesures pour remédier à cette dégradation et améliorer la situation générale de nos zones côtières. Le Cinquième Programme Communautaire de 'Politique et d'Action en Relation avec l'Environnement et le Développement Durable' a été conçu en réponse à la demande du Conseil pour une stratégie Communautaire globale sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC).

De 1996 à 1999 ; la Commission a mis en œuvre un 'Programme de Démonstration pour la GIZC' conçu autour de 35 projets de démonstration et 6 études thématiques. En 1999, la Commission a résumé les résultats des ces études importantes dans des documents intitulé 'Une meilleure gestion des ressources côtières' et 'Leçons tirées de programme de démonstration de l'Union Européenne (Commission Européenne, 1999a³; 1999b⁴).

Les programmes de démonstration ont plus particulièrement identifié la nécessité d'un aménagement participatif pour la GIZC ; et la présence de divers conflits d'usage entre les acteurs de la zone côtière. Ces conflits proviennent d'intérêts concurrentiels, de cultures et de traditions différentes, de données inexacts, disputées ou non partagées, d'ignorance et de manque de préoccupation du besoin des autres, et de conflits d'intérêt sur des problèmes et de procédures spécifiques.

Sur la base des expériences et des conclusions du Programme de Démonstration, la Commission a adopté deux documents : Une communication de la Commission au Conseil et au Parlement Européen sur 'la gestion intégrée des zones côtières : Une stratégie pour l'Europe' (COM/00/547 du 17 Septembre 2002⁶); et une proposition de recommandation du Conseil et du Parlement Européen concernant la mise en oeuvre de la gestion intégrée des zones côtières en Europe (COM/00/545 of 8 Sept. 2002⁶). Cette recommandation a été adoptée par la Conseil et le Parlement le 30 mai 2002. La communication explique comment la Commission va travailler à la promotion de la GIZC par le biais d'instruments et de programmes communautaires. La Recommandation souligne les étapes que doivent suivre les Etats Membres afin de développer des stratégies nationales de GIZC. Les stratégies nationales doivent être remises à la Commission en 2006. Elles seront alors examinées afin de décider si oui ou non une nouvelle législation est nécessaire.

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/EC (DCE) est entrée en vigueur en 2000. Elle établit une nouvelle approche intégrée de la protection, de l'amélioration et de l'utilisation durable de l'eau des rivières des lacs, des estuaires, des eaux côtières et des eaux souterraines de l'Europe. La Directive contribue aux principes et aux objectifs principaux de la SDEP. La Directive propose un système de plan de 'gestion par bassins hydrographiques' comme étant le mécanisme principal permettant d'assurer la gestion intégrée des eaux souterraines et des eaux côtières. Des Districts Hydrographiques seront établis et caractérisés par l'écologie, la géologie, l'hydromorphologie, la démographie et l'utilisation des sols. Les eaux côtières seront rattachées au district hydrographique le plus proche et le plus adéquat ; Un District Hydrographique peut également être divisé en sous-bassins administratifs.

En janvier 2006, la Commission Européenne a proposé une Directive pour aider les états membres à prévenir et à limiter les inondations et leurs effets dévastateurs sur la vie, la santé, les biens, les infrastructures et l'environnement. Cette initiative a été prise non seulement en réponse aux récentes catastrophes en Europe, mais également parce que les décennies vont inévitablement connaître des risques d'inondations plus grands et des dégâts économiques importants. Cette proposition va créer un cadre européen pour la gestion des risques d'inondations qui non seulement se fonde sur la Directive Cadre de l'Eau, mais est également étroitement coordonnée à celle-ci. Un processus en trois étapes est proposé. Tout d'abord, les états membres doivent entreprendre une Première Evaluation des Risques d'Inondations de leurs bassins hydrographiques et de leurs zones côtières. Puis, lorsque des risques réels de dommages dus aux inondations existent, les états membres doivent alors développer des cartes indiquant les risques d'inondations. Enfin , des plans de gestion des risques d'inondations doivent être établis pour ces zones (Commission Européenne, 2006⁷).

Afin d'assurer des liens entre les disciplines scientifiques pertinentes telles que la géologie et les aléas naturels, la Commission a établi divers Groupes de Travail qui s'intéresseront aux prévisions météorologiques, à la cartographie des risques et à l'aménagement du territoire. Comme le stipule le Sixième Programme Communautaire d'Action pour l'Environnement, une 'Stratégie Thématique sur la Protection des Sols' est en cours d'adoption; elle doit aboutir à une politique communautaire de protection des Sols et une proposition de texte législatif pour une Directive Cadre pour la protection des sols (Commission Européenne, 2006⁸). Ces mesures prendront note des études préalables sur les risques d'érosion et comprendront des problèmes liés à la perte de terrains due aux glissements de terrain, à l'érosion et à l'altération .

Erosion, submersion et instabilité en zone côtière - Principes Politiques

Les recommandations pour une gestion durable du littoral reconnaissent que les processus naturels ne doivent être perturbés par les ouvrages de défense de la côte que lorsque des vies ou des enjeux importants sont mis à risques. Une évaluation des risques des zones côtières développées doit être effectuée dans le but de déterminer les impacts du changement côtier, de l'élévation du niveau de la mer et du recul de la côte, afin que les stratégies d'aménagement et de développement des zones puissent être déterminées. Les mesures de défenses doivent faire partie d'un plan stratégique pour la zone côtière en question, dans lequel tous les travaux de défense sont basés sur la bonne connaissance scientifique des processus naturels côtiers. Autant que possible, les mesures de défense de la côte doivent être incorporées au niveau national ou régional dans les plans de GIZC, qui:

- Sont basées sur une connaissance approfondie des processus géomorphologiques et écologiques côtiers;;
- Prennent en considération les relations entre les paramètres physiques, écologiques et économiques;
- Intègrent ces paramètres dans des stratégies de développement côtiers spécifiques ;
- Sont fondées sur des structures administratives et légales adaptées.

Autrefois, les individus et les entreprises privées évitaient les zones à haut risque, acceptaient que les pertes fussent le prix à payer pour vivre et travailler dans ces zones, ou cherchaient à 'améliorer' les conditions grâce



Planche 3.1: La ville côtière historique de Lyme Regis dans le Dorset, au Royaume Uni, a été développée sur un ensemble de glissements de terrain. Suite à des études détaillées et des enquêtes sur le terrain, un programme important de travaux de protection de la côte et de drainage des versants a été mis en œuvre afin de réduire l'érosion et le risque de glissement de terrain. Des travaux supplémentaires sont à l'étude pour la façade située à l'est.



Planche 3.2: West Bay, dans le comté du Dorset, Royaume Uni. L'amélioration des défenses côtières à West Bay a non seulement permis de réduire les risques encourus par les propriétés mais également d'offrir de meilleurs aménagements.

à des travaux de génie civil, dont la maintenance, les réparations et le nettoyage forment l'élément central de la plupart des stratégies concernant les aléas naturels (Lee et al, 2000⁹). Les assurances permettent désormais d'atténuer les pertes associées à certains aléas naturels, excluant cependant les pertes provoquées par l'érosion marine; occasionnellement celles-ci sont compensées à l'issues de procédures judiciaires. Depuis quelques siècles, le gouvernement de certains états membres a pris progressivement un rôle majeur en répondant à un certain nombre de problèmes spécifiques associés au contexte côtier Il s'agit

- du contrôle de l'aménagement dans les zones à risque et limiter les nouveaux aménagements dans des zones où le risque est connu, dans le cadre de la planification de l'aménagement;
- du financement public de travaux de défense côtière afin de prévenir l'érosion ou les inondations;
- du financement et de la coordination des secours et de la gestion de catastrophes majeures.

De façonj générale t, le coût et la complexité des travaux de défense côtière ou de remédiation aux glissements de terrain dépassent les capacités de la plupart des propriétaires à l'exception de certaines grandes entreprises ou de gros propriétaires terriens., Il est effectivement souvent impossible et non souhaitable d'essayer de protéger une seule propriété. Si tel était le cas, ceci entraînerait inévitablement un patchwork de structures de défenses d'état d'adéquation et d'efficacité variables. La participation de l'Etat comprend également un élément de bien-être social. Par exemple, la réduction des pertes dues à l'érosion, aux inondations et à l'instabilité devrait aider à promouvoir une plus grande prospérité en assurant la sécurité des biens, une main d'œuvre en bonne santé et une activité performante. Il est également nécessaire d'équilibrer les pressions concernant la réduction des risques auxquelles doivent faire face les communautés et les obligations de prendre en compte les intérêts d'autres groupes tels que les organismes de protection et les intérêts des pêcheries.

Les politiques élaborées au niveau national concernant la défense côtière, l'instabilité et l'aménagement du territoire, sont principalement mis en œuvre régionalement ou localement ou par des organisations non gouvernementales telles que l'Environment Agency en Angleterre. les outils de planification sont conçus pour réglementer l'aménagement et l'utilisation des sols dans l'intérêt public. Ces textes ont généralement pour objectifs:

- d'apporter des conseils, qui aideront à prévoir l'utilisation des sols de manière sensée, et qui permettront aux autorités d'interpréter l'intérêt du public en matière d'aménagement de manière sage et cohérente;
- de stimuler le développement en désignant dans les plans d'urbanismes le statut des terrains
- de contrôler le développement afin d'assurer qu'il n'aille pas à l'encontre de l'intérêt général et que le point de vue des personnes concernées par ce développement puisse être pris en considération.

Les outils de planification jouent également un rôle vital dans la promotion des principes du développement durable. La législation qui sert de base à la planification est souvent soutenue par des dispositions statutaires du gouvernement central ou par des circulaires non statutaires, des déclarations de politique d'aménagement et des avis présentés sous diverses formes par le gouvernement central. Les avis sont essentiellement destinés aux autorités locales. Ils servent à les aider à mettre en œuvre la législation en préparant des plans de développement et en déterminant leur mise en œuvre (Thompson, 1998²).

Avant le milieu des années 80, les autorités locales en matière d'urbanisme considéraient les aléas naturels tels que l'érosion côtière comme des problèmes techniques que le propriétaire terrien ou le promoteur devait surmonter, ou comme la responsabilité des autorités de protection de la côte. Ils n'étaient pas considérés comme des problèmes d'urbanisme (Lee et al, 2000⁹). Cependant, depuis lors ; la perception de la gestion de ces problèmes a beaucoup évolué. Ces changements reflètent une reconnaissance croissante du fait que l'approche passée n'était pas dans l'intérêt général, c'est-à-dire que:

- l'aménagement de zones sensibles peut entraîner des demandes de travaux de défense onéreux et à financement public;
- l'aménagement peut avoir des effets néfastes sur le niveau d'érosion et/ou le risque d'inondation;
- Les travaux de défense peuvent avoir des importants effets néfastes sur les intérêts d' autres utilisateurs dans la zone côtière ;
- Les travaux de défense peuvent encourager l'aménagement dans des zones sensibles, augmentant de ce fait le taux de pertes lorsque des catastrophes majeures se produisent.

Lorsque les autorités locales responsables de l'urbanisme considèrent les demandes de nouveaux aménagements côtiers ou de changement d'usage, elles doivent tenir compte de leurs plans de développement et toute autre considération matérielle y compris celles liées à la nature et à l'état du terrain. Si le développement se trouve dans une zone à risque d'inondation, l'autorité locale, responsable de l'urbanisme doit consulter les bureaux d'études ou les experts compétents (par exemple, en Angleterre,

l'Environment Agency) sur le risque et tenir compte de leurs conseils. A cet égard, la collectivité locale devrait prendre en compte la capacité physique et l'adéquation des sites à être aménagés ainsi que les effets potentiellement pénalisants de l'état du terrain et les processus naturels sur l'aménagement envisagé, et enfin le besoin d'atténuer les risques et prendre des mesures préventives pour faire face à ces effets, sur le site lui-même mais aussi sur les terrains adjacents (Thompson 1998²).

Dans de nombreux pays, il n'existe pas de pouvoirs statutaires généraux qui protègent la côte contre l'érosion et l'instabilité. Cependant, des travaux de défense sont réalisés par des autorités régionales ou locales, ou des gros propriétaires terriens grâce aux pouvoirs généraux de l'autorité locale ou des textes législatifs. Si il est peu réaliste de protéger entièrement la côte, il faut trouver un équilibre entre coûts et bénéfices à l'échelle nationale. Par exemple, essayer de protéger chaque partie du trait de côte contre le changement serait non seulement peu rentable, mais irait également à l'encontre des processus dynamiques qui déterminent le trait de côte et pourrait avoir des effets contraires sur les défenses situées ailleurs et sur l'environnement naturel.

Outre l'érosion côtière, de grandes parties de l'Union Européenne sont vulnérables aux effets de la submersion marine. Les politiques de défense contre les inondations ont généralement pour objectif de réduire le risque d'inondation des personnes, les aménagements urbains et des environnements naturels, en encourageant la création de mesures durables et sensées d'un point de vue économique et environnemental (MAFF, 1993¹⁰). Cet objectif peut être atteint en:

- Encourageant la création d'un service d'alerte aux inondations adéquat et rentable;
- Encourageant la création de mesures adaptées à la fois contre les submersions et pour la défense de la côte qui sont durables et cohérentes en termes économiques, techniques et environnementaux;
- Décourageant les aménagements inappropriés dans les zones exposées au risque

Dans la plupart des pays, les politiques de protection de la côte et de défense contre les inondations marines sont mises en œuvre par le gouvernement. Celui-ci travaille en partenariat avec les autorités régionales ou locales qui ont pour objectif d'atteindre une gestion durable du littoral par le biais:

- De la préparation de plans de gestion du littoral (défense côtière);
- D'études stratégiques plus détaillées sur la défense côtière, et plus particulièrement en fonction du transit sédimentaire côtier et estuarien, qui permettent d'identifier la politique de défense côtière la plus appropriée pour chaque façade en prenant en compte tous les facteurs ;
- D'études locales plus spécifiques en relation avec la construction d'un projet particulier de défenses côtières.

En Angleterre, et ce pour répondre plus particulièrement aux problèmes de prévention des inondations, l'Environnement Agency prépare actuellement un 'Catchment Flood Management Plan' qui a pour objectif de créer un cadre pour la gestion des risques d'inondation basé par bassin versant. Afin d'aider la mise en œuvre de la politique côtière nationale et de la réduction du risque, le Defra (Ministère Britannique de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires Rurales) a publié un certain nombre de 'Cibles de Haut Niveau' (Defra, 2005¹¹) qui mesurent le niveau de réussite des 'autorités' côtières 'opératrices' à atteindre leurs objectifs de défense de la côte. En 2005, le Defra a publié sa réponse à un important programme de consultation sur sa stratégie tournée vers l'avenir pour la gestion des risques d'inondation et d'érosion côtière en Angleterre intitulé 'Making space for Water' (faire de la place à l'eau) (Defra, 2005¹²). L'intention de cette stratégie est de rechercher une meilleure gestion des risques côtiers pour les 20 années à venir.

La submersion marine devrait être une considération matérielle dans le processus d'urbanisation. Les stratégies des collectivités locales en devraient être déterminées dans les plans de développement relatifs à l'inondation et prendre en compte les impacts prévus du changement climatique. Les autorités responsables de l'aménagement et de l'urbanisme devraient ainsi adopter un 'principe de précaution' vis-à-vis du problème de risque de submersion, prenant en compte les meilleures informations disponibles. Elles doivent également effectuer des évaluations stratégiques du risque d'inondation venant consolider leurs politiques d'aménagement; les aménageurs devraient produire une 'Evaluation du Risque d'Inondation' pour chaque aménagement à risque.

L'évaluation et la gestion des risques à l'intérieur des estuaires devraient normalement être considérées au sein du processus de gestion de l'aménagement du littoral pour la façade concernée. Cependant, pour un grand estuaire, il sera peut-être approprié de préparer un 'plan de gestion de l'estuaire' (PGE) spécifique. Quelque soit l'approche adoptée, il sera nécessaire de bien comprendre les processus de transport des sédiments, de bien comprendre comment l'estuaire a évolué et comment il va continuer à évoluer, et de faire des prévisions de son évolution à long terme en prenant en compte des facteurs comme l'élévation du

niveau de la mer et l'influence fluviale. De plus, la côte aura peut-être des impacts sur l'estuaire, et vice-versa, il est donc nécessaire d'adopter une approche holistique lorsque l'on considère la façade côtière.

Mise en Oeuvre de la Gestion du Risque Côtier

Le développement d'une politique durable pour la réduction des risques dans les zones côtières nécessite une approche stratégique. Un plan de Gestion du Littoral (PGL) (Defra, 2006¹³) ou un Plan de Gestion des Sédiments Côtiers (PGSC- EuroSION, 2004¹⁴) donnera une évaluation à grande échelle des risques associés aux processus côtiers. Il permettra également de développer un cadre de politique visant à réduire ces risques pour les personnes et pour les environnements urbanisés, historiques et naturels ; et ce de manière durable. C'est ainsi que ces documents de 'haut niveau' contribuent de manière importante à la stratégie nationale pour la gestion des risques d'inondation et d'érosion côtière. Les PGL s'intègrent, bien entendu, à d'autres types de plans côtiers, y compris, les Plans de Gestion de l'Estuaire et les Plans communs de Gestion des Zones Côtiers.

Les ingénieurs côtiers reconnaissent que le littoral ne peut pas être entièrement débarrassé du risque. En raison de la nature variée de la géologie, de la géomorphologie et de la topographie de la côte, les processus côtiers entraînent évidemment une augmentation des risques naturels tels que les inondations, l'érosion côtière et l'instabilité. Ces aléas peuvent toucher les personnes et les propriétés situées dans les endroits sensibles. Les mesures de défense de la côte peuvent réduire les risques qui en résultent, mais ne peuvent pas les éliminer entièrement. Les processus et la morphologie de la côte peuvent eux-mêmes aider à minimiser l'impact des tempêtes extrêmes en agissant comme des solutions naturelles de défense de la côte.

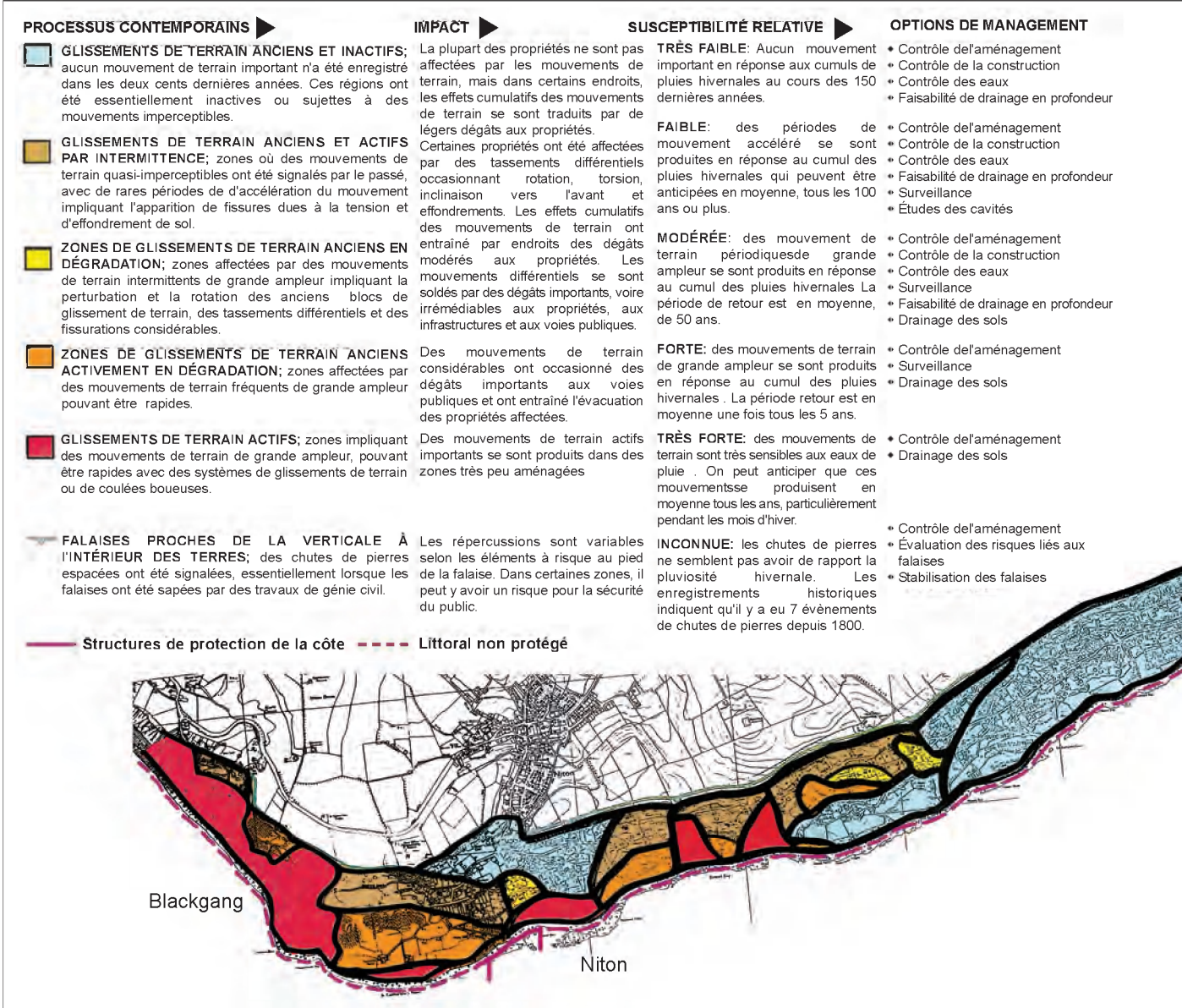
Diverses réponses sont à la disposition des autorités côtières pour gérer les risques, y compris:

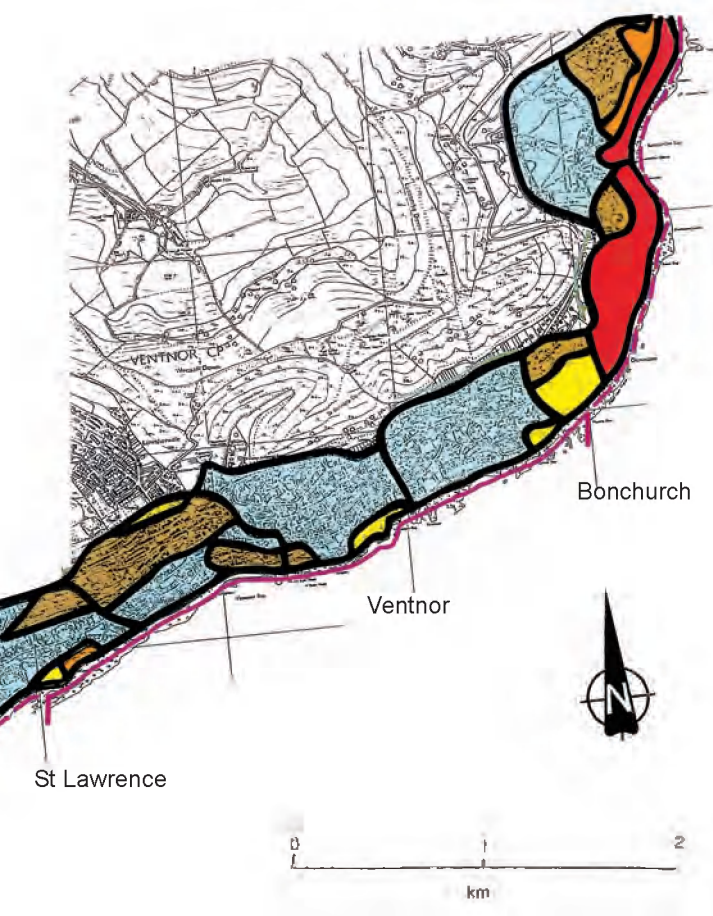
- Eviter les aménagements inadéquats dans les zones vulnérables par le biais de plans d'occupation des sols ou le réaligement du trait de côte de manière contrôlée;
- Réduire la possibilité des pertes en vies et en biens le long de la côte par le biais de techniques d'ingénieries efficaces de gestion du littoral;
- Elaborer des systèmes de surveillance et d'alerte adaptés;
- Protéger la côte contre les tempêtes dévastatrices par le biais de schémas de défense de la côte et contre les inondations ou des modifications au niveau des constructions.

Il est donc clair qu'un point fort du processus de plan de gestion du littoral (Shore line management plan, SMP) est une 'réflexion intégrée', en incluant dans les Groupes Côtiers Régionaux les ingénieurs de défense de la côte des collectivités locales voisines. Les Groupes Côtiers sont idéalement composés d'un échantillon d'ingénieurs côtiers, de décideurs stratégiques en matière d'urbanisme, d'environnement et autres disciplines. On se soulignera jamais assez l'importance de la nécessité d'une liaison étroite entre les autorités de défense de la côte et les autorités locales en matière d'urbanisme. Tout au long de l'élaboration des plans de gestion du littoral et des plans de développement des autorités locales, il existe des liens et des interactions fortes. Par exemple, le plan de d'aménagement peut fournir des informations qui aident à la préparation du plan de gestion du littoral ; et de même, le plan de gestion du littoral adopté apportera son soutien informel et contribuera au plan d'aménagement et à ses modifications futures (Ballinger et al, 2004¹⁵).

Le plan de gestion du littoral permettra également de renseigner le processus de contrôle de l'aménagement; en apportant des informations sur l'évolution de la côte et les risques côtiers, et la pertinence (ou non) de l'aménagement de terrains adjacents à certaines parties du trait de côte. En résumé, les plans de gestion du littoral peuvent donc apporter leur soutien aux plans d'aménagement et d'urbanisation. Premièrement, au niveau infrarégional, en identifiant les problèmes qui doivent être pris en considération à une plus grande échelle que celle d'une simple autorité locale. Deuxièmement, en renseignant les autorités locales responsables de l'aménagement et de l'urbanisation sur les problèmes de gestion du littoral, et en identifiant les zones exposées aux risques d'inondations et d'érosion côtière pour les 100 années à venir. Ceci peut être soutenu par l'élaboration de cartes de l'évolution de la côte et des risques à l'échelle appropriée, comme illustré au Chapitre Cinq.

Lorsque l'autorité locale responsable de l'aménagement et de l'urbanisation étudie la possibilité de rendre constructibles des sites côtiers; le PGL fournira non seulement des informations sur les risques associés aux sites potentiels, mais également des informations de principe sur l'aspect opportun de travaux de protection de la côte. Avant de considérer les demandes de permis de construire dans des zones côtières définies, le PGL facilitera la consultation entre les ingénieurs des autorités locales concernées et l'autorité en matière d'aménagement et d'urbanisme sur les demandes individuelles de permis de construire, et plus particulièrement en ce qui concerne les conditions et les obligations de la construction visant à mitiger les risques ou les modifications aux concepts proposés (Ballinger et al, 2004¹⁶).





Cadre légal et cadre administratif pour répondre à l'instabilité du complexe de glissement de terrain de l'Undercliff sur l'île de Wight, au Royaume Uni.

L'Isle of Wight Council est l'Autorité en charge de la Protection de la Côte pour l'île de Wight. Le Council est l'autorité en matière d'urbanisation et de ponts et chaussées mais est également propriétaire de nombreux terrains côtiers. La recherche commanditée par le gouvernement (1988-91) à Ventnor a contribué au développement de directives nationales pour l'urbanisation de terrains instables. Des études côtières et géotechniques renseignent désormais la politique d'aménagement, tenant l'urbanisation à l'écart des zones à risque. Ce savoir aide également le Conseil à gérer les défenses côtières et la voirie côtière principale, mais aussi à renseigner les politiques sur la santé et la sécurité.



Figure 3.1: Carte résumant le comportement du sol de l'Undercliff de l'île de Wight

Dans le cas spécifique des instabilités côtières, il faut souligner également la nécessité constante d'améliorer la prise de conscience de l'existence du risque d'identifier son étendue et son importance dans le contexte de l'aménagement et de l'urbanisation. La disponibilité des ressources et des options pour la gestion des risques dans les états membres est déterminés par:

- L'environnement physique du glissement de terrain, ou la nature de l'aléa de glissement de terrain dans une zone, allant de mouvements de terrain lents associés à la réactivation de glissements de terrain déjà existants, à des mouvements de failles soudains et rapides, tels que les coulées boueuses;
- Le cadre légal et le cadre administratif du glissement, impliquant des mécanismes de surveillance des nouveaux aménagements, la prévention et la stabilisation des glissements de terrain. La législation en matière d'environnement et les engagements internationaux ont une grande influence sur la définition des options acceptables pour la prévention et la stabilisation des glissements de terrain.

L'évaluation du risque est un élément important lorsque l'on considère une proposition d'aménagement ou d'urbanisation. Le cadre pour la gestion du risque peut être très complexe et est souvent unique pour chaque état membre. Cependant, les outils de base à la disposition de la gestion du risque sont globalement les mêmes:

- Accepter le risque; par exemple en étalant ou en partageant le coût à travers les assurances, la compensation ou l'aide d'urgence;
- Eviter les zones vulnérables, par exemple par le biais de mesure pour contrôler les nouveaux développements dans les zones à risque (par exemple, risque d'instabilité côtière);
- Réduction de l'occurrence d'événements potentiellement dévastateurs, par exemple par le biais d'une gestion active du territoire visant à réduire l'ampleur et la fréquence des glissements de terrain;
- Protection contre les événements potentiellement dévastateurs, par exemple le pouvoir de prévenir l'érosion côtière ou la stabilisation des glissements de terrain ou encore des améliorations aux constructions.

Au Royaume Uni, le Ministère de l'Environnement a publié des directives d'aménagement qui soulignent la nécessité de prendre en compte les problèmes d'instabilité à tous les stades du processus d'aménagement (Planning Policy Guidance Note 14 'Development on Unstable Land', 1991¹⁶). Selon ce document:

'La stabilité du sol, dans la mesure où elle a une influence sur l'utilisation du sol, est une considération matérielle qui doit être prise en compte lors de la décision concernant la demande de permis de construire'.

L'objectif de ce conseil n'est pas de prévenir l'aménagement des terrains instables ou potentiellement instables, bien que, dans certains cas, cette solution pourra être appropriée. Il s'agit plutôt de s'assurer que l'aménagement est pertinent et que les contraintes, à la fois naturelles et créées par l'homme, de l'utilisation des sols soient prises en considération à tous les niveaux de l'aménagement. Lorsque les aménagements sont proposés sur des terrains instables ou potentiellement instables, l'autorité responsable de l'aménagement et de l'urbanisme doit s'assurer qu'un certain nombre de problèmes soient correctement traités par la proposition de développement :

- L'aptitude physique du terrain à aménager;
- Les effets potentiellement néfastes de l'instabilité sur l'aménagement;
- Les effets potentiellement néfastes sur l'instabilité des terrains voisins;
- Les effets potentiels sur les aménagements et la protection des milieux au niveau local et les impacts des mesures de remédiation ou de prévention proposées.

L'évaluation de l'état du sol et la préparation de cartes géomorphologiques, de comportement du sol et de directives d'aménagement aideront, de ce fait, la mise en œuvre de politiques de ce genre.

Références

1. Nations Unies 2003 Agenda 21, Chapitre 17, Protection des océans et de toutes les mers, y compris les mers fermées et semi fermées, et des zones côtières et la protection, l'utilisation rationnelle et la mise en valeur de leurs ressources biologiques, (au 12/12/04)
<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21toc.htm> (update 22/01/2003).
2. Thompson A., Hine P.D. Poole J.S. et Greig J.R. 1998. Environmental Geology in Land Use Planning. Rapport de Symonds Travers Morgan pour le Department of the Environment, Transport and the Regions, Royaume Uni.
3. Commission Européenne, 1999a. Leçons tirées du Programme de Démonstration sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) de la Commission Européenne. Luxembourg.

Planche 3.4: Barton-on-sea dans le comté du Hampshire, au Royaume Uni. Les falaises d'argile tendre sont favorables aux glissements de terrain, et ce plus particulièrement lorsque le niveau des eaux souterraines est élevé. Les mesures de protection de la côte, y compris des gabions en pied de falaise, ont réduit le risque d'érosion auquel sont exposées les résidences situées au sommet de la falaise.



Planche 3.5: Ile de Portland et Chesil Beach. - L'impressionnante digue de galets relie l'île de Portland à la côte de l'Angleterre. Les vagues de tempêtes de sud-ouest qui naissent dans l'Océan Atlantique viennent attaquer la plage de Chesil et menacent les atouts des zones submersibles.

4. Commission Européenne, 1999b. *Vers une Stratégie Européenne de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC). Principes Généraux et Options des Politiques*. Luxembourg.
5. Commission Européenne, Recommandation 2002a du Parlement Européen et du Conseil de l'Europe du 30 Mai 2002 concernant la mise en œuvre de la Gestion Intégrée des Zones Côtières en Europe. *Journal Officiel de la Communauté Européenne*. No.L 148, 06/06/2002 P. 0024 - 0027.
6. Commission Européenne, 2002b Décision No 1600/2002/EC du Parlement Européen et du Conseil de l'Europe du 22 Juillet 2002 établissant le Sixième Programme d'Action Communautaire pour l'Environnement. *Journal Officiel de la Communauté Européenne* No. L 242/I.
7. Commission Européenne, 2006. 'Proposition d'une Directive sur l'évaluation et la gestion des inondations'. Bruxelles.
8. Commission Européenne, 2005. 'Consultation sur la Stratégie Thématique pour la Protection des Sols'. Bruxelles.
9. Lee, E. M., Jones, D. K. C., et Brunsden, D., 2000. 'The landslide environment in Great Britain'. In 'Landslides - Theory, research and practice'. Thomas Telford, Londres.
10. MAFF, 1993. 'Strategy for flood and coastal defence in England and Wales'. HMSO, Londres.
11. Defra, 2005. 'High Level Targets for flood and coastal erosion risk management'. Defra, Londres.
12. Defra, 2005. 'Making space for water - First government response to the autumn 2004 consultation'. Crown copyright. Londres.
13. Defra, 2006. 'Shoreline management plans guidance'. Crown copyright. Londres.
14. Commission Européenne, 2004. 'EUrosion - Vivre avec l'érosion côtière en Europe'. Luxembourg.
15. Ballinger, R., Potts, J., Taussik, J., McInnes, R. G. et Fairbank, H., 2004. 'Local authority coastal risk management pack'. LGA, Londres.
16. Department of the Environment, 1991. 'PPG14 - Development on unstable land'. Londres, HMSO.



Planche 3.6: East Head auprès de Chichester, dans le Comté du West Sussex, Royaume Uni. Le risque auquel est exposé East Mead vient de l'érosion des dunes qui se trouvent à la jonction entre la pointe et les défenses en dur sur la côte. Si la marée ouvre une brèche, ceci pourrait gravement toucher le port intérieur et les chenaux de navigation.

Chapitre quatre

Évaluation et surveillance de l'évolution du littoral et du changement climatique

La gestion des risques côtiers requiert des informations de haute qualité pour permettre une prise de décision efficace ; elle repose sur une connaissance des processus côtiers à l'oeuvre et des effets de ces processus sur l'évolution du trait de côte. Sa surveillance constitue une source précieuse de données pour les scientifiques spécialistes du littoral, comme pour les techniciens. Elle sert également de base pour la conception et l'élaboration d'ouvrages de défense côtière et de protection contre les glissements de terrain, et incite à une plus grande confiance dans l'efficacité de la conception des ouvrages d'art. Il est possible d'anticiper les besoins futurs d'ouvrages de remédiation grâce aux données de suivi qui pourront rendre plus proactive l'actuelle philosophie réactive de gestion des risques.

Il existe un large éventail de techniques disponibles pour permettre le suivi du littoral, tandis que d'autres ont des applications plus larges dans un certain nombre de domaines. Les techniques de surveillance peuvent être aériennes ou spatiales, embarquées ou terrestres. Parmi les catégories d'informations nécessaires pour évaluer l'évolution du littoral figurent des données relatives à la houle, au vent, aux marées, aux courants, à la topographie, à la géologie, à la géomorphologie, à l'hydrogéologie, à l'écologie, à la couverture végétale, à la bathymétrie et à l'occupation des sols.

Les techniques aériennes et spatiales sont souvent utilisées pour capturer des données et couvrir des éléments spécifiques pour lesquels ces techniques sont plus pratiques ou efficaces que les méthodes terrestres. On désigne souvent ces techniques sous le terme de " télédétection " car elles collectent des données à distance de l'appareil de détection. Parmi les principales techniques aériennes de télédétection de l'environnement côtier figurent le radar à ouverture synthétique interférométrique (IfSAR ou InSAR), la détection et télémétrie par la lumière (LiDAR), les systèmes aéroportés d'imagerie multispectrale (MS), les radiomètres infrarouges thermiques (TIR) aéroportés, les capteurs hyperspectraux et les photographies analogues et numériques (site Internet du Channel Coastal Observatory, 2005¹).

Les techniques spatiales se réfèrent à des capteurs montés à bord d'engins spatiaux (navettes spatiales ou satellites) en orbite autour de la terre. La principale forme de télédétection spatiale est l'imagerie satellitaire, dont il existe deux types : à résolution moyenne et à haute résolution. Les techniques embarquées à bord de navires, comme les levés bathymétriques, le sonar à balayage latéral et l'échantillonnage localisé, se limitent à l'environnement marin et collectent des données sur l'évolution et le rythme d'évolution de la sédimentation dynamique au-dessous des basses eaux, l'évolution et le taux d'érosion de la roche en milieu subtidal, l'identification de petits éléments submergés, susceptibles d'affecter les processus de transport des sédiments, l'évolution des puits de sédiments en mer et la cartographie des habitats, pour n'en citer que quelques-unes. Les techniques terrestres prennent la forme de levés topographiques, par nivellement, station totale théodolite ou système de positionnement global (GPS), bien que la méthode utilisée puisse varier d'un site à un autre.

Une fois que les données brutes ont été collectées, de nombreux modèles sont disponibles pour analyser et prédire l'évolution du trait de côte. Les techniques de modélisation peuvent prendre la forme d'un modèle conceptuel mathématique ou numérique pouvant servir, par exemple, à prédire le volume de sédiments transportés le long du littoral en tant que fonction de la hauteur de houle, du temps et de l'obliquité; ou celle d'un modèle de calcul. Les modèles de calcul peuvent servir à analyser et à prédire le transport sédimentaire, tandis que d'autres modèles permettent de modéliser l'évolution et l'érosion du littoral. Les modèles de calcul hydrodynamique sont spécifiques à un site, et vont des modèles régionaux, à faible résolution, aux modèles locaux, à haute résolution. Un modèle hydrodynamique pourra servir, en cas de phénomènes extrêmes, à tenter de prédire le mouvement possible des sédiments dans une zone donnée.

Méthodes de suivi

Alors que diverses techniques de suivi et de modélisation sont utilisées à travers le monde, une étude réalisée en 2004 révélait que les techniques de suivi sont encore peu appliquées en Europe et ne constituent pas la règle. On observe un décalage important entre le Nord et le Sud de l'Europe quant à l'utilisation systématique de techniques de suivi du littoral dans le cadre des politiques de gestion du trait de côte (EUrosion, 2004³). Le Royaume-Uni, les Pays-Bas et l'Allemagne ont mis en place des programmes de suivi du littoral relativement avancés utilisant essentiellement des techniques aériennes LiDAR ou des systèmes vidéo appliqués localement comme moyens de suivi du trait de côte. En revanche, des pays comme le Portugal, la Grèce et la France n'appliquent que rarement des techniques de suivi du littoral ou ont tendance à limiter leur application aux projets de recherche expérimentale.

Un suivi à long terme de la houle sur le littoral anglais est actuellement mené par le Ministère britannique de l'Environnement, de l'alimentation et des affaires rurales (Defra) en association avec l'Agence britannique de l'environnement (Environment Agency) et le service météorologique national britannique (UK Meteorological Office). Il s'agit d'un réseau national de suivi de la houle utilisant une source unique de données de houle en temps réel recueillies à partir d'un réseau de bouées situées en zones inondables. Les données de ce réseau facilitent la gestion des risques d'inondation et d'érosion côtière. Des initiatives locales de suivi du régime de houle littorale continuent d'être mises en oeuvre et gérées en parallèle avec des programmes régionaux de suivi des conditions de houle côtière, à l'image du Programme régional stratégique de suivi côtier pour le Sud-Est de l'Angleterre.

Une étude sur le transport sédimentaire sur la côte sud centrale de l'Angleterre entre Lyme Regis (comté de Dorset) et Shoreham-By-Sea (comté de West Sussex) a été réalisée pour la première fois en 1991 pour la SCOPAC (Standing Conference on Problems Associated with the Coastline). Ce groupement de collectivités locales et autres organismes chargés de la protection du littoral, des défenses maritimes et autres aspects de la gestion du littoral, a récemment commandé une mise à jour de l'étude et sa mise à disposition sur Internet (SCOPAC, 2006³). Cette étude fournit des informations sur l'origine des sédiments (marine, fluviale, érosion de la falaise/pente côtière/plate-forme ; alimentation des plages), la dérive littorale, la destination des sédiments (y compris le transport au large, et les dépôts estuariens), la morphodynamique des plages et les dépôts sédimentaires des compartiments de transport (cellules et/ou sous-cellules) sur la côte sud. La figure 4.1 (ci-dessous) illustre les types de cartes interactives disponibles pour tous les sites de la région, en précisant les sources, voies de transport et puits de sédiments. La précision de ces informations est constamment affinée dans le cadre d'un programme régional de suivi stratégique (décrit ci-après).

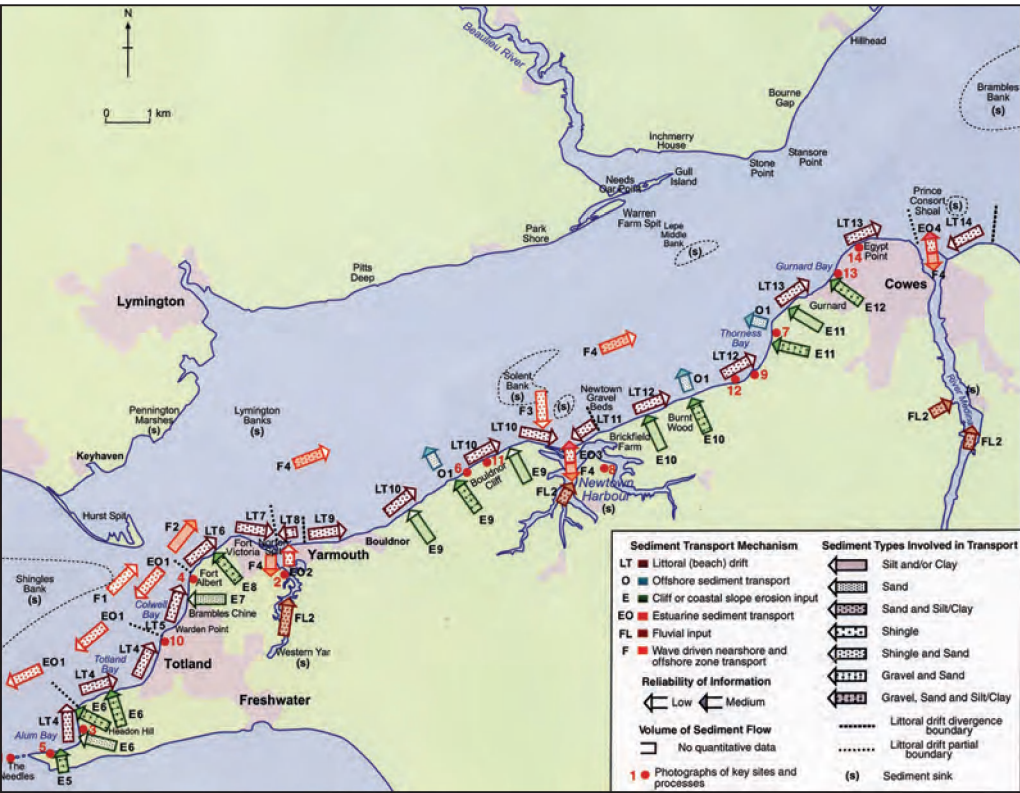


Figure 4.1: Carte de transport sédimentaire : cette carte illustre les voies de transport sédimentaire en indiquant comment la houle, la marée et les courants charrient la vase, le sable et les galets dans la partie occidentale de la côte du Solent. Une nouvelle carte consultable sur Internet a été préparée par l'Université de Portsmouth à l'occasion de la conférence SCOPAC (Standing Conference on Problems Associated with the Coastline) et couvre toute la côte de la partie centrale du Sud de l'Angleterre, de Lyme Bay à l'ouest à Shoreham-by-Sea à l'est, y compris les eaux qui entourent l'Île de Wight.

Techniques aériennes/spatiales

Des techniques de télédétection, aériennes et spatiales, sont utilisées pour capturer des données et couvrir des éléments spécifiques pour lesquels ces techniques sont plus pratiques ou plus efficaces que les méthodes terrestres. On désigne souvent ces techniques sous le terme de télédétection car elles concernent la collecte de données à distance au moyen de photographie aérienne, imagerie satellitaire, données acoustiques et imagerie radar.

Les données de télédétection par satellite représentent une source importante de données autres que celles dérivées de mesures in-situ (Doody et al, 1998⁴). Les données satellitaires sont comparables aux données collectées par avion, mais les satellites étant en orbite constante, les données sont mises à jour sans qu'il soit besoin de commander une étude individualisée (Millard et al, 2000⁶). Les satellites offrent un moyen d'observer un espace très étendu dans un temps très court. Les capteurs satellitaires créent des images de la Terre depuis l'espace en émettant une radiation électromagnétique sur toute une gamme de fréquences, des ondes radio aux rayons gamma (The National Oceanic and Atmospheric Administration Coastal Services Centre, 2006⁶).

Certains satellites peuvent également enregistrer des températures précises de la surface de la mer qui peuvent servir à étudier le changement climatique. Les satellites équipés de systèmes radar peuvent observer l'état de la mer en enregistrant l'onde de surface, les fronts, les courants et le vent. Les données à long terme provenant des satellites peuvent servir à produire des modèles prédictifs. Les scientifiques sont capables de déterminer des caractéristiques telles que le type de végétation se trouvant au fond de la mer d'après la signature du signal réfléchi.

L'imagerie satellitaire est intéressante car elle permet de couvrir des espaces relativement étendus (sur plusieurs kilomètres) pour un coût plus modéré. Les techniques de télédétection sont généralement le moyen le plus efficace d'obtenir des informations sur des espaces inaccessibles ou trop étendus pour permettre une gestion ou évaluation par des méthodes de relevé traditionnelles. Alors que l'examen d'un large espace par des méthodes traditionnelles peut prendre des semaines voire des années, les données aéroportées ou satellitaires permettent de collecter une image à tout moment. Cette image permet de vérifier qu'aucun changement n'a eu lieu au moment de la collecte des données et de comparer un même espace dans le temps (National Oceanic and Atmospheric Administration Coastal Services Centre, 2006⁶).

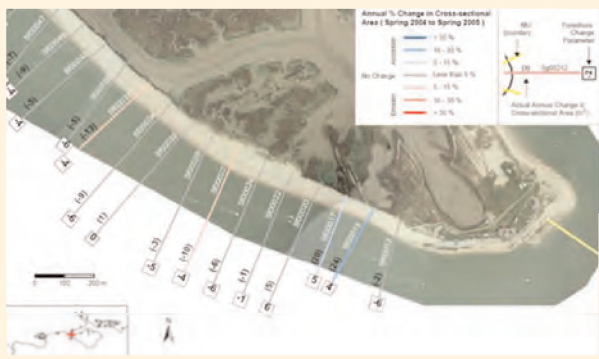
Le radar à ouverture synthétique interférométrique est un capteur monté à bord d'un avion destiné à mesurer l'élévation de surface et sert à produire l'imagerie topographique. Les impulsions du radar sont dirigées vers des cibles à terre et les signaux de retour du sol sont reçus par deux antennes qui enregistrent les élévations à des points de coordonnées au sol. Les coordonnées au sol sont déterminées par la technologie GPS et IMU (unité de mesure inertielle). Le post-traitement de ces données produit des informations topographiques sous la forme d'imagerie radar orthorectifiée (ORRI).

SIG et suivi du littoral

Les SIG (Système d'Information Géographique) peuvent être utilisés de diverses façons pour aider au suivi du littoral. Ils peuvent servir non seulement d'outils de visualisation pour présenter l'information à l'utilisateur final, mais également de puissants outils d'analyse. En voici deux exemples :

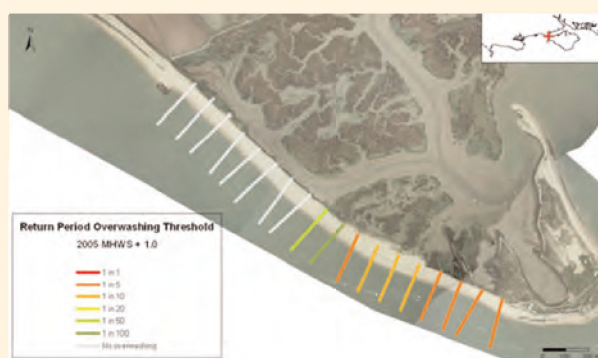
Analyse de l'évolution des plages

Les résultats de l'analyse de l'évolution des plages, menée dans le cadre d'un programme annuel de suivi du littoral, peuvent se résumer, pour chaque ligne de profil, en leur affectant 2 valeurs clés : le paramètre d'évolution de l'estran (un indicateur des tendances d'évolution des plages) et l'évolution sur une tranverse peuvent tous deux être présentés sous la forme d'étiquettes pour chaque profil. Pour que les informations soient consultables d'un simple coup d'oeil, chaque profil est doté d'un code couleur qui indique l'érosion et l'accrétion. Toutes les informations de profils sont enregistrées dans des feuilles de calcul et géoréférencées. C'est là un avantage réel car il permet aux utilisateurs non-SIG de mettre facilement à jour les informations.



Seuil de submersion des barrières côtières

Les SIG peuvent aussi servir à définir les seuils de submersion. Dans le diagramme suivant, les lignes de profils sont dotées d'un codage couleur en fonction de la période de retour de houle du littoral qui entraînera la submersion à un niveau de mer liée à une marée haute moyenne de vives eaux est +1,0m. Cette fonctionnalité offre aux gestionnaires du littoral un outil visuel utile.



Le SIG est de plus en plus utilisé dans la gestion du littoral comme outil d'archivage, d'interrogation, d'analyse et de présentation d'ensembles de données multiples, et les exemples présentés ici ne sont que deux des nombreux avantages qu'offrent les capacités d'analyse et d'affichage du SIG.

Planche 4.1: SIG et suivi du littoral



Planche 4.2: Relevés effectués sur un inclinomètre à Ventnor (Undercliff), sur l'Île de Wight ; une centrale de mesures (illustration) collecte des données de mouvement de terrain qui peuvent être téléchargées pour faciliter la gestion des risques de glissement de terrain.

L'un des principaux avantages des systèmes d'imagerie radar est qu'ils permettent de suivre les modifications topographiques au sol en temps réel ou en quasi-temps réel. Les images ainsi produites peuvent servir à comparer un même espace dans le temps, ce qui est idéal pour suivre l'évolution du trait de côte. L'imagerie radar offre d'autres avantages comme la téléobservation, la capacité de fonctionner de jour comme de nuit, et une flexibilité maximum en termes de capacité de visée et de fréquence d'observation. Le système IfSAR/InSAR peut être un outil particulièrement utile, car il n'est pas tributaire des conditions météorologiques et revient moins cher que le système LiDAR.

Le LiDAR (détection et télémétrie par la lumière) est une technique de télédétection aérienne qui recueille en un relevé des millions de points géoréférencés et permet une cartographie des risques d'inondation, le suivi des plages et le suivi des falaises. Un capteur actif, similaire au radar, transmet des impulsions laser à une cible et enregistre le temps que met l'impulsion à revenir au récepteur du capteur, déterminant ainsi l'élévation. Les relevés, généralement réalisés à une altitude de 1000 m, produisent une bande de données d'une largeur d'environ 700 m. Cette couverture est parfaite pour analyser l'espace côtier. On parle souvent d'une précision verticale de +/- 0,15 m ; elle fait référence aux incertitudes liées à l'attitude de l'avion, mais repose également sur une projection adéquate et une transformation des données au système local (Bradbury, 2004⁹).

Le LiDAR convient parfaitement aux applications qui cherchent à fournir une vue d'ensemble, qui requiert une moindre précision verticale. Les applications au niveau de la stratégie de planification, par exemple,

permettent d'évaluer les changements relatifs du niveau de la mer sur des espaces étendus et d'identifier le relief détaillé de falaises ou de marais salants. Il est possible que le LiDAR prenne le pas sur les méthodes photogrammétriques conventionnelles à terme, mais il ne semble pas être adapté à ce stade (Bradbury, 2004⁶).

On utilise souvent la photographie aérienne dans le cadre de programmes de suivi du littoral pour interpréter les changements géomorphologiques et évaluer l'érosion et l'accrétion du littoral. Parmi les applications typiques figurent le levé de profil de plage et la cartographie topographique. Pour que les photos aériennes soient de bonne qualité, il est préférable de les prendre en basses eaux pendant les grandes marées à une échelle d'environ 1:10.000 ; les photos prises à plus grande échelle risquent de ne pas être assez détaillées et de perdre ainsi leur utilité. La photographie aérienne numérique recouvre deux types d'imagerie : les photos géorectifiées et les photos orthorectifiées. Dans les deux cas, l'imagerie produit un balayage à haute résolution de photos aériennes. Les images numériques géorectifiées sont produites à partir d'images scannées transformées au système de coordonnées local, en rectifiant les images numériques pour les adapter à une base de cartes ou un modèle de triangulation aérienne (développé avec contrôle au sol). Les données peuvent être visualisées ou tracées à partir d'un SIG, à des échelles supérieures à 1:500 (à partir de photos 1:5000), sans perte significative de qualité d'image (site Internet Channel Coast Observatory, 2006¹).

Les appareils numériques peuvent capturer en temps réel des données géoréférencées qui fournissent des données précises à haute résolution (espacement au sol de 5cm) qui évitent d'avoir à scanner et à rectifier les clichés photographiques (Moore et al. 2003⁶ ; Moore et al. 2003⁷).

La photographie aérienne numérique offre comme principaux avantages l'étendue de couverture des données, des photos immédiates dont la résolution est suffisante pour détecter des éléments submergés imperceptibles à moins d'un mètre, et des résultats facilement intégrés dans le processus de gestion du littoral. En outre, les images sont disponibles instantanément et le délai entre l'acquisition, le traitement, puis la distribution à l'utilisateur final est très court. Les images sont transférables sur Internet et aucune numérisation coûteuse n'est nécessaire.

Les images aériennes numériques matricielles présentent d'énormes avantages par rapport aux tirages argentiques ordinaires et aux cartes OS à grande échelle conventionnelles. Lorsqu'ils sont correctement géoréférencés, les ensembles de données peuvent être utilisés dans un SIG en association avec des données de cartes vectorielles pour de nombreuses applications de gestion du littoral.

Techniques embarquées à bord de navires

Les techniques embarquées à bord de navires, comme les levés bathymétriques, les levés hydrographiques, le sonar à balayage latéral et l'échantillonnage localisé, se limitent à l'environnement marin et collectent des données sur l'évolution et le rythme d'évolution de la sédimentation dynamique au-dessous des basses eaux, l'évolution et le taux d'érosion des fonds rocheux subtidaux, l'identification de petits éléments submergés susceptibles d'affecter les processus de transport des sédiments, l'évolution des puits de sédiments en mer et la cartographie des habitats. La bathymétrie est l'équivalent sous-marin de la topographie. Une carte bathymétrique indique les contours des sols, roches ou sables qui constituent les fonds marins. De plus, une carte bathymétrique fournit des informations de navigation. Les mesures hydrographiques, quant à elles, couvrent des informations d'océanographie physique relatives aux marées, aux courants et à la houle.

L'analyse des données existantes sur les plages dans de nombreuses régions ne parvient pas à fournir un bilan de masse de l'érosion et de l'accrétion. Pour comprendre la circulation et le transport des sédiments dans le système, il est nécessaire d'identifier et de suivre les puits de sédiments potentiels. Ce suivi aidera à comprendre la circulation des sédiments et pourra également aider à identifier des débouchés possibles pour des sources de matériaux de réalimentation des plages, qui pourront être recyclés sur le littoral, sur une base durable. Les levés bathymétriques sont particulièrement utiles dans ces zones ; cet aspect particulier du suivi bathymétrique a été totalement négligé dans la plupart des régions jusqu'à présent (site Internet Channel Coastal Observatory, 2006¹).

Le sonar à balayage latéral est un système sonar (SOund NAVigation and Ranging) spécialisé destiné à la recherche et à la détection d'objets au fond de la mer. Le sonar à balayage latéral arrive à distinguer les différents types de sédiments de surface et identifie le sens des mouvements de sédiments. Les systèmes sonar multifaisceaux assurent une couverture en éventail des fonds marins similaire aux sonars à balayage latéral, mais les données de sortie se présentent sous la forme de profondeurs plutôt que d'images.

Les systèmes de levé de profil sous le fond de la mer identifient et mesurent différentes couches sédimentaires présentes sous l'interface sédiment-eau. Ces systèmes acoustiques utilisent une technique comparable à celle des échosondes ordinaires. Une source de son émet un signal descendant verticalement dans l'eau et un récepteur enregistre le signal de retour qui est renvoyé du fond de la mer. Une partie du signal acoustique va pénétrer le fond de la mer et se verra renvoyé au moment de rencontrer une délimitation entre deux couches de propriétés acoustiques différentes. Le système utilise cette énergie renvoyée pour fournir des informations sur les couches sédimentaires qui se trouvent sous l'interface sédiment-eau (The National Oceanic and Atmospheric Administration Coastal Services Centre, 2006⁸).

Les informations sur les niveaux, courants et régimes de houles de marée sont essentielles dans le cadre des études de défenses côtières et pour la validation des modèles de houle numériques. Les données de houle historiques peuvent fournir des informations utiles dans le cadre d'études de changement climatique et les données de houle en temps réel peuvent servir aux prévisions et alertes d'inondations côtières. Les mesures de houle sont souvent prises au moyen d'un réseau d'enregistreurs de houle à proximité du rivage, généralement à une profondeur d'eau minimum comprise entre 10 et 12 mètres associé au déploiement de bouées. Les données sont ensuite télétransmises par liaison radio vers une station de base proche du rivage. Il existe deux types de bouées houlographes : directionnelles et non-directionnelles. Les bouées directionnelles envoient des données sur la hauteur et la direction de la houle, par intermittence, à un récepteur situé à terre, tandis que les bouées non-directionnelles n'envoient que des données sur la hauteur de la houle. L'accélération verticale de la bouée est mesurée et traitée à chaque passage de vague entraînant son soulèvement. De plus, la plupart des bouées vont également mesurer la température de la mer et fournir des informations positionnelles précises grâce à un système GPS interne.

On se sert également des données de marée pour fournir des prévisions de conditions extrêmes du niveau de la mer ; elles aident à déterminer les normes de qualité des défenses contre les inondations. Des ensembles de données volumineux et fiables sont nécessaires pour obtenir des prévisions fiables des niveaux extrêmes de la mer et déterminer les changements moyens du niveau de la mer. Ces données servent également à valider et à développer des modèles d'alerte de surcôte de tempête (site Internet Channel Coastal Observatory, 2006⁹). Un réseau permanent de marégraphes a été mis en place au Royaume-Uni en 1953 à la suite de violentes tempêtes en Mer du Nord. Ce réseau enregistre les hauteurs de marée à quarante-quatre emplacements répartis sur l'ensemble du territoire national, tandis que des programmes permettent de télécharger des données de marée en temps réel à partir d'un site Internet, à l'image du programme South-East of England Strategic Regional Coastal Monitoring Programme.

Techniques terrestres

Les programmes historiques à long terme les mieux développés, dans de nombreuses régions, comprennent tous des levés topographiques à terre, sous une forme ou une autre. Parmi les techniques de levé figurent l'utilisation du GPS kinématique, les théodolites (station totale) et les niveaux. L'une des méthodes courantes de suivi des mouvements de surface consiste à utiliser des levés terrestres par triangulation et trilatération. Elle consiste à établir des repères fixes et à calculer les coordonnées horizontales et verticales de chaque repère par des levés successifs.

Le nivellement réalisé au moyen d'un niveau automatique constitue la base de développement de la plupart des programmes existants d'études à long terme sur les plages. Les profils de nivellement peuvent être mesurés en enregistrant les élévations par rapport à une donnée de référence fixe. Les écarts d'élévation sont enregistrés en mesurant directement la distance verticale sur une mire graduée à l'aide d'un instrument de nivellement tel que niveau ou théodolite. Le nivellement a pour avantage de pouvoir être réalisé avec du matériel simple et peu onéreux ; il est généralement fiable et le matériel, à condition d'être bien entretenu, tombe rarement en panne (Channel Coastal Observatory, 2004¹⁰).

Le système GPS (Global Positioning System) est un système de radionavigation à l'échelle mondiale constitué d'un réseau de vingt-quatre satellites qui évoluent en orbite autour de la Terre à 20000 kilomètres d'altitude. Les récepteurs GPS terrestres analysent le déphasage entre les signaux radio émis par ces satellites pour déterminer la distance qui sépare le satellite de la base. En comparant le délai d'apparition des impulsions du satellite par rapport au code du récepteur, il est possible de déterminer le temps qu'elles mettent à atteindre la surface de la Terre et donc de calculer la distance.

Suivi de l'instabilité des sols

On utilise souvent des **centrales de mesures** pour enregistrer et transférer périodiquement à un

opérateur des données de suivi des mouvements de terrain. Elles peuvent aussi servir de système d'alerte précoce lorsqu'elles sont reliées à des alarmes téléphoniques, lorsque les mouvements de terrain dépassent des limites prédéfinies. Leur usage convient parfaitement aux espaces côtiers sujets aux glissements de terrain, qui nécessitent une surveillance constante.

Les **cellules de pression totale** mesurent la pression combinée de la contrainte effective et de la pression interstitielle. De manière générale, les cellules de pression servent à vérifier les hypothèses de conception et à alerter en cas de pressions du sol supérieures à celles qu'une structure est conçue pour supporter. Parmi les applications courantes figurent :

- le suivi de la pression totale exercée sur une structure pour vérifier les hypothèses de conception.
- la détermination de la magnitude, distribution et orientation des contraintes (Durham Geo website, 2006¹¹).

Les **cellules de tassement** servent à enregistrer le tassement des sols à des points spécifiques. Le système comprend un capteur de pression, des colonnes ballastées et un réservoir. Le réservoir est fixé à un point situé à l'extérieur de la zone de tassement et sert de point de référence au capteur de pression enterré dans le remblai ou placé dans un forage. Les colonnes ballastées relient le capteur au réservoir et le capteur mesure la pression créée par la colonne de liquide. Ce relevé de pression est converti en millimètres (ou pouces) de charge hydraulique pour donner une mesure de tassement du terrain.

Au fur et à mesure que le capteur se tasse avec le terrain dans lequel il est enterré, la pression augmente et le capteur enregistre un tassement supplémentaire. Il est important d'apporter une correction pour tenir compte de la pression atmosphérique, qui peut avoir un effet très significatif sur les relevés ; c'est pourquoi les cellules de tassement contiennent généralement un baromètre intégré. Il est courant que des cellules de tassement soient rattachées à des centrales de mesures pour enregistrer des relevés continus. Les systèmes de cellule de tassement demandent une installation rigoureuse pour minimiser le câblage en surface et les déviations dans la pente ascendante de la colonne qui relie la cellule au réservoir (Durham Geo Website, 2006⁹).

Les **clinomètres** sont des appareils électriques qui servent à suivre l'évolution de l'inclinaison, à très haute résolution. Ce sont essentiellement des niveaux à bulle de précision qui forment un pont de résistances dont le montage produit une tension proportionnelle à l'inclinaison du capteur. Le capteur peut être rattaché à n'importe quelle structure, mais dans le cas d'un suivi des mouvements de terrain il est généralement rattaché à un poteau enfoncé dans le sol et placé sous un capot de protection. Les changements d'inclinaison sont déterminés en comparant le relevé de courant initial aux relevés suivants, et cette comparaison peut produire des données continues de mouvement du terrain lorsque l'appareil est rattaché à une centrale de mesures.

Études hydrologiques

L'étude des conditions hydrologiques comprend généralement une analyse pluviométrique en relation avec l'inclinaison, l'évaporation, l'infiltration et le ruissellement de surface. Une étude de ces intrants, transferts et sortants facilite l'identification des seuils et le moment possible d'une rupture de pente en fonction des conditions climatiques. Le moyen le plus efficace de suivre la pluviométrie consiste à utiliser une station météorologique reliée à une centrale de mesures. Les stations météorologiques qui enregistrent les taux de pluviométrie et d'évapotranspiration servent à déterminer le volume d'eau entrant dans le sol, qui peut être un facteur très important de promotion d'instabilité des sols et le sera de plus en plus avec le changement climatique. Les données continues obtenues de cette manière permettent de déterminer l'intensité pluviométrique, la durée des tempêtes et les conditions antécédentes, et ainsi d'analyser la formation progressive d'une rupture de pente.

Les **piézomètres** sont des appareils qui servent à mesurer la pression de l'eau dans les forages qui indiquent celle de la nappe souterraine à proximité du forage. Un tube muni d'une crépine au point le plus bas du piézomètre est installée dans le forage, et le tube est ensuite scellé au-dessus de la crépine par de la bentonite et du mortier. L'eau souterraine pénètre dans le forage par la crépine. On utilise ensuite une sonde de niveau d'eau (un décimètre muni à son extrémité d'un élément de détection d'eau qui émet un son lorsqu'il est en contact avec l'eau) pour relever la hauteur de la surface de l'eau dans la colonne au-dessus de la pointe du piézomètre. Ce relevé peut être automatisé en installant un capteur de pression à corde vibrante à la pointe du piézomètre placé dans le forage, relié à une centrale de mesures située en surface.

Il existe plusieurs types de piézomètres. Le piézomètre à colonne montante, installé dans un forage, se compose d'une crépine rattachée à une tube. Les relevés sont obtenus au moyen d'un indicateur de

Programme stratégique de suivi Côtier au Sud Est de l'Angleterre

Le Programme stratégique de suivi côtier au sud-est de l'Angleterre a débuté en août 2002. Il comprend trente et un partenaires des collectivités locales et de l'Environment Agency. Il propose une approche coordonnée du suivi côtier. Le programme est subventionné par le Defra (Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires Rurales). Son objectif principal est de fournir une méthode de suivi standardisée, rentable et reproductible, de l'environnement côtier entre Portland dans le Comté du Dorset et l'Estuaire de la Tamise.

Historiquement, le suivi côtier et la gestion des données ont été effectués au coup par coup dans la région. Ceci a été à la fois financièrement inefficace et techniquement inapproprié. La nouvelle initiative régionale offre une approche de la collecte des données coordonnée, cohérente et régionale, qui permet d'atteindre des économies d'échelle, une bonne solution technique et un cadre de gestion solide.

Gestion du programme

Les études, l'analyse des données et la gestion du projet sont coordonnées par une équipe de spécialistes spécialement créée pour le programme. Le Channel Coast Observatory est hébergé par le New Forest District Council et basé au Centre Océanographique que Southampton. Depuis quelques mois, de nouvelles collaborations ont été mises en place, telles que le partage des ressources en personnel ; ceci a permis d'améliorer les compétences et d'échange d'expertise entre les collectivités locales. Un certain nombre de collectivités sont désormais activement impliquées dans la collecte et l'analyse des données.

Contenu du programme stratégique de monitoring

Le programme comprend:

- des levés topographiques des plages
- des études hydrographiques des fonds de l'avant-plage
- des photographies aériennes
- du LiDAR
- Des données hydrodynamiques (vagues et marées)



Suivi aérien - Ringstead Bay, Comté du Dorset, Royaume Uni

Les programmes de levés topographiques sont effectués par les équipes de topographes de la collectivité locale. Elles utilisent les technologies les plus récentes dans le domaine du GPS (Cinématique en Temps Réel). Les études bathymétriques sont réalisées par les collectivités locales et/ou des bureaux d'étude privés.

Formation

Le Channel Coastal Observatory organise régulièrement des séances de formation sur la gestion des données et les techniques topographiques. De nombreux membres du personnel de la Collectivité Locale et de l'Environment Agency ont déjà participé à ces journées.



Formation au levé GPS

Gestion des données

Toutes les données sont gérées et archivées au Channel Coastal Observatory à Southampton. L'expertise est rendu disponible à toutes les collectivités locales pour l'interprétation des données. Les données sont fournies à chaque collectivité dans un format adapté à ses besoins.

Technical benefits

Le plan du projet présente une vision à long terme visant à fournir des informations essentielles pour améliorer la prise de décision au sein de la gestion du littoral. Les problèmes comme le changement climatique et la construction de défenses côtières, durables sur le long terme, reposent plus particulièrement sur la bonne qualité des données. Des jeux de données à long terme (plusieurs décennies) sont nécessaires pour être bénéfiques. De nombreux bénéfices à court terme émergent déjà du programme ; notamment l'apport en données de haute qualité pour la conception des projets de défenses côtières et des économies de compétence grâce à la collaboration.

De nombreux projets de défenses de la côte au sein de la région comprennent désormais des solutions de gestion dynamique telles que la recharge et le nourrissage des plages. Ces techniques sont durables mais nécessitent un effort de gestion considérable, y compris leur suivi, afin d'assurer leur efficacité. Des exemples de projets bien établis qui ont bénéficié de suivi à long terme se trouvent dans la baie de Poole et de Christchurch et à Hayling Island sur les côtes du comté du Dorset et du comté du Hampshire. Les programmes de suivi à long terme de ces sites ont aidé à proposer des solutions de gestion rentables en terme de coût/efficacité en diminuant les coûts d'ingénierie tout en maîtrisant la sécurité. Le programme de suivi continuera à fournir des données non seulement pour ces projets mais également pour de nouveaux sites.



Le monitoring à long terme à Bournemouth a aidé à optimiser la conception des projets de gestion des plages

Evaluation des dégâts provoqués les tempêtes

La plupart de nos défenses contre la mer sont conçues pour résister aux grosses tempêtes. Il est important de bien comprendre les performances de ces systèmes pour en programmer de manière efficace la maintenance et la gestion à long terme. Les dégâts provoqués par les tempêtes sont souvent évalués visuellement mais des études spécifiques des plages après la tempête ainsi que les données de vagues et les modèles prévisionnels permettent de quantifier le risque de brèche.



Les données concernant les vagues et les profils des plages sont utilisés pour prédire le risque de brèche à Hurst Spit, dans le comté du Hampshire

Une conception améliorée des défenses côtières

L'alimentation en matériaux pour le nourrissage de la plage est souvent un problème. Les données de suivi à long terme ont permis d'identifier des sources

adéquates de matériau adapté et peu onéreux. Il est anticipé que de nouveaux sites de matériau seront trouvés avec l'aide du nouveau programme de suivi. Ces données aideront à réduire les coûts des projets de gestion des plages.



Les études hydrographiques de la zone de l'avant-plage d'Hayling Island, dans le comté du Hampshire, ont identifié une source de matériau de recharge de la plage peu onéreuse.

Des enregistreurs de vagues ont été déployés le long du trait de côte de cette étude à Boscombe, Milford, Sandown Bay, Hayling Island, Rustington et Lymington. Le programme utilisera les données pour améliorer les méthodes de modélisation, affiner les projets de conception et analyser les tempêtes.



Déploiement d'une nouvelle balise pour les vagues

Economies de coûts à long terme

Nombre des bénéfices du programme ne seront pas réalisés avant 10-15 ans, mais il est anticipé que les économies réalisées par le projet seront 6 fois supérieures à son coût, ce d'ici 10 ans.

Dissémination des données

Les partenaires des collectivités locales et des agences gouvernementales sont tenus informés par des comptes-rendus, des réunions formelles tous les 6 mois et par un bulletin électronique intitulé Channel Coast News.

Site Web

Les données en temps réel pour les vagues et les marées, ainsi que toute une série d'informations y compris des photographies aériennes, se trouvent sur le site web du projet.

www.channelcoast.org

niveau d'eau. Le piézomètre pneumatique se compose d'un capteur de pression pneumatique et d'un tube pneumatique. Le capteur peut être installé dans un forage, noyé dans le remblai, ou suspendu dans le tubage. Les relevés sont obtenus au moyen d'un indicateur pneumatique. Le piézomètre à corde vibrante se compose d'un capteur de pression à corde vibrante et d'un câble sur lequel est transmis un signal. Les relevés sont obtenus au moyen d'un système de lecture portable ou d'une centrale de mesures.

Les **inclinomètres** servent à mesurer la déformation du sol d'après la déviation de la verticale du boîtier spécialisé installé dans un forage. Le système se compose d'un boîtier introduit dans un forage et noyé dans le mortier, et d'une sonde et enregistreur d'inclinomètre. Le boîtier est conçu pour bouger en harmonie avec le sol et permettre le passage de la sonde pour mesurer ce mouvement. La sonde réalise cette mesure à l'aide de deux servo-accéléromètres à balance de force qui mesurent l'inclinaison. Un accéléromètre mesure l'inclinaison sur le plan d'alignement de l'inclinomètre, l'autre mesure l'inclinaison sur un plan perpendiculaire au premier. La sonde est généralement retirée du fond du forage, avec des arrêts à intervalles de 50cm pour mesurer l'inclinaison qui est enregistrée en données cumulées sur toute la longueur du forage. Lors de l'installation initiale du boîtier, un relevé initial enregistre le profil du boîtier comme référence à laquelle seront comparés tous les relevés suivants. Tout écart par rapport à ce profil initial représente un mouvement de terrain (après prise en compte de la résolution de mesure de la sonde).

Les **extensomètres de forage** servent à contrôler le tassement, le soulèvement, la convergence et la déformation latérale du sol et de la roche. Parmi les applications courantes figurent le suivi du tassement ou soulèvement dans des fouilles, fondations et remblais, le suivi du tassement ou soulèvement au-dessus de tunnels et autres ouvertures souterraines, le suivi de la convergence des parois de tunnels et le suivi du déplacement latéral de pentes.

Les **fissuromètres** servent à mesurer le mouvement au niveau de joints tels que des fissures de tension du sol et joints rocheux, ou les joints de construction de bâtiments, ponts, conduites, barrages, etc. L'instrument se compose généralement d'un élément de détection à corde vibrante relié à un ressort lui-même relié à une bielle à l'autre extrémité. Lorsqu'elle est placée de manière permanente sur un joint de dilatation, la bielle sort du corps de l'instrument, le ressort se détend et entraîne une hausse de tension détectée par l'élément à corde vibrante. La tension exercée sur la corde est directement proportionnelle à l'extension, ce qui permet d'enregistrer très précisément le degré d'extension.

Références

1. Channel Coastal Observatory, 2004. Site d'information Internet : <http://www.channelcoast.org>
2. EuroSION, 2004. "Vivre avec l'érosion côtière en Europe : Espaces et sédiments pour un développement durable". Guide sur les pratiques de gestion de l'érosion côtière en Europe : leçons tirées. Érosion côtière - Évaluation des besoins d'action. Direction générale de l'Environnement. Commission Européenne. Janvier 2004. Document préparé par l'Institut national de la gestion marine et côtière des Pays-Bas.
3. Bray, M., Hooke, J. and Carter, D., 2005. 'SCOPAC Sediment Transport Study'. Report for the Standing Conference on Problems Associated with the Coastline'. University of Portsmouth.
4. Doody, J., Pamlin, C., Gilbert, C. and Bridge, L., 1999. 'Besoins d'information pour l'aménagement intégré des zones côtières'. European Union.
5. Millard, K. and Sayers, P., 2000. 'Maximising the use and exchange of coastal data. A guide to best practice'. CIRIA.
6. Moore, R., Fish, P., Glennester, M. and Bradbury, A. 2003. 'Cliff behaviour assessment - a quantitative approach using digital photogrammetry and GIS'. 38th Defra Coastal Conf.
7. Moore, R., Fish, P., Koh, A., Trivedi, D. and Lee, A. 2003. 'Coastal change analysis: a quantitative approach using digital maps, aerial photographs and LIDAR.' Proceedings Int. Coastal Mgt. Conf. Brighton. Thomas Telford.
8. National Oceanic and Atmospheric Coastal Services Centre, 2006. Site d'information Internet <http://www.chartmaker.ncd.noaa.gov/HSD/wrecks.html>
9. Bradbury, A. P., 2004. 'Strategic monitoring of the coastal zone - Towards a regional approach'. SCOPAC. South Downs Coastal Group. South East Coastal group. Environment Agency.
10. Channel Coastal Observatory, 2004. Annual Report. Southampton.
11. Durham Geo, 2006. Site d'information Internet <http://www.slopeindicator.com>