



Contrat de service B4-3301/2001/329175/MAR/B3
"Erosion côtière – Evaluation des besoins d'action"
Direction générale de l'environnement
Commission européenne

Vivre avec l'érosion côtière en Europe: Espaces et sédiments pour un développement durable

***Guide d'incorporation de l'analyse des coûts et bénéfiques dans
l'application des mesures de gestion du trait de côte***

Document traduit de l'anglais

Le 16 mai 2004

Institut national des côtes et de la mer des Pays-Bas (RIKZ)
Union européenne pour la conservation des côtes (EUCC)
IGN France International
Université autonome de Barcelone (UAB)
Bureau d'études géologiques et minières (BRGM)
Institut français de l'environnement (IFEN)
Systèmes de défense aéronautique (EADS)

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	3
1.1	Champ de l'étude.....	3
1.2	Utilisation de ce guide.....	4
2.	APPLICATION DES ANALYSES DES COUTS ET BÉNÉFICES.....	5
2.1	Phases de l'analyse coûts/bénéfices pour un projet côtier.....	5
2.2	Bénéfices présents nets.....	7
3.	ANALYSE DES COÛTS.....	9
3.1	Coûts directs.....	9
3.2	Coûts d'une étude de faisabilité (si nécessaire).....	10
3.3	Coûts de réduction des impacts.....	10
3.4	Coûts externes.....	11
4.	ANALYSE DES BÉNÉFICES.....	12
4.1	Fonction de régulation.....	15
4.2	Fonction écologique.....	17
4.3	Fonctions économiques.....	18
4.4	Fonction d'information.....	22
5.	CARTE DE PERCEPTION DES RISQUES.....	24
5.1	Evaluation des risques.....	24
5.2	Méthode d'attribution de points aux risques.....	26

ANNEXE A. Vue d'ensemble des ouvrages de protection du littoral

1. INTRODUCTION

1.1 Champ de l'étude

Les informations rapportées dans ce document ont été recueillies dans le cadre du projet EUROSION (contrat de service B4-3301/2001/329175/MAR/B3 : "Erosion côtière - Evaluation des besoins d'action"). EUROSION est une étude qui a duré deux ans, commandée par la Direction générale de l'environnement de la Commission européenne, sur une initiative du Parlement européen. Le but d'EUROSION était de mesurer avec précision l'évidence que l'érosion côtière en Europe est un problème croissant, que les efforts actuels des services publics ne réussissent pas à solutionner. Cette étude visait également à formuler un ensemble de propositions pour mieux gérer l'érosion côtière à l'avenir, aux niveaux européen, national, régional et local.

Au cours des 50 dernières années, la population vivant dans les villes côtières européennes a plus que doublé pour atteindre 70 millions d'habitants en 2001 et la valeur totale des capitaux économiques, situés dans un rayon de 500 mètres du littoral, a décuplé pour atteindre environ 300 milliards d'Euros en 2000. Une partie significative de ces capitaux est de nos jours menacée par l'érosion côtière, qui tous les ans, avale 15 km² de terres côtières et mine les protections de quelque 1 000 km² contre la submersion du littoral. Au cours de la période 1999-2002, 250 à 300 maisons ont dû être abandonnées en Europe, en raison du risque imminent d'érosion côtière et 3 000 autres maisons ont perdu au moins 10 % de leur valeur marchande. Mais ces pertes ne sont rien, comparées à la valeur des capitaux comprenant les équipements industriels, les terres agricoles, les zones récréatives et les habitats naturels – mis en danger par la submersion du littoral.

Les recommandations d'EUROSION mentionnent plusieurs aspects à prendre en considération lorsque des investissements sont envisagés dans la zone côtière ; 1) l'importance d'une bonne connaissance de la dynamique côtière ; 2) l'incorporation des coûts et des risques existants dans les décisions d'aménagement et d'investissement ; 3) la planification de la gestion du trait de côte ; 4) la consolidation de la base des connaissances en matière de gestion et de planification de l'érosion côtière.

Il ressort des recommandations 2 et 4 que **l'impact, le coût et le risque** d'érosion côtière induite par l'homme devraient être contrôlés par une meilleure prise en compte des problèmes d'érosion côtière dans des décisions d'aménagement et d'investissement.

EUROSION a réalisé trois guides visant à une meilleure application de ces recommandations:

- L'intégration des problèmes d'érosion côtière dans **l'évaluation environnementale** (pour EIA et SEA), voir la partie 5 des rapports d'EuroSION,
- Les risques doivent être surveillés, répertoriés, évalués et incorporés dans les politiques d'aménagement et d'investissement, lors d'une **évaluation des risques**, qui forme la partie 7 des rapports d'EuroSION,
- **L'analyse des coûts et bénéfices** (ce rapport) des mesures de gestion du trait de côte fournit une base pour que les solutions techniques soient viables financièrement et acceptées par les banques. Lorsqu'elle est rigoureusement conduite et qu'elle court sur une longue période (par exemple 50 ans) et qu'elle a une échelle spatiale (la cellule sédimentaire), une telle analyse permet également d'identifier les coûts environnementaux externes qui, en retour, pourront fournir d'autres arguments pour préférer le réaligement contrôlé ou simplement le "laisser-faire" aux mesures de contrôle de l'érosion.

Ce document vise à décrire des étapes et des guides pour évaluer les coûts et profits lorsque l'on décide de réaliser des projets ou des investissements liés à la protection du littoral. Les analyses de coût/bénéfice doivent informer et guider les parties prenantes impliquées dans le processus de gestion du trait de côte et elles incluent les coûts et les profits non matériels, ce que l'on appelle une analyse coût/bénéfice sociétale. L'analyse sociétale des coûts et des bénéfices est une méthode d'évaluation qui fournit, autant que possible, une vue d'ensemble quantifiée des coûts sociétaux monétaires (exprimés en argent) et non-monétaires (non exprimés ou exprimables en argent) et des effets positifs et négatifs (profits) sur une plus longue période comprenant différentes mesures alternatives. Des mesures de gestion du trait de côte peuvent être prises pour deux raisons : a) un ouvrage de protection pour un secteur en danger d'érosion ou de submersion et b) une mesure de réduction des effets nuisibles de l'érosion, causés par un autre projet dans la zone côtière, comme l'extension d'un port vers la mer.

Les mesures de gestion du trait de côte sont des mesures qui protègent la côte de l'érosion. On établit généralement une distinction entre les techniques d'ingénierie, qui se fondent sur des matériaux lourds et qui ne se démontent pas facilement (tels que les structures de béton ou les enrochements) et les techniques douces, basées sur le sable et les processus naturels, comme les rechargements de plage, la protection des pieds de falaise ou la régénération des dunes. Une vue d'ensemble des mesures de protection côtière est donnée dans l'annexe A.

1.2 Utilisation de ce guide

Ce guide a été principalement conçu à l'usage des autorités compétentes, concepteurs et analystes de la zone côtière dans les Etats membres de l'Union européenne et les pays en phase d'adhésion, voir la Case 1-1. Lorsque des investissements sont réalisés, l'investisseur principal effectue une analyse coût/bénéfice. Dans le cas d'investissements dans la protection côtière, cette analyse a, la plupart du temps, un contexte sociétal large. En ce qui concerne les mesures de protection côtière en Europe, pratiquement tous les travaux majeurs entrepris par les autorités nationales, régionales ou locales sont effectivement financés par les recettes fiscales.

Ce guide définit les principes qui pourraient être employés pour faire des évaluations économiques pour de tels projets d'investissement dans la protection côtière et autres objectifs qui y sont liés. Nous espérons qu'il sera également utile aux universitaires et à d'autres organismes s'occupant de formation d'analystes de coût/bénéfice, ainsi qu'aux analystes en général à travers le monde.

Cadre 1-1 Utilisateurs visés par ce guide

Les autorités compétentes

- Les autorités compétentes peuvent participer à une analyse de coût/bénéfice soit en tant que participants à un processus d'analyse ou en réponse à une demande d'analyse d'un concepteur. Leur rôle pourra consister à effectuer cette analyse de coût/bénéfice pour la remettre au concepteur ou bien à commenter et à approuver un rapport d'analyse préparé par le concepteur.
- Une autorité compétente pourra entreprendre elle-même une analyse de coût/bénéfice ou se faire conseiller par un organe indépendant tel qu'un comité consultatif financier.

Les concepteurs et les équipes EIA

- Comme les autorités compétentes, les concepteurs sont concernés par l'analyse de coût/profit, en tant que partie de leur processus de développement ou comme processus obligatoire de la Directive EIA. En la matière, ils pourront soit préparer une ébauche de rapport d'analyse de coût/profit à soumettre à l'autorité compétente et aux parties à consulter, soit fournir des informations à l'autorité compétente pour que cette autorité réalise l'analyse de coût/profit.
- Cependant, il est recommandé que l'analyse de coût/bénéfice soit partie intégrante de tout EIA. Les développeurs et leurs équipes EIA devront réaliser l'analyse de coût/bénéfice à un stade avancé pour s'assurer que les études environnementales abordent toutes les questions importantes, indépendamment des exigences légales pour entreprendre une analyse de coût/profit.

Les parties consultées

- Lorsqu'une analyse de coût/bénéfice est entreprise par un développeur ou une équipe, soit dans le cadre d'un système légalement établi ou en tant que recommandation, les autorités environnementales, les autres parties intéressées et le public doivent aussi être consultés. La valeur de participation du public dans le processus d'analyse de coût/bénéfice est de plus en plus reconnue par les autorités compétentes et les autres participants au processus d'analyse de coût/bénéfice au sein des Etats membres. Une consultation précoce avec les parties intéressées peut être très profitable pour éviter des retards si de nouvelles questions émergent de la consultation une fois que le rapport EIS a été soumis.
- Lorsqu'une EIA est nécessaire, la Directive EIA exige des autorités compétentes de se faire conseiller par les autorités environnementales concernées avant de donner une opinion sur le coût/bénéfice. Dans de nombreux cas, les autres parties intéressées et le grand public ont aussi la possibilité de donner leur avis. Les parties consultées seront donc impliquées dans les questions concernées par l'analyse de coût/bénéfice.

Ce guide est organisé comme suit:

- Le chapitre 1 comporte une introduction à l'utilisation des analyses des coûts et bénéfices et de la manière dont ce guide s'y rattache,
- Le chapitre 2 fournit une vue d'ensemble de l'application des analyses ainsi que des informations techniques sur les principes des coûts et bénéfices,
- Le chapitre 3 passe en revue les coûts d'un investissement de projet dans la zone côtière,
- Le chapitre 4 souligne les bénéfices d'un investissement de projet dans la zone côtière et la valeur de constitution du secteur environnemental du projet.
- Le chapitre 5 explique brièvement l'utilisation des cartes de risques et le repérage des valeurs de bénéfice pour une évaluation des risques.

2. APPLICATION DES ANALYSES DES COÛTS ET BÉNÉFICES

2.1 Phases de l'analyse coûts/bénéfices pour un projet côtier

Lorsque l'on effectue une prévision d'investissement dans la zone côtière, avec des analyses réelles de coûts et bénéfices pour le projet, quatre phases sont à distinguer. Ces phases sont représentées dans le schéma 2-1 et les différentes phases colorée sont expliquées ci-dessous.

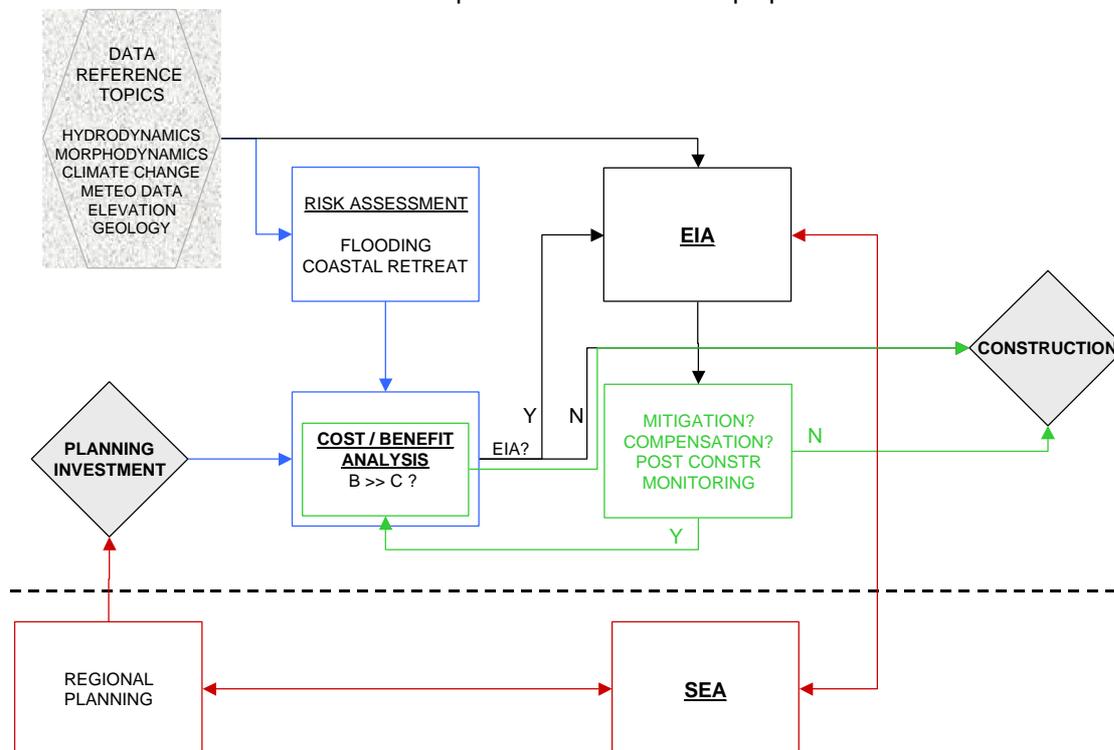


Schéma 2-1. Aperçu des phases d'un projet d'investissement en relation avec la planification, l'évaluation du risque, l'analyse des coûts et bénéfices et l'EIA. Les différentes phases du processus ont différentes couleurs.

Étape 1: Phase de planification

La phase de planification d'un projet côtier commence par un contrôle de l'aménagement régional. Les mesures de protection des secteurs côtiers peuvent renforcer ou s'opposer à la politique existante concernant le développement spatial, la nature et la culture. Des plans de participation sont, par exemple, les plans stratégiques et les plans de gestion du trait de côte.

Le secteur à protéger peut avoir le tourisme comme priorité principale dans les plans de politique en cours. Dans un tel contexte, la défense côtière se focalisant sur l'entretien des plages renforce cette politique. Lorsque ces mesures ont pour résultat la perte de secteurs écologiquement désignés comme importants, les acteurs responsables sont légalement obligés de la compenser par de nouveaux espaces naturels.

Les procédures d'évaluation environnementale stratégique (EES) commencent également avec la phase de planification. Avant d'obtenir les autorisations pour développer le projet, l'autorité compétente devra vérifier son intégration dans les procédures EES.

Etape 2: Phase de conception technique

C'est la conception technique pure de l'analyse du coût/ bénéfice pour le développeur du projet. Dans la phase de conception, le développeur vérifie si le projet n'est pas dans un secteur en danger de submersion ou d'érosion aiguë sur une période d'environ 10 à 50 ans. Les données nécessaires pour cette information sont fournies par l'évaluation du risque. Au cours de cette première étape de développement du projet, le concepteur ou l'autorité compétente vérifie si les bénéfices du projet sont beaucoup plus importants que les coûts, sinon le développement peut être arrêté dans cette phase, car une EIA éventuelle impliquerait des coûts supplémentaires.

Etape 3: Phase d'EIA

Si, en fonction de la taille et de l'impact du projet, une EIA est légalement exigée, une étude d'incidences sur l'environnement doit être effectuée. Les projets de grande envergure, tels que l'extension d'un port (par exemple la zone de Maasvlakte sur la côte de la Hollande, Aveiro au Portugal), l'occupation d'espace pour créer des fermes éoliennes (par exemple la mer de Wadden et le Schleswig Holstein) ou une usine de production énergétique (par exemple Paluel et Penly en Normandie) sont concernés par les processus d'érosion côtière dans le cadre de leur EIA. Cependant, il est assez commun que le coût de mesures de réduction du risque excède la bonne volonté - ou la capacité - du développeur de projet de les payer. Ceci est assez bien illustré par le cas d'Aveiro où le coût annuel de la dérivation du sable (5 millions d'euros) a été considéré comme excessif par les autorités de port.

Pour déterminer ces cas extrêmes, une **information** est nécessaire sur les **effets** et sur les risques auxquels les mesures seront confrontées. Cette liste (base de données avec l'information sur les mesures séparées) contient des informations sur les coûts, les changements dans les budgets sédimentaires, les changements de surface des zones naturelles, les niveaux d'eau extrêmes localement, etc. mais la validité des frontières spatiales (la cellule sédimentaire ?) doit être établie dans chaque situation.

En gardant à l'esprit qu'il est difficile d'estimer ces impacts pour des mesures prises séparément, la détermination des effets des combinaisons de mesures et leur impact spatial sur la situation existante sont encore plus difficiles à évaluer. Par conséquent les "limites du système" devront être fixées sous la conduite d'un groupe d'experts et de l'équipe du projet. Les limites du système doivent permettre la génération d'information sur les **effets** et les **risques** auxquels les mesures seront confrontées.

EUROSION propose d'effectuer ces analyses au niveau de la cellule sédimentaire

Une bonne compréhension des processus de transport sédimentaire sur le littoral au sein de la cellule sédimentaire à laquelle appartient la zone d'érosion. Une cellule sédimentaire côtière peut être définie comme un segment de trait de côte et ses zones côtières associées où le mouvement des sédiments est largement autonome. Dans la pratique, cela signifie que les mesures prises dans une cellule sédimentaire spécifique peuvent avoir un impact sur d'autres secteurs de la même cellule sédimentaire, mais qu'elles n'auront pas d'incidence significative sur les cellules adjacentes. Cette vue des choses peut aider à rejeter certaines options techniques et à évaluer l'impact d'options appropriées à l'aval de leur secteur d'application.

Etape 4: Phase de réduction

L'EIS demande que soient prises des mesures de réduction et de compensation des impacts du projet sur des processus physiques et environnementaux. L'exécution de ces mesures entraîne de nouveaux coûts et peut-être aussi des bénéfices. Il est donc nécessaire de se référer aux analyses techniques originelles de coût /bénéfice. Si, après la mise en œuvre des mesures de réduction et de compensation du projet, les bénéfices sont toujours supérieurs aux coûts, le projet peut être mis en œuvre.

L'expérience d'EUROSION a prouvé que, à l'heure actuelle, il n'y a aucune solution miracle pour contrecarrer les effets nuisibles de l'érosion côtière, puisque toute solution opère sur les effets de l'érosion (régression du littoral, largeur de plage) et pas sur ses causes. Les meilleurs résultats ont été réalisés en combinant différents types de défense côtière comprenant des solutions lourdes et des solutions douces, pour tirer profit de leurs bénéfices respectifs, tout en atténuant leurs inconvénients respectifs.

2.2 Bénéfices présents nets

L'objectif d'un travail de défense du littoral est naturellement la protection d'une partie de ce littoral contre l'érosion ou la submersion. La valeur de la zone qui doit être protégée contre sa perte doit être supérieure aux coûts des travaux de défense côtière, autrement cette protection n'est pas intéressante. Il est relativement facile de définir les coûts, dans une analyse coût/bénéfice des travaux de défense côtière car il s'agit des coûts de construction, de maintenance et de réduction de leurs impacts. Les bénéfices des travaux de défense sont l'élimination du risque de perte dû à l'érosion ou à la submersion d'un secteur. Les bénéfices se voient plus clairement dans le schéma 2-2. Le premier schéma 1a est la situation en temps zéro. Un secteur de valeur (comme une ville ou une zone naturelle) se trouve sur un littoral qui est sujet à l'érosion par les mouvements des vagues et à une dérive littorale des sédiments vers l'est. Dans le schéma 1b, le secteur en danger pour une période de 50 ans est signalé. Cela veut dire que, si rien n'est fait, le secteur de valeur sera en partie perdu. Par conséquent, on construit une digue pour éviter cette perte du secteur. Dans le schéma 2a, on montre l'impact d'une digue à l'aval du secteur protégé. Dans 50 ans, le littoral reculera comme prévu dans 1b, mais l'érosion s'arrêtera derrière la digue et augmentera à l'aval de la digue. Les bénéfices de cette digue sont alors la valeur du secteur protégé moins le secteur supplémentaire qui est perdu à l'aval de la digue.

Sous forme d'équation, on aura (voir Schéma 2-2b):

$$T = (P - A_e) - C$$

Où:

T	= Bénéfices présents nets dans les années t (ici: 50 ans)
P	= Bénéfices positifs pour le secteur protégé
A_e	= Bénéfices négatifs pour un secteur davantage en danger
C	= Coûts

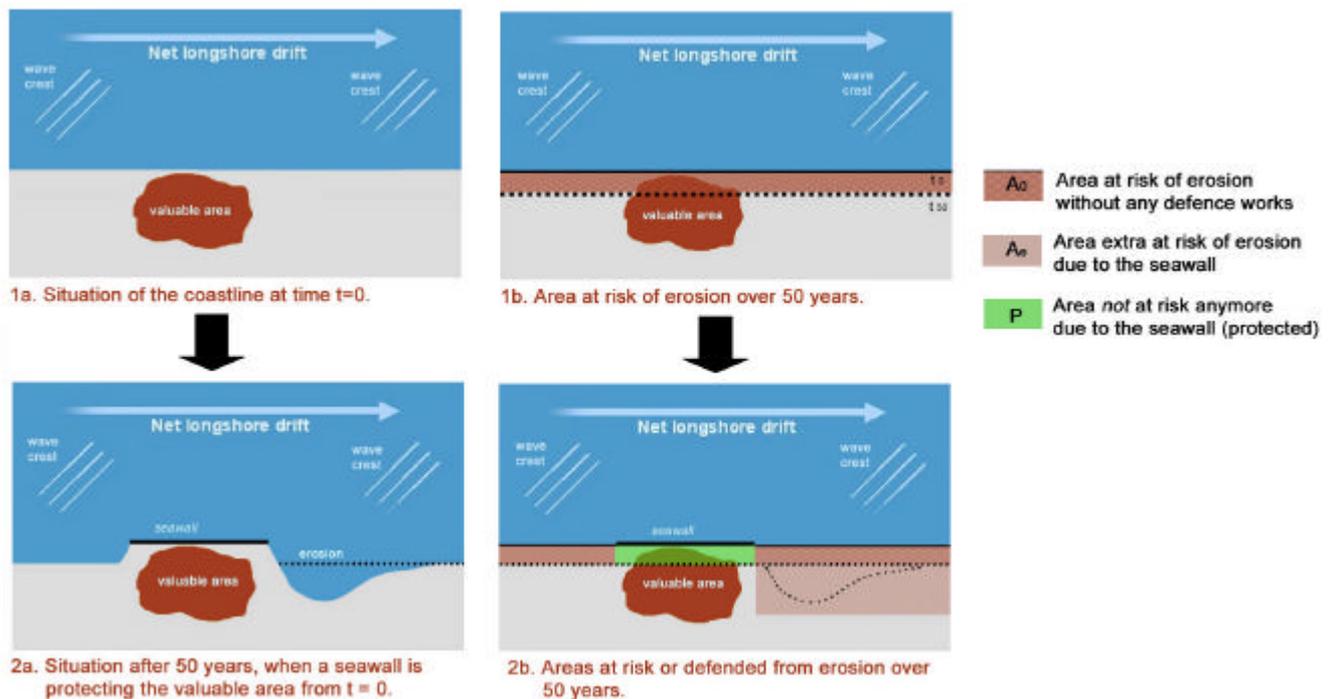


Schéma 2-2.

Le schéma 2-3 visualise les coûts et bénéfices dans le temps. Les coûts de conception et de construction du projet sont élevés les trois premières années, ensuite les coûts restants concernent la maintenance, la surveillance et les mesures de compensation éventuelles. Les bénéfices augmentent progressivement avec le temps (l'augmentation n'est pas nécessairement continue) et à un moment donné, les bénéfices deviennent supérieurs aux coûts. Sur une plus longue période, les bénéfices suivent la croissance économique

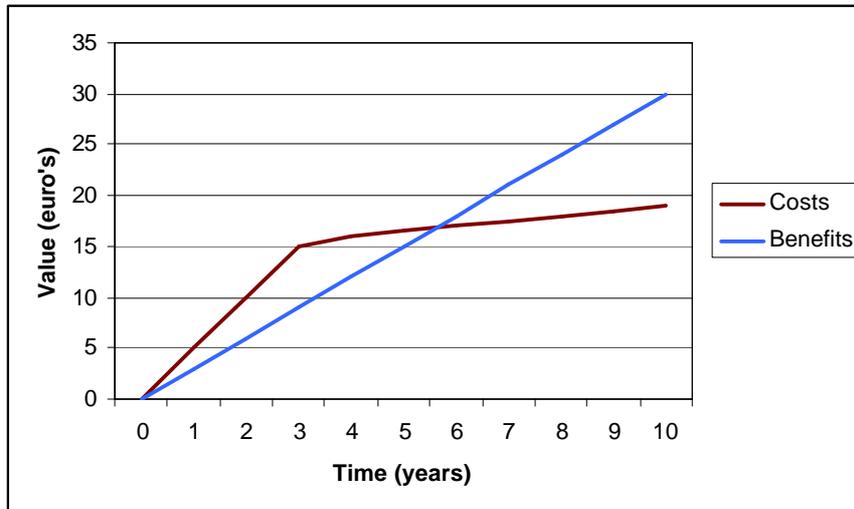


Schéma 2-3. Développement des coûts et des bénéfices d'un projet sur une période de 10 ans.

Tout le travail n'est pas effectué simultanément, mais en différentes phases. La bonne planification de l'exécution devient plus importante à mesure que la connaissance progresse pendant l'exécution des travaux. Les incertitudes deviennent plus claires, ce qui devrait être pris en compte lors du choix des solutions de rechange.

Les mesures appliquées à l'érosion côtière visent à assurer la continuation de certaines fonctions sur le littoral ou dans la zone côtière. La durée de vie prévue des mesures est un élément important dans l'analyse des coûts et des bénéfices. Lorsque différentes solutions alternatives doivent être évaluées, l'horizon de temps devrait être identique. Si l'analyse est rigoureusement conduite, adoptant un horizon de temps relativement lointain (par exemple 50 ans) et une échelle spatiale donnée (la cellule sédimentaire), elle contribuera également à identifier les coûts internes et externes du projet.

3. ANALYSE DES COÛTS

En Europe, le coût du risque d'érosion côtière est principalement supporté par la communauté et très peu par les propriétaires des biens en danger ou par les responsables de l'érosion côtière. Ceci a été observé dans la majorité des études de cas techniques du projet EUROSION. L'évaluation des risques liés à l'érosion côtière n'est en grande partie pas incluse dans les processus décisionnels locaux et l'information du public à propos des risques au demeure faible. Les coûts des travaux de défense côtière devraient être couverts par les responsables de l'érosion bien que, la plupart du temps, il ne soit pas facile de définir la cause exacte de l'érosion

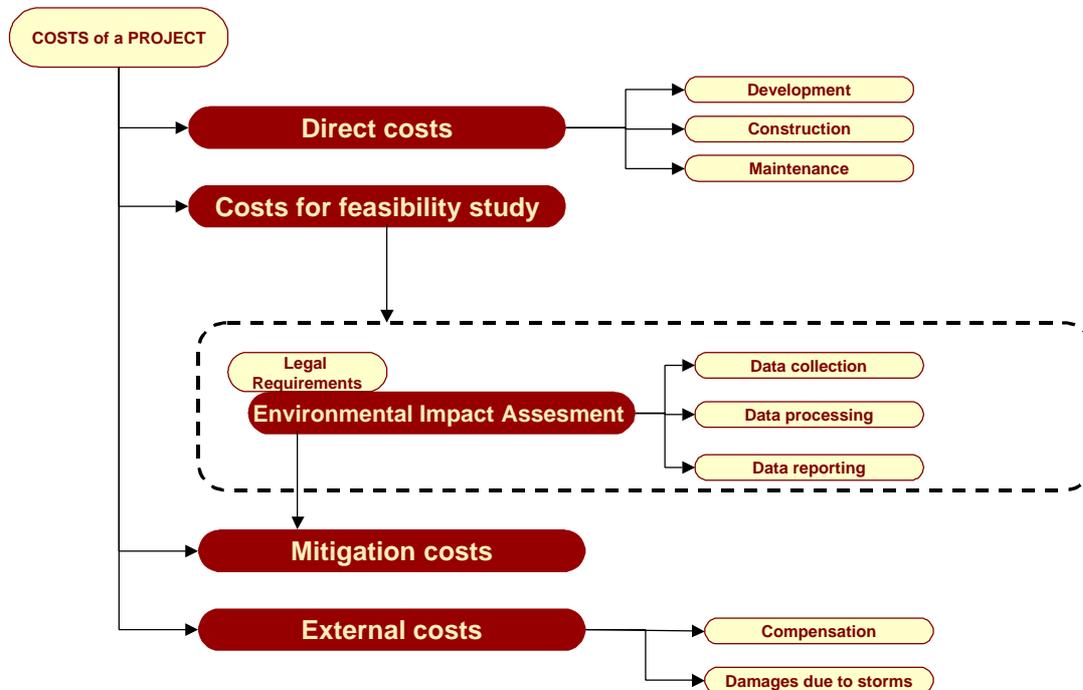


Schéma 3-1. Aperçu des types de coûts d'un projet dans la zone littorale.

L'analyse du coût d'un projet relève en fait de deux étapes décisionnelles, comme on peut le voir dans le schéma 3-1. La première étape est la phase pratique du projet pour le développeur, en termes de coûts de la conception technique, de la construction et de la maintenance d'une part, les avantages économiques d'autre part. La deuxième étape est une étude d'incidences sur l'environnement (si elle est légalement nécessaire) et elle prend en compte les coûts de demande de données pour l'EIS et l'EIS elle-même, ainsi que les coûts de réduction et de compensation des effets induits. Une vue d'ensemble de ces coûts est donnée dans le schéma 3-1 et elle est aussi décrite ci-dessous.

3.1 Coûts directs

Plusieurs études de cas du projet EUROSION ont fourni des exemples montrant que les coûts de défense côtière sont tout à fait significatifs. Ils vont de quelques milliers d'euros pour la protection localisée au moyen de brise-lames en bois ou en géotextiles - comme le long de la plage d'Estela (20 000 Euros) - à plusieurs milliers d'euros - pour le remodelage complet de la plage en combinant le rechargement en sable, les brise-lames en enrochement et les études de projet - comme à Playa Gross (11 millions d'Euros). À ces coûts, il faut encore ajouter les coûts de maintenance et de surveillance et, dans le cas du rechargement de la plage, le coût de répétition des apports de sable à intervalles réguliers.

S'ajoutent les coûts des différents consultants intervenant dans le projet et des démarches administratives indispensables (obtention du permis de construire, consultations auprès des agences d'environnement).

Coûts de développement du projet

Ils peuvent être très significatifs et inclure (en fonction du type de projet et de la technologie utilisée):

- Les honoraires techniques et juridiques des consultants, ainsi que le temps personnel du responsable du projet dans les négociations avec les administrations (par exemple pour l'obtention du permis de construire et la consultation de l'Agence de l'environnement),

- Les demandes d'information sur l'évaluation du risque,
- Les coûts légaux de financement, y compris les frais de dossiers,
- Les coûts de permis (par exemple, un permis de gestion sera nécessaire si on utilise des déchets, ce qui comportera un coût initial et une contribution annuelle).

Frais d'établissement pour la construction

Il s'agit des principaux frais pour la plupart des projets. Ils comprennent les coûts associés à l'achat et à l'installation du matériel du projet.

Coûts d'exploitation et de maintenance

Les coûts d'exploitation varient énormément selon les technologies et les différents projets en fonction des variations de concept et de mode de fonctionnement. Les coûts d'exploitation incluront :

- La maintenance générale et les coûts opérationnels d'équipement, de site, etc.
- Les frais de personnel
- Les coûts administratifs et d'assurance
- Les coûts de transport
- Les contributions annuelles pour les permis et les mesures de contrôle anti-pollution

La formation est une partie souvent oubliée ou ignorée du coût global du projet. Les personnes en charge du projet, quelles qu'en soient sa taille et sa technologie, ont besoin d'être totalement formées aux questions de sécurité financières et environnementales du projet. Ces qualifications devront être mises à jour au gré du développement de la technologie et des connaissances.

3.2 Coûts d'une étude de faisabilité (si nécessaire)

Si le projet a un effet sur les processus côtiers au-dessus d'un certain seuil, une évaluation d'impact sur l'environnement (EIA) sera nécessaire. Dans une EIA (étude d'impact sur l'environnement), on distingue trois étapes :

La collection de données en vue de la réalisation de l'étude. Les données requises sont, par exemple:

- Bathymétrie de la zone côtière
- Topographie de l'espace côtier émergé
- Caractéristiques des courants de retour
- Géomorphologie et géologie du trait de côte
- Transport sédimentaire
- Régime des vagues au littoral
- Courants littoraux
- Régime de la marée

Le traitement des données par l'utilisation des modèles appropriés pour quantifier les effets du projet sur la stabilité du trait de côte. Les coûts concernent l'utilisation des modèles et les coûts de personnel des ingénieurs.

Le rapport des données concerne l'écriture et l'édition de l'étude finale d'impact sur l'environnement. En outre, les coûts d'évaluation environnementale stratégique (EES) sont inclus. L'EES contribuera à une planification plus transparente en faisant participer le public et en intégrant des considérations environnementales.

Des informations détaillées sont données dans le *Guide d'incorporation des questions d'érosion côtière dans les procédures d'étude de l'environnement (EA)* du projet EUROSION.

3.3 Coûts de réduction des impacts

Suivant les résultats de l'EIA, les mesures de réduction des impacts devront être appliquées là où les travaux de protection tendent à augmenter l'érosion à l'aval. Celles-ci pourront être :

Des mesures de réduction primaires: Il s'agit d'arrangements particuliers, qui peuvent être intégrés directement dans la conception du projet, limitant autant que possibles la modification des interventions qui sont directement responsables de l'érosion côtière. Dans ce sens, ces mesures de réduction primaires visent à empêcher que l'érosion côtière ne soit induite par l'homme pour ne pas avoir à la combattre ensuite. Ces mesures sont exprimées sous forme de différentes solutions de

rechange financièrement les plus économiques ou les moins néfastes pour l'environnement. Afin d'évaluer les différentes options d'un projet et de fournir une comparaison objective, une sorte de situation de référence neutre est nécessaire. La situation de référence se rapporte au scénario "Business as usual" et à ce que l'on appelle l'alternative « statu quo » qu'il ne faut pas confondre avec l'alternative « laisser-faire ». L'analyse des coûts et bénéfices compare les différences entre des mesures prometteuses spécifiques (solutions de rechange) et l'alternative « statu quo », qui fournit une vue d'ensemble des coûts et des bénéfices de toutes les options. Elles peuvent être extrêmes et liées aux finances (les moins coûteuses), extrêmes du point de vue environnemental (respect de la nature) ou de l'espace (qualité de l'environnement spatial) ou d'un secteur particulier (extension maximum d'un port). Un point spécifique à prendre en compte : les coûts évités, que l'on aurait eus si le projet avait été annulé et si l'alternative « statu quo » avait été retenue.

Des mesures de réduction additionnelles: À la différence des mesures primaires de réduction, les mesures additionnelles de réduction ne sont pas destinées à limiter les facteurs responsables de l'érosion côtière, mais à contrecarrer leurs effets au niveau local. Elles ne doivent être envisagées que dans cas où les mesures de réduction primaires ne suffisent pas enrayer l'érosion côtière. En ce qui concerne les travaux de défense du littoral, il s'agira essentiellement des techniques douces qui ont recours à du sable et aux processus naturels, comme les rechargements de plage.

Les coûts des actions de réduction

En 2001, les dépenses publiques consacrées à la protection du littoral contre le risque d'érosion et de submersion ont atteint environ 3,2 milliards d'Euros, comparé à 2,5 milliards en 1986 (+28%). Avec la tendance en cours, le coût des mesures de réduction de l'érosion côtière pourrait atteindre 4,3 milliards d'Euros en 2020 et la longueur du littoral protégé par des travaux de défense dépasserait les 10 000 kilomètres.

Cependant, ces dépenses reflètent principalement les besoins de protéger les biens du risque imminent d'érosion côtière et elles ne prennent pas en compte les coûts invisibles liés aux activités humaines sur le long terme.

Le coût des pertes d'habitat

Il est très probable qu'en cas d'érosion côtière accélérée, les habitats fragiles qui n'étaient pas initialement en situation de risque disparaîtraient les premiers et, avec eux, les fonctions sociétale, économique et écologique qu'ils remplissent aujourd'hui ou qu'ils auraient pu remplir dans le futur. A cet égard, une partie significative des dunes côtières et des marécages pourrait avoir irréversiblement disparu d'ici à 2100, ce qui aurait pour conséquence un déficit de plusieurs millions de mètres cubes d'eau douce par an dans les plaines côtières, induit par l'intrusion de l'eau salée, une exposition plus élevée à la submersion du littoral pas nécessairement compensée par des travaux de protection, et une plus grande eutrophisation des eaux littorales, du fait que les pouvoirs absorbants des marais salants et des vasières auront diminué.

La dégradation des dunes, des plages et des marais priverait aussi progressivement les espèces animales de sites propices à leur reproduction, avec des conséquences imprévisibles à long terme pour la chaîne écologique.

Le coût des mesures inappropriées

Enfin, des mesures inappropriées pour atténuer l'érosion côtière ont aussi provoqué des pertes significatives par le fait qu'elles ont exacerbé les processus d'érosion dans d'autres endroits ou qu'elles ont généré de nouveaux problèmes écologiques.

3.4 Coûts externes

Pendant et après la réalisation du projet, la surveillance de ses impacts est nécessaire. Même si l'on a réalisé une bonne EIA et pris des mesures de réduction effets induits, des impacts imprévisibles sur l'environnement peuvent se produire. Par conséquent, il faudra inclure un solide programme de contrôle dans les coûts du projet. Les impacts, qui font l'objet d'une surveillance, peuvent être imprévisibles - comme nous venons de le voir - et ils constituent donc des coûts additionnels. En Europe, ces coûts sont principalement supportés par la communauté et très peu par les bénéficiaires du projet, en particulier les propriétaires des biens en danger. EUROSION propose, qu'à l'avenir les bénéficiaires et que l'organisme responsable du projet contribuent proportionnellement aux coûts dus aux effets non souhaités, induits par le projet sur l'environnement

Les dommages urgents dus aux tempêtes peuvent être également considérés comme des coûts externes.

4. ANALYSE DES BÉNÉFICES

Les bénéfices retirés d'une mesure de gestion du littoral correspondent à la valeur du secteur qui est défendu contre l'érosion.

Il est parfois difficile de les prévoir car tous les bénéfices ne peuvent pas être exprimés en valeur économique directe comme le produit d'une pêche ou le chiffre d'affaires d'un établissement de plage.

La valeur économique est déterminée par des préférences individuelles et, là où un marché existe pour le bien ou le service en question, elle peut être assimilée à la valeur marchande, au moins en tant que première approximation. Cependant, beaucoup de biens et de services n'ont pas de prix de marché, soit parce qu'ils sont fournis à titre gratuit par l'Etat, comme la défense, l'éclairage routier ou l'application des lois ou parce qu'ils sont librement accessibles à tous, comme par exemple une vue ou un accès panoramique à une plage. Cependant, de telles marchandises ont toujours une valeur économique. Dans l'évaluation des schémas de défense du littoral, c'est l'évaluation des capitaux écologiques ou récréatifs, pour lesquels un prix du marché n'est pas facilement disponible, qui est susceptible de poser problème. Au sommet de la valeur économique, dérivant de l'utilisation directe d'un bien non

valorisé, tel une plage, d'autres composants de la valeur économique peuvent exister. Ceux-ci sont :

- une **valeur de fonction**, dans laquelle un bien remplit un certain nombre de fonctions et retire des bénéfices autres que ceux qui dérivent de son utilisation directe par les « consommateurs »; par exemple, les zones humides, qui remplissent des fonctions de rétention des inondations et de traitement des eaux résiduaires à côté d'autres valeurs d'utilisation, comme la récréation ;
- une **valeur d'option** est donnée pour maintenir l'option de pouvoir utiliser cette valeur à l'avenir, bien qu'elle ne soit pas utilisée actuellement : par exemple, un jeune couple sans enfant peut ne voir aucun intérêt à se rendre sur une plage et, par conséquent, celle-ci n'a aucune valeur d'utilisation pour lui, mais il peut y placer une valeur d'option pour avoir la possibilité de l'utiliser plus tard, s'ils ont un jour une famille;
- une **valeur d'existence** (souvent qualifiée de « non-usage » ou « usage passif »), qui représente la valeur que les gens attachent à la survivance d'un bien au bénéfice des générations actuelles ou futures, même s'ils ne l'utilisent pas eux-mêmes. Si des gens trouvent un bénéfice au fait que la plage existe et qu'elle est disponible pour le plaisir de chacun maintenant ou dans le futur, ceci représente une valeur d'existence engendrée par ce capital. Il faut toujours prendre soin d'éviter le double comptage en estimant la valeur économique totale et en ajoutant ensuite quelques composants qui étaient déjà implicitement inclus dans le calcul.

Les valeurs les plus importantes à considérer pour la zone côtière sont ses valeurs économique et fonctionnelle. Les bénéfices d'un environnement côtier naturel et de l'interaction avec les activités humaines peuvent être classés par catégorie, selon quatre fonctions environnementales :

Fonction de régulation. Ce groupe de fonctions se base sur la capacité des écosystèmes naturels et semi-naturels pour réguler les processus essentiels physiques et écologiques ainsi que les systèmes d'entretien de la vie qui, en retour, contribuent au maintien d'un environnement sain en fournissant de l'air, de l'eau et des terres propres et aussi une protection de l'arrière-pays contre l'érosion et la submersion.

Fonction écologique. Un écosystème côtier doit avoir la capacité de maintenir un certain équilibre biologique à travers la commande biologique des processus biotiques. Il y a un nombre presque infini d'interactions entre les espèces dans les chaînes alimentaires et les réseaux trophiques, au sein duquel l'écosystème constitue l'habitat d'une diversité d'espèces dans la flore et la faune.

Fonction économique. Les écosystèmes naturels et semi-naturels fournissent l'espace et un substrat ou un milieu approprié pour beaucoup d'activités humaines telles que l'habitat, la culture et la récréation. La nature procure également de nombreuses ressources, qui vont de la nourriture et des matières premières pour l'usage industriel aux ressources énergétiques et au matériel génétique. La fonction économique inclut donc une fonction porteuse pour les activités humaines et une fonction de production pour les ressources.

Fonction d'information. Les écosystèmes côtiers contribuent au maintien des connaissances humaines en fournissant des informations scientifiques et éducatives. Ils forment aussi une partie de

l'acquit culturel et fournissent des informations sur l'histoire culturelle d'un paysage et d'un pays et ils peuvent même contribuer à l'enrichissement spirituel des individus.

Un aperçu des quatre fonctions environnementales d'un écosystème côtier est donné dans le schéma 4-1.

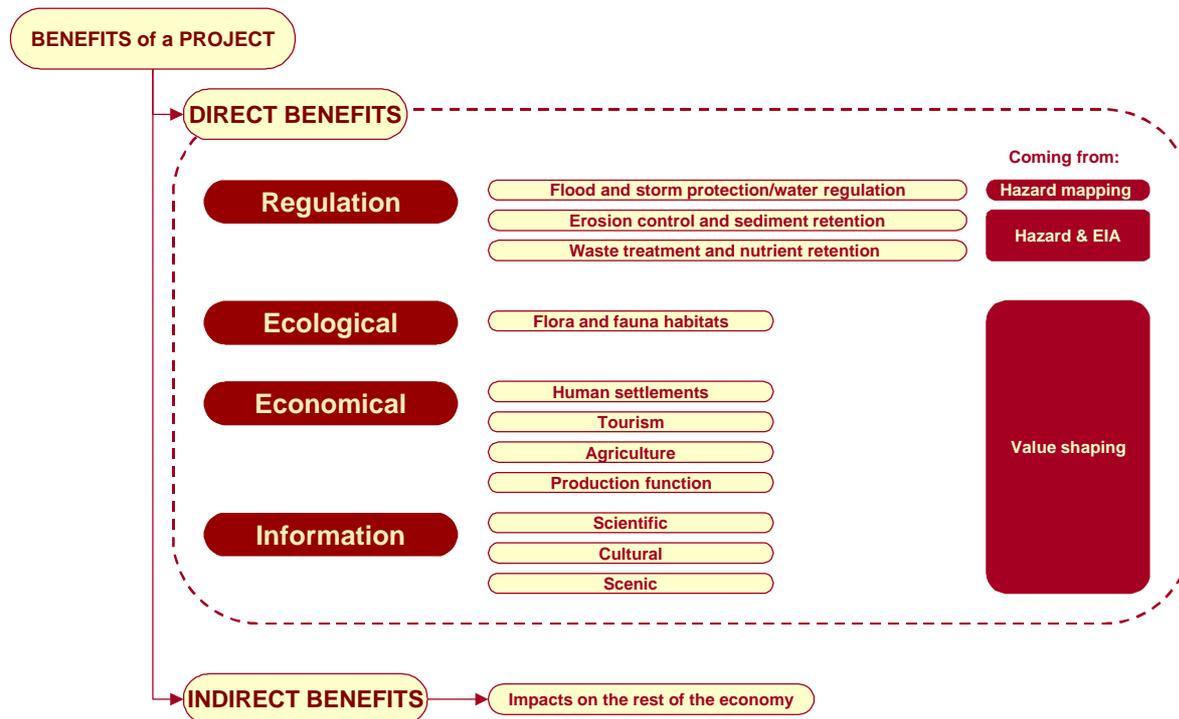


Schéma 4-1. Aperçu des bénéfices d'un projet dans un écosystème côtier, défini par quatre fonctions environnementales.

Pratiquement 30 % du littoral européen est soumis à l'érosion due au changement climatique et son incidence sur l'élévation de niveau de la mer et l'occurrence de tempêtes plus intenses, ainsi qu'à l'impact des activités humaines dans la zone côtière. Ceci implique que la **fonction de régulation** des processus d'érosion et de sédimentation est absente dans les zones côtières. Les mesures de défense du littoral doivent éviter la perte de secteurs côtiers au profit de la mer. La valeur d'un secteur côtier auquel manque la fonction de régulation peut être exprimée en termes de **fonctions écologique, économique et d'information** de ce secteur.

Les capitaux actuels (écologique, économique et d'information) et leur valeur à considérer dans l'analyse des coûts et des bénéfices dépendent des résultats du **Hazard mapping** (établissement de cartes de risques), dans lequel les secteurs potentiels de l'investissement sujet à l'érosion et/ou à la submersion sont définis et classifiés..

Pour savoir quels capitaux sont en danger, une différenciation est établie entre la population, l'économie, l'écologie et les aspects culturels pour obtenir une évaluation quantitative (et comparable) au niveau local. Une carte de perception des risques (**Risk mapping**) est obtenue en combinant l'évaluation et l'exposition aux risques.

La seconde étape est la détermination de l'influence de l'investissement sur la dynamique actuelle du littoral, en particulier pour les secteurs à valeur écologique. Ceci est réalisé lors de l'évaluation d'incidences sur l'environnement (EIA) dans laquelle les secteurs potentiels de l'investissement causant ou contribuant à l'érosion et/ou à la submersion sont définis et classifiés. Les résultats obtenus avec **les cartes de risques et l'EIA** fournissent les données essentielles et nécessaires pour l'analyse totale des coûts et des bénéfices. Les données des cartes de risques, de l'étude EIA et des analyses des coûts et des bénéfices proviennent de la **Banque de données d'information**. Dans le tableau comportant les données pour chaque critère, l'acquisition du sujet est liée à cette base de données.

La combinaison des cartes pour obtenir une « **carte de valeur** » totale exige une combinaison détaillée des différentes valeurs écologique, économique et d'information présentes dans le secteur côtier en question. Ceci peut être réalisé avec une carte tramée dans laquelle chacune des cellules contient un type d'information « de marquage » à propos des capitaux à évaluer. Ceci résulte en une

analyse multicritères, qui est visualisée dans le schéma 4-2. L'évaluation des différentes fonctions d'un secteur côtier est décrite au chapitre suivant.

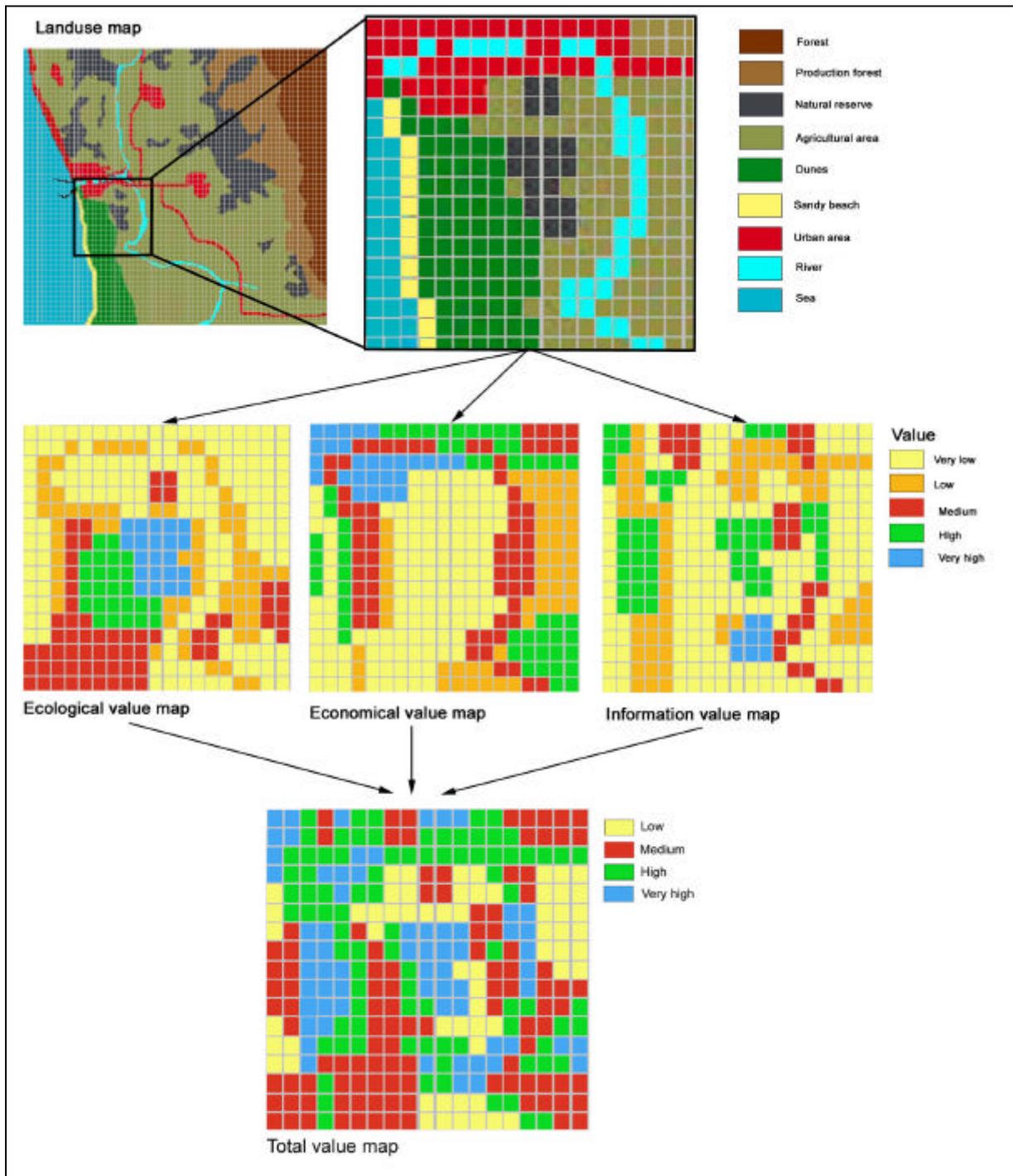
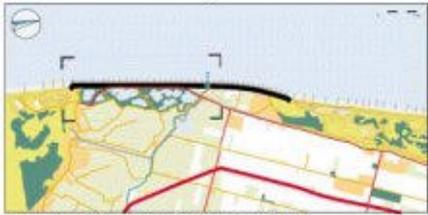


Schéma 4-2. Méthode d'évaluation des différentes fonctions d'un secteur par des données de trame. En suivant la trame d'utilisation des terres, le secteur est évalué pour les fonctions *Ecologie*, *Economie* et *Information*. L'ensemble des trois cartes (valeurs additionnées) donne la carte totale des valeurs ou l'ensemble des bénéfices du secteur côtier.

Exemple d'analyse coût-profit: La digue Hondsbossche aux Pays-Bas.



Situation actuelle (i)



A: Résister (Hold the line)



B: Avancer sur la mer (Seaward)



C: Reculer (Landward)

Partie de: Evaluation des profits "Vert":
Les profits écologiques sont quantifiés (à droite) et évalués en fonction des changements prévus de la diversité écologique. Le tableau ci-dessous montre un score relatif qui peut donner une indication des différentes visions politiques de la nature.

Partie de: Evaluation des profits "Sentiment":

Le chercheur impliqué dans l'évaluation a priori de profits socio/culturels de certaines options de gestion peut suivre les étapes suivantes: (1) Rechercher la littérature existante sur des cas comparables; (2) Examiner les cartes existantes sur les différents sujets de référence et collecter des informations dans des notes, guides municipaux et sur les sites internet; (3) Faire un inventaire des différentes parties prenantes et de leurs intérêts; (4) Consulter un ou plusieurs conseil(s) des parties prenantes pour avoir leur avis sur les étapes nécessaires de la décision, approuvée par des avis d'expert; et (5) Regrouper les informations obtenues et demander une étude complémentaire sur les sujets sensibles.

Se concentrer sur les deux derniers points: Une méthode simple pour quantifier les sentiments consiste à laisser les parties prenantes donner un score de 100 à leur principal objectif de projet et de répartir des pourcentages de 100 aux autres objectifs de projet, ceci pour que les différences entre les parties prenantes soient transparentes: voir le tableau ci-dessous, pour 2 groupes (G1 et G2):

Objectifs de projet	Résultat préférable	Plus Mauvais résultat	Score Approxim.	
			G1	G2
Préserver la sécurité	Responsabilité du gouvernement	Laisser à la nature	100	100
Augmenter le tourisme	Identité unique	Pas de distinction avec autres	60	60
Augmenter le bien-être	Conservation des polders	Suppression des polders	60	30
Nature "Authentique"	Récupération d'accès à la mer	Pas d'accès à la mer	0	60
Limites les bouchons	Pas de constructions intensives	Constructions intensives	20	20
Conserver la flexibilité	Alternatives durables	Pas d'alternatives	20	20

L'ancienne digue "Hondsbossche" ou "Hondsbossche zeewering" (1880, longueur: 5 km) fait face actuellement à plusieurs problèmes parmi lesquels l'élévation du niveau de la mer, une érosion croissante, une instabilité et une rigidité tandis que la côte sableuse recule.

3 types de solutions possibles sont proposées, résumées par 'Résister' hold the line (A), 'avancer sur la mer' move seaward (B) et 'reculer' move landward (C). Avant de décider des mesures à prendre, une analyse coûts-bénéfices équilibrée doit être réalisée dans laquelle tous les intérêts devront être incorporés. Dans le cas (A) on poursuivra la politique actuelle (maintenance avec rechargements), dans (B) la digue sera démantelée et on édifiera un secteur de dunes. Ce choix est principalement orienté vers des besoins récréationnels. Dans le cas (C), la digue sera démantelée et ne sera pas remplacée, un choix à valeur plus écologique. Cet exemple met l'accent sur les profits des différentes options dont il donne des illustrations. Les coûts peuvent être évalués de manière plus traditionnelle :

Coûts \ Option	Hold the line (A)	Seaward (B)	Landward (C)
Investissement (M €)	137,5	227,4	4,5
Maintenance (M €/30ans)	20,7	4,0	144,5

Le processus de qualification et de quantification des profits de ces différentes options a été établi selon une certaine méthode dans laquelle on a distingué trois aspects différents: (1) Argent (économique); (2) Vert (écologique); et (3) Sentiment (socio-culturel), au moyen desquels une approche intégrée a été créée pour donner un ordre de priorité aux différents critères de jugement.

Partie de: Evaluation des profits "Argent":

Type de profit	Effet	Méthode d'évaluation
Retours agriculture	Poussée de production Changement de productivité	Valeur marchande
Perception de sécurité	Changement de perception	Méthode d'évaluation contingente
Récréation	Changement du nombre de touristes Changement de perception	Approche touristique du littoral
Extraction / stockage d'eau douce	Production	Prix du marché
Profits pour la pêche	Création d'une zone de reproduction	Fonction de production
Activité économique	Domages atténués en cas d'inondation	Evaluation des risques
Valeur immobilière	Changement de prix des maisons Changement du nombre de maisons	Prix hédoniques Valeur marchande

Score \ Option	Hold the line (A)	Seaward (B)	Landward (C)
Diversité de l'écosystème	0,12	0,31	0,46
Diversité des espèces	0,21	0,21	0,22
Qualité naturelle	0,16	0,50	0,73

Lors de l'étape suivante, les groupes doivent attribuer une note, par exemple de 0 à 1, aux objectifs du projet selon les trois options différentes de gestion. En combinant les deux notes, une note finale pondérée peut être établie.

L'étape finale consiste en une évaluation intégrée des trois aspects envisagés dans les trois options de gestion, ceci dans le but d'obtenir une vue d'ensemble complète sur le projet. C'est là un point essentiel à la fois pour le présenter et l'expliquer aux acteurs et au public local. Cette vue d'ensemble est aussi nécessaire pour donner aux décideurs le moyen de juger les différentes options de gestion en prenant en compte l'Argent (Money), le Vert (Green) et le Sentiment (Feeling).

Source : Baten van Water, études de cas de mer, 2002, en néerlandais.

4.1 Fonction de régulation

Protection contre les inondations, les tempêtes et régulation de l'eau

Les bénéfices de travaux de défense du littoral – falaises, plages, dunes- contre les inondations de la mer peuvent être mesurés comme la différence entre les dommages constatés sans mesures de prévention et les dommages avec des mesures de prévention. L'évaluation de cette fonction consiste à tracer la carte des risques du secteur qui est protégé contre la submersion de la plage, des dunes ou des falaises. Les besoins en information pour déterminer les bénéfices d'un travail de protection du littoral ou d'un système de défense naturel sont :

- l'analyse des antécédents d'inondations naturelles pour déterminer la probabilité d'une nouvelle occurrence;
- l'historique des dommages en termes de pertes économiques liées à une inondation naturelle pour déterminer la valeur probable estimée des dommages;
- l'évaluation de la condition/situation actuelle des secteurs à l'étude pour déterminer leur niveau de vulnérabilité à la submersion, ce que l'on appelle le **flood-hazard-mapping**;
- une estimation de la **valeur écologique** existante des secteurs côtiers pour estimer les pertes environnementales. Voir le chapitre 4.2.
- une estimation de la **valeur économique** existante des investissements /équipements dans les secteurs de l'industrie, du logement et des infrastructures, du tourisme et de l'agriculture pour déterminer les pertes économiques dans l'arrière-pays. Voir le chapitre 4.3.
- une estimation de la **valeur d'information** d'une zone côtière, voir le chapitre 4.4.

Le « Hazard mapping » est effectué dans le cadre d'une évaluation des risques (voir le schéma 2-1). Les données nécessaires pour une évaluation des risques sont:

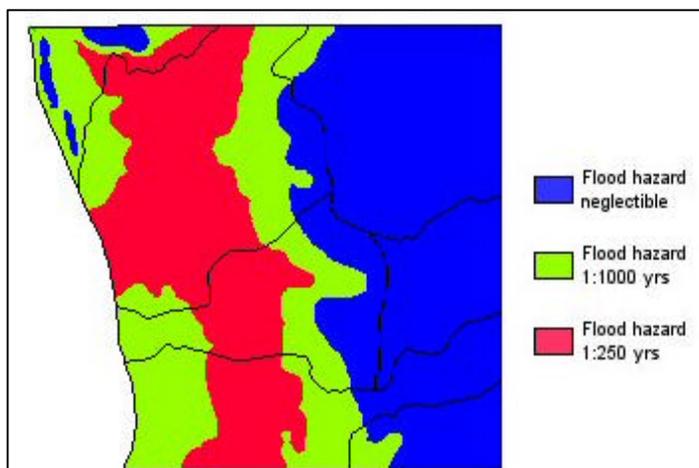
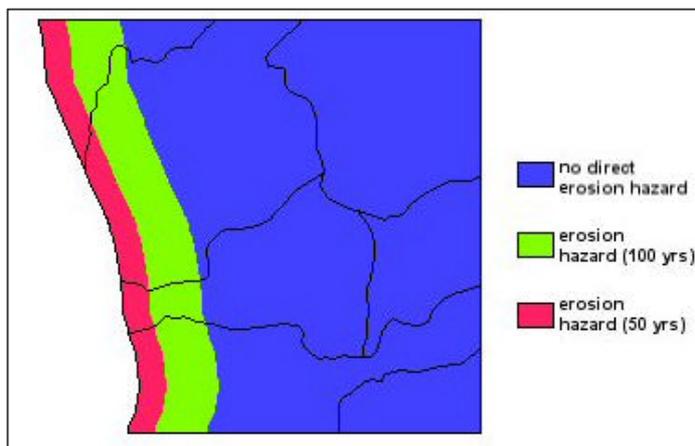


Figure 4-3. Exemple d'une carte d'évaluation de la submersion dans la zone du schéma 4-2.

- Les prévisions et paramètres de changement climatique présents dans le secteur côtier, incluant les données d'élévation du niveau de la mer, la fréquence des tempêtes et la hauteur des vagues,
- La bathymétrie littorale et la topographie de la zone terrestre côtière, l'existence de plages, de falaises, de dunes et d'un arrière-pays.

La méthode d'estimation des pertes dans les établissements humains existants ou dans les zones naturelles est expliquée aux chapitres 4.2 et 4.3.

Contrôle de l'érosion et rétention des sédiments



La valeur économique des secteurs côtiers protégés peut être déduite -de manière similaire à la fonction de prévention de la submersion- de la somme d'argent qui serait nécessaire pour protéger l'arrière-plage et le littoral d'une érosion chronique par des ouvrages de défense. Les données nécessaires à l'évaluation des risques qu'il faudrait utiliser ici se trouvent sur la carte des tendances moyennes de l'érosion. Un exemple de carte d'évaluation de l'érosion se trouve dans le schéma 4-4.

L'évaluation de cette fonction de la zone côtière ne peut être effectuée que lorsque

la cellule sédimentaire entière est évaluée car les cellules sédimentaires sont des zones où le mouvement de sédiments est fortement autonome, avec des secteurs de sources sédimentaires et des secteurs de puits.

Les informations sur le contrôle de l'érosion et la rétention des sédiments proviennent d'une étude d'incidences sur l'environnement et de l'évaluation des risques. Pour une vue d'ensemble des littoraux européens, consulter les cartes d'érosion côtière CORINE, avec les tendances jusqu'à 1990, mises à jour dans la banque de données -GIS d'EUROSION.

Traitement des déchets et rétention d'éléments

Les écosystèmes côtiers reçoivent de grandes quantités de différents types de déchets humains, tels que des huiles, des métaux lourds, des pesticides et les PCB's. Ces déchets proviennent pour l'essentiel de l'intérieur des terres et ils sont apportés dans les espaces côtiers par les cours d'eau, les flux d'air, les égouts. Dans une certaine mesure, les écosystèmes aquatiques peuvent abaisser la concentration de certains de ces éléments à des niveaux tels qu'aucun dommage écologique permanent ne se pourra se produire. Par exemple, la concentration des métaux dissous peut être réduite par coagulation avec des oxydes de fer et de magnésium et des minéraux des argiles présents dans les sédiments.

En raison de la production industrielle d'engrais et de leur utilisation, sous forme d'azote et de phosphate, pour les sols agricoles, une grande quantité de ces éléments est déversée dans les fleuves et transportée vers la mer. Les vasières littorales, les marais salants et les estuaires ont une fonction importante dans le déplacement et le recyclage des éléments inorganiques. Les eaux de la marée les transportent à la surface des vasières où ils se répandent au travers d'une mince couche de sédiments oxydés vers la zone anaérobie sous-jacente et sont donc soustraites du système aquatique.

La nature préventive de cette fonction économise beaucoup d'argent puisqu'elle évite des dommages qui résulteraient d'une l'eau polluée pour beaucoup de secteurs tels ceux de la pêche, de l'aquaculture et de la récréation. Si la quantité de matériel pollué retirée par les écosystèmes côtiers peut être déterminée, on est alors capable d'évaluer les dommages liés à la dégradation ou à la disparition de ces écosystèmes. En particulier les vasières littorales, les marais salants et les estuaires apportent une contribution de valeur élevée au traitement des déchets.

Il existe une méthode pour évaluer la valeur environnementale d'un secteur côtier. Elle consiste à prendre en compte l'argent qui est ou qui serait dépensé pour éviter la pollution de l'environnement de ce secteur côtier.

4.2 Fonction écologique

Les critères importants qui déterminent la valeur de conservation d'un milieu donné sont ses éléments naturels, son caractère unique, sa richesse et sa diversité en espèces. La valeur des domaines écologiques importants à l'échelle nationale ou européenne doit être prise en compte dans l'analyse des coûts et des bénéfices, pour son évaluation, mais aussi pour une démarche de compensation lorsque des projets de défense côtière risquent d'affecter des milieux naturels. Ceux-ci ne peuvent être économiquement définis, du point de vue législatif, que lorsque les incidences de l'investissement sur l'environnement ont été évaluées puisque les coûts de compensation exprimeront la valeur économique.

Les informations nécessaires pour estimer la valeur économique d'un milieu sont:

- La nature: informations détaillées sur le degré de présence ou d'incidence humaine, en termes de perturbation physique, chimique ou biologique,
- Le caractère unique: informations détaillées sur la présence de secteurs à forte valeur écologique, qui doivent être protégés ou compensés en cas de perte ou de dommages induits par des activités humaines,
- La richesse en espèces: informations détaillées sur les valeurs de population en termes de la quantité d'oiseaux qui utilisent le site pour se reproduire ou s'alimenter et la quantité de poissons sur le site,
- La diversité des espèces: informations détaillées sur l'existence d'espèces spécifiques en danger qui sont présentes dans les secteurs écologiques importants. L'intérêt des habitats pour la biodiversité côtière doit être souligné,
- La taille du secteur considéré.

Le calcul de la valeur économique d'un milieu naturel est difficile, mais les méthodes les plus utilisées sont mentionnées ci-dessous:

- Un des critères principalement utilisés en termes écologiques est la diversité des espèces multipliée par la taille du secteur considéré ou par l'unicité du secteur. Celle-ci peut s'évaluer au niveau international, européen, national et régional :
 - ❑ Réserves de la biosphère de l'UNESCO
 - ❑ Zones humides d'importance internationale (Convention de Ramsar)
 - ❑ Directive Habitat: secteurs spéciaux de conservation
 - ❑ Directive Oiseaux: secteurs spéciaux de protection des oiseaux
 - ❑ Parcs nationaux et régionaux
 - ❑ Réserves naturelles
 - ❑ Secteurs écologiques sensibles
 - ❑ Secteurs scéniques nationaux
- Une bonne indication de l'importance socio-économique d'un milieu donné est la somme d'argent donnée aux organisations qui luttent pour sa conservation dans son état naturel ou encore le nombre de visiteurs quotidiens dans le secteur.
- Une autre méthode d'évaluation des valeurs économiques pour les écosystèmes est la *Méthode des prix hédonistes*. Elle permet d'estimer les bénéfices associés à la qualité de l'environnement (pollution de l'air, pollution de l'eau et bruit) et à ses agréments, tels que les vues esthétiques ou l'usage pour des loisirs. L'idée de la méthode est d'estimer la valeur de préservation des espaces ouverts, en regardant comment la valeur moyenne des maisons change lorsque la quantité et la qualité des espaces ouverts se modifie dans les abords immédiats.
- Une dernière méthode qui peut être employée est la *Méthode d'évaluation contingente*. C'est une méthode de test dans laquelle on demande aux répondants combien d'argent ils sont disposés à payer pour la conservation d'un secteur environnemental côtier dans l'éventualité de sa mise sur le marché.

Certains critères globaux pour apprécier la valeur écologique d'un milieu sont visibles dans la petite carte de valeur écologique du schéma 4-2, par exemple:

- La mer associée à une réserve d'espaces dunaires ont une forte valeur écologique,
- Une vaste réserve naturelle a plus de valeur qu'une petite réserve,
- Une zone naturelle avec des espèces en danger a également de la valeur (tout comme un secteur relevant de la Directive Habitat),
- Les berges d'un fleuve avec une végétation naturelle, des zones humides et des bancs de sable ont plus de valeur que les chenaux artificiels d'une rivière.

4.3 Fonctions économiques

L'évaluation globale de la valeur (et donc le calcul du bénéfice) des fonctions économiques d'un écosystème côtier peut se baser sur les types de couverture végétale de la banque de données CORINE. En fonction de l'utilisation actuelle des terres, la valeur des secteurs considérés montrera des différences significatives.

Une distinction a été établie entre les 44 classes de couverture végétale dans la classification d'origine pour l'évaluation des 5 principaux groupes suivants de couverture végétale:

- (i) Secteurs urbanisés,
- (ii) Secteurs agricoles,
- (iii) Secteurs naturels et semi-naturels,
- (iv) Zones humides
- (v) Plans d'eau.

La *valeur marchande des terres* est un aspect financier à considérer dans l'évaluation économique. Cette valeur marchande actuelle est basée sur la nature du site et de ses équipements. L'estimation est liée à l'utilisation des terres, mais aussi aux types de bâtiments, à la beauté du site, etc.

La quantification financière des types d'utilisation des sols dépend des valeurs locales données aux différents types distingués. Elle pourra être évaluée, après détermination de ces valeurs par les autorités compétentes, La combinaison de la valeur financière totale des secteurs considérés et des niveaux de risque les affectant permettra d'établir la valeur des biens en danger dans la zone côtière.

Etablissements humains

Le point le plus important à considérer, qui ne relève pas d'un point de vue économique, c'est la présence de population dans le secteur côtier considéré. Les quantités de personnes présentes (habitants en danger par submersion ou par recul du littoral) et les activités professionnelles de la population donnent une idée de la valeur et des bénéfices à défendre.

La corrélation du nombre des habitants avec les types de surface d'urbanisation (par exemple la couche i de CORINE) permet une évaluation quantitative de la population. La possibilité d'occurrence de submersion, de destruction de l'habitat ou d'un autre danger pour la population actuelle est fournie par le document « cartes de risques ». La combinaison de ces risques fournit l'indicateur le plus important de la population en danger.

L'évaluation de la valeur du secteur urbanisé peut être effectuée à l'aide des prix de vente ou de location des maisons et des bâtiments.

Secteur secondaire: agriculture, industrie et infrastructures

Pour établir la valeur économique d'un secteur considéré, il est important de distinguer la valeur de présence et la valeur de fonctionnalité.

Pour l'évaluation économique des fonctions existantes dans le secteur en question, un inventaire des entreprises existantes devra être fait au niveau local. Les principaux points reflétant la valeur des fonctions économiques sont :

- Le nom de l'entreprise et son activité économique
- Les coordonnées sur une carte
- Le capital initial
- Le nombre d'emplois
- Le chiffre d'affaires
- La valeur des actifs

Ces chiffres peuvent fournir une vue d'ensemble de l'importance de la valeur de l'activité économique d'un certain secteur. Un exemple est donné dans le schéma 4-5. Une bande côtière de 5 à 10 kilomètres de largeur en Hollande est sélectionnée dans une banque de données économiques GIS, ce qui inclut la valeur économique des entreprises en activité dans ce secteur (voir le tableau 4-1). Ces données permettent de calculer les bénéfices à tirer de la protection d'un secteur côtier. Des bénéfices supplémentaires peuvent être prévus comme conséquence d'un projet de défense côtière. Par exemple, lorsque l'on décide du rechargement d'une plage ou de la construction d'un brise-lames pour agrandir cette plage, celle-ci sera fréquentée par davantage de monde, ce qui augmentera probablement le chiffre d'affaires des établissements de bord de mer.

Pour la valeur de fonctionnalité, la présence de travaux d'infrastructures (routes, tunnels, chemins de fer, lignes à haute tension, grandes jetées, constructions humaines importantes comme les ports, les aéroports et les usines) et d'objets remarquables (par exemple un phare, repères géodésiques) constituent un aspect important. La quantification financière des travaux d'infrastructure dépend des valeurs locales données aux différents capitaux investis (les routes, les maisons, les tunnels, etc.). La multiplication de la surface et des types de capitaux d'infrastructure donne une évaluation exprimée en unités financières en danger.

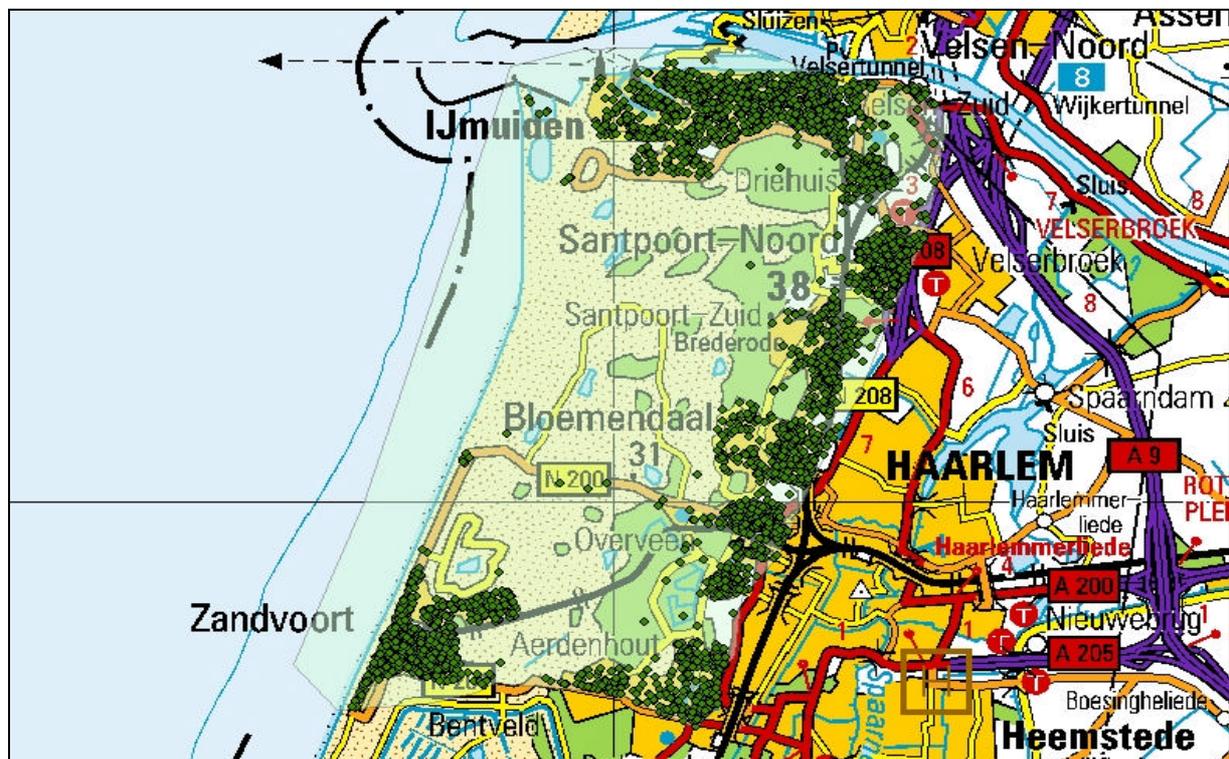


Schéma 4-5. Sélection d'entreprises sur le littoral de Hollande, Pays-Bas, visualisée par des points verts (source CBS).

Nr	Description de l'activité économique	Travaux (total)	Production (*mln euro)	Valeur ajoutée (*mln euro)	Entreprises (nombre)
1	Agriculture, pêche et forêts	919	44	27	133
2	Extraction de minerais	57	1	1	4
3	Industrie alimentaire (luxe)	348	62	15	39
4	Industrie du textile et du cuir	56	12	3	23
5	Industrie du papier	6	1	0	1
6	Sociétés d'édition et d'impression	136	30	11	40
7	Industrie pétrolière	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8	Industrie chimique	66	6	2	7
9	Industrie caoutchouc et synthétiques	45	9	3	9
10	Industrie des métaux de base	6	1	0	2
11	Industrie des produits métalliques	461	54	23	42
12	Industrie des machines	331	44	17	27
13	Industrie electro-technique	127	13	5	13
14	Industrie du transport	164	12	4	17
15	Autres industries	99	7	4	35
16	Wateringues et sociétés d'énergie	272	70	25	1
17	Construction conventionnelle et utilitaire	583	66	20	166
18	Aménagement terres, fleuves et routes	136	17	8	14
19	Autres industries de construction	657	44	20	168
20	Commerce de gros	1687	141	81	490
21	Commerce de détail, vente/ répar. auto	3108	113	69	789
22	Restauration	1802	82	40	434
23	Transport domestique	387	52	37	57
24	Transport par mer et par air	322	50	22	21
25	Service de transport	429	37	21	72
26	Poste et telecommunications	386	46	29	22
27	Banques	875	36	22	454
28	Assurance et fonds de pension	1	0	0	1
29	Activités d'assistance financière	179	17	12	94
30	Location et vente dans l'immobilier	319	165	129	135
31	Secteur de services commerciaux	2660	269	137	975
32	Santé et bien-être	3251	110	83	369
33	Service écologique	22	7	3	4
34	Culture, sport et loisirs	1033	82	37	264
35	Autres biens et services	685	36	22	318
36	Gouvernement, défense, assur. sociale	1584	148	90	29
37	Education subventionnée	2002	69	58	99
	TOTAL	25201	1953	1080	5368

Tableau 4-1. Description des activités et taux économiques des entreprises de la zone verte, sélectionnées dans le schéma 4-5. (source: www.cbs.nl)

Tourisme et loisirs

Le tourisme et les loisirs représentent un secteur important dans la zone côtière. Pendant l'été, beaucoup de gens passent leurs vacances sur la côte ou viennent quotidiennement la visiter.

La valeur économique de ce secteur peut être déterminée, comme il a été décrit plus haut, par la banque de données économique GIS. Les activités comprises dans ce secteur sont les hôtels, les parcs de bungalows, les campings, la restauration, les établissements de plage, les sociétés de sport et de loisirs, les magasins locaux et autres.

La valeur fonctionnelle et optionnelle de ce secteur est plus difficile à évaluer. Les gens passent beaucoup de leur temps libre dans la zone côtière, mais ils ne paient pas toujours directement leur visite. C'est le cas des marcheurs, des amateurs de surf, des nageurs, des cavaliers et des pêcheurs. Mais le bien-être que procurent les espaces côtiers et leur valeur scénique sont élevés.

La valeur socio-économique ainsi que les valeurs fonctionnelle et facultative de la zone côtière permettent de calculer la quantité de visiteurs quotidiens dans un secteur littoral donné, le temps qu'ils y ont passé ou encore l'argent qu'ils doivent y dépenser pour y accéder.

Production

Les écosystèmes naturels et semi-naturels fournissent énormément de produits : oxygène, eau, nourriture, médicaments, ressources génétiques, sources énergétiques, matériaux utilisés pour l'habillement et le bâtiment. Les produits les plus importants extraits des côtes et de la mer peuvent être répartis en deux catégories : les ressources renouvelables et les ressources non renouvelables

Les ressources renouvelables sont:

- La pêche de crevettes, mollusques, crustacés et poissons, le ramassage de vers
- Espèces de plantes halophiles, naturelles ou cultivées, comme la ruppie maritime, la salicorne d'Europe et l'aster de mer,
- Les récoltes agricoles dans la zone côtière,
- L'énergie éolienne.

Les ressources non renouvelables sont l'extraction dans les fonds océaniques de:

- Coquillages morts
- Sable
- Pétrole
- Gaz
- Minerais (sel)

Les valeurs économiques de la fonction de production de la côte peuvent être facilement évaluées par les revenus des produits. Les statistiques nationales ou les agences économiques peuvent fournir ces données. Mais il faudrait aussi prendre en considération que des bénéfices économiques positifs peuvent engendrer des bénéfices fonctionnels négatifs. Par exemple, l'extraction des ressources des fonds océaniques peut causer un abaissement du lit marin, ce qui aura un effet sur l'environnement et les processus physiques en jeu dans l'écosystème. Des mesures de mitigation doivent compenser ces effets négatifs dans le secteur d'extraction ou les secteurs adjacents.

Quelques critères globaux pour établir la valeur de fonction économique sont visibles dans la petite carte de valeur économique du schéma 4-2, par exemple:

- Les ressources de la mer auront une faible valeur économique car la pêche n'est pas autorisée,
- Les réserves naturelles auront aussi une faible valeur économique car le tourisme et les loisirs ne sont pas autorisés,
- Une plage possède une valeur relativement haute en raison du taux élevé du tourisme et des loisirs,
- Les fleuves peuvent avoir de la valeur pour le commerce fluvial, mais aussi pour les loisirs,
- La valeur économique des secteurs des entreprises est liée à la valeur des bâtiments, des emplois et de la valeur ajoutée,
- Les établissements urbains tels que les logements ont plus de valeur en bordure de la plage, où l'on a une belle vue panoramique, qu'en bordure des zones industrielles ou agricoles,
- Les vastes zones agricoles ont plus de valeur que les petites zones car leur taux de production est plus élevé. En bordure des fleuves, le sol peut être plus fertile, ce qui augmente la production et donne donc une valeur plus élevée.

4.4 Fonction d'information

Scientifique ou éducative

La valeur économique des créneaux d'éducation et de recherche dans un secteur peut être déduite de la somme d'argent dépensée dans les excursions éducatives et les études scientifiques. Les études scientifiques peuvent être exprimées par le nombre de scientifiques, leur revenu ou par le bénéfice du projet ou des articles publiés.

Patrimoine

Deux types de patrimoine peuvent être identifiés pour les écosystèmes côtiers : *le patrimoine historique et culturel* et le *patrimoine environnemental*. L'importance socio-économique des patrimoines d'un secteur que l'on doit protéger contre l'érosion peut être mesurée par le temps et l'argent que les individus dépensent (ou sont prêts à dépenser) pour la conservation du secteur dans son état naturel. Une échelle de valeurs peut être établie par ordre d'importance du secteur au niveau international, européen, national ou régional. Le tableau au-dessous mentionne les différents types de désignations rencontrées en Europe.

Niveau de désignation	Patrimoine culturel et historique	Patrimoine environnemental
Zones d'importance internationale	<ul style="list-style-type: none">Sites du patrimoine mondial de l'UNESCO	<ul style="list-style-type: none">Réserves de la biosphère de l'UNESCOZones humides d'importance internationale (convention Ramsar)
Zones d'importance européenne	<ul style="list-style-type: none">Traité de la Communauté européenne (Article 151) pour sauvegarder le patrimoine culturel important en EuropeSecteurs à forte probabilité de trésors archéologiques (ex. Carte archéologique mondiale du plateau continental avec la probabilité de trouver des épaves de bateau)	<ul style="list-style-type: none">Directive Habitat: secteurs spéciaux de conservationDirective Oiseaux: secteurs spéciaux de protection des oiseaux
Zones d'importance nationale	<ul style="list-style-type: none">Sites de patrimoine national et régionalSites nationaux d'intérêt scientifique particulier (archéologique)	<ul style="list-style-type: none">Parcs nationaux et régionauxRéserves naturellesSecteurs écologiques sensiblesSecteurs scéniques nationaux

Caractère paysager

Beaucoup de gens apprécient les paysages des secteurs naturels ou des villes anciennes. Bien que les méthodes d'analyse de la valeur esthétique des paysages et des dispositifs scéniques existent, il est difficile d'évaluer cette fonction objectivement car l'appréciation d'un paysage est une expérience très personnelle. Une méthode qui peut être employée ici est la Méthode d'évaluation contingente. C'est une méthode de test dans laquelle on demande aux répondants combien d'argent ils sont disposés à payer pour la conservation d'un secteur environnemental côtier ou d'une ville de caractère ancien, dans des circonstances de marché hypothétiques.

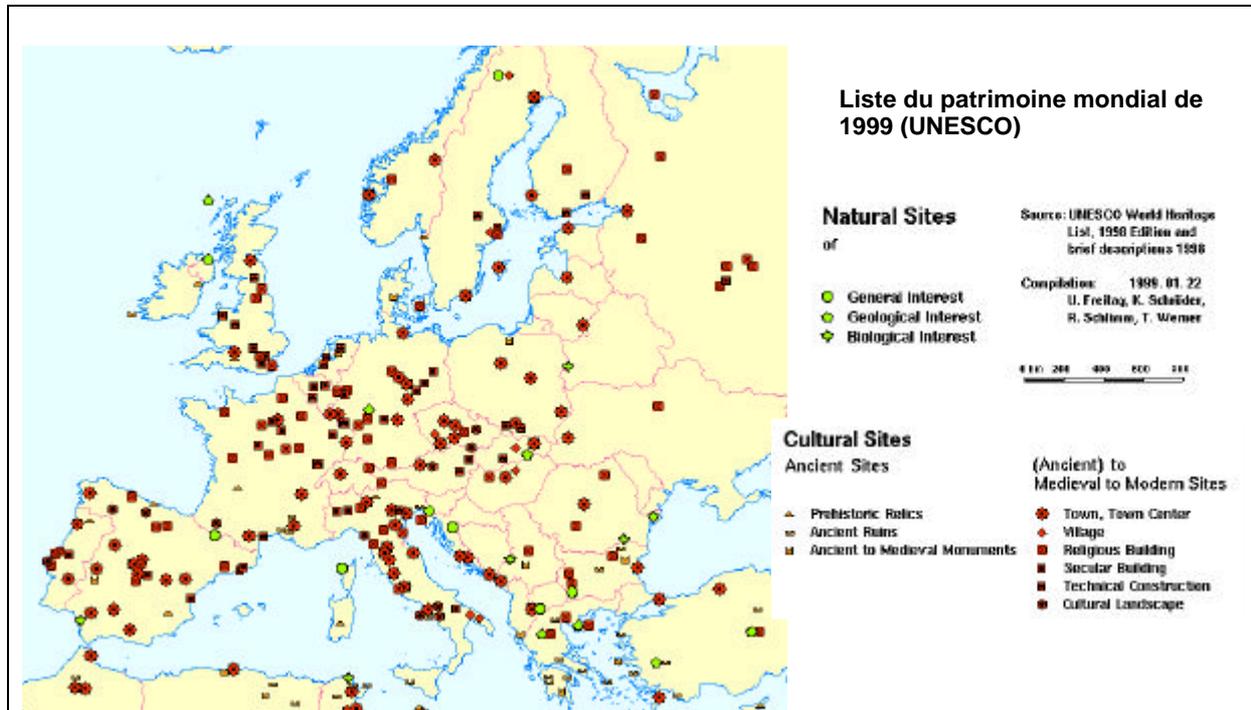


Schéma 4-6. Carte des monuments du patrimoine mondial en Europe (source UNESCO).

Quelques critères globaux pour l'établissement de la valeur de la fonction d'information sont visibles dans la petite carte de valeur d'information du schéma 4-2, par exemple:

- Le niveau (international ou régional) d'importance du patrimoine culturel ou environnemental est une indication de la valeur,
- Les réserves naturelles ont un caractère éducatif, comme les bâtiments anciens ou les musées,
- Les zones côtières (plage, dunes, deltas ou estuaires) peuvent avoir une valeur élevée pour la recherche lorsque ces zones s'y prêtent,
- Les plages, les fleuves et les panoramas sur des villes anciennes peuvent avoir une forte valeur paysagère pour les gens.

5. CARTE DE PERCEPTION DES RISQUES

5.1 Evaluation des risques

L'évaluation des risques est définie comme suit :

"C'est un processus d'analyse pour identifier et mesurer les risques de catastrophe naturelle pouvant affecter les individus, les propriétés et l'environnement. Ce processus peut comprendre également l'évaluation des ressources disponibles pour évaluer les risques." ; (vulnérabilité et évaluation des risques, UNDP, 1994)

L'évaluation des risques est effectuée par une série de démarches conjointes qui aboutissent à l'établissement d'une carte des risques et des vulnérabilités à l'origine de désastres potentiels. Les informations concernant la magnitude et la fréquence des menaces pesant sur une société sont d'abord collectées dans un site donné. Vient ensuite une évaluation de l'impact potentiel des risques sur les habitudes de vie des gens, l'économie, les infrastructures, les équipements majeurs, etc... Ces facteurs qui sont susceptibles d'augmenter ou de diminuer la vulnérabilité économique, sociale, politique ou environnementale, conditionnent l'échelle de ces impacts.

L'évaluation des risques comporte trois éléments centraux:

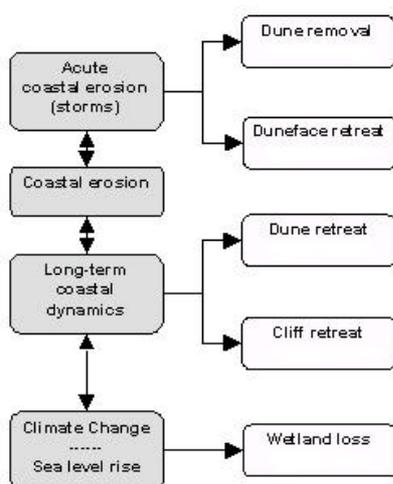
1. La collecte de données et d'informations appropriées,
2. L'analyse des risques, en fonction de leur échelle, de leur nature et de leurs caractéristiques,
3. L'analyse de vulnérabilité, en particulier le degré au-dessus duquel les individus ou les bâtiments ne pourront plus supporter l'occurrence d'un risque.

Tout changement dans l'un ou l'autre de ces deux derniers éléments aura un effet sur cette évaluation, les informations devant être fournies aux décideurs dans une forme appropriée pour qu'ils puissent déterminer les niveaux de risque acceptables et les mesures à prendre afin de les réduire. Il faudra alors décider de mettre en application ou non des mesures de réduction du risque, déterminer le niveau de protection qui sera exigé et examiner s'il y a d'autres risques urgents à traiter avec des ressources limitées. La compréhension du ou des risques et la prise de décisions constituent donc un processus double qui implique à la fois l'évaluation de ces risques et leur perception.

L'évaluation des risques se rapporte donc à leur quantification sur la base de données scientifiques et à leur compréhension ainsi que celle des éléments vulnérables.

L'évaluation des risques côtiers comprend d'une part la détermination de la probabilité d'échec $P_{\text{échec}}$ de la défense côtière et, d'autre part l'estimation des pertes (conséquence) C_{dommages} en cas d'échec en utilisant le concept suivant pour déterminer le risque (schéma 5-2):

Risque = $P_{\text{échec}} \times C_{\text{dommages}}$ = [probabilité du risque] x [estimation de la perte socio-économique comme résultat du risque]



Les études de cas conduites dans le cadre d'EUROSION ont montré qu'il existe fondamentalement deux principaux types d'événements liés à l'érosion qui peuvent potentiellement affecter les biens localisés dans la zone côtière. Ces événements et risques sont (voir le Schéma 5-1) :

1. Une érosion côtière aiguë, associée à une inondation
2. Une dynamique côtière à long terme, comme le recul chronique du littoral et la perte de zones humides, les deux phénomènes étant liés à une élévation accélérée du niveau de la mer.

Schéma 5-1 Conséquences d'une érosion aiguë et chronique.

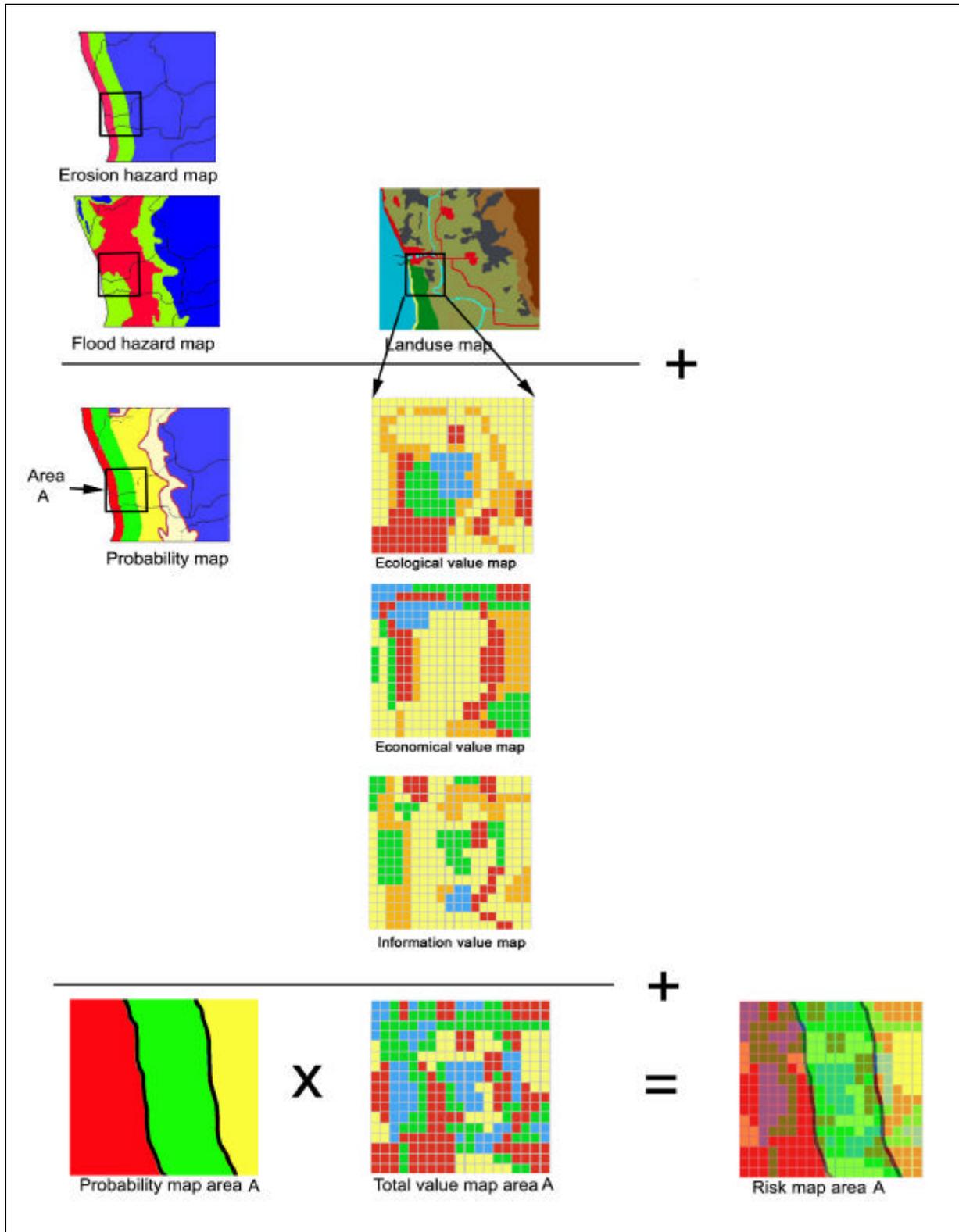


Schéma 5-2. Méthode de perception du risque. La confrontation de la carte du risque d'érosion et celle du risque d'inondation donne la carte de probabilité de risque pour un secteur donné A. La carte d'utilisation de l'espace par des fonctions écologique, économique et d'Information donne la carte de la valeur totale en jeu pour le secteur A. La carte de probabilité multipliée par la carte de valeur totale donne la carte de risque pour le secteur A. L'élaboration de la carte de probabilité est expliquée dans le texte ci-dessous.

5.2 Méthode d'attribution de points aux risques

La méthode idéale pour assigner des priorités aux divers types de risque serait une évaluation scientifique et quantifiable de la probabilité. Malheureusement, les données de probabilité ne sont pas cohérentes dans les différents types de risque liés à l'érosion côtière et à la submersion. Elles ne sont pas non plus toujours disponibles ou utilisables au niveau local. Comme alternative, les collectivités peuvent développer une matrice prioritaire relative à utiliser comme guide général pour traiter les différents types de risque. La conception d'une telle matrice exige que vous déterminiez quels facteurs sont les plus critiques pour votre collectivité et que vous preniez des mesures en conséquence.

Les facteurs peuvent inclure la fréquence des risques, l'étendue des espaces menacés ou l'importance des dommages liés aux risques.

L'objectif pour cette étape est d'entamer une réflexion et une discussion au sujet des risques et de leurs impacts potentiels. C'est un exercice subjectif où les résultats seuls n'ont pas de signification statistique absolue. Cependant, la comparaison des résultats concernant les risques vous donnera des classements relatifs qui peuvent guider votre démarche d'évaluation de la vulnérabilité aussi bien que vos priorités de réduction du risque.

Par exemple, on pourra se servir de facteurs tels que la probabilité des aléas ou l'ampleur des dommages afin d'établir des priorités pour traiter les différents types de risque. Un système d'attribution de points pourrait être utilisé, comme celui employé par la NOAA (Administration océanique et atmosphérique nationale, Etats-Unis)

(Fréquence* + Zone d'impact*) x Ampleur de dommage du potentiel* = Score total

Ainsi:

Risque	(Fréquence +	Zone d'impact) x	Ampleur =	Total
Inondation	4	4	4	32
Erosion côtière	5	1	2	10
Tremblement de terre	1	4	3	12
Vent	3	5	2	20
(Etc.)

Dans vos secteurs considérés pour l'évaluation du risque, il est possible d'introduire des frontières additionnelles représentant des degrés variables de risque. Ces degrés variables de risque devraient être représentés à la fois graphiquement (frontières additionnelles sur les cartes) et par un système adapté d'attribution de points (plus hauts scores pour les secteurs à plus haut risque).

En appliquant un système relatif d'attribution de points en particulier pour les inondations consécutives à des ondes de tempête, les secteurs affectés par des ondes de tempête de catégorie 1 seraient caractérisés par le plus gros risque d'inondation puisqu'ils sont en danger d'inondation à l'occasion de tous les types de tempêtes.

Le tableau ci-dessous montre un exemple d'un système relatif d'attribution de points. Le concept général est que les sites sans considération de risque obtiendront un score de 0 et que chaque augmentation de risque ajoutera 1 point.

	Score de risque	Le + haut	Le + faible
<u>Inondation</u>			
Espace inondé 100 ans (niveau d'eaux stagnantes)	4	4	1
Espace inondé 250 ans	3		
Espace inondé 500 ans	2		
Reste du secteur	1		
<u>Erosion côtière</u>			
Haute	3	3	1
Moyenne	2		
Faible	1		
Reste du secteur	0		
(Etc.)		Σx	Σy
<u>Scores potentiels d'évaluation de risque naturel</u>		$7 + \Sigma x$	$2 + \Sigma y$

Ici, l'érosion côtière obtient, par endroits, un score de risque = 0. L'ampleur maximum du risque n'inclut pas normalement toute la circonscription administrative, mais il reste limité à la proximité des eaux côtières. En outre, le score minimum de risque pour les risques d'inondation est de 1 puisqu'il peut toujours se produire n'importe où dans le secteur.

En utilisant un SIG, les secteurs de considération des risques ont été combinés et les scores ont été additionnés pour créer des scores récapitulatifs pour chaque site dans le secteur. Ces scores récapitulatifs ont été utilisés pour établir une carte de récapitulation des risques du secteur (ici : érosion côtière et inondation) (voir le schéma 5-2).

L'évaluation des cartes de valeur des fonctions des secteurs est décrite au chapitre précédent, avec l'attribution de points suivante :

	Valeur
Très faible	1
Faible	2
Moyenne	3
Haute	4
Très haute	5

La combinaison des trois cartes de valeur des fonctions avec des points entre 1 et 5 donne une carte totale de valeurs entre 3 et 15. En multipliant cette carte totale de valeurs des fonctions par les scores de risques, on obtient la carte des risques.