

SUPPORTS DE FORMATION GCE POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DE L'ADAPTATION

Chapitre 5 : Ressources côtières



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	I
5.1 INTRODUCTION.....	1
5.2 FACTEURS DE CHANGEMENT	3
5.2.1 Niveau de la mer	3
5.2.2 Scénarios du niveau de la mer	4
5.2.3 Changements dans l'activité des tempêtes et dans les niveaux d'eau extrêmes.....	7
5.2.4 Autres facteurs océaniques (p. ex. climat des vagues, courants, acidification océanique, température de surface de la mer)	10
5.2.5 EL NIÑO/LA NIÑA-OSCILLATION AUSTRALE (ENOA).....	10
5.2.6 Facteurs non climatiques.....	12
5.3 IMPACTS POTENTIELS	13
5.3.1 Impacts biophysiques	15
5.3.2 Impacts socioéconomiques	16
5.4 RESUME DE LA SITUATION	17
EXIGENCES EN MATIERE DE METHODES, D'OUTILS ET DE DONNEES.....	19
5.4.1 Considérations d'ordre général.....	19
5.4.2 Évaluation préalable	20
5.4.3 La règle de Bruun	21
5.4.4 Évaluation de la vulnérabilité	23
5.4.5 Planification de l'évaluation	25
5.4.6 Modèles d'évaluation intégrés d'une zone côtière	25
5.4.7 Évaluations basées sur les risques : une approche mixte	26
5.5 OUTILS	28
5.6 DONNEES	32



5.7	ADAPTATION	34
5.7.1	Planification	39
5.7.2	Intégration	41
5.7.3	Intégration	41
5.7.4	Suivi et évaluation	42
5.8	REFERENCES	43
5.9	AUTRES OUVRAGES	48

5.1 INTRODUCTION

L'élévation mondiale du niveau de la mer induite par les changements climatiques aura de nombreux effets physiques et écologiques sur les systèmes côtiers. Ceux-ci incluent les dommages causés par les inondations, crues et tempêtes, la perte de zones humides, l'érosion, l'intrusion d'eau salée et l'élévation des nappes phréatiques. Les autres effets des changements climatiques, comme une hausse de la température de l'eau de mer, des changements dans les modèles de précipitations et dans les trajectoires, la fréquence et l'intensité des tempêtes, affecteront également les systèmes côtiers, de façon directe, mais aussi indirecte par interaction avec l'élévation du niveau de la mer. Une hausse de la température de surface de la mer entraînera probablement une migration des espèces côtières vers des latitudes supérieures (en particulier lorsqu'elle est reliée à une augmentation de l'acidification de l'océan) et une augmentation du blanchissement du corail. Les changements dans les modèles de précipitations et de tempêtes altéreront les risques de dommages dus aux crues et aux tempêtes.

Le **Error! Reference source not found.** fait la synthèse des principaux impacts biogéophysiques et socioéconomiques des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer ainsi que de leurs interactions. À leur tour, ces effets biogéophysiques auront des répercussions socioéconomiques directes et indirectes sur les établissements humains, l'agriculture, la distribution et la qualité de l'eau douce, la pêche, le tourisme, les services financiers et la santé humaines dans les zones côtières (Nicholls et coll., 2007). Des changements étendus dans les biens et services commercialisés, comme les terres, l'infrastructure et la productivité agricole et industrielle s'en suivront probablement

Figure 5-1 : Changements climatiques et système côtier présentant les principaux facteurs de changements climatiques (Source : Nicholls et coll., 2007)

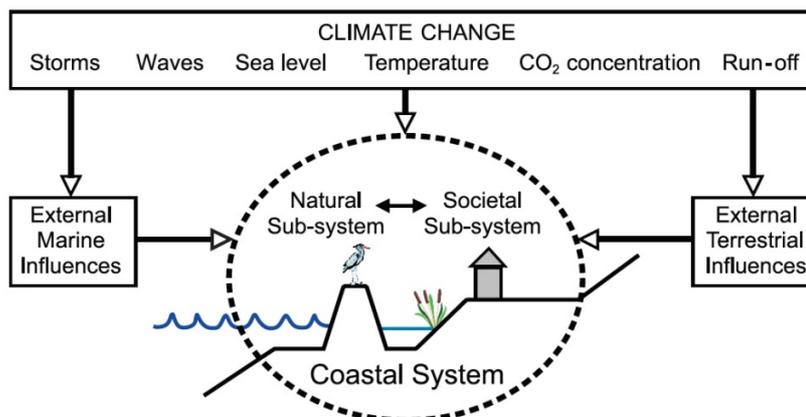


Tableau 5-1 : Facteurs primaires des impacts des changements climatiques côtiers, facteurs secondaires et processus (adapté de NCCOE, 2004)

Facteur primaire	Variable secondaire ou de processus
<ul style="list-style-type: none">• Niveau moyen de la mer	<ul style="list-style-type: none">• Niveau de la mer local
<ul style="list-style-type: none">• Courants océaniques, température de surface de la mer (TSM) et acidification	<ul style="list-style-type: none">• Courants locaux• Vents locaux
<ul style="list-style-type: none">• Climat des vents	<ul style="list-style-type: none">• Vagues locales
<ul style="list-style-type: none">• Régime de vent	<ul style="list-style-type: none">• Effets sur les structures
<ul style="list-style-type: none">• Précipitations/ruissellement	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine
<ul style="list-style-type: none">• Température de l'air	<ul style="list-style-type: none">• Crues côtières• Réponse de la plage• Stabilité de l'estran• Transport des sédiments• L'hydraulique des estuaires• Qualité des eaux côtières• Écologie

Les évaluations de la vulnérabilité des ressources côtières aux impacts des changements climatiques doivent faire la distinction entre « vulnérabilité du système naturel » et « vulnérabilité du système socioéconomique ». Bien que toutes deux dépendent de la sensibilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation (voir Smit et coll., 2001) et soient clairement liées et interdépendantes, l'analyse de la vulnérabilité socioéconomique à l'élévation du niveau de la mer nécessite, toutefois, une compréhension préalable de la manière dont le système naturel sera affecté. Ainsi, l'analyse de la vulnérabilité côtière commence, la plupart du temps, par la réponse du système naturel. De plus, on doit reconnaître d'autres stress climatiques et non climatiques dans l'analyse de la vulnérabilité, puisqu'il est difficile d'isoler l'élévation du niveau de la mer des autres processus côtiers et parce que l'évolution des systèmes côtiers dépend aussi d'autres facteurs que l'élévation du niveau de la mer.

L'adaptation à l'élévation du niveau de la mer sera essentielle au 21^e siècle et au-delà, car il faudra faire face à des niveaux de la mer moyens et extrêmes ainsi qu'à d'autres facteurs climatiques. Vu la croissance démographique déjà importante et en rapide augmentation dans les zones côtières, une adaptation autonome seule ne suffira pas



pour faire face à une élévation régionale du niveau de la mer (Nicholls, 2010). C'est pourquoi tous les niveaux du gouvernement ont un rôle fondamental à jouer dans l'élaboration et la facilitation de réponses d'adaptation appropriées (Tribbia et Moser, 2008).

5.2 FACTEURS DE CHANGEMENT

Le système côtier est un environnement dynamique caractérisé par des interactions complexes entre des facteurs de changements climatiques et non climatiques, résumés dans la **Error! Reference source not found.** Une approche utile à la prise en compte des principaux facteurs de changements et de leur impact sur les processus côtiers secondaires est présentée par le Comité national des ingénieurs australiens sur l'ingénierie côtière et océanique, (NCCOE)) dans ses *Directives d'ingénierie côtière et océanique pour répondre aux effets des changements climatiques*.¹ L'approche de NCCOE considère six principaux facteurs climatiques primaires et leur impact respectif sur 13 variables secondaires ou de processus. Cette approche est très utile car elle permet à l'utilisateur d'établir une matrice d'évaluation pour une variété d'évaluations des impacts. Le **Error! Reference source not found.** donne un aperçu des facteurs primaires en conjonction avec les variables de processus secondaires.

5.2.1 NIVEAU DE LA MER

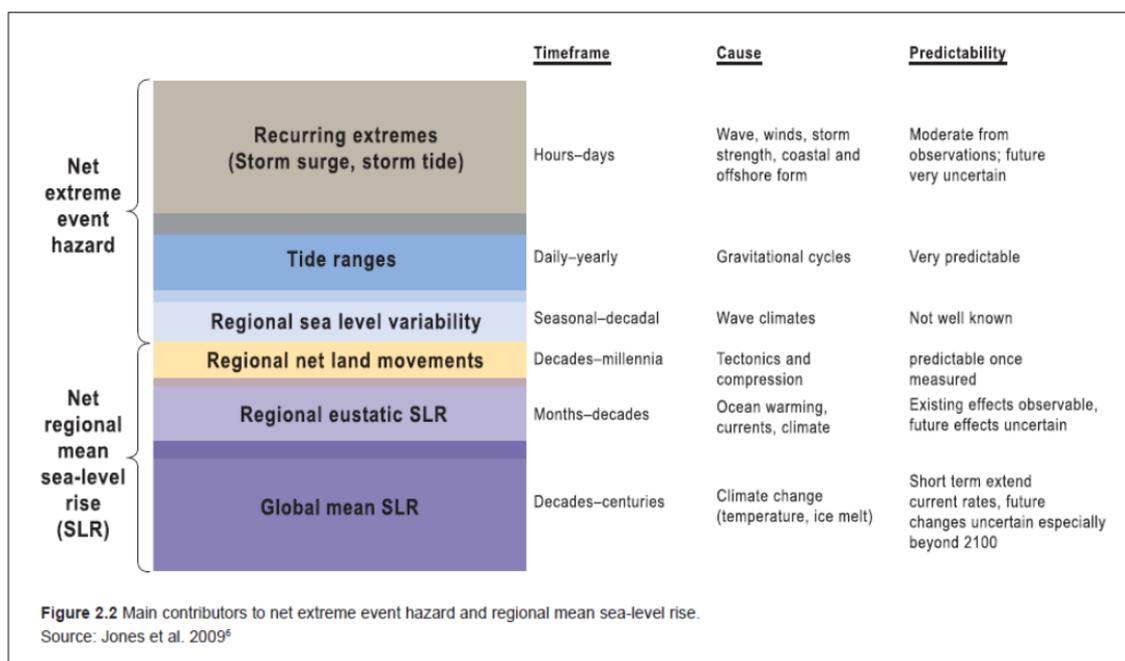
Les changements dans le niveau de la mer résultent de changements, à grande échelle et au niveau des bassins, des niveaux de la mer et des mouvements de terrain à l'échelle mondiale, ainsi que des changements régionaux et locaux (Church et coll., 2010). Quelle que soit la période, le niveau de la mer est la somme de différents facteurs : le niveau moyen de la mer, l'état des marées, la formation des vagues, les réponses à la pression atmosphérique et les vents littoraux. De plus, le niveau de la mer peut être affecté par les écoulements d'eau provenant du rivage par les rivières et les flux d'eaux souterraines. La température de surface de la mer (TSM) constitue également un facteur important dans l'élévation du niveau de la mer.

Il est probable que les niveaux de la mer moyens et extrêmes soient altérés avec le temps par les changements climatiques (Figure 5-2).

¹ <<http://www.engineersaustralia.org.au/coastal-ocean-engineering/publications>>



Figure 5-2 : Contributions principales d'un risque d'événement extrême net et de l'élévation du niveau moyen de la mer régional (Source : Jones et coll., 2009)



Une élévation relative du niveau de la mer (p. ex. l'élévation de la mer par rapport au niveau de la côte, qui elle-même pourrait s'élever ou s'affaisser) a différents effets sur les processus côtiers. En plus de l'élévation du niveau des océans, l'élévation du niveau de la mer affecte les processus côtiers opérant autour du niveau moyen de la mer (p. ex. les marées, les vagues – voir le **Error! Reference source not found.**). Les effets immédiats d'une élévation du niveau de la mer incluent, par conséquent, des inondations et une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des crues dans les régions côtières. Les effets à plus long terme incluent des changements géomorphologiques, en particulier une érosion des plages et un déclin des marais salés, à mesure que la côte s'ajuste aux nouvelles conditions environnementales.

Plus important encore, les eaux côtières seront de plus en plus affectées par les marées extrêmes, les ondes et les marées de tempêtes, qui pourraient frapper plus durement de nombreuses régions dû aux changements climatiques. Ces facteurs interagissent avec les sédiments des systèmes côtiers. L'effet combiné de l'élévation du niveau de la mer et des changements extrêmes représente un risque bien plus élevé pour les régions côtières que n'importe quel facteur isolé.

5.2.2 SCENARIOS DU NIVEAU DE LA MER

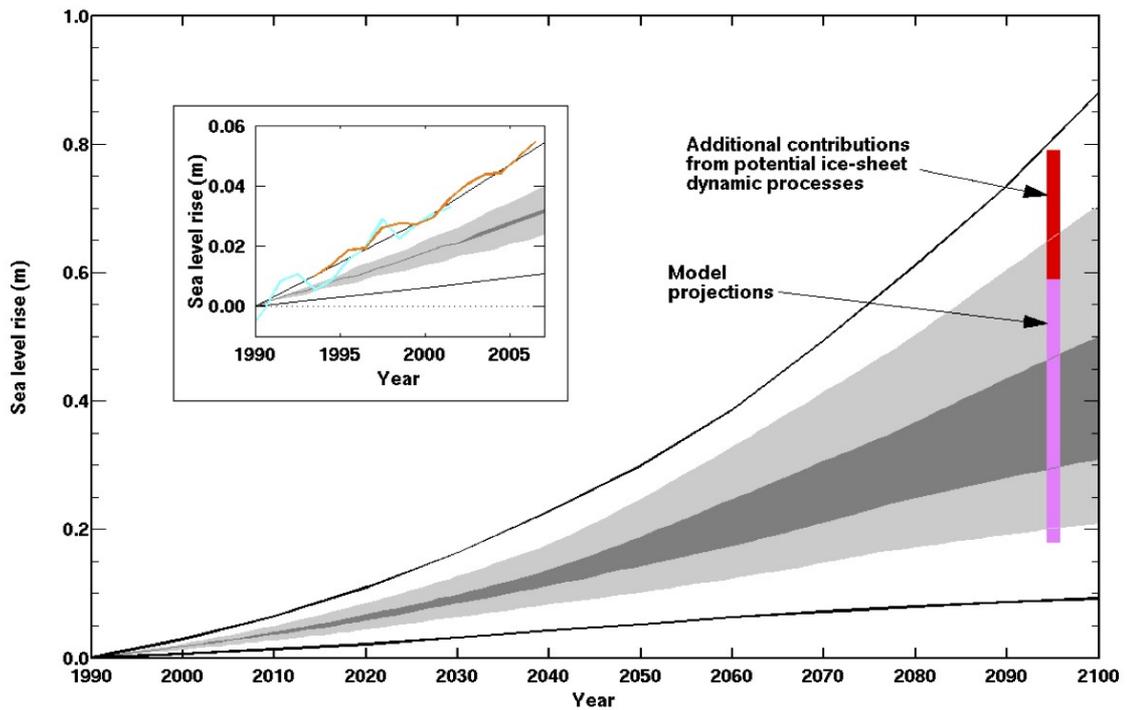
Les projections du troisième Rapport d'évaluation (TRE) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur l'élévation du niveau de la mer ont été exprimées sous la forme de niveaux dont une moyenne globale a été établie

pour l'année 2100 par rapport aux niveaux de 1990, tandis que celles du quatrième Rapport d'évaluation (RE4) du GIEC ont été exprimées pour la décennie 2090-2100 par rapport aux moyennes de 1980-2000.

La moyenne des projections du modèle du TRE pour tous les scénarios d'émissions est d'environ 30 à 50 cm (ombrage foncé sur la Figure 5-3). Les projections de tous les modèles sur tous les scénarios d'émissions sont toutes d'environ 20 à 50 cm (ombrage clair sur la Figure 5-3). Toutes les projections, incluant une tolérance d'incertitude dans les estimations des contributions des glaces terrestres, donnaient une élévation du niveau de la mer d'environ 9 à 88 cm (lignes externes noires sur la Figure 5-3).

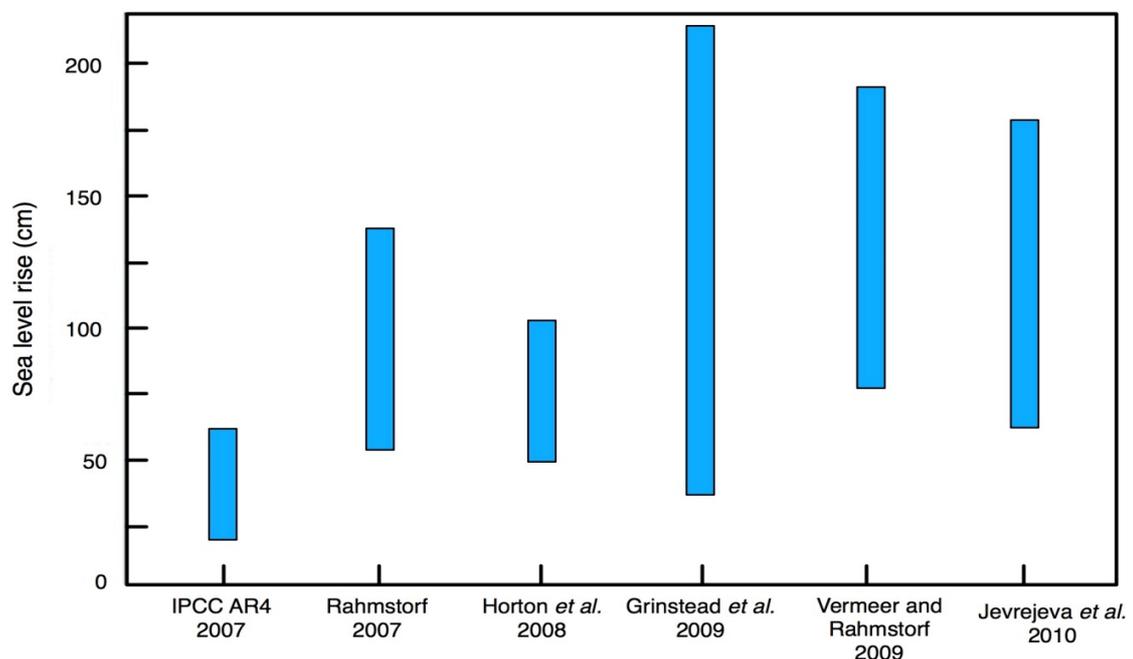
Les projections de l'élévation du niveau de la mer du RE4 reposent sur deux composantes. La première composante comprend l'estimation de l'élévation du niveau de la mer due à l'expansion thermique océanique, aux contributions des glaciers et des calottes glaciaires ainsi qu'aux nappes glaciaires et correspond à une élévation du niveau de la mer d'environ 18 à 59 cm en 2095 (barre magenta sur la Figure 5-3). La seconde composante consiste en une réponse dynamique rapide possible des nappes glaciaires du Groenland et de l'Ouest de l'Antarctique, qui pourrait contribuer à l'accélération de l'élévation du niveau de la mer (Church et coll., 2010). Le RE4 supposait une tolérance comprise entre 10 et 20 cm pour la réponse de ces nappes glaciaires (barre rouge sur la Figure 5-3).

Figure 5-3 : Projection de l'amplitude de l'élévation du niveau de la mer au 21^e siècle : Les projections du TRE sont indiquées par les zones ombragées et les lignes courbes sont les limites supérieures et inférieures. Les projections du RE4 sont les barres tracées pour 2095. Le schéma présente le niveau de la mer observé par des altimètres satellites de 1993 à 2006 (orange) et observé avec des mesures du niveau de la mer côtier de 1990 à 2001 (bleu) (Source : Church et coll., 2008)



Il est important de prendre note que les estimations du niveau de la mer du RE4 sont généralement considérées comme des sous-estimations dans le contexte des études publiées récemment et évaluées par des pairs. Les études récentes basées sur des modèles semi-empiriques ont estimé une élévation du niveau de la mer de plus d'un mètre pour le 21^e siècle (Figure 5-4). Vous en saurez plus sur ces études en vous référant à la section Autres ouvrages du présent chapitre.

Figure 5-4 : Éventail des estimations les plus récentes sur l'élévation du niveau de la mer au 21^e siècle à partir de modèles semi-empiriques par rapport au RE4 du GIEC (Source : Rahmstorf, 2010)



5.2.3 CHANGEMENTS DANS L'ACTIVITE DES TEMPETES ET DANS LES NIVEAUX D'EAU EXTREMES

L'intensité et la fréquence des systèmes de tempête sont les principaux facteurs déterminants des niveaux d'eau et des hauteurs de vagues extrêmes, de l'érosion épisodique, des inondations des basses terres et des crues, entre autres (Nicholls et coll., 2007). Le RE4 suggère une augmentation de l'intensité des systèmes de tempête et, plus récemment, l'étude « Tropical cyclones and climate change » (Knutson et coll., 2010), adoptée par la déclaration de consensus sur les cyclones tropicaux de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), suggère que l'intensité des tempêtes augmentera de 2 à 11 pour cent en 2100, que la fréquence moyenne globale des

cyclones tropicaux passera de 6 à 34 pour cent et que le taux de précipitations dans un rayon de 100 km autour du centre de la tempête augmentera de l'ordre de 20 pour cent. Les changements dans les trajectoires des tempêtes et leur durée restent incertains.

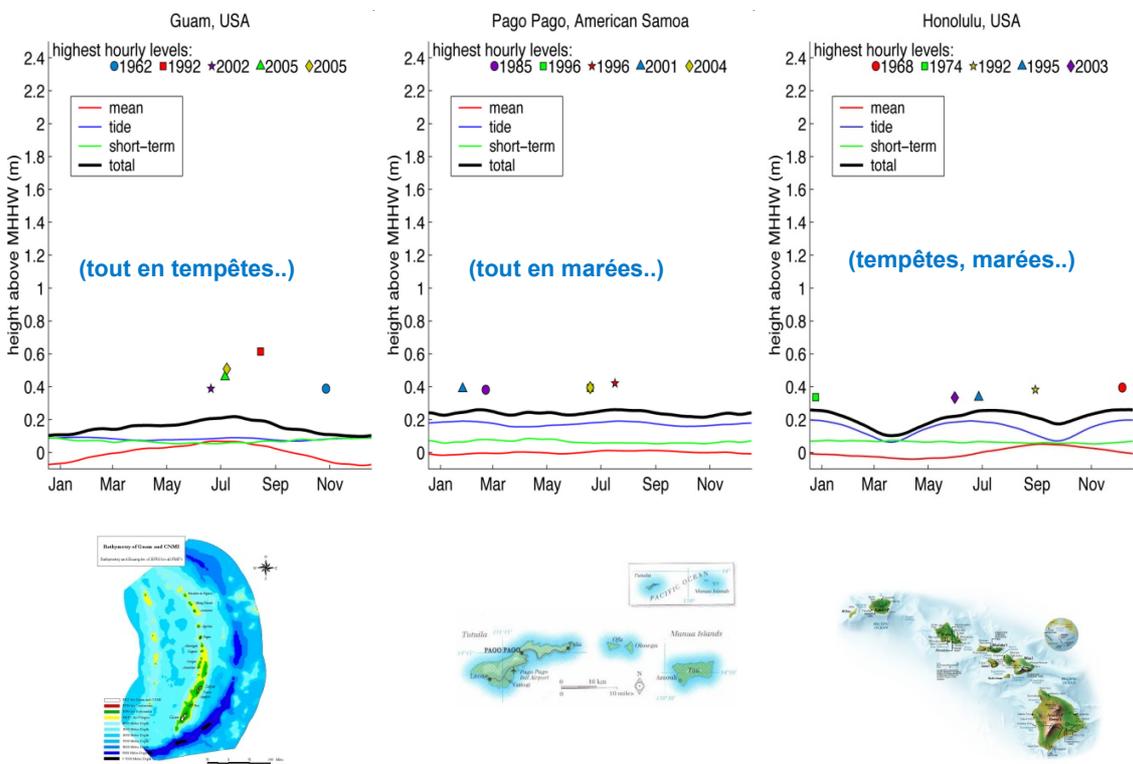
Cependant, selon un rapport spécial des Groupes de travail I et II du GIEC (GIEC, 2012), il est probable qu'un décalage vers le pôle se soit produit au cours des 50 dernières années dans les trajectoires principales des tempêtes au Nord et au Sud. Ce changement dans la trajectoire des tempêtes vers les pôles au cours des 50 dernières années a été confirmé par de nombreux paramètres et méthodes d'identification des cyclones de différents produits de nouvelles analyses, et par les valeurs approximatives européennes et australiennes sur l'activité des tempêtes basées sur les pressions. Des avancées ont été faites dans la documentation de la variabilité décennale et multidécaennale observée des cyclones extratropicaux en utilisant des valeurs approximatives de l'activité des tempêtes. Ainsi, le récent décalage vers les pôles devrait être observé à la lumière des nouvelles études avec des durées temporelles plus longues indiquant que les 50 dernières années correspondent à une activité cyclonique relativement basse sur les côtes d'Europe du Nord au début de la période. Plusieurs études basées sur de nouvelles analyses suggèrent une intensification des cyclones dans les hautes latitudes, toutefois les connaissances restent insuffisantes quant à la manière dont les changements dans les systèmes d'observation influent sur l'intensification des cyclones selon les nouvelles analyses, par conséquent même dans les cas de concordance élevée entre les études, la preuve ne peut pas être considérée comme solide, c'est pourquoi selon nous ces changements sont peu fiables.

D'autres changements régionaux dans l'intensité et le nombre de cyclones ont été rapportés. Cependant, le niveau de concordance entre les nombreuses études utilisant différents algorithmes de suivi, différentes nouvelles analyses ou différents paramètres de cyclone reste encore faible. Par conséquent, nous avons peu confiance en l'amplitude et, dans certaines régions au signe, de changements régionaux.

En ce qui concerne l'activité des tempêtes, selon le GIEC (2012), les études post RE4 donnent davantage de preuves que les tendances d'élévation des eaux côtières mondiales à un niveau extrême reflètent une élévation du niveau moyen de la mer, suggérant que l'élévation du niveau moyen de la mer plutôt que les changements dans l'activité des tempêtes contribue largement à cette élévation (bien que les données soient rares dans de nombreuses régions, réduisant la fiabilité de cette évaluation). On peut, par conséquent, en déduire que l'élévation des eaux côtières à des niveaux extrêmement élevés est due à l'élévation du niveau de la mer. On peut donc raisonnablement penser que le niveau moyen de la mer a influé de manière anthropique sur l'élévation des eaux côtières à des niveaux extrêmes. Bien que les changements dans l'activité des tempêtes pourraient contribuer aux changements dans les niveaux de la mer extrêmes (p. ex. Guam ; voir la Figure 5-5), la couverture géographique limitée des études à ce jour et les incertitudes concernant les changements globaux dans l'activité des tempêtes signifient qu'une évaluation générale des effets des changements dans l'activité des tempêtes sur les ondes de tempêtes n'est pas possible pour le moment. En se basant sur les études consistant en l'observation des tendances des niveaux des eaux côtières extrêmes, on peut déduire que l'élévation du niveau de la mer contribuera probablement à des tendances de hausse dans l'avenir.



Figure 5-5 : Séries chronologiques du niveau de la mer journalier à Guam, Pago Pago et Honolulu. Ces schémas présentent un événement extrême journalier (95^e centile) du niveau de la mer observé, l'événement extrême (95^e centile) du résidu non dû à la marée journalière, le 95^e centile de la marée journalière prévue et le niveau moyen de la mer journalier. Les cinq valeurs horaires les plus hautes mesurées sont incluses avec la climatologie pour fin de comparaison. Guam est tout en tempêtes, Samoa est tout en marées et Hawaii est tempêtes et marées (Source : <<http://www.pacificstormsclimatology.org/>>; John Marra, communication personnelle).



5.2.4 AUTRES FACTEURS OCEANIQUES (P. EX. CLIMAT DES VAGUES, COURANTS, ACIDIFICATION OCEANIQUE, TEMPERATURE DE SURFACE DE LA MER)

L'amplitude, la fréquence et la trajectoire d'approche des vagues frappant la côte sont des facteurs importants du changement du littoral. Une variabilité régionale importante existera dans les changements potentiels futurs (Nicholls et coll., 2007).

Une augmentation du dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique se dissolvant dans les océans a fait baisser le pH à la surface des océans de 0,1 unité depuis 1750 (Nicholls et coll., 2007). L'augmentation de l'acidification des océans aura probablement des impacts importants du point de vue spatial et variables du point de vue temporel sur la biodiversité marine.

Les changements projetés dans la TSM entraîneront probablement des changements dans la stratification/circulation ; une incidence réduite de la glace de mer aux latitudes les plus hautes ; une augmentation du blanchissement et de la mortalité du corail ; une migration des espèces vers les pôles et une augmentation de la prolifération des algues (Nicholls et coll. 2007). Les changements dans la TSM locale et mondiale influent plus particulièrement sur le cycle climatique de l'événement El Niño/La Niña-Oscillation Australe (ENOA), qui à son tour entraîne une variabilité du niveau de la mer régional et des changements au niveau des échelles temporelles saisonnières. L'expérience du modèle climatique global indique que la majeure partie de la réponse atmosphérique à l'ENOA est associée aux changements dans les TSM de l'océan Pacifique (Lau, 1985).

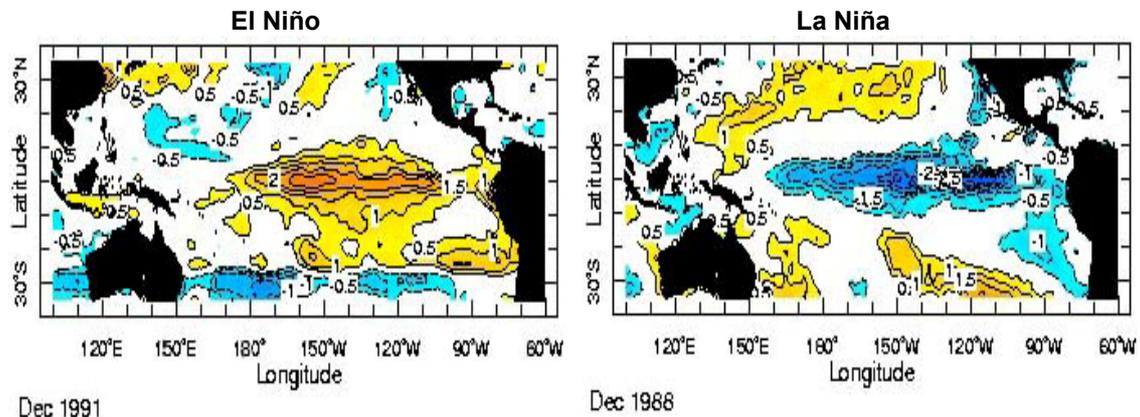
5.2.5 EL NIÑO/LA NIÑA-OSCILLATION AUSTRALE (ENOA)

El Niño découle d'un réchauffement majeur des eaux équatoriales dans l'océan Pacifique. Dans ce cas, on constate des hausses anormales des TSM dans le Pacifique tropical (+0,5 à +1,5 °C dans la zone NINO 3.4²) par rapport à la moyenne à long terme (Figure 5-6). D'autre part, La Niña découle d'un refroidissement majeur des mêmes eaux équatoriales, dans lesquelles on constate une baisse anormale des TSM (-0,5 à -1,5 °C dans la zone NINO 3.4) par rapport à la moyenne à long terme (Figure 5 - 6).

² La Région NINO 3.4 se trouve à 120°O-170°O et 5°S-5°N.



Figure 5-6 : TSM dans les événements tropicaux El Niño (volet de gauche) et La Niña (volet de droite). (Source : <<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/basics.html>>)



Le phénomène El Niño-Oscillation Australe représente la composante atmosphérique du cycle dans lequel une pression du niveau de la mer inférieure (supérieure) à la normale se produit près de Tahiti et où une pression du niveau de la mer supérieure (inférieure) se produit en Australie pendant les conditions du phénomène El Niño (La Niña).³ Les événements El Niño (événement et année signifiant la même chose dans ce document) ont lieu tous les trois à sept ans et peuvent durer plusieurs mois, entraînant des conséquences économiques et atmosphériques importantes dans le monde entier. Au cours des quarante dernières années, dix événements majeurs El Niño (La Niña) ont été enregistrés, le pire s'étant produit entre 1997–1998 (1998–99). Avant cela, l'événement El Niño de 1982–1983 était le plus important. Certains événements El Niño ont persisté pendant plus d'un an. Ces événements El Niño/La Niña sont associés à des anomalies climatiques consistantes (p. ex. changements dans les modèles de température, de précipitations et du niveau de la mer) à travers le monde. Ces événements sont, par conséquent, traités comme une composante importante du système climatique, car ils se répercutent sur la météorologie à l'échelle mondiale (voir Clarke, 2008 et les références du présent document pour connaître la dynamique de l'ENOA). Il s'agit également d'une science en développement rapide, c'est pourquoi vous trouverez une documentation abondante disponible en format imprimé ou sur le Web.⁴

On a découvert que la variabilité du climat tropical était grandement influencée par le cycle climatique de l'ENOA (Bjerknes, 1966; Ropelewski et Halpert, 1987 ; Chu, 1995).

³ Voir <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/enso_cycle.shtml>

⁴ Veuillez consulter les liens et références ci-dessous :

<<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>>;

<<http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=491&mode=2&cached=true>>;

<<http://www.elnino.noaa.gov/index.html>>.

Le niveau bas de la mer pendant les événements El Niño et le niveau élevé de la mer pendant les événements La Niña résultent de cette influence (Chowdhury et coll., 2007a). Les précipitations et les activités cycloniques tropicales dans le Pacifique et les Caraïbes sont également influencées par l'ENOA. Par conséquent, une prévision des conditions de l'ENOA permettrait de lancer des alertes précoces en cas de climats extrêmes dans le Pacifique, les Caraïbes et les zones de la région sud-américaine. Ces informations préalables auraient des ramifications économiques importantes pour ces pays.

Pour résumer, les impacts de l'ENOA sur les îles des Caraïbes et l'Amérique du Sud :

- La réponse des Caraïbes à l'ENOA dépend en majeure partie de la zone des Caraïbes qui est abordée. Par exemple, comme le Sud de la Floride, Cuba devrait connaître une diminution des précipitations moyennes pendant les hivers La Niña ;
- Haïti et la République dominicaine sont souvent également inclus dans cette réponse, mais de manière moins fiable ;
- Porto Rico est également inclus, mais à un degré encore relativement moindre ;
- Les Petites Antilles se trouvent dans une zone de transition, dans laquelle les régions nordiques sont plus susceptibles d'être sèches pendant La Niña (et humides pendant El Niño), tandis que celles du Sud (p. ex. Grenade) partagent l'effet du Nord de l'Amérique du Sud, étant l'opposé (tendance humide pendant La Niña) ;
- Par conséquent, la zone dans laquelle la sécheresse peut être attribuée avec certitude à La Niña est Cuba, et on devrait constater l'effet inverse dans les îles au Nord de l'Amérique du Sud.

5.2.6 FACTEURS NON CLIMATIQUES

« Certains littoraux sont à présent au-delà de l'influence des pressions humaines bien que les côtes ne soient pas toutes habitées. » (Buddemeier et coll., 2002). « L'utilisation des côtes a augmenté dramatiquement au cours du 20e siècle, une tendance qui se poursuivra à coup sûr au 21^e siècle. » (GIEC, RE4, p. 319)

Les systèmes côtiers ont été grandement modifiés par les humains, fait ayant significativement influé sur l'exposition et la sensibilité de la côte aux changements climatiques. Ces modifications incluent des changements dans l'apport en sédiments et dans les voies des sédiments par le biais de nombreux mécanismes différents – y compris la construction de ports, les travaux de protection côtière et la construction de barrages pour les ressources en eau potable, l'énergie hydroélectrique et la



déforestation. L'affaissement côtier dû à l'extraction d'eau souterraine est également important localement, en particulier sur les côtes du delta. Ces influences doivent être prises en compte dans l'évaluation des impacts futurs sur les côtes (décrits dans la section 5.3, ci-dessous). De plus, les scénarios socioéconomiques de changements futurs dans les régions côtières, comme par exemple l'urbanisation, devraient également être pris en compte dans les évaluations des impacts (voir le chapitre 3).

De plus, les impacts des risques naturels géographiques, en particulier les séismes pouvant substantiellement modifier le niveau de la mer en quelques minutes et déclencher des tsunamis dévastateurs, devraient également être pris en compte.

5.3 IMPACTS POTENTIELS

Les impacts des changements climatiques sur les zones côtières sont bien documentés dans le chapitre Systèmes côtiers et basses terres du RE4 de la Contribution du Groupe de travail II. Les impacts peuvent être généralement regroupés dans deux catégories principales : les impacts biogéophysiques comme l'érosion et les inondations, et les impacts socioéconomiques associés aux impacts biogéophysiques, comme la perte de terres et les impacts sur la subsistance. Le

Tableau 5-2 résume les liens entre les types d'impacts des changements climatiques et leurs effets sur l'environnement côtier.

Figure 5-7 : Facteurs et impacts des changements climatiques sur les côtes (Source : Short et Woodroffe, 2009)

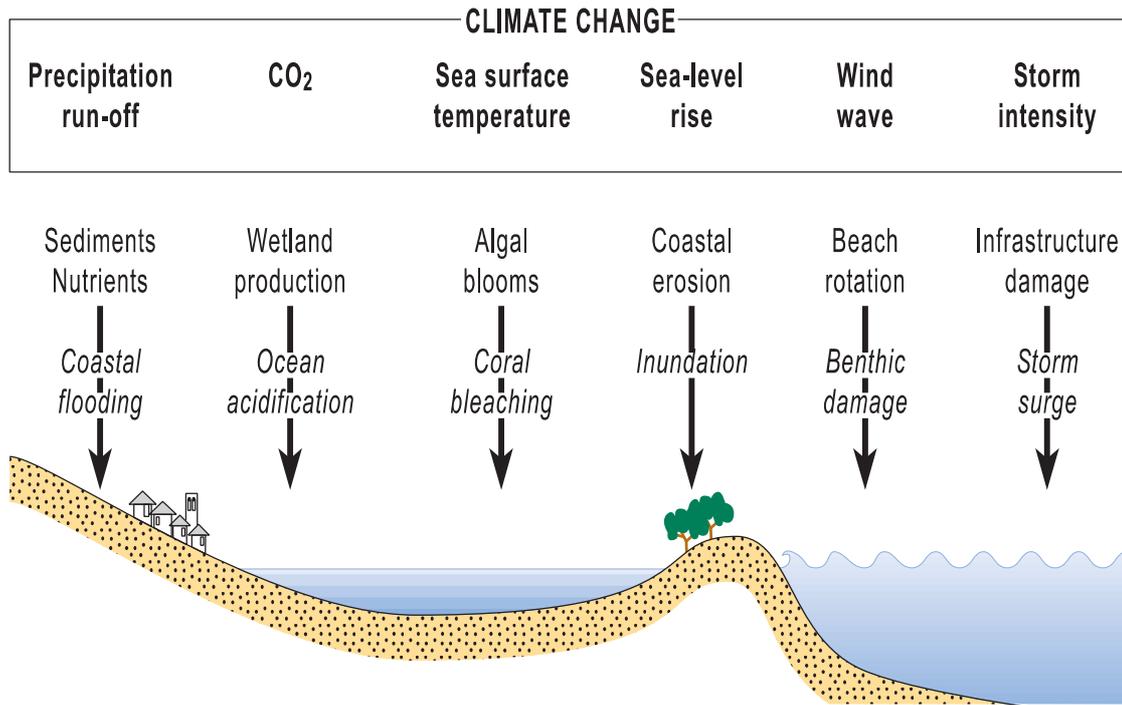


Tableau 5-2 : Exemples des effets des changements climatiques sur la zone côtière (adaptés d'Abuodha et Woodroffe, 2007)

Catégorie d'effet	Exemple des effets sur l'environnement côtier
Biogéophysiques	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement des plaines et des zones humides côtières • Augmentation de l'érosion côtière • Augmentation des inondations • Salinisation de l'eau de surface et souterraine
Socioéconomiques	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de propriétés et de terres • Augmentation des risques de crues/menaces à la vie • Dommages aux travaux de protection côtiers et à d'autres infrastructures • Perte de ressources renouvelables et de subsistance • Destruction d'habitats touristiques, de loisirs et côtiers • Impacts sur l'agriculture et l'aquaculture suite au déclin de la qualité des sols et de l'eau
Impacts secondaires de l'accélération de l'élévation du niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none"> • Impact sur les moyens de subsistance et la santé humaine • Déclin de l'état de santé/du niveau de vie suite à un déclin de la qualité de l'eau potable • Menace à la qualité des logements
Infrastructure et activité économique	<ul style="list-style-type: none"> • Détournement des ressources pour les réponses d'adaptation aux impacts de l'élévation du niveau de la mer • Augmentation des frais de protection • Augmentation des primes d'assurance • Instabilité politique et institutionnelle et vulnérabilité sociale • Menaces aux cultures et modes de vie particuliers

5.3.1 IMPACTS BIOPHYSIQUES

Les principaux impacts et vulnérabilités futurs sur les écosystèmes côtiers sont très bien documentés (Nicholls et coll., 2007). Le Tableau 5-3 met en relief les principaux facteurs climatiques pour les écosystèmes côtiers, leurs tendances inhérentes aux changements climatiques et leurs principaux effets physiques et sur l'écosystème. De plus amples renseignements sur les impacts peuvent être trouvés dans Nicholls et coll. (2007), section 6.4.1.

Tableau 5-3 : Principaux facteurs climatiques pour les systèmes côtiers, leurs tendances inhérentes aux changements climatiques et leurs principaux effets physiques et sur l'écosystème (Nicholls et coll., 2007)

Facteur climatique (tendance)	Principaux effets physiques et sur les écosystèmes côtiers
Concentration de CO₂ (I)	L'augmentation de la fertilisation du CO ₂ ; les diminutions du pH de l'eau de mer (ou l'« acidification des océans ») ayant des impacts néfastes sur les récifs coralliens et d'autres organismes sensibles au pH.
Température de surface de la mer (I, R)	Augmentation de la stratification/circulation des changements ; réduction de l'incidence de la glace de la mer aux latitudes les plus hautes ; augmentation du blanchissement et de la mortalité des coraux ; migration des espèces vers les pôles ; augmentation de la prolifération des algues
Niveau de la mer (I, R)	Dommages dus à des inondations, des crues et des tempêtes ; érosion ; intrusion d'eau salée ; élévation des nappes phréatiques/évacuation entravée ; perte (et modification) de zones humides
Intensité des tempêtes (I, R)	Élévation des niveaux des eaux extrêmes et de la hauteur des vagues ; augmentation de l'érosion épisodique, dommages causés par des tempêtes, risque de crue et faille dans la protection
Fréquence des tempêtes (? , R) ; Trajectoire des tempêtes (? , R)	Ondes et vagues de tempêtes altérées et par conséquent risques de dommages et de crues inhérents aux tempêtes

Climat des vagues (? , R)	Conditions des vagues altérées, y compris le gonflement ; altération des modèles d'érosion et d'accrétion ; réorientation de la forme des plages
Ruissellement (R)	Altération du risque de crue dans les basses terres côtières ; altération de la qualité/salinité de l'eau ; altération de l'apport en sédiments fluviaux ; altération de l'apport et de la circulation des nutriments

Clé : (I) = Augmentation ; (?) = incertaine ; (R) = variabilité régionale

5.3.2 IMPACTS SOCIOECONOMIQUES

Les impacts socioéconomiques des changements climatiques découlent généralement des changements physiques résumés dans le

Tableau 5-2. Les impacts socioéconomiques des changements climatiques seront transversaux par nature, les principaux impacts inhérents au climat sur les différents secteurs socioéconomiques des zones côtières sont présentés dans le Tableau 5 - 4. De plus amples renseignements concernant les impacts sur chaque secteur peuvent être trouvés dans Nicholls et coll. (2007), section 6.4.2.

Tableau 5 - 4 : Résumé des impacts inhérents au climat sur les secteurs socioéconomiques des zones côtières (Nicholls et coll., 2007)

Secteur socioéconomique côtier	Hausse de la température (air et eau de mer)	Événements extrêmes (tempêtes, vagues)	Inondations (niveau de la mer, ruissellement)	Augmentation des nappes phréatiques (niveau de la mer)	Érosion (niveau de la mer, tempêtes, vagues)	Intrusion d'eau salée (niveau de la mer, ruissellement)	Effets biologiques (tous les facteurs climatiques)
Ressources en eau potable	X	X	X	X	-	X	x
Agriculture et foresterie	X	X	X	X	-	X	x
Pêche et aquaculture	X	X	x	-	x	X	X
Santé	X	X	X	x	-	X	X
Loisirs et tourisme	X	X	x	-	X	-	X
Biodiversité	X	X	X	X	X	X	X
Établissements/infrastructure	X	X	X	X	X	X	-
Genre	X	X	X	X	X	X	-

Clé : X = fort ; x = faible ; – = négligeable ou non établi.

5.4 RESUME DE LA SITUATION

En résumé, les principaux effets biophysiques des changements climatiques sur les systèmes côtiers d'un point de vue social incluent :

- Une augmentation des probabilités de crues ;
- L'érosion ;
- Des inondations ;
- Une élévation des nappes phréatiques ;
- Une intrusion d'eau salée ;
- Des effets biologiques.

Les effets socioéconomiques potentiels sur les changements climatiques sont :

- Une perte directe de valeurs économiques, écologiques et de subsistance à cause d'une perte de terres, d'infrastructures et d'habitats côtiers ;
- Une augmentation du risque de crues pour les individus, les terres et les infrastructures et les valeurs nommées ci-dessus ;
- D'autres effets reliés aux changements dans la gestion de l'eau, la salinité et l'activité biologique, comme la perte d'habitats touristiques, côtiers et les effets sur l'agriculture et l'aquaculture.

Les changements climatiques globaux ont déjà des impacts et continueront d'influer sur les communautés, écosystèmes et subsistance côtiers des zones côtières comptant plus de 40 pour cent de la population mondiale. Indépendamment des changements climatiques, les régions côtières font face à de nombreux problèmes associés à la croissance démographique, la pollution de l'eau et les changements dans les courants d'eau douce, l'exploitation des ressources et la dégradation et le changement étendu de l'habitat. Ces tensions existantes seront probablement exacerbées par les changements climatiques, rendant l'intégration de l'adaptation côtière dans la gestion côtière impérative et faisant de l'action immédiate pour les régions côtières une priorité (USAID, 2009).



EXIGENCES EN MATIERE DE METHODES, D'OUTILS ET DE DONNEES

5.4.1 CONSIDERATIONS D'ORDRE GENERAL

Les différentes approches au modèle du mouvement des littoraux induit par les changements climatiques sont résumées par Abuodha et Woodroffe (2007). La plupart des méthodes d'évaluation des impacts sur les plages et les côtes sableuses sont étayées par l'hypothèse de base de la « règle » de Bruun, dont les méthodes sont devenues de plus en plus sophistiquées pour inclure des réponses de différents types de côtes.

Trois niveaux d'évaluation sont communément appliqués (voir aussi Tableau 5 - 5) :

- Niveau stratégique (évaluation préalable) ;
- Évaluations de la vulnérabilité (différentes échelles) ;
 - Niveau spécifique à un site (évaluation de la planification).

Tableau 5 - 5 : Niveaux globaux d'évaluation pour les évaluations de la vulnérabilité océanique (adaptés d'Hoozemans et Pennekamp, 1993; WCC'93, 1994)

Niveau d'évaluation	Échelle temporelle requise	Précision	Connaissances préalables	Autres scénarios pris en compte (en plus de l'élévation du niveau de la mer)
Niveau stratégique (évaluation préalable) ;	2–3 mois	Le plus bas	Bas	Trajectoires du changement
Évaluations de la vulnérabilité (diverses échelles)	1–2 ans	Moyen	Moyen	Scénarios socioéconomiques probables et scénarios des principaux facteurs de changements climatiques
Niveau spécifique à un site (évaluation de planification)	En cours	Le plus élevé	Élevé	Tous les facteurs de changements climatiques (souvent avec plusieurs scénarios)

L'objectif des évaluations préalables et de la vulnérabilité est d'attirer l'attention sur les problèmes importants des zones côtières pour aider à la hiérarchisation à grande

échelle des préoccupations et pour cibler les études futures, plutôt que de fournir des prédictions détaillées. Les évaluations au niveau d'un site spécifique (évaluations de la planification) ont été conçues pour élaborer des évaluations très détaillées des réponses à l'élévation du niveau de la mer et aux changements climatiques. De telles évaluations peuvent être intégrées à des exigences d'évaluation de l'impact environnemental (EIE), ou être menées pour répondre à d'autres exigences obligatoires de planification de l'utilisation des sols, comme celles nécessaires au développement de nouveaux terrains côtiers urbains. De plus, les évaluations de la planification peuvent être intégrées à des cadres de référence de gestion de zones côtières intégrés (GZCI) plus larges (Kay et Alder, 2005) conçues pour intégrer des réponses à tous les problèmes existants et potentiels de la zone côtière, y compris la réduction de la vulnérabilité aux effets à long terme des changements climatiques.

Lors de la détermination de l'approche appropriée à l'évaluation des impacts probables des changements climatiques sur les régions côtières, de nombreuses questions doivent être prises en compte (Lu, 2006).

- Qui sont les utilisateurs finaux ciblés des résultats de l'évaluation ? (La réponse à cette question renseignera sur le niveau des détails techniques nécessaires ; les méthodes de traitement des incertitudes ; et le format de la présentation des résultats) ;
- Quel type d'extrait/informations attend-on de l'évaluation ? (p. ex. supports de sensibilisation du public comme des scénarios climatiques et leurs impacts potentiels ; les principales vulnérabilités comme des cartes des risques/vulnérabilités ; une stratégie d'adaptation nationale/sectorielle ; ou une combinaison de tout ce qui précède) ;
- Quelles ressources sont disponibles pour mener l'étude (humaines et financières) ?
- Combien de temps est imparti à cette étude ?

Ces questions constituent la base pour déterminer le type d'évaluation et, en conséquence, les exigences en matière d'outils et de données pour effectuer l'évaluation. La disponibilité ou la facilité d'accès aux données et modèles ne doit pas définir le type d'évaluation employé ; mais une approche d'évaluation répondant aux besoins de la partie prenante devrait renseigner sur la sélection de modèles et de méthodes.

5.4.2 ÉVALUATION PREALABLE

Une évaluation préalable peut d'abord être qualitative puis suivie d'une évaluation semi-quantitative. L'analyse de niveau préalable fait généralement partie d'un des quatre impacts majeurs de l'élévation du niveau de la mer sur les régions côtières : inondation, érosion, crue et salinisation. Les impacts sur les aspects socioéconomiques de la région peuvent être évalués en utilisant la matrice présentée dans le Tableau 5-6, et il devrait être possible de factoriser tous les problèmes contemporains majeurs, dont



l'exploitation du sable des plages et le développement côtier comme les ports. Des scores quantitatifs peuvent également être affectés à chaque cellule du Tableau 5-6 (comme sur une échelle comprise entre 1 et 10) ou des descriptions simples, comme un impact élevé/moyen/faible.

Tableau 5-6 : Matrice d'impact de l'évaluation préalable

Impacts biophysiques	Impacts socioéconomiques							
	Tourisme	Installations humaines	Agriculture	Alimentation en eau	Pêche	Services financiers	Secteur de la santé	Genre
Inondation								
Érosion								
Crue								
Salinisation								
Autres ?								

5.4.3 LA REGLE DE BRUUN

La règle communément appliquée pour évaluer l'érosion approximative des littoraux sableux en réponse à une élévation du niveau de la mer est la « règle » de Bruun (Bruun, 1962). La « règle » est basée sur l'échange côtier transversal de sédiments par rapport à l'élévation du niveau de la mer. Bruun déclare que dans la zone de fermeture de la plage (généralement définie comme la limite d'un transport important de sédiments dicté par les vagues), la plage s'ajustera d'elle-même afin de préserver un équilibre relatif par rapport au niveau des eaux stagnantes. Ce phénomène se produira par la traduction du profil vers les terres et vers le haut et par le dépôt des sédiments érodés du littoral au large, contribuant à la préservation d'un équilibre de sédiments net. La traduction de la côte est représentée géométriquement (tel qu'illustré à la Figure 5-8) et est exprimée par l'équation ci-dessous.

L'équation générale est :

$$s = \frac{l \times h}{a}$$

Dans laquelle s = récession de la ligne de côte (m)

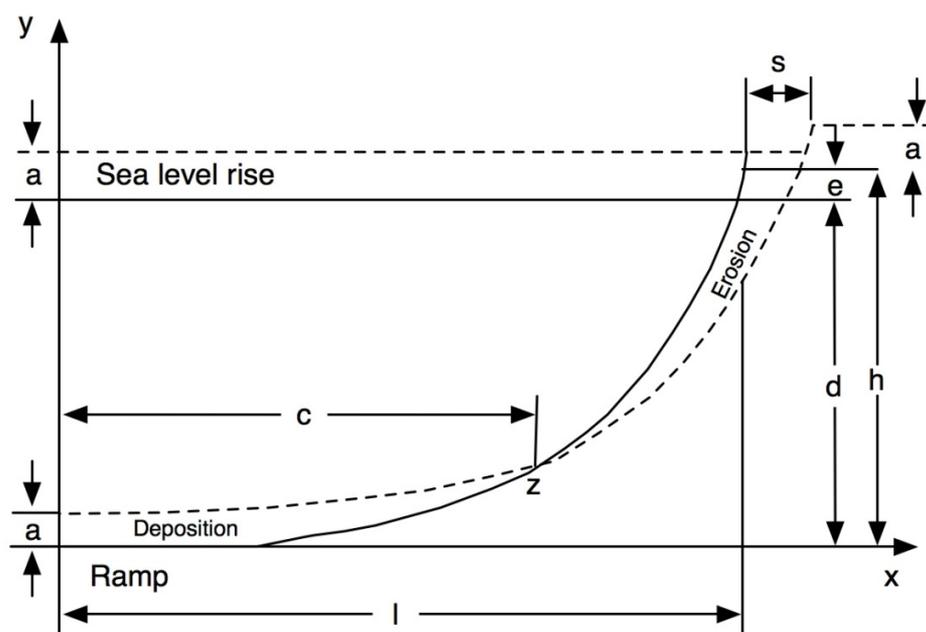
l = longueur de la zone active (m)



a = élévation du niveau de la mer (m)

h = hauteur de la zone de fermeture (m)

Figure 5-8 : Le règle de Bruun (adaptée de Bruun, 1990)



La « règle » de Bruun peut être utilisée pour fournir une « règle générale » approximative de l'érosion côtière potentielle inhérente à l'élévation du niveau de la mer. Par conséquent, elle est souvent utilisée dans des évaluations stratégiques, en particulier au niveau préalable. Cependant, il existe un important débat scientifique quant à l'utilité de l'application de la règle de Bruun dans le contexte côtier pour prédire les changements littoraux futurs, y compris les contextes côtiers ouverts pour lesquels elle avait été élaborée à l'origine. Par exemple, Cooper et Pilkey (2004) notent qu'il a été démontré que les différentes hypothèses sur laquelle reposait la règle de Bruun étaient fausses et que nulle part la règle de Bruun n'avait été adéquatement prouvée. De plus, le chapitre du RE4 portant sur les côtes (Nicholls et coll., 2007) conclut que la relation entre l'élévation du niveau de la mer et le mouvement horizontal de la ligne de côte n'est pas simple et que les approches budgétaires concernant les sédiments sont plus utiles à l'évaluation de la réponse de la plage aux changements climatiques.

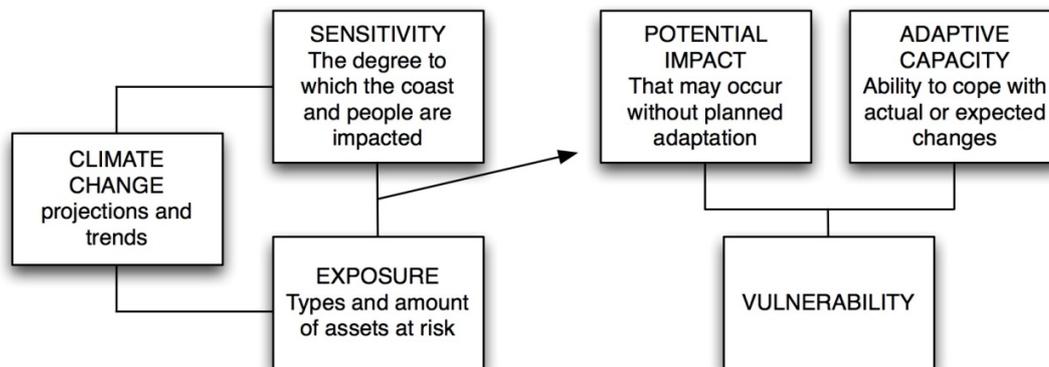
5.4.5 ÉVALUATION DE LA VULNERABILITE

Le rapport *Adaptation aux changements climatiques côtiers* de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) : *A Guidebook for Development Planners* (USAID, 2009) décrit les étapes de l'évaluation de la vulnérabilité côtière suivantes :

- Évaluer les projections de changements climatiques ;
- Évaluer l'exposition aux changements climatiques ;
- Évaluer la sensibilité aux changements climatiques ;
- Évaluer la santé des habitats et des écosystèmes côtiers ;
- Évaluer la capacité d'adaptation.

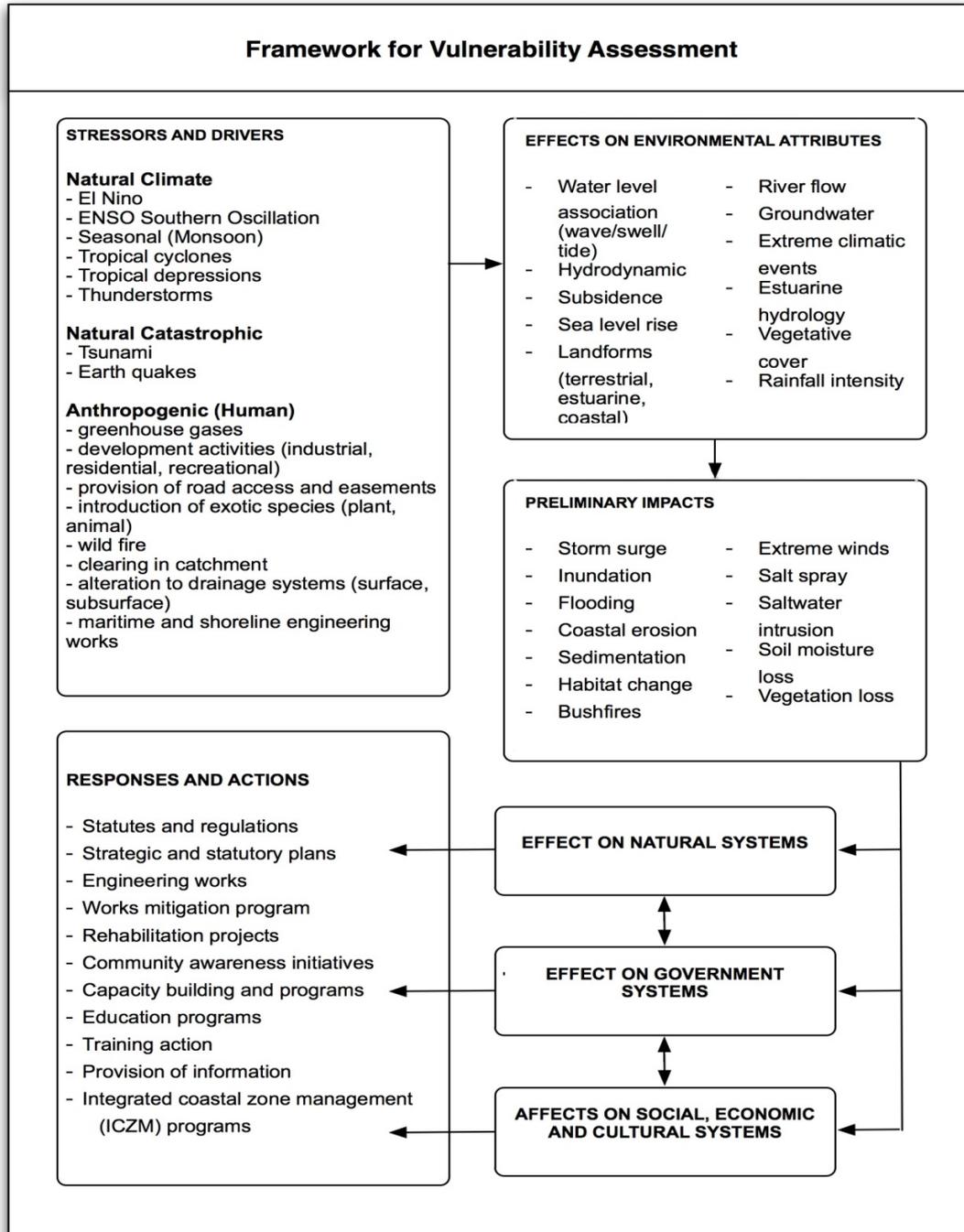
L'évaluation de la vulnérabilité des régions côtières aux impacts des changements climatiques implique une compréhension : 1) des projections climatiques pour une région donnée ou locale ; 2) des risques inhérents (exposition et sensibilité aux changements climatiques) ; et 3) de la capacité de la société à faire face aux changements climatiques prévus ou actuels (capacité d'adaptation). Combinés, ces trois facteurs définissent la vulnérabilité de la population d'une région aux changements climatiques (voir la Figure 5 -)

Figure 5 - 9 : Cadre de référence de l'évaluation de la vulnérabilité côtière de l'USAID (Source : USAID (2009), adapté d'Allison, 2007)



La **Error! Reference source not found.** présente un exemple de cadre de travail de mise en œuvre d'une évaluation de la vulnérabilité. Premièrement, l'évaluation de la vulnérabilité fait la distinction entre la vulnérabilité du système naturel et la vulnérabilité du système socioéconomique aux changements climatiques, même si celles-ci sont clairement reliées et interdépendantes. Deuxièmement, l'analyse de la vulnérabilité socioéconomique à une élévation du niveau de la mer nécessite une compréhension préalable de la façon dont le système naturel sera affecté. Ainsi, l'analyse de la vulnérabilité côtière commence toujours par la réponse du système naturel. Enfin, les autres stress climatiques et non climatiques sont reconnus, indiquant que l'élévation du niveau de la mer n'a pas lieu indépendamment des autres processus et que le système côtier évoluera en fonction de facteurs autres que l'élévation du niveau de la mer.

Figure 5-10 : Exemple d'un cadre de travail pour l'évaluation de la vulnérabilité (Kay et coll., 2006)



5.4.6 PLANIFICATION DE L'EVALUATION

Pour une zone dans laquelle une évaluation approfondie est nécessaire, l'étape suivant l'évaluation de la vulnérabilité est une évaluation de la planification. L'objectif est d'intégrer toutes les réponses possibles à l'élévation du niveau de la mer et à d'autres facteurs de changements climatiques dans la région côtière pour minimiser la vulnérabilité future et souvent pour aider à la formulation d'une nouvelle politique ou à une détermination détaillée de l'utilisation des sols. L'évaluation de la planification consiste en une enquête constante sur une région spécifique. L'évaluation des impacts futurs de l'élévation du niveau de la mer sur une région côtière nécessite des informations sur les processus majeurs d'un budget pour les sédiments de la région concernée. L'évaluation doit également prendre en compte les autres changements climatiques, comme un changement dans la fréquence, l'intensité et la trajectoire des tempêtes.

L'objectif d'une évaluation de la planification doit être spécifique à la région, axé sur les problèmes inhérents à celle-ci. Prenons l'exemple d'une évaluation intégrée des crues et de l'érosion de la côte du Royaume Uni (Evans et coll., 2004a, 2004b). Elle consiste à prendre en compte des scénarios socioéconomiques futurs sur la population, le développement et la législation, ainsi que des scénarios de changements climatiques et d'élévation du niveau de la mer, des solutions de modélisation de l'évolution des plages et de la protection contre le changement côtier. L'objectif est de quantifier les impacts futurs de la récession des falaises projetés sur l'apport en sédiments le long des côtes et, par conséquent, le volume de plage et le risque de crue dans les basses terres de la région côtière. Ce niveau d'évaluation exige beaucoup de données et de temps et il est souvent constant ; cependant, les résultats, bien que spécifiques, doivent être appropriés pour influencer sur la nouvelle politique et pour l'intégration dans des plans de gestion locaux.

5.4.7 MODELES D'EVALUATION INTEGRES D'UNE ZONE COTIERE

L'objectif du projet DINAS-COAST (Évaluation dynamique et interactive de la vulnérabilité nationale, régionale et mondiale des zones côtières aux changements climatiques et à l'élévation du niveau de la mer), financé par l'UE, était d'élaborer un outil sur CD-ROM qui permettait aux utilisateurs de générer des informations quantitatives sur de nombreux indicateurs de vulnérabilité côtiers, pour des scénarios climatiques et socioéconomiques et des politiques d'adaptation sélectionnés par l'utilisateur, à l'échelle nationale, régionale et mondiale couvrant toutes les nations côtières. Cet outil est appelé EVDI (DIVA) – Évaluation de la vulnérabilité dynamique et interactive (Vafeidis et coll., 2003 ; McFadden et coll., 2007).

La méthodologie EVDI utilisait une base de données de caractéristiques physiques et socioéconomiques, basée sur des segments de littoral, au sein de modules intégrés



pour l'évaluation de solutions d'adaptation sous des scénarios de changements climatiques futurs. Les modules consistaient en une évaluation des crues, de l'élévation du niveau de la mer relative, de l'érosion, des changements et de l'évaluation des zones humides et des effets des cours d'eau. Les extrants de l'exemple généralisé du modèle sont le nombre de foyers inondés, la perte de zones humides, les coûts d'adaptation (y compris ceux reliés à la protection contre les crues et à la protection des plages) et la quantité de terres perdues selon le scénario d'élévation du niveau de la mer relatif précisé.

Cependant, l'outil EVDI ne peut pas, pour l'instant, être téléchargé en raison d'un manque de ressources pour l'entretien et le support du logiciel. La publication des nouvelles versions de l'outil EVDI avec une interface utilisateur graphique est fonction de la disponibilité d'un financement futur.

5.4.8 ÉVALUATIONS BASEES SUR LES RISQUES : UNE APPROCHE MIXTE

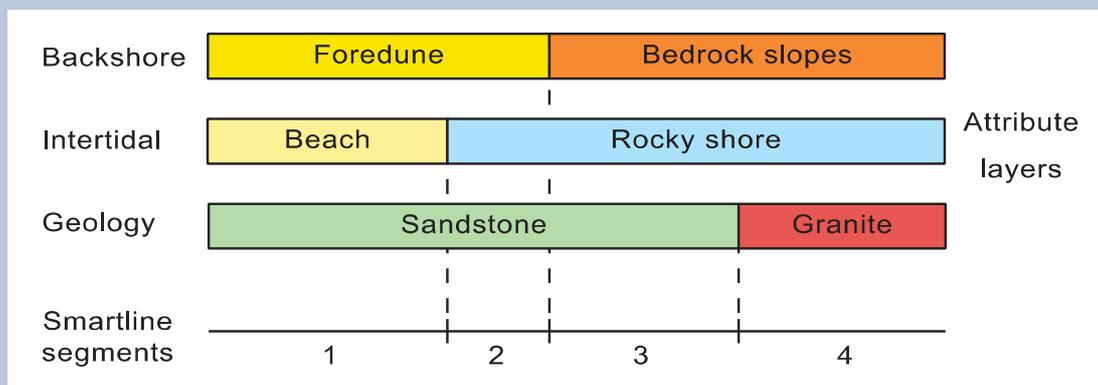
La gestion des risques suit communément une procédure normalisée incluant l'identification, l'analyse, l'évaluation et le traitement des risques pris en compte (Norme ISO 31000). D'autre part, le concept de vulnérabilité proposé par le GIEC combine l'évaluation de l'exposition (p. ex. protections contre les changements climatiques), la sensibilité (p. ex. croissance démographique) et la capacité d'adaptation (p. ex. solutions technologiques pour la défense des côtes) (GIEC, 2007).

Les approches d'évaluation de la vulnérabilité basées sur les risques sont explicitement axées sur une gestion consistant à évaluer les risques pour les organisations de gestion (pouvant être des gouvernements, des communautés, des ONG ou le secteur privé) induits par les changements climatiques (voir le chapitre 2).

Plus important encore, l'application d'approches basées sur les risques en Australie a évolué pour se transformer en une évaluation des risques pour les côtes multiéchelle suivant généralement une approche d'« échelonnement de modèle » consistant en une amplification (considérant des zones d'évaluation plus larges) facilitée par la réduction progressive du nombre de processus pris en compte. Il s'agit essentiellement de la même approche que la séquence d'évaluations du contrôle, de la vulnérabilité et spécifiques à un site décrites ci-dessus.

Une approche de « première » évaluation (préalable/contrôle), utilisant fondamentalement la règle de Bruun, mais incorporant toutefois des facteurs pour la topographie des basses terres et la présence d'éléments résistants à l'érosion peut être appliquée à une échelle nationale relativement large. Celle-ci peut fournir des estimations « élargies » des impacts potentiels.





L'avantage fondamental de l'approche vers une analyse de l'impact des changements climatiques est une meilleure cohérence entre les modèles à différentes échelles : les unités de surface dominantes lorsqu'elles sont prises en compte à des échelles inférieures déterminent le type de modèle appliqué à chaque niveau. Bien que ceci n'empêche pas l'application de modèles invalides à différents types de reliefs (voir la section 5.5), il facilite l'identification claire des zones dans lesquelles le modèle sélectionné a une validité réduite. On utilise communément l'approche de l'évaluation multiéchelle du relief côtier dans les études de l'utilisation des sols et hydrologiques (Schoknecht et coll., 2004; van Gool et coll., 2005).

Bien que l'on reconnaisse que les contraintes inhérentes aux données pourraient empêcher l'application complète de ce type d'approche à l'évaluation de la vulnérabilité côtière dans les pays non visés à l'annexe I ne bénéficiant pas d'une assistance technique supplémentaire, les principes centraux d'une approche multiéchelle seront extrêmement utiles à la fourniture d'une voie d'application à long terme dans des études ultérieures avec un objectif d'augmenter les ensembles de données lorsque les fonds nécessaires seront disponibles. Plus important encore, la « pensée à l'échelle » fournit également un cadre de référence pour la prise en compte de l'application d'outils d'évaluation des impacts spécifiques décrits dans la section suivante.

5.5 OUTILS

De nombreux outils sont communément utilisés dans les diverses approches d'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation (V&A) côtière, incluant des outils pour : l'assistance à la prise de décisions ; la modélisation et l'analyse ; la collecte, le traitement et la gestion de données ; l'engagement et la sensibilisation des parties prenantes ; la modélisation conceptuelle ; la visualisation ; la gestion de projet ainsi que le suivi et l'évaluation.

De nombreux outils et méthodes (15 au total) appliqués au niveau international pour aider à l'évaluation V&A des ressources côtières sont décrits dans le Répertoire de la CCNUCC. Une brève analyse de ces différents outils est présentée dans la Figure 5 -. Les méthodes et outils sont généralement utilisés pour déterminer l'état physique actuel d'une côte, prendre en compte la variabilité de chaque condition face aux facteurs environnementaux naturels actuels et évaluer la réponse probable.

Dans la V&A côtière, on a également observé une tendance à la hausse des évaluations de solutions pratiques pour l'adaptation aux changements climatiques en appliquant des cadres de référence V&A relativement larges (tel qu'indiqué au chapitre 2), complétés d'outils spécifiques. Cette méthode permet d'améliorer la capacité d'intégration des résultats des évaluations V&A côtières aux systèmes gouvernementaux existants axés sur la gestion des régions côtières (voir le chapitre 9).

Tableau 5-7 : Forces et limites des outils sélectionnés pour l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptabilité des ressources côtières (adapté du Guide des ressources de la CCNUCC ; Kay et Travers, 2008)

Méthode	Forces	Limites
Méthode de planification du littoral	Application étendue à toutes les côtes du monde dans la gestion côtière.	Nécessite une personnalisation des systèmes administratifs de gestion des zones côtières individuelles

Indices de vulnérabilité côtière (IVC)	Généralement facile à calculer et à utiliser pour une évaluation rapide de la vulnérabilité	Nécessite une personnalisation des variables pour une utilisation au cas par cas
Analyse de la vulnérabilité interactive dynamique (DIVA))	Fournit une vue d'ensemble raisonnable des scénarios climatiques et socioéconomiques et des politiques d'adaptation aux échelles régionales et mondiales	Fournit une résolution à l'échelle actuelle des impacts côtiers potentiels à l'échelle nationale, des perspectives limitées sur la vulnérabilité de la côte aux changements climatiques (Aucun document disponible en téléchargement)
CoastClim et SimClim	Aide à la prise de décisions commerciales pour les conditions climatiques modifiées	Doit être acheté
Smartline	Cartographie géomorphique rentable et rapide de la sensibilité côtière, pouvant être prise en compte à différentes échelles	L'adaptation à l'échelle locale et spécifique à un site nécessitera un test et une validation

L'évolution des techniques d'évaluation est marquée par :

- Une augmentation de la prise en compte des incertitudes inhérentes aux projections climatiques et aux impacts ;
- Une augmentation de l'intégration des facteurs de stress climatiques et non climatiques ;
- Une reconnaissance plus réaliste du potentiel et des limites aux réponses de la société ;
- Une revalorisation de l'implication des parties prenantes ; et
- Une évaluation scientifique de la vulnérabilité sciemment décalée visant à une réduction de la vulnérabilité appuyée par des politiques (Abuodah et Woodroffe, 2007).

De nombreux outils dépendent fortement de la disponibilité des ensembles de données de l'intrant. Bien que plusieurs de ces outils et techniques soient probablement adaptés et à jour pour l'usage des pays non visés à l'annexe I, ces derniers doivent quand même faire l'objet de recherches approfondies davantage tournées vers la disponibilité des données et la capacité nationale.

Tableau 5-8 : Outils classés selon leur fonction

Catégorie d'outils	Description	Liens d'exemples
Outils de processus	Aident à concevoir et à mener un processus de planification incorporant des éléments uniques traitant des vulnérabilités, risques et incertitudes inhérents à la planification climatique	<p>National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Administration nationale atmosphérique et océanique nationale) Carte routière CSC : <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/training/coastalrisk.html></p> <p>(Voir aussi le chapitre 2 pour connaître les outils V&A communautaires)</p> <p>Directives d'adaptation côtière de l'Union européenne/MCORE : <http://www.coastaladaptation.eu/index.php/en/></p> <p>Kit d'outils d'adaptation du Centre climatique de Georgetown : Élévation du niveau de la mer et utilisation des sols côtiers : <http://www.georgetownclimate.org/sites/default/files/Adaptation_Tool_Kit_SLR.pdf></p>
Outils de visualisation	Permet aux utilisateurs de créer des outils et simulations permettant aux parties prenantes de s'engager par le biais de l'utilisation d'images ou d'outils Web. Les outils de ce groupe sont généralement faciles à utiliser, mais peuvent inclure des outils de visualisation du système d'information géographique Web (SIG) nécessitant un logiciel, du matériel et une expertise spéciaux.	<p>CanVis : <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/canvis/></p> <p>Explorateur d'élévation du niveau de la mer : <http://www.globalwarmingart.com/wiki/Special:Sealevel></p> <p>Google Mashups : <http://clear.uconn.edu/training/maps/mashup.htm> <http://www.google.com/earth/></p>

Outils socioéconomiques	Fournissent des données socioéconomiques au niveau communautaire permettant aux planificateurs et parties prenantes de visualiser, d'explorer et de comprendre les impacts sociaux qui pourraient résulter des risques et changements climatiques futurs.	SoVi (Indice de vulnérabilité sociale) (Données aux États-Unis uniquement) < http://webra.cac.sc.edu/hvri/products/sovi.aspx >
Outils analytiques	Permettent aux planificateurs de faire des recherches sur les conditions et les processus de l'écosystème actuels, de déterminer les effets des conditions potentielles futures et d'explorer les effets potentiels des décisions de planification	Modèle d'une élévation du niveau de la mer affectant les marais (Visionneuse SLAMM) (Emplacements aux États-Unis seulement) < http://www.slammview.org >
Outils sur l'ENOA	Fondements sur El Niño et La Niña ; comment les événements « ENOA » sont-ils définis ?	< http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html > < http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl >
Outils de tendance des marées	Prévisions sur les marées	< http://tidesandcurrents.noaa.gov/station_retrieve.shtml?type=Tide+Predictions >

Lors du choix d'un outil à utiliser dans une évaluation, les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- Veillez à bien comprendre le temps, le financement et l'expertise nécessaires à la collecte des données requises pour l'utilisation de l'outil (ou des outils) ; l'exécution de l'outil ; et l'interprétation ainsi que la communication des résultats de l'outil. L'un des meilleurs moyens de collecter ces informations est de parler aux précédents utilisateurs et au développeur de l'outil ;
- Laissez suffisamment de temps pour l'exécution du processus itératif. L'utilisation du produit est plus efficace lorsque les parties prenantes se voient proposer diverses



alternatives et peuvent apporter des améliorations aux scénarios (et possiblement aux outils eux-mêmes), tout en découvrant le processus, les compromis impliqués dans l'accomplissement des divers objectifs et les résultats pouvant découler des différentes décisions ;

- Veillez à utiliser les outils fournissant les types de résultats dont vous avez besoin. Certains outils donnent des indices généraux plutôt que des résultats quantitatifs, tandis que d'autres donnent des résultats hautement quantitatifs, qui pourraient devoir être généralisés pour la gestion et la communication. De plus, certains outils pourraient ne pas donner de résultats à des échelles temporelles ou spatiales appropriées aux décisions de gestion que vous devez prendre.
- Ne vous attendez pas à ce que les outils vous donnent toutes les réponses. Les outils sont généralement plutôt destinés à la prise de décisions stratégiques qu'à la prise de décisions tactiques quant aux impacts des changements climatiques.

5.6 DONNEES

L'estimation des impacts potentiels futurs des changements climatiques sur les zones côtières doit être basée sur la compréhension de la sensibilité actuelle et de l'exposition des régions côtières aux risques naturels actuels (p. ex. tempêtes, vagues extrêmes) en employant des données sur les régions propices à l'érosion ou aux inondations côtières et des données d'observation locale des conditions biophysiques.

Dans de nombreux pays, les services environnementaux, de planification ou des ports, et autres sources similaires, peuvent fournir des données d'analyse. De plus, vous pouvez obtenir des ensembles de données internationaux en ligne. Les principales sources de données en ligne sont résumées dans la **Error! Reference source not found..**

Tableau 5-9 : Sources de données pour l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation côtière

Catégorie	Titre	Description	Lien
Données sur le niveau de la mer	Service permanent pour le niveau moyen de la mer (SPNMM)	Le SPNMM est la banque de données mondiale renseignant sur les changements du niveau de la mer à long terme de marégraphes et d'enregistreurs de pression du fond des océans partout dans le monde	http://www.psmsl.org/ http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhsic/data.html/

Données sur le niveau de la mer	Système mondial d'observation du niveau de la mer (SMONM)	Le SMONM fournit des données de 289 postes sur le niveau de la mer du monde entier pour le suivi des changements climatiques à long terme et du niveau des océans	< http://www.gloss-sealevel.org/ >
Données topographiques captées à distance	Land Process Distributed Active Archive Centre (LP DAAC)	Le LP DAAC est une composante du Système de données et d'information du système d'observation terrestre de la NASA (SDISOT) qui traite, archive et distribue des données terrestres et des produits provenant des capteurs SOT.	< https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/ >
Données topographiques captées à distance	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	Le SRTM est un projet de la NASA conçu pour obtenir des données numériques sur l'élévation à une échelle quasi mondiale dans le but de générer une base de données topographique numérique haute résolution de la Terre	< http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/ >
Océanographie	CNDO Centre national de données océanographiques (CNDO)	Le CNDO fournit des données mondiales et régionales sur les facteurs et les paramètres océaniques	< http://www.nodc.noaa.gov/ >
Océanographie	Centre mondial de données océanographiques (CMDO)	Un centre de données en ligne de l'Agence japonaise pour la science et la technologie marine et terrestre (AJSTMT)	< http://www.godac.jp/top/en/index.html >
Processus côtiers	Trousse à outils numérique sur les inondations côtières	Trousse à outils conçue pour guider les communautés dans une approche visant à la compréhension et à la lutte contre les problèmes d'inondations côtières	< http://www.ebmtools.org/?q=digital-coast-coastal-inundation-toolkit.html >
Activité des tempêtes	Pacific Storms Climatology Products (PSCP) (Produits climatologiques sur les tempêtes dans le Pacifique)	Pacific Storms (anciennement appelé PRICIP) est axé sur l'amélioration de notre compréhension des modèles et tendances de la fréquence et de l'intensité des tempêtes – « l'activité des tempêtes » – dans la région du Pacifique	< http://www.pacificstormsclimatology.org/ >

Pour finir, il est important de prendre en compte un certain nombre de facteurs quant à l'utilisation des données dans les évaluations de la vulnérabilité côtière :

- L'investissement, en premier lieu, dans des processus de gestion de données et de documentation en tenant compte de la gestion de données et de la documentation dans la conception et le budget d'un projet. Des données gérées et documentées de manière appropriée sont bien plus utiles à un projet car elles peuvent être utilisées par plusieurs collaborateurs sur une période relativement longue ;
- La reconnaissance qu'un intrant de moindre qualité dans des outils ou modèles donnera un extrant de moindre qualité. Il n'existe aucun seuil clair quant au moment où les données ou analyses sont trop limitées ou erronées pour être valables ; ceci dit, on devrait toujours tenir compte de cette possibilité. Les données qui serviront à la prise de décisions régionales et/ou à long terme seront moins précises que celles qui seront destinées à la prise de décisions locales pour des évaluations des besoins immédiates ou d'impacts spécifiques à un site.
- La reconnaissance que même si les données et outils sont incomplets et imparfaits, des décisions seront prises à partir de ces données incomplètes, que les outils soient utilisés ou non ;
- Rester ouvert et honnête en ce qui concerne les lacunes en matière de données et les incertitudes quant aux données existantes. L'identification et la présentation en amont des lacunes dans les données contribueront à la crédibilité du processus et aideront à axer les ressources sur la collecte des données nécessaires. Le processus de collecte de données peut être bénéfique à un projet s'il sert à la création de partenariats et d'un organe d'information commun ;
- L'incorporation de connaissances humaines dans le processus de prise de décision. Les experts techniques peuvent combler les lacunes des ensembles de données existants et les utilisateurs des ressources locales constituent souvent les meilleures sources d'informations sur l'historique, l'utilisation et l'état des ressources actuelles. La collecte de connaissances humaines devrait utiliser des techniques de collecte de données scientifiques et sociales rigoureuses ;
- La planification d'un processus d'acquisition de données à long terme pour garantir un flux d'informations actuelles et précises stable.

5.7 ADAPTATION

L'élévation du niveau de la mer qui se poursuivra sur plusieurs siècles (voir la section 5.2.1) impose aux régions côtières la mise en place de mesures d'adaptation à long terme pour pouvoir y faire face. Dans ce contexte, un « engagement à l'adaptation côtière » doit être intégré à une politique de gestion côtière à long terme. Les systèmes naturels peuvent répondre de manière autonome aux pressions externes comme les changements climatiques, processus décrit comme étant la capacité de réponse naturelle des systèmes côtiers. Un exemple d'adaptation autonome serait une zone



humide saine et sans entraves qui répondrait par un dépôt accru de sédiments et par une croissance verticale, qui suivraient le rythme de l'élévation du niveau de la mer. Cependant, dans bon nombre de lieux, les activités humaines, comme le développement ou la pollution des régions côtières, la capacité d'adaptation naturelle du système est réduite. Une adaptation planifiée à l'élévation du niveau de la mer devrait, par conséquent, prendre en considération des solutions qui viseraient à inverser ces tendances d'« inadaptation » afin d'améliorer la résilience naturelle de la côte et accroître la capacité d'adaptation autonome.

Les systèmes socioéconomiques des régions côtières sont également à même de répondre de manière autonome aux changements climatiques. Les agriculteurs peuvent opter pour des cultures plus résistantes au sel et les habitants peuvent quitter les régions propices aux crues. Ces considérations prendront de plus en plus d'ampleur à mesure que le niveau de la mer s'élèvera.

Étant donné que les impacts prendront probablement de l'ampleur, même en tenant compte de l'adaptation autonome, une adaptation planifiée plus importante sera nécessaire. Les exemples d'initiatives intégrant l'adaptation planifiée aux changements climatiques sont l'adoption de réglementations de contrôle renforcées et améliorées de la planification physique et du développement, y compris celles relatives à la GIZC et à la planification de la gestion du littoral (voir Encadré 5 - 2). Elles pourraient également inclure la mise en œuvre d'un processus d'EIE et de gestion des catastrophes côtières.

Encadré 5-2 : Planification de la gestion du littoral pour l'adaptation

Les récentes directives en matière de gestion du littoral suivies en Angleterre et au Pays de Galles sont appliquées au niveau national (Defra, 2004) et peuvent être adaptées à n'importe quel pays. Différentes stratégies proactives de gestion du littoral seront mises en œuvre dans des plans de gestion du littoral. La côte est divisée en plusieurs cellules et sous-cellules côtières, ces dernières étant elles-mêmes divisées en unités de gestion, reflétant l'utilisation des sols. On sélectionne des mesures de riposte stratégique pour chaque unité de gestion, comme la protection (stratégie appelée « maintien de la ligne ») des régions développées, ou on laisse les processus naturels se faire (stratégie appelée « inaction ») dans les régions où les impacts humains seraient mineurs. Bien que ces approches n'aient pas été appliquées dans les pays en développement, on s'attend à une élaboration à

L'adaptation planifiée et donc proactive est axée sur la réduction de la vulnérabilité d'un système en réduisant le risque ou en maximisant la capacité d'adaptation. On peut identifier cinq objectifs génériques de l'adaptation proactive pertinente aux régions côtières :

1. Le renforcement des infrastructures et des investissements à long terme. L'infrastructure doit être conçue pour résister à des événements extrêmes intenses et fréquents ;
2. L'augmentation de la flexibilité des systèmes vulnérables gérés. Les systèmes devraient être conçus et utilisés de manière à pouvoir faire face à diverses conditions climatiques. La flexibilité peut inclure l'amélioration de la résilience d'un système, à savoir, sa capacité à récupérer suite à des événements extrêmes ;
3. L'amélioration de l'adaptabilité des systèmes vulnérables naturels. On peut rendre les systèmes naturels plus à même de s'adapter en réduisant les obstacles auxquels ils font actuellement face, comme la dégradation de l'habitat, et en leur permettant de s'adapter par le biais d'outils comme l'élimination des obstacles à la migration (p. ex. éliminer les structures côtières dures pouvant entraver la migration des zones humides vers les terres) ;
4. L'inversion des tendances inadaptées. De nombreuses tendances contribuent à l'augmentation de la vulnérabilité aux changements climatiques. Par exemple, la subdivision du développement des plaines alluviales peut contribuer à l'augmentation du nombre d'habitants et de propriétés des basses terres vulnérables à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation des tempêtes côtières ;
5. L'amélioration de la sensibilisation sociale, préparation et alertes aux populations. L'enseignement sur les risques découlant des changements climatiques et sur la manière d'y faire face ou de les réduire peut aider à réduire la vulnérabilité.

Pour les zones côtières, on utilise généralement une autre classification composée de trois stratégies d'adaptation basiques (p. ex., GIEC, 1992) :

1. Protection : réduire le risque d'un événement en réduisant la probabilité de son occurrence ;
2. Adaptation : augmenter la capacité de la société à faire face aux effets de l'événement ;
3. Retraite : réduire le risque de l'événement en limitant ses effets potentiels.

Chacune de ces stratégies est conçue pour protéger l'usage humain des zones côtières et, si appliquée de manière appropriée, chacune implique des conséquences différentes pour les écosystèmes côtiers. La retraite consiste en l'abandon de terres à la mer par une retraite stratégique ou en évitant tout développement majeur futur dans les régions côtières qui pourraient être affectées par une élévation du niveau de la mer.

L'accommodation consiste en une utilisation différente des terres, incluant des réponses d'adaptation, comme l'élévation des bâtiments au-dessus des niveaux de crues et la



modification des systèmes d'évacuation des eaux. La retraite et l'accommodation aident à préserver la nature dynamique du littoral et permettent aux écosystèmes côtiers de migrer vers les terres et de s'adapter naturellement. La protection, au contraire, est souvent à l'origine de la « compression côtière » et de la destruction des habitats, bien que ces deux effets puissent être limités par l'emploi d'approches de défense douces, comme l'alimentation artificielle des plages. Cette stratégie consiste en la défense de certaines régions côtières, par la création et le maintien de structures de défense ou par la préservation artificielle de plages et de dunes. On l'utilise généralement pour protéger les établissements et les terres agricoles, toutefois, elle va souvent de pair avec la perte des fonctions naturelles de la côte. Il est préférable de mettre en œuvre une retraite et une accommodation de manière proactive, tandis que la protection peut être mise en œuvre de manière réactive comme de manière proactive.

Les solutions d'adaptation à l'intrusion d'eau de mer dans l'eau souterraine ne sont pas explicitement couvertes par les trois solutions génériques que sont la retraite, l'accommodation et la protection. Il existe, cependant, de nombreuses solutions :

- La récupération de sols côtiers afin de permettre à de nouvelles lentilles d'eau douce de se développer ;
- L'extraction d'eau souterraine saline pour réduire le débit entrant et les fuites ;
- L'infiltration d'eau douce de surface ;
- L'inondation des basses terres ;
- L'élargissement des zones de dunes existantes dans lesquelles la recharge d'eau souterraine naturelle se fait ;
- La création de barrières physiques.

Encadré 5-3 : Cartographie des régions propices aux inondations dans la zone côtière de l'île Maurice selon le Programme d'adaptation pour l'Afrique

La République de Maurice (RDM) se compose de l'île principale, l'île Maurice, et de petites îles comme Rodrigues, Saint-Brandon, Agalega et d'autres îles éloignées et isolées. L'île principale de Maurice est une petite île tropicale située dans l'océan Indien à une latitude de 20° Sud et à une longitude de 57° Est. Elle possède une superficie totale de 2 040 km² et la quasi totalité de sa zone côtière est entourée de récifs frangeants renfermant un lagon d'une superficie de 243 km². La topographie de la côte se compose en majeure partie de basses-terres, de plaines au Nord et de petites falaises à l'Ouest et au Sud de l'île, zones ne comptant aucun récif corallien. On estimait la population de la RDM, en 2010, à 1,3 million d'habitants.

Les impacts de la variabilité climatique et des événements météorologiques extrêmes, *entre autres*, l'élévation du niveau de la mer, les pluies torrentielles entraînant des crues brutales, des glissements de terrain et un engorgement des basses terres deviennent des préoccupations nationales majeures. Cette situation est exacerbée par l'accélération de l'élévation du niveau de la mer qui entraînera probablement d'importantes inondations et érosions côtières.

Dans le cadre du Programme d'adaptation pour l'Afrique (PAA) financé par le gouvernement du Japon au titre de son « Cool Earth Partnership » pour l'Afrique, la RDM fera très prochainement appel aux services d'une société de conseils en vue de cartographier les régions propices aux inondations de sa zone côtière au moyen d'un SIG.

La société de conseils chargée du projet se servira de l'imagerie satellite haute résolution, ou du LIDAR, pour générer des lignes de contour de 0,5 à 10 m au-dessus du niveau moyen de la mer, afin d'identifier les régions propices aux inondations. Le projet comprendra également un inventaire des expositions multisectorielles afin de déterminer l'impact de l'élévation du niveau de la mer. Les données sur les infrastructures et socioéconomiques collectées seront incluses dans la base de données du SIG.

Les extraits des données du SIG du projet devront être intégrées/superposées avec d'autres données du SIG nationales existantes, pour identifier et évaluer les risques pour les habitants, de perte de propriétés, les installations importantes, l'infrastructure et les activités économiques ainsi que les risques de pertes potentielles (humaines, économiques et financières) inhérents à une élévation du niveau de la mer. Le résultat du projet de gestion du risque de catastrophe sera probablement intégré à la planification et au développement urbains de la RDM.

Encadré 5-4 : Prévisions du niveau de la mer saisonnières de l'ENOA pour les îles du Pacifique affiliées aux États-Unis

Le Centre climatique d'applications de l'ENOA Pacifique (CCAEP) a élaboré un modèle statistique d'analyse de corrélation canonique (ACC) pour les prévisions du niveau de la mer dans les Îles du Pacifique affiliées aux États-Unis (IPAEU) sur plusieurs mois ou plus. Le cycle climatique de l'ENOA et les TSM relevées dans l'océan Pacifique tropical ont été pris comme facteurs primaires de la modulation de la variabilité du niveau de la mer à l'échelle saisonnière. Basées sur ce modèle d'ACC opérationnel, les prévisions en temps réel des variations saisonnières du niveau de la mer (p. ex. anomalies quant à la climatologie) sont publiées sur le site Web officiel du CCAEP sur (<http://lumahai.soest.hawaii.edu/Enso/peu/update.html>) donnant des solutions de planification et de décision quant à la gestion des risques dans la région des IPAEU. L'amélioration des capacités de prévision et d'alerte actuelles ainsi que les informations et les prévisions du niveau de la mer contribuent à l'élaboration de meilleures stratégies d'adaptation pour la gestion des risques dans les IPAEU. (Voir aussi Chowdhury et coll., 2007b.)

5.7.1 PLANIFICATION

Lors de la sélection de mesures d'adaptation, il est important de reconnaître les différences entre les pays. Les différents contextes nationaux nécessitent l'adoption de mesures d'adaptation locales sur mesure. Les mesures d'adaptation doivent être proportionnelles aux réalités temporelles, financières, personnelles et à la capacité institutionnelle. La capacité à répondre aux problèmes de changements climatiques se développera avec le temps, ainsi que l'expérience et le renforcement positif allant de pair avec la réussite. Les premières réussites en termes d'adaptation pourraient commencer par la mise en place de mesures d'atténuation et de zones tampons, par exemple, dans les régions non développées ou exposées aux crues et à l'érosion dont le développement futur est envisagé. Des mesures d'adaptation plus complexes pourraient inclure le développement et la maintenance de l'infrastructure.

La densité de la population et l'infrastructure sont d'autres considérations clés inhérentes à la sélection de mesures. Par exemple, dans les régions développées faisant face à des augmentations potentielles de l'érosion, du niveau de la mer ou des crues, la solution d'adaptation préférable serait une protection côtière structurelle (pour stabiliser le littoral) plutôt que l'éloignement. Dans les régions sous-développées, le contraire serait probable – à savoir, une stratégie d'éloignement serait préférable. L'éloignement consiste en une série de mesures qui viseraient à « éloigner » la population et le développement davantage vers les terres (p. ex., éloignement du risque potentiel).

Les responsables, parties prenantes et décideurs politiques des régions côtières peuvent faire usage de différents critères afin de déterminer les meilleures solutions d'adaptation dans un contexte local donné. Les critères incluent :



- Efficacité technique : Dans quelle mesure la solution d'adaptation sera-t-elle efficace dans la résolution des problèmes découlant des changements climatiques (p. ex. mesures plus avantageuses que d'autres) ?
- Coûts : Quel est le coût de mise en œuvre de la solution d'adaptation et quels sont les avantages ? L'approche est-elle moins coûteuse et plus efficace ? La mesure est-elle une mesure « sans regrets », à savoir, vaudrait-elle la peine quant aux changements climatiques (p. ex. protection/restauration des écosystèmes côtiers déjà vulnérables ou préoccupation urgente pour d'autres raisons) ?
- Avantages : Quels sont les avantages directs liés aux changements climatiques ? La mise en place d'une action prévient-elle contre les effets néfastes sur la santé humaine, la propriété ou les moyens de subsistance ? Ou contribue-t-elle à la diminution des primes d'assurance ? Y a-t-il des avantages à une réduction des gaz à effet de serre susceptibles de valoir la peine en fonction du prix du marché des crédits de carbone ? Les autres avantages incluent une augmentation des biens et services pour l'écosystème ainsi que des contributions positives aux chaînes économiques de création de valeur.
- Considérations de la mise en œuvre : À quel degré la conception et la mise en œuvre de la solution sont-elles faciles en termes de niveau de compétences et d'informations requises, d'échelle de mise en œuvre et autres obstacles ?

La majeure partie des mesures d'adaptation peut aider à atteindre plusieurs objectifs et avantages. Les mesures « sans regrets » devraient être prioritaires. Par exemple, la protection des zones humides et des stratégies de littoral vivant seraient bénéfiques même en l'absence de changements climatiques. Les littoraux vivants à la fois protègent de l'érosion et peuvent contribuer à l'amélioration des habitats végétaux des littoraux actuels et futurs suite à une migration des zones humides vers les terres. Ce qui, par la suite, peut être bénéfique à la subsistance dépendante des ressources naturelles et contribuer à l'augmentation de la résilience de la communauté. Il faut comparer une telle mesure à la construction d'une digue – une stratégie qui pourrait également protéger contre l'érosion à un emplacement particulier mais qui, à l'avenir, pourrait poser problème (p. ex., érosion du littoral à proximité ou migration des zones humides impossible), et n'apporter qu'un avantage minime à la communauté élargie et à l'écosystème naturel. Les mesures n'apportant que quelques avantages autres que la protection nécessitent un haut degré de certitude quant à l'impact des changements climatiques sur un site particulier.

Chaque secteur fait face à des défis et des stratégies de mise en œuvre de l'adaptation. La liste ci-après est tirée du guide de l'USAID pour les planificateurs de développement côtier (USAID, 2009) et, bien qu'élaboré pour le secteur côtier, il peut être utilisé dans tous les secteurs pour :

- Assurer une capacité de gouvernance adéquate ;



- Renforcer les cadres de référence légaux ;
- Renforcer les capacités personnelles ;
- Souligner les coûts de « l'inaction » ;
- Élaborer un financement durable ;
- Planifier les externalités ;
- Maintenir une base scientifique pour la politique ;
- Maintenir des processus inclusifs et participatifs ;
- Sélectionner des mesures techniquement appropriées et effectives.

5.7.2 INTEGRATION

Lors de l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur le secteur côtier, il est important de prendre en compte la manière dont les changements dans d'autres secteurs pourraient également contribuer aux impacts sur le secteur côtier. Par exemple, les préoccupations quant à l'eau (baisse des précipitations) pourraient avoir un impact sur le secteur côtier, en déstabilisant les barrières côtières naturelles comme les dunes et les mangroves.

Même si les impacts et la planification de l'adaptation dans ce secteur sont débattus, il est important de prendre en compte les relations entre les secteurs et la manière dont celles-ci pourraient influencer sur la hiérarchisation des risques et la planification de l'adaptation. On appelle « intégration » une telle évaluation intersectorielle. L'objectif de l'intégration est de comprendre les relations entre les risques spécifiques à un secteur pour définir les impacts et les priorités d'adaptation. L'intégration pourrait être importante pour les décideurs politiques et d'autres parties prenantes, car elle pourrait leur permettre de comprendre comment un secteur, une communauté, une région ou une nation pourraient être touchés par les changements climatiques et quels seraient les impacts économiques totaux. Il pourrait s'avérer utile de connaître les différences entre plusieurs secteurs, régions ou populations en termes de vulnérabilité relative afin d'être plus à même de définir des priorités d'adaptation.

Le chapitre 9 des présents supports de formation fournissent de plus amples renseignements sur l'intégration de l'évaluation de l'impact et les résultats de l'adaptation.

5.7.3 INTEGRATION

L'intégration est définie comme le processus d'incorporation des préoccupations climatiques et des réponses d'adaptation dans les politiques, plans, programmes et projets pertinents aux niveaux national, infranational et local (USAID, 2009). Les mesures d'adaptation sont rarement mises en œuvre uniquement pour répondre aux



changements climatiques, car elles offrent habituellement d'autres avantages en termes de développement. Lors de l'achèvement des communications nationales, il est important de prendre en compte la manière dont les résultats seront intégrés dans le pays, afin de permettre la réalisation d'un changement significatif.

Dans le secteur côtier, l'incorporation de scénarios de changements climatiques dans des plans côtiers et des politiques d'atténuation est un exemple d'intégration.

Le cadre de travail du PNUD en matière d'intégration souligne les trois composantes majeures d'une intégration efficace des changements climatiques :

- Trouver les points d'entrée et plaider la cause ;
- Intégrer l'adaptation dans les processus politiques ;
- Surmonter le défi de la mise en œuvre.

Vous trouverez de plus amples informations sur l'intégration au chapitre 9 de la présente ressource.

5.7.4 SUIVI ET EVALUATION

La principale question lors de l'implantation d'options d'adaptation est « comment l'efficacité de l'adaptation sera-t-elle suivie et évaluée ? » Heureusement, de nombreuses organisations, dont le PNUD et la Banque mondiale, travaillent à l'élaboration d'approches pratiques de suivi et évaluation de l'adaptation aux changements climatiques en instaurant des « cadres de travail basés sur des résultats » qui s'inscrivent dans le contexte plus vaste d'efficacité de l'aide.

Les problèmes à prendre en compte dans la conception d'un suivi et évaluation de l'adaptation comprennent (Kay et coll., à paraître) :

- Orientation des résultats : quel est l'objectif de l'action d'adaptation ?
- Le contexte décisionnel : Pourquoi l'action d'adaptation a-t-elle été choisie – peut-être pour se focaliser sur les priorités immédiates en matière de santé pour réduire la vulnérabilité ou les impacts des changements climatiques à plus long terme – et quels sont les obstacles, les contraintes et les opportunités qui influenceront sur la réussite de cette implantation ?
- Les considérations spatiales : À quel niveau l'action d'adaptation aura-t-elle un impact ?
- Les considérations temporelles : Quand l'impact d'une action d'adaptation sera-t-il connu ?

Il s'agit de considérations importantes pouvant également aider à la planification globale d'actions d'adaptation pour les zones côtières et offrant un point de mire qui permettra



de s'assurer que les actions spécifiques choisies pendant le processus de planification seront les plus efficaces.

On distingue quatre étapes principales du suivi et de l'évaluation dédiées au rapport sur la mise en œuvre des priorités d'adaptation identifiées dans les communications nationales :

- Mettre en place un cadre de référence de suivi et d'évaluation ;
- Élaborer un plan d'évaluation ;
- Mener l'évaluation ;
- Communiquer les résultats.

D'autres directives sur le suivi et l'évaluation de l'adaptation sont données au chapitre 9.

5.8 REFERENCES

Abuodha PA et Woodroffe CD. 2007. *International Assessments of the Coastal Zone to Climate Change, Including an Australian Perspective*. Australian Greenhouse Office (AGO), Department of the Environment and Heritage.

Allison E. 2007. *Fisheries and Aquaculture Can Provide Solution to Cope with Climate Change*, Issues Brief 1707, WorldFish Center : Malaisie. Disponible sur le site <<http://www.iclarm.org/v2/files/CC-ThreatToFisheries1701.pdf>>.

AGO (Office australien pour la lutte contre les gaz à effet de serre). 2007. *Climate Change Impacts and Risk Management. A Guide for Business and Government*. AGO, Department of the Environment and Water Resources.

Bjerknes J. 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 18: 820-829.

Bruun P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion (L'élévation du niveau de la mer comme cause de l'érosion côtière). *Journal Waterways and Harbours Division*. 88(1-3): 117-130.

Bruun P. 1990. *Port Engineering Volume 2*. Houston, Texas : Gulf Publishing Company.

Buddemeier RW, Smith SV, Swaney DP et Crosslet CJ. 2002. The Role of the Coastal Ocean in the Disturbed and Undisturbed Nutrient and Carbon Cycles. *LOICZ Reports and Studies Series No. 24*. 84 pp.



- Chapman DM, Geary M, Roy PS et Thom BG. 1982. *Coastal Evolution and Coastal Erosion in New South Wales*. A report prepared for the Coastal Council of New South Wales. Government Printer, New South Wales.
- Chu P-S. 1995. Hawaii rainfall anomalies and El Nino. *J. Climate*, 8: 1697-1703.
- Chowdhury MR, Chu P-S et Schroeder T. 2007a. ENSO and seasonal sea-level variability – A diagnostic discussion for the U.S-Affiliated Pacific Islands. *Theor. Appl. Climatol.* 88: 213-224.
- Chowdhury MR, Chu P-S, Schroeder T et Colasacco N. 2007b. Seasonal sea-level forecasts by Canonical Correlation Analysis – An operational scheme for the U.S-Affiliated Pacific Islands (USAPI). *Int. J. Climatol.* 27: 1389-1402.
- Church, JA, White NJ, Aarup T, Wilson WS, Woodworth PL, Domingues CM, Hunter JR et Lambeck K. 2008. Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustainability Science*. 3: 9-22.
- Church JA, Woodworth PL, Aarup T et Wilson WS. 2010. *Understanding Sea-level Rise and Variability*. Oxford : Wiley-Blackwell.
- Clarke, A., (2008): An Introduction to the Dynamics of El Nino & the Southern Oscillation. *Academic Press*. pp 324
- Cooper JAG et Pilkey OH. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global Planetary Change*. 43: 157-171.
- Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 2004. *Making Space for Water: Developing a New Government Strategy for Flood and Coastal Erosion Risk Management in England: A Consultation Exercise*. Londres : Department for the Environment, Food and Rural Affairs. 154 pp.
- Eliot I, Nutt C, Gozzard B, Higgins M, Buckley E et Bowyer J. 2011. *Coastal Compartments of Western Australia: A Physical Framework for Marine and Coastal Planning*. Report to the Departments of Environment & Conservation, Planning and Transport.
- Evans EP, Ashley RM, Hall J, Penning-Rowsell E, Saul A, Sayers P, Thorne C et Watkinson A. 2004a. *Foresight; Future Flooding. Scientific Summary. Volume I: Future risks and their drivers*. Londres : Office of Science and Technology.
- Evans EP, Ashley RM, Hall J, Penning-Rowsell E, Saul A, Sayers P, Thorne C et Watkinson A. 2004b. *Foresight; Future Flooding. Scientific Summary. Volume II: Managing future risks*. Londres : Office of Science and Technology.
- Gozzard JR. 2010. *WACoast – a New Information Resource about the Western Australian Coastline*. Paper presented at the City to Cape – 2100 sea level rise
-

- seminar, hosted by the Academy of Technological Sciences & Engineering, Engineers Australia and the Australian Sustainable Development Institute, at Curtin University of Technology.
- Hoozemans FMJ, Marchand M et Pennekamp HA. 1993. *Sea Level Rise: A Global Vulnerability Assessment — Vulnerability Assessments for Population, Coastal Wetlands and Rice Production on a Global Scale*. Second revised edition. Delft et La Haye, Pays-Bas : Delft Hydraulics and Rijkswaterstaat. xxiii+184 pp.
- Hunter J. 2010. Estimating sea-level extremes under conditions of uncertain sea-level rise. *Climatic Change*. 99: 331-350.
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 1992. *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment*. JT Houghton, BA Callander et SK Varney (éd.). Cambridge et New York : Cambridge University Press.
- GIEC. 2007. *Working Group II Group 'Impacts, Adaptation and Vulnerability' IPCC Fourth Assessment Report* <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>>.
- GIEC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. CB Field, V Barros, TF Stocker, D Qin, DJ Dokken, KL Ebi, MD Mastrandrea, KJ Mach, G-K Plattner, SK Allen, M Tignor et PM Midgley (eds.). Cambridge et New York : Cambridge University Press. 582 pp. Disponible sur <http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf>.
- Jones R, Stafford-Smith M, Church J, McInnes K, Symonds G, Abbs D, Wang X, Gorddard R, McAllister R et Tilbrook B. 2009. *Climatic Change in the Coastal Zone*. Technical report prepared for the Australian Department of Climate Change.
- Kay RC et Alder J. 2005. *Coastal Planning and Management*. Londres et New York : Taylor et Francis.
- Kay R et Travers A. 2008. Assessment of Coastal Vulnerability Tools, in assistance of the UNFCCC Compendium redrafting. (Dessin basé sur Abuodha PA et Woodroffe CD. 2006.) *International Assessments of the Vulnerability of the Coastal Zone to Climate Change*, including an Australian perspective. Report submission to Australian Greenhouse Office in response to RFQ 116/2005DEH. Coastal Zone Management White Paper. Disponible sur le site <<http://www.coastalmanagement.com>>.
- Key RC, Crossland CJ, Gardner S, Waterman P et Woodroffe CD. 2006. *The Australian Coast: Assessing and Communicating Vulnerability to Climate Change*.

- Background Reference Paper for the Australian Greenhouse Office, Canberra, Australie .
- Kay RC, Haines A, Rosenzweig C, Steffen W et Thom B. Forthcoming. Perspectives on Adaptation Effectiveness. *In: J Palutokof, M Parry et S Boulter (eds.). Climate Adaptation Futures.*
- Knutson TR, McBride JL, Chan J, Emanuel K, Holland G, Landsea C, Held I, Kossin JP, Srivastava AK et Sugi M. 2010. Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*. 3: 157-163.
- Lamhauge N, Lanzi E et Shardul A. 2011. *Monitoring and Evaluation for Adaptation: Lessons from Development Co-operation Agencies*. Paris : Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD).
- Lau, K. M. .1985: Elements of a stochastic dynamical theory of the long-term variability of the El Niño–Southern Oscillation. *J. Atmospheric Science* 42: 1552-1558.
- Lu X. 2006. *Guidance on the Development of Regional Climate Scenarios for Application in Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessments, within the Framework of National Communications from Parties not Included in Annex I to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York : National Communications Support Programme, UNDP/UNEP/GEF. 42 pp.
- McFadden L, Nicholls RJ, Tol RSJ et Vafeidis AT. 2007. A methodology for modelling coastal space for global assessments. *Journal of Coastal Research*. 23(4): 911-920.
- NCCOE (National Committee on Coastal and Ocean Engineering). 2004. *Guidelines for Responding to the Effects of Climate Change in Coastal and Ocean Engineering*. Canberra: The National Committee on Coastal and Ocean Engineering. Engineers Australia.
- Nicholls RJ. 2010. Impacts of and Responses to Sea-Level Rise. *In: Understanding Sea-level Rise and Variability*. Oxford : Wiley-Blackwell. pp. 17–43.
- Nicholls RJ, Wong PP, Burkett VR, Codignotto JO, Hay JE, McLean RF, Ragoonaden S et Woodroffe CD. 2007. Coastal systems and low-lying areas. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ML Parry, OF Canziani, JP Palutokof, PJ van der Linden et CE Hanson (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 315–356.
- Rahmstorf R. 2010. A new view on sea level rise. *Nature*. 4: 44-45.
- Ropelewski CF et Halpert MS. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño–Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* 115: 1606-1626.

- Schoknecht N, Tille PJ et Purdie B. 2004. *Soil-landscape Mapping in South Western Australia – Overview of Methodology and Outputs*. Technical Report 280. Department of Agriculture Resource Management.
- Searle DJ et Semeniuk V. 1986. Detailed documentation of a Holocene sea-level record in the Perth region, southern Western Australia. *Quaternary Research*. 26: 299-308.
- Short A et Woodroffe C. 2009. *The Coast of Australia*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Smit B, Pilifosova O, Burton I, Challenger B, Huq S, Klein RJT et Yohe G. 2001. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of the Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. JJ McCarthy, O Canziani, NA Leary, DJ Dokken et KS White, (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 877-912.
- Tribbia J et Moser SC. 2008. More than information: what coastal managers need to plan for climate change. *Environmental Science & Policy*. 11: 315-328.
- USAID (United States Agency for International Development). 2009. Adapting to Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners. Disponible sur le site <<http://www.crc.uri.edu/download/CoastalAdaptationGuide.pdf>>.
- Vafeidis A, Nicholls RJ, et McFadden L. 2003. Developing a database for global vulnerability analysis of coastal zones: The DINAS-COAST project and the DIVA tool. In: *Proceedings of EARSLS 2003*. Ghent, Belgique, Juin 2003.
- van Gool D, Tille PJ et Moore G. 2005. *Land Evaluation Standards for Land Resource Mapping – Assessing Land Qualities and Determining Land Capability in South-Western Western Australia*. Rapport technique 298. Département de la Gestion des Ressources Agricoles.
- WCC'93, 1993 : *World Coast 2000: Preparing to Meet the Coastal Challenges of the 21st Century. Statement of the World Coast Conference*, Noordwijk, 1-5 November 1993.
- WCC'93, 1994 : *Preparing to Meet the Coastal Challenges of the 21st Century. Report of the World Coast Conference*, Noordwijk, 1-5 November 1993, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Hague, The Netherlands.
- Whitehouse R, Balson P, Beech N, Brampton A, Blott S, Burningham H, Cooper N, French J, Guthrie G, Hanson S, Nicholls R, Pearson S, Pye K, Rossington K, Sutherland J et Walkden M. 2009. *Characterisation and Prediction of Large-scale Long-term Change of Coastal Geomorphological Behaviour: Final Science report*. Joint Environment Agency/Defra Flood and Coastal Erosion Risk

Management Research and Development Programme. Science Report SC060074/SR1. Bristol : Environment Agency.

5.9 AUTRES OUVRAGES

Nellemann C, Hain S et Alder J. 2008. *In Dead Water: Merging of Climate Change with Pollution, Over-harvest and Infestations in the World's Fishing Grounds*. United Nations Environment Programme (UNEP). Disponible sur le site <http://www.unep.org/pdf/InDeadWater_LR.pdf>.

Schroeder TA, Chowdhury MR, Lander MA, Guard C, Felkley C et Gifford D 2012. The role of the Pacific ENSO Applications Climate Center in reducing vulnerability to climate hazards: Experience from the U.S.-Affiliated Pacific Islands. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 93: 1003-1015. Disponible sur le site <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-11-00109.1>>.

SPREP (South Pacific Regional Environment Programme). 2006. *CV&A: A Guide to Community Vulnerability and Adaptation Assessment and Action*. South Pacific Regional Environment Programme. Disponible sur le site

<[http://www.pacificrisa.org/cms/images/Nakalevu%202006%20CVA%20A%20Guide%20to%20community%20vulnerability%20and%20adpatation%20assessment%20and%20action%20\(3\).pdf](http://www.pacificrisa.org/cms/images/Nakalevu%202006%20CVA%20A%20Guide%20to%20community%20vulnerability%20and%20adpatation%20assessment%20and%20action%20(3).pdf)>.

Tompkins EL S. A. Nicholson-Cole, L. Hurlston, E. Boyd, G. Brooks Hodge, J Clarke, G. Gray, N. Trotz, et L. Varlack. 2005. *Surviving Climate Change in Small Islands: A Guidebook*. Norwich, RU : Tyndall Centre for Climate Change Research. Disponible sur le site <<http://www.tyndall.ac.uk/publications/surviving.pdf>>.

USAID (United States Agency for International Development). 2009. *Adapting to Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners*.

USAID. 2008. *Adapting to Climate Variability and Change: A Guidance Manual for Development Planning*. Disponible sur le site

<http://www.usaid.gov/our_work/environment/climate/docs/reports/cc_vamannual.pdf>.

USAID. 2007. *How Resilient is your Coastal Community? A Guide for Evaluating Coastal Community Resilience to Tsunamis and other Hazards*. Bangkok, Thaïlande : U.S. Indian Ocean Tsunami Warning System Program. Disponible sur le site <http://www.crc.uri.edu/download/CCRGuide_lowres.pdf>.

Woman's Environment & Development Organization (WEDO) and International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2007. *Gender Equality and Adaptation*. Fiche



d'information. Disponible sur le site
<<http://www.genderandenvironment.org/admin/admin/biblioteca/documentos/Factsheet%20Adaptation.pdf>>.

Site Web : Outils de décision informatiques

Adaptation Wizard : Analyse et prise de décision basées sur les risques, Programme sur les impacts climatiques du RU. Disponible sur le site <www.ukcip.org.uk>.

Assessment and Design for Adaptation to Climate Change (ADAPT) (Évaluation et conception pour l'adaptation aux changements climatiques) : Un outil de contrôle des risques climatiques. Banque mondiale. Disponible sur le site <<http://go.worldbank.org/AWJKT60300>>.

Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods (Outil de contrôle des risques communautaires – Adaptation et moyens de subsistance) (CRISTAL), Institut international pour le développement durable. Disponible sur le site <www.iisd.org/security/es/resilience/climate_phase2.asp>.

Mapping and Modeling Providing Regional Climates for Impact Studies (Cartographie et modélisation fournissant des climats régionaux pour les études sur les impacts) (PRECIS) Système de modélisation climatique régionale. Bureau météorologique du RU. <<http://precis.metoffice.com>>.

Système de modélisation et de visualisation régionales SERVIR Disponible sur le site <<http://www.iagt.org/downloads.aspx#sv>>.

Didacticiel sur l'évaluation de la vulnérabilité. Administration nationale atmosphérique et océanique nationale. Disponible sur le site <<http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/training/roadmap/resources.html>>.

Prévisions sur les marées. Disponible sur le site <http://tidesandcurrents.noaa.gov/station_retrieve.shtml?type=Tide+Predictions>

Introduction à l'ENOA. Disponible sur le site <<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>>.

Analyse composite du vent et la TSM. Disponible sur le site <<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>>.

