

# Des archipels en péril ? Les Maldives et les Kiribati face au changement climatique

Virginie Duvat and Alexandre Magnan

Volume 10, Number 3, December 2010

Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques : vulnérabilité, adaptation et développement

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1004062ar>

[See table of contents](#)

## Publisher(s)

Université du Québec à Montréal  
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

## Cite this article

Duvat, V. & Magnan, A. (2010). Des archipels en péril ? Les Maldives et les Kiribati face au changement climatique. *VertigO*, 10(3), 0–0.

## Article abstract

This paper proposes a systemic and dynamic approach of the vulnerability of territories to coastal risks. The approach is applied to two Small Island Developing States, the Maldives and Kiribati. The authors present the 'resources system' of such states and they discuss how the predictable impacts of climate change might affect their vulnerability. In addition, they expose the adaptive strategies developed by those island states as pioneers of adaptation, as they are on the first line of climate change impacts. It also shows that such countries raise major issues that are also relevant in other territorial contexts.

Tous droits réservés © Université du Québec à Montréal et Éditions en environnement VertigO, 2011



This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

<https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/>

**é**rudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

<https://www.erudit.org/en/>

# DES ARCHIPELS EN PERIL ? LES MALDIVES ET LES KIRIBATI FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Virginie Duvat<sup>1</sup> et Alexandre Magnan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Géographe – UMR LIENSs (Littoral, Environnement, Sociétés), Université de la Rochelle-CNRS 6250 – Institut du Littoral et de l'Environnement, 2 rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle. Courriel : virginie.duvat@univ-lr.fr, <sup>2</sup>Géographe – Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri) – Sciences Po – 27 rue Saint-Guillaume, 75 337 Paris. Courriel : alexandre.magnan@iddri.org

---

**Résumé :** Cet article propose une lecture originale de la vulnérabilité des territoires aux risques naturels liés à la mer. À partir de l'analyse des cas des archipels coralliens des Kiribati (océan Pacifique) et des Maldives (océan Indien), il place au cœur de la démarche la notion de « système de ressources », fondée sur les caractéristiques à la fois physiques et anthropiques de ces pays. Ce faisant, il montre quelles interactions jouent aujourd'hui, qui expliquent le caractère systémique de la vulnérabilité, et en quoi le changement climatique accentuera ces jeux de rétroactions. Cela amène les auteurs à voir les États coralliens comme des cas éclairants sur les impacts qui risquent d'affecter d'autres communautés littorales de par le monde, et comme des précurseurs de stratégies concrètes d'adaptation au changement climatique, par-delà leurs spécificités.

**Mots-Clés :** risques liés à la mer, vulnérabilité, adaptation au changement climatique, Petits États Insulaires en Développement, Océan Indien, Océan Pacifique

**Abstract:** This paper proposes a systemic and dynamic approach of the vulnerability of territories to coastal risks. The approach is applied to two Small Island Developing States, the Maldives and Kiribati. The authors present the 'resources system' of such states and they discuss how the predictable impacts of climate change might affect their vulnerability. In addition, they expose the adaptive strategies developed by those island states as pioneers of adaptation, as they are on the first line of climate change impacts. It also shows that such countries raise major issues that are also relevant in other territorial contexts.

**Keywords:** coastal risks, vulnerability, adaptation to climate change, Small Island Developing States, Indian Ocean, Pacific Ocean

---

## Introduction

Ce texte a pour principale ambition de contribuer à renouveler l'approche classique de la vulnérabilité des territoires aux risques naturels et de son évolution possible dans le contexte du changement climatique. Il s'appuie sur l'analyse de territoires particuliers, les archipels coralliens indépendants qui, bien que souvent négligés du fait de leur faible poids démographique, de leur modeste contribution à l'économie mondiale et de leur isolement océanique, ne posent pas moins des questions auxquelles sera confrontée une grande partie

de l'humanité dans les décennies à venir. À partir de deux cas précis de Petits États Insulaires coralliens en Développement (PEICD), les Maldives (300 000 hab. env.) et les Kiribati (97 000 hab. env.), qui comptent tous deux parmi les Pays les moins avancés (PMA), l'objectif est d'interroger les conséquences à attendre du changement climatique sur la viabilité des territoires<sup>1</sup>.

La démarche adoptée est originale en ce qu'elle s'appuie sur la notion de « système de ressources », entendue ici comme étant l'ensemble des composantes naturelles et anthropiques d'un territoire qui permettent de définir ses forces et ses faiblesses face aux risques naturels, qui elles-mêmes déterminent ses capacités de gestion des

---

### Référence électronique

Virginie Duvat et Alexandre Magnan, 2010. « Des archipels en péril ? Les Maldives et les Kiribati face au changement climatique ». VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 10 numéro 3, [En ligne], URL : <http://vertigo.revues.org/10594>

---

<sup>1</sup> Cet article repose sur des missions de terrain répétées depuis 2000 dans divers atolls des Maldives et sur la réalisation d'une mission longue aux Kiribati en janvier-février 2010.

perturbations et d'adaptation aux changements<sup>2</sup>. Le système de ressources mobilise ainsi l'ensemble des caractéristiques physiques et anthropiques des territoires pour en expliquer le fonctionnement. L'approche choisie permet d'expliquer sur des bases concrètes en quoi les risques naturels perturbent un territoire dans son ensemble et mettent en exergue sa vulnérabilité (partie 1). Nous montrerons ainsi, par l'identification de sept grands facteurs influençant la vulnérabilité des PEICD aux risques naturels, que celle-ci est elle-même le résultat d'un processus systémique.

Il s'agira ensuite de voir en quoi le changement climatique pourrait affecter le système de ressources des Maldives et des Kiribati et, par là même, agir sur l'évolution de la vulnérabilité de ces territoires (partie 2). Cela nous conduira notamment à identifier les multiples sources d'incertitude, tant environnementales qu'anthropiques, qui pèsent aujourd'hui sur notre capacité à appréhender la viabilité de ces pays sur le long terme. Nous démontrerons que le changement climatique aura principalement pour effet de renforcer des problèmes qui existent déjà et qui résultent de modes de développement non soutenables. Il va en effet accélérer et intensifier les pressions qui s'exercent sur le système de ressources et, indirectement, accentuer les rétroactions qui expliquent la vulnérabilité. Les Maldives et les Kiribati, dont les systèmes de ressources ont été fortement bouleversés au cours des dernières décennies, constituent des cas d'étude pertinents. Leurs situations actuelles expliquent d'ailleurs que ces pays sont aujourd'hui reconnus parmi les plus vulnérables au changement climatique. Tout en prenant en compte la question de la viabilité de ces territoires sur le long terme, l'analyse s'attachera à identifier leurs marges de manœuvre.

En effet, nous défendrons l'hypothèse selon laquelle c'est justement parce que ces territoires sont en première ligne des menaces du changement climatique qu'ils développent aujourd'hui des stratégies d'adaptation innovantes par le fait qu'elles sont très concrètes et qu'elles combinent les défis actuels et futurs (partie 3). Trois grandes voies d'adaptation adoptées par les Maldives et les Kiribati seront présentées qui

<sup>2</sup> Les auteurs n'ont pas connaissance de l'utilisation de cette notion de « système de ressources » dans l'analyse des impacts du changement climatique. La démarche qu'ils proposent ici, initiée dans d'autres travaux (Cazes-Duvat, 2001; Magnan, 2009a), rejoint les approches qui définissent la vulnérabilité comme étant la capacité de réponse des sociétés.

permettront de conclure que les PEICD sont des « pionniers de l'adaptation au changement climatique ».

### **Cadrage conceptuel : analyse de la vulnérabilité des archipels coralliens aux risques naturels liés au changement climatique**

Conformément à la définition du GIEC<sup>3</sup>, on retiendra ici que la vulnérabilité est « le degré auquel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation ».

L'analyse de la vulnérabilité peut s'appuyer sur sept catégories de facteurs (Cazes-Duvat, 2001; Magnan, 2009a) qui entretiennent de fortes interactions et définissent le « système de la vulnérabilité » : (1) la configuration du territoire ; (2) son exposition aux risques naturels ; (3) les ressources et la sensibilité des écosystèmes ; (4) les conditions de vie de la population ; (5) la cohésion sociétale ; (6) le degré de diversification de l'économie ; (7) l'organisation politique et institutionnelle.

Nous montrerons que si les facteurs physiques (1 à 3) ont en général des effets bien définis en ce qu'ils renforcent ou atténuent la vulnérabilité, l'influence des facteurs anthropiques (4 à 7) est en revanche plus ambiguë. Cette analyse de la vulnérabilité permettra de présenter la situation des Petits États Insulaires coralliens en Développement (PEICD) à partir des exemples des Maldives et des Kiribati.

### **Les facteurs de vulnérabilité des PEICD**

#### *Configuration territoriale : des États éclatés et morphologiquement instables*

##### *Éclatement territorial*

Les États-archipels coralliens comptent parmi les territoires insulaires les plus éclatés (Duvat, 2007a, 2007b). Ils sont généralement composés de plusieurs groupes d'îles séparés par d'immenses étendues

<sup>3</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)).

océaniques, comme c'est le cas des Kiribati (Iles Gilbert, Phoenix et de la Ligne) (figure 1). Une telle configuration accroît l'exposition des populations et de leurs ressources aux aléas météo-marins (indice côtier<sup>4</sup> élevé) et démultiplie les coûts de développement, de protection des enjeux et d'aide d'urgence en situation de crise.

Au sein de chacun des groupes insulaires, les formations récifales qui portent les îles (33 aux Kiribati et 25 aux Maldives) s'étirent sur des centaines de kilomètres (figure 1). Séparées par des chenaux océaniques profonds (300 à 400 m aux Maldives) qui canalisent de forts courants, elles présentent des dimensions et des degrés de continuité divers. Ainsi, les atolls géants (> 50 km de diamètre<sup>5</sup>) des Maldives, qui atteignent jusqu'à 160 km dans leur plus grande dimension, sont très discontinus, constitués de centaines de faros (Duvat, 2007a) (figure 2a). La surface émergée est faible, de l'ordre de 227 km<sup>2</sup> aux Maldives et de 726 km<sup>2</sup> aux Kiribati, et éclatée en une multitude d'îles de petite dimension (1 122 aux Maldives, donnée non disponible aux Kiribati<sup>6</sup>), en résultat de processus de formation complexes (Richmond, 1992; Woodroffe, 1992; Scoffin, 1993) (figure 2b). Elles sont pour la plupart inaccessibles, car entourées de platiers récifaux subaffleureurs qui entravent la navigation.

#### *Morphologie et instabilité des îles coralliennes*

À l'échelle du monde insulaire, les îles d'origine corallienne constituent les figures les plus emblématiques de la micro-insularité avec des surfaces souvent inférieures à 1 km<sup>2</sup>, comme aux Maldives où la moyenne est de 0,19 km<sup>2</sup>. La plupart se sont formées sur des atolls, et une minorité sur des bancs et pâtés récifaux ou sur des faros<sup>7</sup> (figure 2a, 2b, 2c). Dans les régions qui ont connu un niveau marin plus élevé que

l'actuel de 0,4 à 0,5 m il y a 3 000 à 4 000 ans BP, comme c'est le cas du Pacifique Central, certaines surmontent une plate-forme conglomératique (Cloud, 1952; Schofield, 1977; Woodroffe et Morrison, 2001).

Ces îles se répartissent en plusieurs types qui possèdent des caractéristiques morphologiques et des modalités d'évolution différentes<sup>8</sup>. Les cayes sont des îlots de sable et de débris coralliens qui présentent une altitude souvent inférieure à 3 m (figure 3b). Lorsque leurs matériaux ne sont pas consolidés<sup>9</sup>, elles sont sujettes à d'importants changements de taille et de forme sous l'effet de houles de tempête ou de modifications de la circulation océanique générale, notamment pendant les épisodes ENSO aux Kiribati. Certaines se forment et d'autres disparaissent sur des pas de temps très courts. Ainsi, l'île de Tebua, au large du village de Naa dans le nord de l'atoll de Tarawa (Kiribati), qui était exploitée dans les années 1940, avait disparu une décennie plus tard suite à une érosion intense (Nunn, 2009). Dans l'atoll de Kaafu Nord (Maldives), le fero situé à l'ouest de l'île de Vilingili a porté deux îlots au début du XX<sup>e</sup> siècle qui n'existaient pas 70 ans plus tôt et qui ont disparu depuis lors (Duvat, 2007a). Localement, cette instabilité territoriale constitue une forte contrainte de développement en ce sens qu'elle peut générer des migrations internes et/ou, plus souvent, des recompositions des territoires agricoles (îles voisines des îles habitées). Si les tempêtes sont érosives pour les cayes, elles sont en revanche à l'origine de la formation et de l'agrandissement des motus<sup>10</sup> (Scoffin, 1993; Bayliss-Smith, 1988; Stoddart, 1971), comme l'a montré le passage du cyclone Bebe en octobre 1972 dans les Tuvalu (Baines et al., 1974). En résultat de ce mode d'accrétion, les motus présentent une forte dissymétrie, avec une côte au vent faite d'une crête de débris assez haute (4 à 5 m), une côte sous le vent basse (1 à 2 m) et constituée d'une plage de sable peu pentue, et un intérieur marécageux (figure 3c et 3d).

<sup>4</sup> C'est le rapport de la longueur du littoral sur la surface émergée (Doumenge, 1984).

<sup>5</sup> Cf. André Guilcher, 1988.

<sup>6</sup> Il n'existe à ce jour pas de données statistiques sur le nombre précis d'îles aux Kiribati. Les données sont en effet produites par village; or, dans les documents officiels, une grande île peut regrouper plusieurs villages (cas à Abemama, par ex.), de même qu'un village peut regrouper plusieurs petites îles (cas à Bikenibe sur Tarawa Sud, par ex.).

<sup>7</sup> Les pâtés et bancs récifaux sont des formations récifales en général circulaires ou oblongues, sans lagon. Les faros ressemblent à des atolls miniatures, composés d'un anneau récifal au centre duquel on trouve un lagon.

<sup>8</sup> Seuls les deux types principaux sont présentés ici. Pour une revue plus complète des îles coralliennes, voir en particulier Stoddart et Steers (1977), Richmond (1992) et Duvat (2007a).

<sup>9</sup> Les formations consolidées sont dues à la cimentation de sable et de débris coralliens par de l'aragonite ou de la calcite. On peut distinguer les plates-formes conglomératiques, les beachrocks, les grès de caye et les éolianites (Duvat, 2007a, p. 157-162).

<sup>10</sup> Le terme de *motu* n'est pas employé ici dans le sens commun qui désigne toute île d'origine corallienne, mais pour qualifier celles qui, en résultat d'un fort hydrodynamisme et conformément à la typologie géomorphologique proposée en 1977 par D.R. Stoddart et J.A. Steers, présentent une morphologie spécifique caractérisée par des forts contrastes de façade.

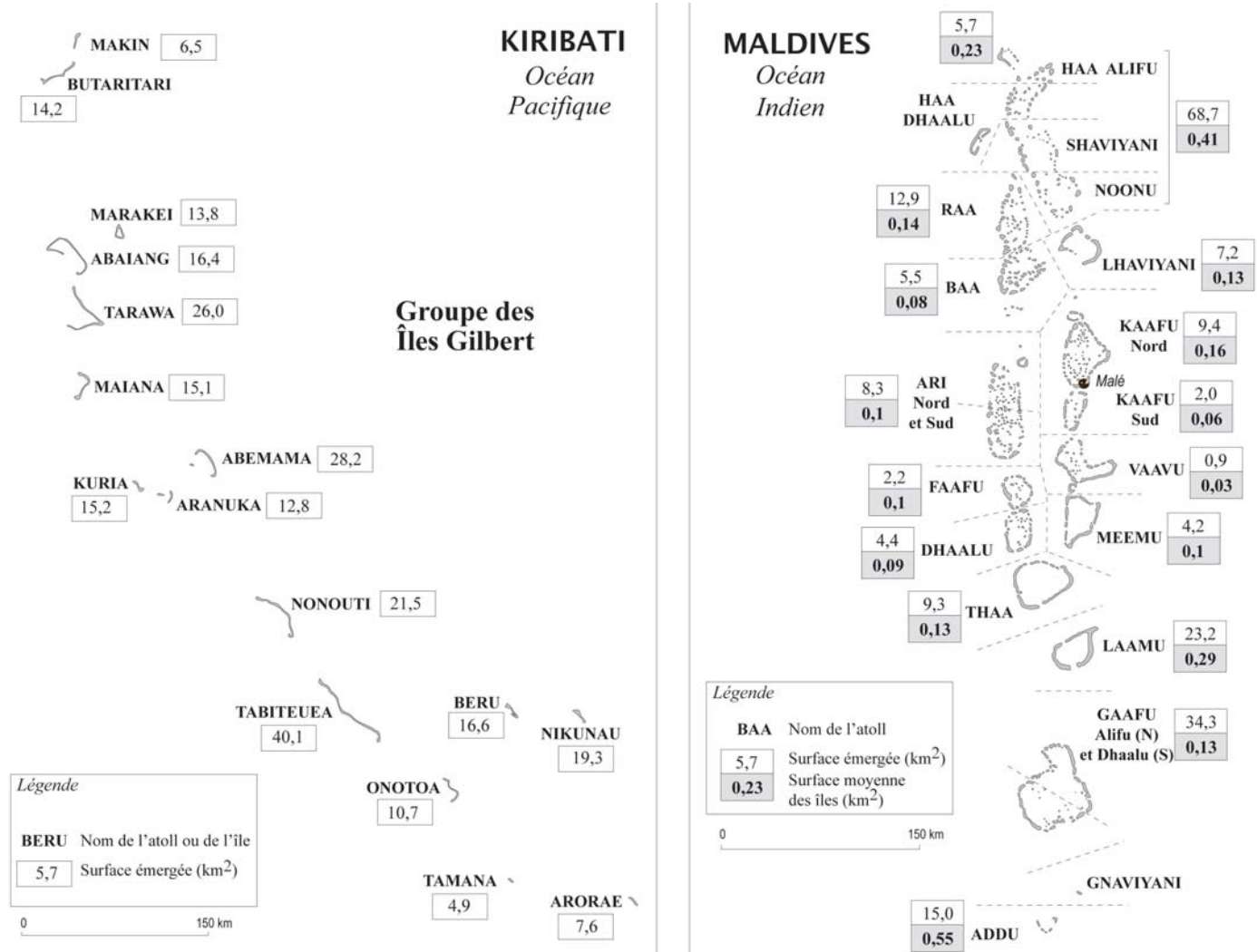


Figure 1. Carte de présentation du groupe des îles Gilbert dans l'archipel des Kiribati, et de l'archipel des Maldives

Figure 2a. **Vue aérienne de la partie sud-ouest de l'atoll de Vaavu, Maldives**  
(cliché : V. Duvat, 2003)



La couronne de cet atoll est composée de nombreux faros que l'on retrouve dans le lagon, qui compte également des pâtés récifaux.

Atoll : 54 x 43 km  
203 édifices récifaux  
Surface totale : 1 092 km<sup>2</sup>  
Surface émergée : 0,9 km<sup>2</sup>  
Surface moyenne des îles : 0,03 km<sup>2</sup>  
Surface insulaire/surface récifale : 0,9 km<sup>2</sup>

Figure 2b. **Face sud-ouest de l'atoll de Laamu, Maldives**  
(cliché : V. Duvat, 2003)



Atoll : 50 x 27 km  
56 édifices récifaux  
Surface totale : 885 km<sup>2</sup>  
Surface émergée : 22 km<sup>2</sup>  
Surface moyenne des îles : 0,29 km<sup>2</sup>  
Surface insulaire/surface récifale : 11,3 km<sup>2</sup>

Nom des îles : 1. Faress ; 2. Athahedha ; 3. Bodufenrahaa ; 4. Uthuru vinagandu ; 5. Medhuvinagandu ; 6. Maaveahi ; 7. Hedha

Figure 2c. **Vue aérienne de la partie orientale de l'atoll de Tarawa, Kiribati**  
(cliché : V. Duvat, 2010)



La couronne de cet atoll, continu au sud et à l'est, porte un chapelet d'îles séparées par des chenaux peu profonds, les hoas. En arrière-plan, l'aéroport international de Bonriki, exposé aux aléas météo-marins.

Atoll : 35 x 29 km  
Surface totale : 490 km<sup>2</sup>  
Surface émergée : 26 km<sup>2</sup> (17 îles)  
Surface moyenne des îles : 1,76 km<sup>2</sup>  
Surface insulaire/surface récifale : 25 %

Nom des îles ou villages : 1. Teimaku ; 2. Bonriki ; 3. Buota.

Figure 2. Vues aériennes d'atolls des Maldives et des Kiribati



Figure 3a. **Vue aérienne de la partie méridionale de l'atoll de Tarawa, Kiribati**  
(cliché : A. Magnan, 2010)



Cette partie de l'atoll accueillait plus de 40 000 hab. en 2005. Elle regroupe l'ensemble des institutions. Les îles sont étroites (200 à 400 m de largeur en moyenne). Elles sont reliées par des ponts qui ont fortement perturbé le fonctionnement morphosédimentaire des côtes. Au premier plan, des exemples de remblais.

Nom des îles ou villages : 1. Nawerewere ; 2. Bikenibeu ; 3. Eita ; 4. Ambo.

Figure 3b. **Un exemple de caye: l'île de Royal Island, atoll de Baa, Maldives**  
(cliché : A. Puech, 2006)



Cette caye s'est formée sur un pâtre récifal situé à l'intérieur du lagon, dans un environnement abrité. On voit au second plan d'autres formations récifales qui ne portent pas d'île, à l'exception de celle qui, sur la droite, a fait l'objet de l'aménagement d'un port.

Atoll : 45 x 33 km  
105 édifices récifaux  
Surface totale : 1 127 km<sup>2</sup>  
Surface émergée : 5,5 km<sup>2</sup> (64 îles)  
Surface moyenne des îles : 0,08 km<sup>2</sup>  
Surface insulaire/surface récifale : 2 %

Figure 3c. **Côte océanique du motu d'Hitadhoo, atoll d'Addu, Maldives** (cliché : V. Duvat, 2003)



Ce rempart de tempête (1) témoigne des modalités d'accrétion des plages de débris très redressées des côtes océaniques: les tempêtes alimentent les platiers de matériaux qui peuvent migrer vers le littoral.

Figure 3d. **Côte lagonaire d'Hitadhoo/Abuhera, atoll d'Addu, Maldives** (cliché : V. Duvat, 2003)



Du côté du lagon, une plage de sable peu pentue. Les dalles de beachrock indiquent une tendance au recul.

Figure 3. Vues aériennes et au sol d'îles des Maldives et des Kiribati

La faible altitude des côtes lagonnaires de ces îles est à l'origine de submersions qui se produisent pendant les marées de vive-eau, même dans des conditions météorologiques normales, comme on peut l'observer à Tarawa Sud.

Dans les deux archipels qui nous concernent, les valeurs de subsidence sont très faibles à nulles<sup>11</sup>, aussi ce phénomène joue-t-il un rôle négligeable dans l'élévation actuelle du niveau de la mer et dans l'évolution des îles (Purdy et Bertram, 1993 ; He, 2001 ; AusAID, 2007).

*Exposition aux risques naturels, en particulier liés à la mer*

Les archipels coralliens sont d'abord exposés à d'importants aléas climatiques qui tiennent à la récurrence des tempêtes, cycloniques et locales, et du phénomène El Niño.

Bien qu'ils se trouvent en dehors de l'aire de génération des cyclones, les archipels des Maldives et des Kiribati sont exposés à leurs houles qui, en l'absence d'obstacle, se propagent à travers l'océan sur de grandes distances (Cloud, 1952 ; Burgess, 1987 ; Solomon et Forbes, 1999 ; Duvat, 2007a). Les houles de tempête ont trois effets: (i) L'érosion ou l'accrétion, selon l'exposition des côtes; (ii) La submersion des espaces terrestres; (iii) La salinisation des sols et des lentilles d'eau saumâtre.

Le phénomène ENSO, dont le temps de retour est compris entre 5 et 9 ans, s'accompagne d'une inversion des vents, donc des houles et des courants associés, qui basculent d'Est en Ouest. Dans l'atoll de Tarawa, les modifications sédimentaires dues à l'inversion du courant de dérive littorale engendrent alors des pics d'érosion dans certains secteurs (Forbes et Biribo, 1996; Woodroffe et McLean, 1992; Solomon et Forbes, 1999; Woodroffe, 2008). Concomitamment, se produisent des variations de pression atmosphérique qui font fluctuer le niveau de la mer de plusieurs dizaines de cm aux Kiribati (Gillie, 1994; Webb, 2005; AusAID, 2007). Les niveaux anormalement hauts observés en début d'ENSO (+ 28 cm en 1982 et + 27 cm en 1991) produisent des submersions exceptionnelles. Des tempêtes se produisent également pendant ces épisodes, comme celle de décembre 1992 à Tarawa (Webb, 2005). On

<sup>11</sup> Les valeurs proposées pour les Kiribati sont de l'ordre de + 0,1 mm/an contre - 0,1 mm/an pour les Tuvalu (AusAID, 2007). Aux Maldives, la subsidence serait de 0,03 mm/an (Purdy et Bertram, 1993).

observe par ailleurs une perturbation du régime des pluies avec des pics de précipitations en début d'ENSO et des sécheresses marquées qui peuvent durer plusieurs années pendant La Niña, comme dans le centre et le sud des Kiribati<sup>12</sup> (Cloud, 1952; Sachet, 1957; White et al., 1999).

Dans le centre de l'océan Indien, ces épisodes ont deux manifestations principales qui concernent les Maldives : la recrudescence des tempêtes (avril 1987, juillet 1988, mai 1991), qui provoque érosion et submersion (Goda, 1988 ; Cuny et Hill, 1991), et le réchauffement des eaux océaniques de surface qui est à l'origine du blanchissement corallien.

Leur position océanique et leur faible altitude<sup>13</sup> exposent également ces archipels aux tsunamis de la ceinture de feu du Pacifique. Aux Maldives, celui du 26 décembre 2004 a généré des vagues de 1,5 à 2 m de hauteur qui ont submergé sur la totalité de leur surface 67 des 200 îles habitées (Duvat, 2007b), ayant obligé 20 000 à 25 000 personnes à quitter leur logement (MPND, 2005; Magnan, 2006).

*Des ressources limitées et des écosystèmes sensibles*

Les îles d'origine corallienne possèdent des ressources limitées, difficiles à exploiter et sensibles aux variations du climat.

Les ressources en eau se limitent à la lentille dite de Ghyben-Herzberg<sup>14</sup> qui a pour origine l'infiltration et l'accumulation des eaux de pluie sous la forme d'une réserve d'eau saumâtre qui flotte sur l'eau de mer sous-jacente (Falkland et Woodroffe, 1997). Cette lentille offre une eau de bonne qualité dans la partie centrale des îles les plus grandes et les mieux arrosées<sup>15</sup>. Sur chaque île, sa dimension et son taux de salinité déterminent la densité et la diversité de la végétation ainsi que les

<sup>12</sup> Les sécheresses les plus sévères ont été enregistrées en 1949-1950, 1970, 1973-1974, 1975, 1988-1989 et 1998-1999 (White et al., 1999).

<sup>13</sup> L'altitude maximale des îles coralliennes qui composent ces archipels est de l'ordre de 4 m. Pour la plupart des îles, il n'existe pas de données altitudinales ou elles sont très localisées. Les levés altitudinaux ont été effectués par des acteurs différents. Il n'y a pas de base de données standard.

<sup>14</sup> Du nom de celui qui a mis en évidence son existence.

<sup>15</sup> Aux Kiribati, l'épaisseur des lentilles est en général comprise entre 5 et 25 m (Ebrahim, 1999; Overmars, 2004).



potentialités agricoles<sup>16</sup>. Aux Kiribati, l'augmentation de la salinité de ces réserves d'eau en période de sécheresse rend inexploitable certains puits (Overmars, 2004). La qualité des sols est globalement faible, car ils sont jeunes, minces et pauvres en matière organique, les îles ayant été défrichées de longue date (Pernetta, 1989; Thomas, 2009).

Les matériaux de construction se limitent au bois, et principalement aux espèces cultivées (*Cocos nucifera*, *Pandanus tectorius*), ainsi qu'au sable et au corail dont l'exploitation sur l'avant-côte a de forts impacts sur l'équilibre sédimentaire du littoral et sur l'état de santé des récifs coralliens<sup>17</sup>. L'exportation de telles ressources est difficile comme l'a montré l'échec, au début des années 1980, des tentatives d'exportation de sable des Kiribati vers les États-Unis (SPREP, 1992).

Le principal atout de ces États réside dans des ressources marines abondantes et diversifiées en raison de la dimension de leur ZEE (3,5 M de km<sup>2</sup> pour les Kiribati et 1,3 M km<sup>2</sup> pour les Maldives) et de la forte biodiversité des écosystèmes récifaux. Mais ces ressources sont difficiles à valoriser en l'absence de flotte de pêche<sup>18</sup> et très sensibles aux pressions anthropiques et aux variations climatiques. À titre d'exemple, l'épisode ENSO de 1997-1998 a été à l'origine d'une mortalité corallienne de plus de 90% aux Maldives (Naeem et al., 1998; Riyaz et al., 1998; Teleki et Spencer, 2002).

#### *Les conditions de vie*

Les conditions de vie des populations contribuent à la vulnérabilité de ces territoires qui sont caractérisés à la fois par une espérance de vie limitée (61 ans aux Kiribati, 72 ans aux Maldives), inhérente à un état sanitaire médiocre et à une alimentation pauvre, et par un important retard dans les domaines des transports et de

<sup>16</sup> La culture du taro a joué un rôle majeur dans l'alimentation des I-Kiribati jusqu'à leur intégration, encore inégale selon les atolls, à l'espace monde, qui s'est traduite par l'importation de produits alimentaires. Jusque-là, des fosses étaient creusées dans la partie centrale des îles pour atteindre le sommet de la lentille, dans lesquelles on plantait le taro (Thomas, 2009).

<sup>17</sup> Aux Kiribati, les besoins annuels en sable et corail ont récemment été estimés à 82 500 m<sup>3</sup> (Greer Consulting Services, 2007), qui sont en grande partie prélevés sur l'estran au droit des îles habitées. Aux Maldives, ils étaient déjà de 500 000 m<sup>3</sup>/an à la fin des années 1980 (RoM, MFA, the Netherlands UNDP, 1989).

<sup>18</sup> La ZEE des Kiribati est principalement exploitée par la Corée (49% de la flotte), la Chine (28%) et le Japon (14%), sous la forme de licences de pêche (ADB, 2008).

l'éducation, élément contraignant pour la gestion des risques et des crises (Magnan, 2005 ; GoK, 2007).

Globalement, deux modes de vie se côtoient, « moderne » et « traditionnel », qui renvoient schématiquement à la dichotomie urbain/rural et induisent des formes de vulnérabilité différentes. Les capitales, Tarawa Sud (Kiribati) et Malé (Maldives), regroupent respectivement 45% et 33% de la population totale (45 000 habitants à Tarawa Sud, 100 000 à Malé). Elles affichent des densités très élevées (2 550 hab/km<sup>2</sup> pour Tarawa Sud et près de 53 000 hab/km<sup>2</sup> pour Malé) par rapport aux atolls extérieurs (73 hab/km<sup>2</sup> aux Kiribati et 1 750 aux Maldives). Leur population peut sembler a priori la mieux protégée des risques naturels, car elle bénéficie des efforts d'équipement en ouvrages de défense (brise-lames, cordons de tétrapodes...) ainsi que de la capacité d'intervention des pouvoirs publics. Néanmoins, le passage de l'économie de subsistance à l'économie monétaire a accru par d'autres mécanismes la vulnérabilité des capitales aux crises. Ainsi, la remise en cause de la propriété foncière<sup>19</sup>, régulateur social et culturel (Namai, 1987) en ce qu'elle constitue le point d'ancrage d'un système de gestion communautaire des crises (Di Piazza, 2001), a affaibli, à Tarawa Sud, la cohésion de la société, les référents socioculturels et du même coup les mécanismes de solidarité préexistants mobilisables en cas de crise.

Le faible niveau d'équipement des îles en structures de soins et en personnel médical contribue à la vulnérabilité de la population. Sur les 23 médecins I-Kiribati recensés, 22 exercent à Tarawa Sud et 1 à Kiritimati (îles de la Ligne), et seule Tarawa Sud est équipée d'un hôpital. Cela ne signifie pas pour autant que la population de la capitale est moins vulnérable aux crises que celle des atolls extérieurs en raison d'un état sanitaire plus inquiétant dû à une mauvaise alimentation et à des problèmes d'hygiène.

Ainsi, l'analyse des conditions de vie conduit à identifier, en termes de vulnérabilité, des effets souvent opposés, voire contradictoires. Seule une analyse systémique procédant par études de cas peut par conséquent permettre d'établir un diagnostic.

<sup>19</sup> Traditionnellement, chaque famille I-kiribati possède son propre lopin de terre qu'elle habite et cultive. La pression démographique qui s'exerce sur les îles « capitale » a progressivement réduit les réserves foncières.

La solidarité communautaire, qui s'appuie sur la cohésion de la société, permet d'amortir les effets d'une perturbation naturelle à l'échelle d'une île, d'un atoll, voire d'un archipel. Aussi, la cohésion sociétale, qui repose sur des bases culturelles (partage d'une identité historique) (Blaikie et al., 1994; Bankoff et al., 2004), sociales (réseaux de solidarité) et économiques (complémentarités), constitue-t-elle un facteur important de réduction de la vulnérabilité. Cela est d'autant plus vrai dans les pays pauvres que les autorités publiques ont des capacités de gestion et d'intervention réduites.

La cohésion de la société des Gilbert, fondée sur une unité de culture, de représentations, de rapports sociaux et de langue (Doumenge, 1966), s'exprime dans un fonctionnement communautaire très organisé (Tabokai, 1993), qui joue un rôle central dans la gestion du risque de sécheresse dans les îles du sud (Di Piazza, 2001). Le niveau élevé des contraintes naturelles dans un cadre de vie autarcique a favorisé l'émergence d'un mode de vie adapté fondé sur des mécanismes de partage et de réciprocité (Lundsgaarde, 1966; Watters et Banibati, 1984). La société plus moderne et désunie de la capitale est davantage marquée par les conflits, en particulier fonciers, et par l'individualisme, ce qui la fragilise face aux risques (Corcoran, 2003; MacKenzie, 2004; ADB, 2008). De la même manière, bien qu'il n'ait pas totalement effacé les 3 000 ans d'histoire qui ont donné naissance à la « civilisation halieutique maldivienne » (Doumenge, 2005), l'effet « capitale » est à l'origine d'une perte d'unité et de cohésion de la société. Les réseaux de solidarité sont bien mieux préservés dans les atolls extérieurs où ils semblent avoir joué un rôle important à la suite du tsunami de décembre 2004 (RoM, 2004; Magnan, 2006), d'autant plus que le gouvernement n'avait ni la puissance militaire, ni les bateaux nécessaires à la gestion des évacuations de population.

En dépit de ces constats, il faut se garder d'établir une relation systématique entre un fort niveau de cohésion sociétale et une faible vulnérabilité du territoire, car des effets de seuil peuvent jouer (Callois, 2006). Une forte cohésion communautaire peut amener une communauté à s'enfermer dans une approche autocentrée de la gestion des perturbations.

S'il est vrai que les pays pauvres sont vulnérables, il convient néanmoins de nuancer le poids de la dimension économique dans l'explication du niveau de vulnérabilité d'un territoire. Aux Maldives comme aux Kiribati, les aléas naturels posent des problèmes, certes parce que ces États n'ont pas assez de moyens pour assumer le coût de l'équipement des multiples îles habitées, mais aussi et surtout parce que ces terres sont par nature très contraignantes (cf. supra) et très sensibles aux perturbations environnementales.

Dans le cas des archipels coralliens, l'une des dimensions majeures à considérer est la dépendance extérieure, pour partie inhérente à des ressources naturelles très limitées. Dans les capitales, la terre étant rare et les aspirations individuelles tournées vers les emplois rémunérés, les ménages ne produisent plus ce qu'ils consomment. Si le poisson frais reste un aliment de base, les I-Kiribati et les Maldiviens figurant parmi les plus gros consommateurs mondiaux (respectivement près de 77 kg/pers/an et de 190 kg/pers/an selon la FAO<sup>20</sup>), les produits importés représentent respectivement 40% et 30% de l'alimentation. Cette dépendance devient un problème dès lors que les flux d'approvisionnement sont perturbés.

Par ailleurs, le faible degré de diversification économique et le développement privilégié d'activités sensibles aux perturbations environnementales, comme le tourisme et la pêche, renforcent la vulnérabilité de ces pays. Le tsunami de décembre 2004 l'a montré aux Maldives en affectant sérieusement le secteur touristique (fermeture du 1/5 des 89 îles-hôtels et chute massive des entrées) qui représente 75% des entrées de devises étrangères, 30% du PIB et 20% de l'emploi. La situation des Maldives a été d'autant plus critique que la flotte de pêche nationale a été détruite à 12% et que les îles agricoles ont été fortement affectées (RoM, 2005). La vulnérabilité économique des Kiribati est plus forte encore car, en l'absence de tourisme, la pêche, contrôlée par les étrangers, fournit la moitié des revenus du gouvernement (ADB, 2002). Or, ces investissements étrangers ne sont en rien garantis sur le long terme. Toute crise, de quelque nature qu'elle soit, aurait de graves effets sur l'économie nationale. L'aide

<sup>20</sup> Statistiques officielles de l'organisation sur les pêches et l'aquaculture: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-consumption/en>.

internationale, qui constitue également une ressource économique importante, est tout aussi fluctuante.

### *L'organisation politique et institutionnelle*

Il reste maintenant à voir en quoi le fonctionnement politico-institutionnel peut renforcer ou réduire la vulnérabilité d'un territoire aux risques naturels.

Dans les archipels coralliens, l'éclatement du territoire a favorisé l'affirmation des pouvoirs locaux aux échelles de l'atoll (chef d'atoll), de l'île (chef d'île) et également du village aux Kiribati, ainsi que la mise en place, dans ce même pays, de modes d'administration différents selon les atolls (Lundsgaarde, 1968). Cette situation rend difficile un fonctionnement de type « top down » et explique l'échec de certaines politiques. Ainsi, alors que le pouvoir central est bien établi aux Maldives, en héritage du sultanat établi à Malé dès son origine (Pyrard de Laval, 1601-1611; Doumenge, 2005), le gouvernement échoue depuis des décennies à regrouper la population sur un nombre limité d'îles afin de mieux la protéger des risques liés à la mer. Il aura fallu un événement catastrophique, le tsunami de 2004, pour démontrer aux communautés locales l'intérêt de la stratégie gouvernementale (RoM, 2005; MPND, 2005; Duvat et Magnan, 2010).

Aux Kiribati, en l'absence de légitimité du pouvoir central issu de la période coloniale, le gouvernement a des difficultés considérables à mettre en œuvre toute politique, car il doit négocier avec les « autorités locales traditionnelles » (UN, 2002 ; ADB, 2008)<sup>21</sup>. Cette situation a deux effets opposés. Si elle accroît la vulnérabilité du pays pris dans sa globalité – l'adaptation au changement climatique requiert de pouvoir mettre en œuvre une politique d'ensemble – elle réduit la vulnérabilité aux échelles infra-territoriales auxquelles il existe une véritable capacité de gestion des risques. C'est résolument sur la base d'un « compromis » entre dynamiques locales et nationales que l'on peut réduire la vulnérabilité du territoire dans son ensemble.

### *Système de ressources et vulnérabilité*

Il est ici proposé de considérer le territoire comme un « système de ressources », soit comme l'ensemble des composantes naturelles et anthropiques qui déterminent ses forces et ses faiblesses face aux risques naturels, qui à leur tour déterminent ses capacités de gestion des perturbations et d'adaptation aux changements. Sa vulnérabilité tient, par-delà ses caractéristiques intrinsèques, à la nature des interactions qui s'organisent entre les composantes de ce système. Il s'agit bien ici d'inscrire l'analyse de la vulnérabilité dans une approche globale (prise en compte de l'ensemble des composantes territoriales), systémique (analyse de leurs interactions) et dynamique, en considérant que tout état (morphologique, écosystémique, sociétal, économique...) est momentané, car perpétuellement modifié par les processus en jeu.

Au sein de ce système, il existe trois grands types d'interactions. Certaines résultent d'effets d'enchaînement d'ordre physique, comme c'est le cas de celles qui s'organisent entre morphologie, processus en jeu (ces deux paramètres s'influençant mutuellement), niveaux de ressources et exposition aux aléas. D'autres concernent les facteurs humains (conditions de vie/cohésion sociétale/organisation politique, par ex.). Les dernières sont les interrelations homme/milieu, dont l'analyse permet d'appréhender la durabilité des modes de développement.

Les modalités d'aménagement du territoire et de développement ont des effets majeurs sur la morphologie insulaire, l'état des écosystèmes (récifs coralliens, mangroves...), l'évolution des ressources et l'exposition des sociétés aux aléas naturels (Cazes-Duvat, 2001 ; 2005). D'ailleurs, les effets d'enchaînement qui s'observent aux Maldives et aux Kiribati sont communs à de nombreux États coralliens (figure 4). Les pratiques ancestrales des communautés locales (implantation souvent au plus près du trait de côte, exploitation de la végétation, prélèvement de ressources alimentaires et de matériaux de construction sur l'avant-côte) et la pression démographique récente, particulièrement forte dans les atolls centraux, constituent deux facteurs majeurs de perturbation et de dégradation des milieux côtiers. En effet, le remblayage de l'avant-côte et l'extraction de matériaux de construction sur les platiers récifaux ont pour effets, d'une part, de modifier la morphologie côtière et de déstabiliser les plages au détriment des

<sup>21</sup> Les auteurs avancent également cette hypothèse sur la base d'entretiens qu'ils ont eus avec des représentants de l'administration I-Kiribati (Ministry of Foreign Affairs, Ministry of Fisheries and Mining, Kiribati Adaptation Project).

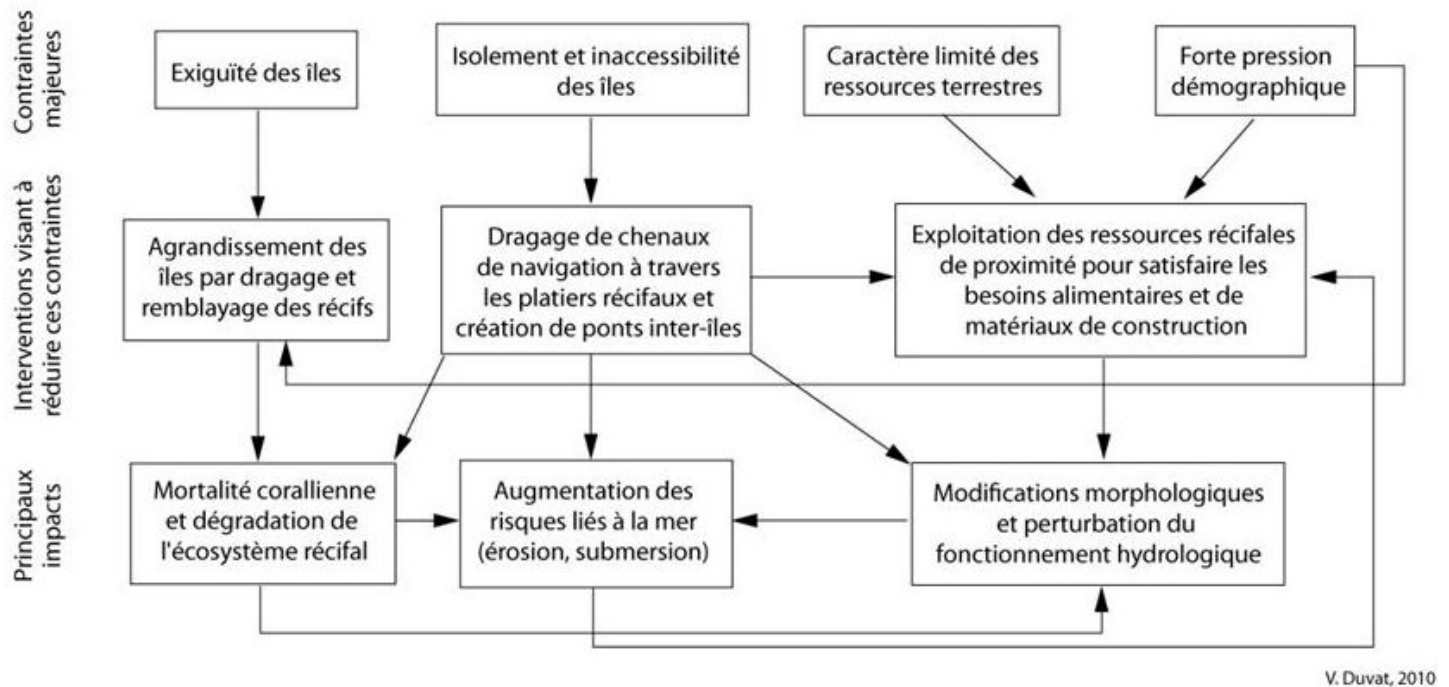


Figure 4. Processus de dégradation des ressources naturelles et impacts en termes de risques

zones habitées qui les bordent, et d'autre part, d'accélérer la dégradation des écosystèmes. Ainsi, l'aggravation des risques liés à la mer est en grande partie le résultat de modifications de la morphologie littorale et de la destruction des espaces tampons protecteurs (crêtes de plage, plages, mangroves, platiers récifaux) par des pratiques d'aménagement et d'exploitation des ressources qui peuvent être considérées comme inadaptées dans le contexte climatique et démographique actuel (figure 5).

Les impacts qu'ont les pratiques d'aménagement et de développement sur le système naturel se répercutent dans un second temps sur les sociétés humaines, en affectant le capital de ressources qu'elles utilisent pour se développer (Duvat et Magnan, 2010). Aux Kiribati, dans l'atoll de Tarawa Sud, des habitations ont dû être déplacées à la suite du recul du trait de côte et il faut s'attendre à ce que la poursuite de l'extraction de sable et de corail à un rythme élevé condamne infrastructures et habitat dans de nouveaux secteurs. Par ailleurs, la pollution des lentilles d'eau saumâtre et des eaux côtières par les excréments d'origine humaine et animale a de sérieuses répercussions sur la santé de la population, comme l'a illustré l'épidémie de choléra de 1987. Les problèmes sanitaires qui existent à Tarawa Sud sont étroitement liés à la pollution des ressources vitales,

en particulier l'eau, seulement 47% et 25% des populations respectives de Tarawa Sud et des atolls ruraux ayant aujourd'hui accès à une eau non contaminée (GoK, 2007).

C'est dans cette perspective globale, systémique et dynamique, qu'il s'agira désormais de voir en quoi le changement climatique est susceptible de renforcer la vulnérabilité actuelle des États archipels coralliens.

### En quoi le changement climatique renforce la vulnérabilité actuelle

Le changement climatique va principalement affecter les régimes de températures, de précipitations et le niveau de la mer. Il ne faut cependant pas en attendre un renouvellement radical de la problématique des risques naturels et de la vulnérabilité des territoires, car il risque avant tout de renforcer des contraintes existantes auxquelles sont déjà confrontées les sociétés archipélagiques. Le changement climatique devrait donc aggraver la dégradation du système de ressources (cf. figure 4). Au regard de ce constat et des fortes incertitudes qui demeurent sur ses impacts à des échelles spatiales fines et à divers horizons temporels, il semble pertinent d'accorder la priorité aux efforts d'analyse de l'évolution des milieux, des sociétés et des relations homme/milieu. La dégradation des récifs





**A.** La protection de l'habitat contre les risques liés à la mer dans les quartiers pauvres de Betio, capitale de Tarawa Sud (Kiribati): branchages et déchets (cliché V. Duvat, 2010).



**B.** L'île habitée de Girifushi, Malé Nord, Maldives : extension à partir de matériaux du platier dont le dragage a rendu l'île accessible et a permis de créer un port (image Digital Globe, 2007, Google Earth).



**C.** Cordons de tétrapodes qui protègent le port de Betio (Tarawa Sud, Kiribati) des risques liés à la mer (cliché : V. Duvat, 2010).



**D.** Espaces habités exposés aux risques liés à la mer, Hinnavaru, atoll de Lhaviyani, Maldives (image Google, 2003).



**E.** Côte océanique de Bonriki (Tarawa Sud, Kiribati), au droit de la piste d'atterrissage : l'érosion n'est pas contenue par le mur de protection édifié par les autorités (cliché : V. Duvat, 2010).



**F.** Malé, capitale des Maldives (100 000 hab. env., alt. comprise entre 0,8 et 1,5 m), protégée par des brise-lames massifs (image Digital Globe, Google Earth, 2007).

Figure 5. Aménagement et défense des côtes contre les risques liés à la mer aux Maldives et aux Kiribati



coralliens, par exemple, ou le contrôle d'une démographie galopante sont des problèmes d'aujourd'hui qui constituent des menaces pour demain (Pernetta, 1989), car leurs conséquences actuelles seront très vraisemblablement amplifiées. Travailler sur les dynamiques passées et actuelles est d'autant plus pertinent et utile que, dans le présent contexte, l'on ne dispose pas d'éléments suffisamment solides pour se projeter dans l'analyse des processus futurs. Enfin, il importe de rappeler que face à la menace climatique, les sociétés contemporaines ne sont démunies ni d'expérience, ni de connaissances.

Si les perspectives annoncées par le GIEC sont imprécises à l'échelle des archipels coralliens étudiés<sup>22</sup>, on les présentera néanmoins, car elles proposent un cadre général. Schématiquement, l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère modifie trois grands paramètres, les températures de surface, les précipitations et le niveau de la mer. Or, ces trois composantes sont situées à l'amont d'une véritable « chaîne d'impacts » puisqu'elles régissent des processus physiques (tempêtes, sécheresses, submersions marines...) ayant eux-mêmes des conséquences sur les ressources naturelles et sur les sociétés.

### *Les grandes tendances climatiques envisagées*

#### *L'évolution des températures de l'air et des eaux océaniques de surface*

Conformément aux prévisions relatives à la moyenne mondiale, et sur la base d'un couplage de différents modèles prenant en compte les scénarii A1FI, A2, B1 et B2<sup>23</sup>, il est estimé que les températures moyennes de l'air au-dessus des océans Indien et Pacifique augmenteront, en comparaison de la période 1961-1990, de + 0,45 °C à + 1,13 °C sur la période 2010-2040 et de + 0,99 °C à

+ 4,17 °C sur la période 2070-2099 (Mimura et al., 2007). Cette évolution suivra probablement des rythmes et des ampleurs variables dans ces deux bassins. Très schématiquement, à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, le Pacifique Sud devrait être moins chaud (+ 0,99 °C à + 3,11 °C par rapport au dernier tiers du XX<sup>e</sup> siècle) que sa partie Nord (+ 1 °C à + 4,17 °C) et que l'océan Indien (+ 1,05 °C à + 3,77 °C). L'océan se réchauffant moins vite que les espaces terrestres, le GIEC précise que ces hausses de températures seront amoindries dans le cas des îles.

L'augmentation des températures atmosphériques accroîtra l'évapotranspiration, donc les prélèvements des végétaux dans les lentilles (déjà élevés pour le cocotier), ce qui renforcera la pression qui s'exerce sur les réserves d'eau. Elle se répercutera également sur les températures océaniques moyennes, ce qui, combiné à l'acidification des océans, accroîtra les menaces qui pèsent sur les récifs coralliens.

#### *L'évolution des précipitations*

De fortes perturbations des régimes actuels sont à attendre. Elles sont toutefois difficiles à prévoir, car les incertitudes relatives aux précipitations sont plus élevées encore que celles qui concernent l'évolution des températures. Pour chacune des régions considérées, l'on peut tout autant se projeter sur une réduction que sur une hausse des précipitations moyennes (tableau 1), avec de fortes variations intra-annuelles et des différences intra-régionales. Le GIEC nous dit par exemple qu'il est probable que les précipitations moyennes annuelles augmentent davantage dans le Nord de l'océan Indien que dans le Sud, ou encore qu'elles devraient augmenter dans le Pacifique équatorial alors qu'elles tendront à diminuer dans le Pacifique Sud.

Tableau 1. Estimation du changement dans les régimes de précipitations (%) pour l'océan Indien et le Pacifique par rapport à la période de référence 1961-1990 (base des scénarii A1F1, A2, B1 et B2).

Région	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Océan Indien	- 5,4 à + 6,0	- 6,9 à + 12,4	- 9,8 à + 14,7
Pacifique Nord	- 6,3 à + 9,1	- 19,2 à + 21,3	- 2,7 à + 25,8
Pacifique Sud	- 3,9 à + 3,4	- 8,23 à + 6,7	- 14,0 à + 14,6

Source: Mimura et al., 2007.

#### *L'élévation du niveau de la mer*

<sup>22</sup> Cette imprécision est globalement due aux difficultés à réduire les mailles des modèles, à prendre en compte l'ensemble des rétroactions naturelles possibles, et à tenir compte de la multitude des scénarii envisageables (tendances sociétales, trajectoires d'émission de GES...).

<sup>23</sup> Le GIEC utilise six grands scénarios d'émission de GES, des plus optimistes pour lesquels les trajectoires d'émission d'ici le prochain demi-siècle seront plutôt stabilisées ou descendantes (sc. B1 et A1T), aux plus pessimistes dans le cas du maintien ou de l'accentuation des trajectoires actuelles (sc. A2 et A1FI). Le scénario A1B est souvent considéré comme un scénario médian, mais il n'est pas plus probable que les autres. Il sert néanmoins à la plupart des analyses prospectives, même si l'on sait que la trajectoire d'émissions actuelles s'en éloigne considérablement.

L'augmentation moyenne mondiale est estimée entre une vingtaine et une soixantaine de centimètres d'ici la fin de ce siècle par rapport au niveau moyen des océans entre 1980 et 1999, mais ces prévisions ne tiennent pas encore compte d'une fonte massive des glaces (Meehl et al., 2007). Par ailleurs, des facteurs comme l'évolution de la densité de la masse océanique, de son niveau de salinité ou encore les changements dans la circulation des masses d'eau feront que la distribution de cette élévation sera fortement inégale d'une région du monde à l'autre. On peut également s'attendre à ce que des différences s'établissent aux échelles régionales et infrarégionales sous l'influence des facteurs locaux (reliefs sous-marins, températures, salinité, émergence ou subsidence...). Il semblerait toutefois que les modèles convergent autour de la perspective d'une élévation de la mer particulièrement active aux latitudes proches de 40 °S dans l'océan Indien et de 30 °S dans le Pacifique.

Pour une même région océanique, on dispose actuellement de valeurs sur l'élévation du niveau de la mer au cours des dernières décennies. Ainsi, les données recueillies par le satellite Topex Poséidon entre 1993 et 2001 attestent d'une élévation moyenne du niveau de la mer de 4 mm/an dans les océans Indien oriental et Pacifique Central. Cette valeur est proche des prévisions formulées par la majorité des chercheurs, qui donnent des valeurs comprises entre + 4,7 mm/an et + 5,1 mm/an pour les Kiribati et les Tuvalu – ne tenant cependant pas compte de l'effet de la pression atmosphérique et des mouvements verticaux (AusAID, 2007) – et de 4 à 5 mm/an aux Maldives (Shaig, 2006).

#### *Les cyclones et ENSO*

Les interactions entre l'océan et l'atmosphère, qui commandent la formation des cyclones tropicaux et l'occurrence des épisodes ENSO, deux facteurs majeurs dans l'évolution des îles coralliennes, restent à ce jour mal comprises.

Dans ce contexte, le paramétrage des modèles climatiques ne permet pas d'effectuer des prévisions solides (Christensen et al., 2007). L'on ignore si la fréquence des cyclones augmentera avec le réchauffement du climat (Landsea et al., 2006; Chauvin et Royer, 2007; Meehl et al., 2007; Cerbash et Meehl, 2001; Riegl, 2007). D'ailleurs, l'échelle à laquelle les prévisions sont établies n'est pas assez précise pour que l'on puisse construire des scénarii régionaux et locaux réalistes pour les petits États insulaires (Cerbash et Meehl, 2001; Riegl,

2007). Le diagnostic qu'avaient établi K. Walsh et A.B. Pittock en 1998 reste donc valable: « There is considerable uncertainty at the regional scale whether tropical cyclone number may decrease or increase », et en dépit des travaux qui ont été récemment réalisés dans l'océan Pacifique, « [we still have] no clear picture with respect to regional changes in frequency and movement » (Walsh, 2004).

#### *Les impacts possibles du changement climatique sur les composantes du système de ressources*

Comme indiqué plus haut, il s'agit ici de présenter les impacts possibles du changement climatique sur des systèmes de ressources déjà perturbés par les pratiques passées et actuelles d'exploitation, d'aménagement et de gestion des milieux.

#### *Impacts sur les ressources en eau douce*

Le changement climatique aura des impacts sur l'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau, qui dépend de plusieurs facteurs. Le plus important est le niveau de la mer, dont l'élévation réduira inévitablement le volume des lentilles d'eau saumâtre. En effet, selon le principe de Ghyben-Herzberg, qui régit le fonctionnement des aquifères, toute élévation du niveau marin a pour effet une réduction du volume d'eau de la lentille égale à 40 fois la valeur de cette élévation (Paskoff, 2001). Ainsi, on prévoit actuellement une diminution de 10% de l'épaisseur de la lentille de Bonriki à Tarawa Sud (Kuruppu, 2009). L'accès individuel à l'eau douce diminuera aussi sous l'effet de la forte croissance démographique que connaissent ces États. De surcroît, des submersions marines plus fréquentes, voire systématiques pendant les hautes mers de vive-eau<sup>24</sup>, seront à l'origine d'intrusions répétées d'eau salée dans ces lentilles dont la qualité devrait par conséquent se détériorer. La faible altitude des espaces intérieurs favorisera la stagnation et l'infiltration des eaux de submersion. Les îles soumises à une forte érosion côtière seront plus affectées que les autres par la baisse de qualité de cette ressource. Il est tout à fait probable que certaines îles deviennent inhabitables en raison du coût élevé des réservoirs d'eau pluviale qui constituent la seule solution alternative réaliste aux problèmes d'approvisionnement en eau, l'équipement en usines de

<sup>24</sup> L'amplitude de marée à Betio (marégraphe de Tarawa Sud) varie de 0,5 à 2,4 m pour une moyenne de 1,2 m. Dans la partie centrale de l'archipel des Maldives, le marnage moyen est de 1,2 m (marégraphe de Malé).

dessalement de l'eau de mer n'étant envisageable que dans les îles principales.

Un autre facteur qui jouera un rôle important dans l'évolution de la ressource en eau est la pluviométrie, qui détermine le taux et la fréquence de recharge des lentilles. Or à ce jour, l'on ne dispose à ce sujet d'aucune prévision solide et localisée à l'échelle des archipels des Maldives et des Kiribati, et encore moins de leurs groupes d'atolls respectifs. S'ils devenaient plus fréquents, les épisodes de sécheresse associés à ENSO qui touchent les atolls du sud des Kiribati renforceraient les contraintes fortes auxquelles les populations doivent d'ores et déjà faire face. Les pics de sécheresse y sont aujourd'hui à l'origine d'une salinisation des eaux souterraines, accompagnée de pics de mortalité des cultures, en particulier des cocotiers et du taro (White et al., 1999; Overmars, 2004).

La salinisation de l'eau des lentilles se répercutera inévitablement sur la qualité des sols, qui deviendront également plus salés, et sur la composition de la couverture végétale.

#### *Impacts sur les ressources marines : récifs coralliens et ressources halieutiques*

L'on dispose actuellement de peu d'éléments sur les impacts qu'aura le changement climatique sur la distribution des ressources halieutiques (Mimura et al., 2007). L'on cerne en revanche mieux ses effets attendus sur les récifs coralliens, qui joueront un rôle majeur dans le devenir des communautés locales en raison des ressources alimentaires qu'ils fournissent et de leur rôle dans le maintien des îles coralliennes.

Au vu de l'état de dégradation déjà avancé des récifs dans les atolls habités et des impacts prévisibles du changement climatique – réchauffement et augmentation de la concentration de gaz carbonique dissous dans les eaux de surface, élévation du niveau de la mer – on peut redouter une accélération de la mortalité corallienne qui aurait pour effets l'aggravation des risques liés à la mer et la diminution des ressources récifales (Eakin et al., 2008). L'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des épisodes de blanchissement corallien provoqués par le dépassement du seuil thermique toléré par les coraux risque de générer des phénomènes de mortalité définitive, en particulier là où les conditions écologiques sont mauvaises (Hoegh-Guldberg, 1999 ; Hughes et al.,

2003 ; Pandolfi et al., 2003 ; Barton et Casey, 2004 ; Riegl, 2007 ; Kleypas, 2007).

La hausse de la concentration de gaz carbonique dissous dans les eaux océaniques de surface, qui est une conséquence directe de l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, aura pour effet de réduire la concentration en carbonate de calcium, donc la calcification récifale (Montaggioni, 2001). Ainsi, J.A. Kleypas et al. (1999) prévoient une chute de calcification de l'ordre de 20% entre 1990 et 2100. Il s'ensuivra une baisse de vitalité et de résistance des coraux, qui accroîtra leur sensibilité aux facteurs de pression naturels et anthropiques (Kleypas, 2007). La pression démographique déjà très forte qui s'exerce sur ces milieux (exploitation, destruction, pollution), et qui va s'accroître dans les atolls les plus peuplés, contribuera significativement à la mortalité corallienne.

Dans ces conditions, il est peu probable que l'élévation du niveau de la mer engendre une reprise de la croissance verticale des coraux. Si dans de nombreuses régions du monde, la dernière remontée du niveau de la mer avait été favorable à leur développement vertical (récifs de types catch-up et keep-up selon la typologie proposée par Neumann et Macintyre, 1985), il est fort peu probable que ce scénario se reproduise pour plusieurs raisons. D'abord, parce que les coraux présentent des taux de croissance variables (0,2 à 25 mm/an) selon les régions (Nunn, 1994; Montaggioni, 2001), qui ne sont pas toujours suffisants pour leur permettre de suivre les rythmes annoncés de la montée du niveau de la mer. Ensuite, parce que l'élévation actuelle du niveau de la mer s'effectue dans un contexte de niveau marin déjà élevé, ce qui n'était pas le cas au début de la transgression holocène il y a 15 000 ans. Enfin et surtout parce que les écosystèmes coralliens sont aujourd'hui très perturbés par l'homme dans les atolls peuplés. Le cumul des facteurs de dégradation réduit leur résilience, d'où des pronostics de mortalité élevée dans les régions les plus exposées aux impacts anthropiques (Montaggioni, 2001; Bellwood et al., 2004).

Si ce diagnostic est partagé par la majorité des biologistes marins, les résultats de travaux récents montrent cependant que les réponses des coraux et des organismes associés sont très complexes et qu'elles varient fortement dans l'espace et suivant les espèces. Ainsi, les effets destructeurs des pics thermiques sont fortement amoindris en milieu hyper océanique et dans les régions concernées par des remontées d'eau froide ou

upwelling (Riegl, 2007). À l'échelle locale, il est désormais établi que certaines espèces de coraux ne blanchissent pas et qu'une même espèce ne réagit pas de manière identique à deux pics thermiques successifs de même intensité. Il semble que les crises sélectionnent les espèces et les individus les plus résistants (Glynn et al., 2001; Baker, 2001; Riegl, 2007). Un même facteur peut également avoir des effets différents selon les régions. Ainsi, si les pics thermiques favorisent le développement des maladies dans les îles de la Caraïbe, ils ont l'effet inverse dans le Golfe Persique (Riegl, 2007). La diversité génétique importante des espèces de coraux et de zooxanthelles constitue enfin un facteur favorable à la variation de leurs réponses à une modification des conditions écologiques. Il faut donc s'attendre à ce que le réchauffement des eaux océaniques modifie la structure des récifs. Au regard de cette complexité, les biologistes marins distinguent actuellement plusieurs formes d'adaptation, selon qu'elles sont individuelles ou collectives et qu'elles se font sur le court, le moyen ou le long terme (Kleypas, 2007).

#### *Impacts sur les espaces terrestres*

##### *Réduction de la surface des îles*

La première conséquence du changement climatique devrait être une réduction de la superficie des États coralliens (Meehl et al., 2007). Si l'élévation du niveau de la mer en sera la cause principale, l'érosion des côtes, là où elle se déclenche ou s'aggrave, y contribuera de manière significative. Si l'on prend en considération le fait que les îles les plus petites ne possèdent pas toujours de ressources suffisantes en eau douce et en terres cultivables, l'on peut alors facilement en conclure que certaines ne seront plus habitables.

##### *L'aggravation de l'érosion côtière*

Dans la majorité des cas, le changement climatique devrait exacerber les problèmes d'érosion côtière, en résultat de la dégradation de l'état de santé des récifs coralliens et de l'augmentation de la perturbation des cellules sédimentaires, dues à l'accroissement des prélèvements de matériaux d'origine récifale et à la persistance de pratiques d'aménagement et de gestion inadaptées<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> L'on ne peut s'attendre, dans ces pays, à une amélioration significative de l'efficacité des politiques de gestion de l'environnement au cours des prochaines décennies, au regard de la pression démographique, des contraintes foncières, du poids des pratiques ancestrales... La capacité

La mortalité des récifs coralliens aura pour effet une érosion intense et chronique des îles qui dépendent de la production actuelle de matériel détritique pour se maintenir<sup>26</sup>. L'abaissement du niveau des platiers récifaux et du front récifal, sous l'effet d'une double érosion mécanique et chimique, contribuera à l'augmentation de la hauteur d'eau sur les platiers. Il s'ensuivra une diminution de la réfraction, donc de l'amortissement des vagues, qui frapperont par conséquent plus violemment les littoraux (Montaggioni, 2001). Dans un contexte de réduction ou de stagnation des apports sédimentaires, cela aura pour effet une accélération de l'érosion (Sheppard et al., 2005).

Ce scénario ne s'appliquera probablement pas aux platiers constitués de conglomérats, comme celui de Tarawa Sud. Dans ce cas, une élévation du niveau de la mer pourrait être favorable à l'implantation et au développement de colonies coralliennes, que ne permet actuellement pas le niveau relativement élevé du platier (Woodroffe, 2008). De la même manière, les îles qui sont principalement alimentées par les foraminifères, comme celles de l'atoll de Makin au nord des Gilbert, pourraient continuer à connaître une situation d'accrétion dans le futur (Woodroffe et Morrison, 2001). Il faut donc s'attendre à des réponses différenciées des systèmes insulaires.

##### *Des submersions plus fréquentes et plus destructrices*

Des submersions répétées devraient se produire: « Inundation of reef islands is perhaps the most certain consequence of a rise in extreme water levels, amplified by sea-level rise » (Woodroffe, 2008, p.90). Elles toucheront d'abord les façades des atolls les plus exposées aux houles ainsi que leurs côtes lagonnaires dont l'altitude est plus basse que celle des côtes océaniques. Elles devraient poser de sérieux problèmes dans les espaces intérieurs situés à une altitude inférieure à celle des crêtes de plage (Woodroffe, 1992).

La conjonction de fortes précipitations, de hauts niveaux marins exceptionnels associés à des tempêtes ou à des

du gouvernement à contrôler l'exploitation des récifs, l'extraction de matériaux ou le remblayage des récifs coralliens, par exemple, est limitée.

<sup>26</sup> Ce n'est pas le cas de toutes les îles coralliennes, certaines étant alimentées par des sables inertes qui se sont accumulés sur les petits fonds marins pendant la dernière glaciation (Cazes-Duvat et al., 2002).

épisodes ENSO, et de marées de vive-eau, sera à l'origine des situations les plus critiques.

*Des impacts variables selon les îles et les politiques mises en œuvre pour les protéger*

Les impacts du changement climatique ne seront pas uniformes et le maintien de l'habitabilité des îles sera conditionné par plusieurs facteurs.

Le premier est le degré de consolidation des matériaux qui constituent ces îles et, plus globalement, leur sensibilité à un accroissement des contraintes, en particulier houlographiques (Woodroffe, 2008). Certaines îles sont plus menacées que d'autres, comme c'est le cas des cayes, en raison de leur faible altitude, de leur érosion souvent avérée et de leur forte sensibilité aux modifications hydrodynamiques. Les motus sont en revanche moins menacés, surtout lorsqu'ils se sont formés au sommet d'une plate-forme conglomératique. Ils pourraient d'ailleurs s'exhausser sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer là où ils sont alimentés en matériel détritique. La stabilité des îles, leur budget sédimentaire et l'hydrodynamisme joueront un rôle déterminant dans leur évolution.

Un autre facteur à prendre en compte est la politique de protection mise en œuvre par les États. Il est en effet possible de surélever ces îles, comme on le fait déjà aux Maldives dans le cas des îles artificielles qui accueillent la population excédentaire de la zone centrale (projet Hulhumalé), afin de réduire l'impact des submersions. L'on peut aussi fortifier les rivages pour protéger les espaces habités des risques naturels liés à la mer (figure 5). L'installation de cordons de brise-lames sur les platiers récifaux réduit l'impact érosif des vagues et l'ampleur des submersions, et la construction de cordons d'enrochement massifs permet de fixer le trait de côte et d'éviter la perte de surface habitée. Les îles centrales des Maldives illustrent bien cette stratégie de recours systématique à l'ingénierie lourde pour réduire les risques. Cette stratégie ne pourra cependant pas être mise en œuvre dans l'ensemble des archipels coralliens, pour des raisons de coût et de maîtrise technique. Un pays comme les Kiribati n'a pas les moyens de protéger ses principales infrastructures des risques liés à la mer. Seul le principal port, à Betio, a été équipé d'ouvrages de défense massifs et bien qu'il soit menacé par l'érosion et exposé à la submersion, l'aéroport international de Bonriki n'est toujours pas protégé. Dans ce pays très pauvre, les ouvrages de défense des côtes restent à ce

jour rudimentaires et de calibre insuffisant pour faire face aux menaces (figure 5). De surcroît, la dispersion de la population décuple les besoins en ouvrages d'ingénierie, donc les coûts et les difficultés d'ordre technique.

*Impacts potentiels sur les ressources « humaines »*

Peu d'études permettent aujourd'hui d'avoir une vision précise et nuancée des impacts du changement climatique sur le fonctionnement futur des sociétés. Cette dimension est pourtant fondamentale, car si le climat et les conditions environnementales vont évoluer, c'est également le cas des contextes sociaux, économiques et politiques. Mais suivant quels cheminements et dans quelles proportions? L'on peut avancer certaines hypothèses, en centrant ici l'analyse sur les facteurs « conditions de vie » et « diversification économique » (cf. partie 1), de sorte à limiter le champ des spéculations. Il s'agira de démontrer que le changement climatique peut induire de profonds bouleversements dans le fonctionnement des sociétés insulaires.

*Impacts envisageables sur les conditions de vie*

On peut considérer deux points, ayant respectivement trait à la modification des zones d'habitat et à l'évolution des conditions sanitaires.

La contraction d'îles déjà étriquées et la diminution des ressources naturelles conduiront inévitablement à des recompositions territoriales. Deux grandes tendances peuvent être envisagées, la poursuite du phénomène de concentration qui touche Malé et Tarawa Sud, avec une diffusion de l'effet « capitale » dans les atolls proches (Tarawa Nord, Abemama, Kaafu...) ou, à l'inverse, un retour des populations urbaines à statut précaire dans leur atoll d'origine. Ce scénario est envisageable aux Kiribati où les « sans-terres » de Tarawa Sud possèdent souvent des biens fonciers dans l'île qu'ils ont quittée. Aux Maldives, si l'île artificielle d'Hulhumalé, toujours en voie d'agrandissement et d'aménagement, permettra d'absorber dans la région centrale une partie de la croissance démographique, de nombreuses îles des atolls extérieurs qui sont surpeuplées<sup>27</sup>, très basses et dont l'environnement récifal est très dégradé, devraient se vider.

<sup>27</sup> D'environ 1 000 hab/km<sup>2</sup> dans les atolls de Haa Alifu et Haa Dhaalu, par exemple, à près de 2 000 dans ceux de Gaafu Dhaalu ou Thaa.



On s'inquiète aussi d'un renforcement des problèmes sanitaires liés à des difficultés alimentaires accrues et à l'augmentation des déséquilibres alimentaires qui affectent déjà les populations urbaines. La dégradation des conditions environnementales renforcera les problèmes de pollution actuels, qui pourraient favoriser les épidémies. Ces impacts sanitaires dépendront des moyens de lutte et de prévention qui seront mis en œuvre par les autorités, mais dont on peut penser qu'ils seront limités. L'aide internationale ne réglera pas ces problèmes, car elle soutient des projets ponctuels et n'apporte pas de solutions à des difficultés d'ordre structurel.

Les conditions de vie des communautés insulaires vont donc probablement continuer à se dégrader sous l'influence de la croissance démographique et des impacts du changement climatique. La dégradation des conditions de vie devrait s'accompagner d'un accroissement des pressions qui s'exercent déjà sur les ressources environnementales. Le changement climatique aura donc bien pour conséquence une accentuation des processus qui sont à l'origine de la vulnérabilité.

#### *Impacts envisageables sur la diversification économique*

Les grandes catastrophes naturelles ont pour principal effet de ralentir le développement économique des pays touchés, surtout lorsqu'il s'agit de PMA. Considérant cela, et également le fait que tous les pays du monde verront leurs économies plus ou moins affectées à terme par les évolutions climatiques (Stern, 2006), l'hypothèse d'un ralentissement de la dynamique de mondialisation des échanges n'est pas forcément à exclure, au moins en ce qui concerne les PEICD.

Si les stocks de poissons venaient à diminuer ou à moins fréquenter les eaux territoriales des Maldives et des Kiribati, les grandes compagnies étrangères ne viendraient plus y pêcher. Ces pays n'ayant pas de ressources minérales accessibles, on peut se demander sur quelles ressources ils redéployeraient leur économie. Les Kiribati semblent posséder une certaine richesse en nodules polymétalliques (ADB, 2002), mais tant que des pays riches (ceux de demain sont la Chine, l'Inde, le Brésil...) n'investiront pas dans leur exploitation, une telle richesse restera virtuelle.

De la même manière, de grandes incertitudes pèsent sur le devenir du tourisme international dans le contexte du changement climatique (Gössling et Hall, 2006 ; Magnan,

2010). Les pratiques des touristes internationaux risquent de changer, rien ne permettant d'affirmer que le triptyque « Sea, Sun and Sand » continuera de guider les désirs de vacances des générations à venir<sup>28</sup>.

Ces deux exemples illustrent le problème que pose la forte dépendance de ces États vis-à-vis de facteurs exogènes fluctuants, dépendance qui devrait s'accroître avec le changement climatique. La prise en compte des facteurs internes et externes fait ainsi redouter une baisse des capacités économiques des PEICD.

L'incontournable question de l'adaptation : quelles marges de manœuvre pour les Maldives et les Kiribati ?

Le changement climatique aura donc des impacts réels et potentiellement importants sur le système de ressources des États coralliens, même s'ils ne sont pas tous identifiables et si la majorité d'entre eux ne peuvent être quantifiés. Il va ainsi aggraver les effets de cercle vicieux existants, donc la vulnérabilité de ces territoires. Cette menace est multiforme car, en interrogeant l'habitabilité future de ces pays, elle pose de nombreuses questions, comme celle de savoir où iront les réfugiés et de quel statut ils bénéficieront. La réduction des surfaces émergées induite par l'élévation du niveau marin conduira-t-elle à la révision des limites des ZEE de ces pays (Yamamoto et Esteban, 2010), réduisant encore leurs perspectives économiques? Tenter d'apporter des réponses à ces questions a un double intérêt. D'abord, celui de montrer que ce qui affectera les atolls affectera indirectement d'autres populations du monde (les pays hôtes, ceux qui viennent pêcher dans les eaux des PEICD...). Ensuite, celui de donner une idée palpable, bien qu'à une échelle réduite, de ce qui menace d'autres régions du globe (quitter les littoraux, palier la diminution des ressources naturelles...). Dès lors, on peut considérer les archipels coralliens comme des « canaris dans la mine »<sup>29</sup>, leur situation actuelle préfigurant de problèmes futurs d'une ampleur plus vaste. Cela en fait aussi des « pionniers de l'adaptation », au même titre que les zones à pergélisol et que les régions bordières des grands déserts, qui sont aussi d'ores et déjà confrontées à des impacts concrets du changement climatique. Une telle situation oblige à imaginer des solutions d'adaptation très concrètes à mettre en œuvre dès aujourd'hui. En ce

<sup>28</sup> Une forte augmentation des cancers de la peau, par exemple, liée aux évolutions climatiques, pourrait amener de plus en plus d'Occidentaux, puis finalement une majorité, à fuir le soleil. Ce n'est pas inenvisageable à l'heure actuelle.

<sup>29</sup> Dans les mines, les canaris étaient utilisés pour donner l'alerte et prévenir les coups de grisou.

sens, les PEICD apparaissent comme des pionniers et leurs stratégies sont, de fait, intéressantes à présenter. Mais au préalable, nous rappellerons pourquoi s'adapter est un impératif.

### **Pourquoi chercher à s'adapter ?**

Si la question peut a priori paraître triviale, quelques éléments doivent d'être rappelés qui démontrent que tenter de mieux comprendre le système de la vulnérabilité actuelle des archipels coralliens ainsi que les effets possibles du changement climatique sur leur système de ressources répond à des défis concrets et inaliénables.

En effet, le changement climatique est désormais pour partie irréversible. Si l'objectif d'une réduction massive à l'échelle du monde des émissions de GES est d'une importance capitale, le fait est que ce qui a déjà été rejeté dans l'atmosphère au cours du dernier siècle a commencé à bouleverser les processus atmosphériques et océaniques. Or, ceux-ci se caractérisent par des phénomènes de latence importants qui impliquent des échelles de temps considérables, comprises entre plusieurs décennies et plusieurs siècles. Ainsi, l'augmentation des températures de l'air et de l'océan, et donc indirectement l'élévation du niveau de la mer, se poursuivront sur le ou les siècle(s) à venir, quelle que soit l'intensité des efforts de réduction des émissions de GES (Rahmstorf, 2007; Solomon et al., 2009). Très concrètement, cela signifie que l'une des certitudes de la science du climat aujourd'hui est que des impacts surviendront dans les décennies à venir. Si atténuer les émissions de GES renvoie à « éviter l'ingérable » (des aléas naturels trop importants), l'adaptation vise dès lors à « gérer l'inévitable ». Elle est en effet définie par le GIEC comme « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques ».

Au-delà de travaux théoriques (Adger et al., 2005 ; Pelling et High, 2005 ; Smit et Wandel, 2006 ; Adger et al., 2009 ; Magnan, 2009b) et compte tenu que ce champ scientifique n'est réellement développé que depuis une trentaine d'années, nous ne disposons aujourd'hui que de peu d'exemples concrets de sociétés qui ont mis en place des stratégies pragmatiques d'adaptation au changement climatique. L'analyse du passé fournit cependant des exemples de sociétés qui se sont adaptées à des bouleversements antérieurs (Diamond, 2000; DeMenocal,

2001; Nunn, 2007). Mais si ces cas sont riches, ils n'apportent que des réponses partielles aux questions d'aujourd'hui, essentiellement parce que le changement climatique impose une contrainte doublement nouvelle: d'une part, les rythmes des changements environnementaux à venir sont accentués par rapport à ceux du passé; d'autre part, les conditions environnementales et socioéconomiques actuelles sont bien différentes de ce qu'elles étaient auparavant. La croissance démographique mondiale, par exemple, et par voie de fait les densités de population dans les espaces urbains, imposent une pression sur les ressources (récifs, eau...) jamais atteinte jusqu'à aujourd'hui.

Même si les vulnérabilités passées et contemporaines ne peuvent être si hâtivement comparées, on peut schématiquement dire que dans le cas des archipels coralliens, le cycle de la vulnérabilité s'est accéléré. C'est l'hypothèse qu'ont très tôt défendue divers scientifiques (Pernetta, 1990; Barnett, 2001; Barnett et Adger, 2003), mettant progressivement en exergue l'effet « canaris dans la mine ».

### *Trois grands types de stratégies d'adaptation sont aujourd'hui développés*

Dans les archipels coralliens qui vivent déjà les impacts de la dégradation de leurs systèmes de ressources et qui ont, à ce titre, atteint en termes de vulnérabilité les limites de leurs modes de développement, le changement climatique s'impose comme une menace à laquelle il faut répondre rapidement et de manière concrète. Paradoxalement, l'urgence de la situation a permis à ces États de prendre conscience que la lutte contre le changement climatique ne pouvait que passer par la soutenabilité de leurs modes de développement.

C'est respectivement en novembre 1992 et en février 1995 que les Maldives et les Kiribati ont ratifié la CCNUCC<sup>30</sup>. Dans ce cadre, ces pays ont dû fournir une Communication Nationale faisant le bilan de leurs enjeux et avancées en termes de réduction des émissions de GES et d'adaptation. Cela les a incités à poser les bases de leurs plans nationaux d'adaptation<sup>31</sup>. De sorte que les informations contenues dans ces documents et autres rapports officiels permettent d'appréhender le panorama des actions envisagées. Des projets très ciblés de lutte

<sup>30</sup> Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (<http://unfccc.int/2860.php>).

<sup>31</sup> Les PANA (Programme d'Actions Nationaux pour l'Adaptation au CC; en anglais NAPA, *National Adaptation Programme of Action*) ont été développés dans tous les PMA.

contre l'érosion, d'amélioration des systèmes d'approvisionnement en énergie ou en eau, ou encore de sensibilisation sanitaire, par exemple, constituent autant de pistes concrètes qui ne sont d'ailleurs pas sans rappeler celles envisagées pour la mise en œuvre du développement durable. Si affirmer que les stratégies d'adaptation au changement climatique doivent s'appuyer sur des principes de durabilité peut paraître trivial, le caractère « pionnier » des archipels des Maldives et des Kiribati tient au fait qu'ils essaient concrètement de le faire.

L'objectif n'est pas ici de présenter une synthèse exhaustive de ces options, mais plutôt de montrer que trois grandes lignes directrices composent les stratégies d'adaptation pensées par les dirigeants des Maldives et des Kiribati : « rester », « penser à partir », « faire entendre sa voix à l'international ». Loin d'être contradictoires, ces schémas se combinent, recouvrent des formes diverses, et s'appliquent à différentes échelles spatiales et temporelles. L'exemple des Maldives sera mobilisé dans le premier point et celui des Kiribati dans le deuxième, le troisième les rassemblant de nouveau.

#### « Rester »

Les dirigeants des Maldives savent pertinemment que le champ de l'adaptation au changement climatique et celui, plus ancien, de la gestion des catastrophes naturelles (Disaster Risk Management) recouvrent des dimensions similaires. Ainsi, le tsunami de décembre 2004, même s'il est déconnecté des processus climatiques, a joué un rôle majeur en ce sens qu'il a déclenché la mise en œuvre d'une stratégie d'envergure de lutte contre les risques naturels, y compris ceux générés par le changement climatique (Duvat et Magnan, 2010). En effet, « the tsunami event has highlighted the vulnerability of coastal areas and their increased exposure to the effect of climate change » (MEEW, 2007, p. 83), fournissant notamment des images concrètes de cette vulnérabilité et de ses conséquences (Shaig, 2006). Par ailleurs conscientes qu'à l'échelle du pays respectivement 47 % et 42 % des logements et des habitants se trouvent à moins de 100 m du rivage, les autorités ont opté pour une stratégie de reconstruction intégrant les perspectives de long terme. Une Safer Island Strategy a donc été mise au point sur la base d'un double objectif : « to improve coastal protection of islands » et « to resettle communities from smaller, more vulnerable islands onto larger, better protected ones » (MEEW, 2007, p. 50). Les projets de « safety islands » ont ainsi émergé.

Cet archipel a toujours connu des tempêtes et des submersions induisant des migrations de population temporaires ou définitives (Gardiner, 1903). Les autorités du pays ont depuis longtemps cherché à réduire l'exposition de la population à ces risques, mais l'émiettement des foyers de population y a fait obstacle. Les diverses tentatives de regroupement des communautés insulaires ont toutes échoué jusqu'à ce que la catastrophe de 2004 offre une opportunité de réaliser l'objectif de faire passer le nombre d'îles habitées de 200 à 80<sup>32</sup> et fasse émerger le projet de « safety islands » (RoM, 2005 ; MPND, 2005), des îles relativement vastes (généralement les plus grandes des atolls) dont la partie centrale surélevée accueillerait habitat et infrastructures (écoles, mosquée et administration). Une dépression périphérique favoriserait l'évacuation des eaux en cas de submersion, ce risque étant limité par la création d'une dune artificielle végétalisée quasiment tout autour de l'île.

L'objectif initial du gouvernement était d'équiper tous les atolls (19 habités aux Maldives) d'au moins une de ces îles. Cinq projets avaient été évoqués, puis remobilisés dans le PANA de 2007. Si aucune de ces « safety islands » ne semble pour le moment avoir vu le jour, il n'empêche qu'en cherchant à fortifier les îles (Shaig, 2006) et à concentrer la population, les Maldives présentent une manière concrète d'imbriquer les impératifs actuels de développement et les objectifs futurs d'adaptation.

#### « Penser à partir »

Si comme celui des Maldives, le PANA des Kiribati avance de multiples pistes d'adaptation, par exemple dans les domaines de la gestion de l'eau et des ressources récifales (RoK, 2007), nous nous concentrerons ici sur l'option migratoire, qui n'est d'ailleurs pas traitée en tant que telle dans le PANA<sup>33</sup>.

Les prévisions d'élévation du niveau de la mer, conjuguées au constat d'un manque d'efforts des pays développés et émergents en termes de réduction de leurs émissions de GES, laissent à penser que ces archipels pourraient devenir inhabitables à l'horizon du

<sup>32</sup> Objectif associé au redéploiement régional (création de 5 pôles de développement à travers l'archipel) initié dans le cadre du Sixième Plan de Développement National (2001-2005) et renforcé dans le Septième (2006-2010).

<sup>33</sup> Elle nous a été présentée par D. Lambourne, l'un des leaders de la délégation I-Kiribati dans les négociations internationales sur le climat, lors d'une mission réalisée aux Kiribati en janvier/février 2010.

siècle à venir (Mimura et al., 2007). Les populations seront toutefois contraintes de migrer bien avant que les îles ne soient intégralement et durablement submergées. En effet, « although most media attention has focussed on sea level rise, the expected impacts – particularly for atolls – are likely to include reduced agricultural output (due to changing rainfall patterns and increased temperatures), a decline in ground water quantity and quality (sea level rise and possibly drought), substantial negative effects on health (increased diarrhoea, dengue fever and ciguatera or fish poisoning), extensive capital damage – due to storm surges), and lost fish production » (UN, 2002, p. 4-5). Les pressions sur le système de ressources étant déjà considérables, cette hypothèse est à prendre au sérieux. C'est ce que font les dirigeants des Maldives et des Kiribati qui, bien que ne se résolvant pas à l'idée que leurs peuples devront un jour fuir la terre qui les a vus naître<sup>34</sup>, ont intégré cet élément dans leurs stratégies de réponse au changement climatique. S'il semblerait que les Maldives tentent d'acheter des terres à l'étranger<sup>35</sup>, les Kiribati ont opté pour un autre choix.

Les dirigeants ont en effet le projet de développer une ambitieuse stratégie migratoire dont l'objectif est simple : fournir dès aujourd'hui aux jeunes I-Kiribati des opportunités économiques<sup>36</sup> à l'étranger tout en favorisant l'émergence progressive, ailleurs, de noyaux de culture I-Kiribati. La pertinence de cette stratégie du point de vue de l'adaptation est double. D'abord, elle vise à réduire le plus possible l'effet « boomerang » d'un éventuel départ définitif, à savoir une perte identitaire rapide et irréversible. Cela n'effacera pas le probable choc psychologique associé à la perte de la terre ancestrale, mais il restera tout de même quelque chose du peuple I-Kiribati. Ensuite, cette stratégie mêle en une seule démarche les impératifs actuels (trouver du travail pour les jeunes) et une vision de plus long terme. C'est une caractéristique que la stratégie des Kiribati partage avec celle des Maldives exposée plus haut. Or, nous l'avons vu dans les deux premières parties de ce texte, le

<sup>34</sup> Lors de la dernière Conférence des Parties de la CCNUCC, le Président maldivien M. Nasheed clamait : « bien sûr que mon peuple peut physiquement se déplacer et aller vivre ailleurs, mais il n'emportera avec lui ni les couleurs, ni les vécus du quotidien, ni ce qui a fait mon peuple depuis plus de 2 500 ans » (discours prononcé le 14 décembre 2009 au Concert Hall de Copenhague).

<sup>35</sup> Information relayée par de multiples médias, mais, n'ayant eu accès à aucune information officielle sur ce sujet, nous préférons ne pas l'aborder ici.

<sup>36</sup> Rappelons que la question de l'emploi se pose déjà avec d'autant plus d'acuité aux Kiribati que 57% de la population a moins de 20 ans et que la situation de l'emploi se dégrade (ADB, 2002; NSOK, 2006).

changement climatique aura pour principal effet d'accentuer les problèmes actuels, ce qui explique que l'essence même du principe d'adaptation réside dans le croisement des enjeux du court terme (par l'amélioration de la résilience des éco-socio-systèmes) et du long terme (champ de l'anticipation) (Magnan, 2009b).

Aujourd'hui, ce pays pose les bases d'accords juridiques avec l'Australie et la Nouvelle-Zélande notamment, pour que ces derniers accueillent une partie des jeunes diplômés I-Kiribati. De telles perspectives prennent déjà forme, par exemple dans les domaines socio-sanitaire (infirmières) et agricole (viti- et horticulture)<sup>37</sup>. Les Kiribati offrent ainsi un exemple concret de stratégie d'adaptation dont les enseignements dépassent le cas des archipels coralliens.

« *Faire entendre sa voix à l'international* »

Enfin, une troisième piste investie aujourd'hui par les Maldives et les Kiribati afin de favoriser leur adaptation au changement climatique couvre le champ des négociations internationales sur le climat portées par la CCNUCC. Ici, la stratégie n'est plus directement d'ordre domestique (penser une politique concrète) puisque ces pays visent le double objectif, d'une part, de la reconnaissance par la communauté internationale du caractère extrême de leurs situations, d'autre part, de l'appui au mouvement de revendication des pays en développement pour que s'accroissent les financements internationaux dédiés à l'adaptation. Par effet de retour, ces éléments doivent permettre aux Maldives et aux Kiribati de disposer de moyens supplémentaires pour renforcer leurs systèmes de ressources et ainsi réduire leur vulnérabilité au changement climatique.

La scène internationale n'est pas un terrain inconnu pour les archipels coralliens, du moins pour les Maldives qui ont joué un rôle pionnier, dès la fin des années 1980, en portant à cette échelle la question des menaces du changement climatique sur les petites îles<sup>38</sup>. Ces deux pays sont aussi membres de l'AOSIS<sup>39</sup> et, pour ce qui nous intéresse ici, ils sont à l'origine d'une nouvelle

<sup>37</sup> Voir l'*Overseas employment Unit* du *Ministry of Labour and Human Resource Development* ([www.labour.gov.ki](http://www.labour.gov.ki)).

<sup>38</sup> Les Maldives ont d'ailleurs accueilli l'une des premières conférences sur le sujet (« *Small States Conference on Sea Level Rise* », Malé, 14-18 Novembre 1989), en même temps que le Président M.A. Gayoom demandait aux Nations-Unies de faire la lumière sur la réalité du changement climatique.

<sup>39</sup> L'*Alliance of Small Island States* ([www.sidsnet.org/aosis](http://www.sidsnet.org/aosis)) regroupe 39 pays insulaires.

initiative lancée en novembre 2009. Le Climate Vulnerable Forum (CVF) est en effet un nouveau groupe de revendication constitué à ce jour d'une vingtaine de pays reconnus pour compter parmi les plus vulnérables de la planète au changement climatique<sup>40</sup>. L'objectif principal du CVF est de positionner les pays les plus vulnérables au premier rang des nations ambitionnant de devenir « neutres en carbone »<sup>41</sup>. Cela a un double effet. Le premier (i) est qu'en tant que leaders du mouvement, les Maldives et les Kiribati pointent du doigt le non-effort des pays développés en matière de réduction de leurs émissions de GES. Ces archipels, qui souffrent d'un faible écho au plan macro-économique, tentent ainsi par la sensibilisation de l'opinion publique et médiatique internationale d'imposer au plus haut niveau la voix des plus menacés. Ensuite, (ii) ils affirment que les pays les plus vulnérables peuvent devenir les leaders écologiques et éthiques de demain (CVF, 2009). Une fois de plus, c'est une manière pour des pays le plus souvent laissés en marge des décisions internationales de ne pas rester cantonnés au rôle de « canaris dans la mine », mais de s'ériger en véritables leaders de la transition d'un monde basé sur l'énergie fossile à un monde basé sur l'énergie renouvelable. C'est une manière indirecte de mettre l'accent à la table des négociations sur l'importance de financer l'adaptation dans ces pays.

Un dernier point intéressant est qu'en regroupant des pays confrontés à des types de risques différents, le CVF renforce considérablement les discours de chacun d'entre eux. Il ne s'agit plus en effet de parler des menaces inhérentes à l'élévation du niveau de la mer (Barbade et Bangladesh, par exemple), à la désertification (Ethiopie, par exemple) ou aux inondations dues à la fonte des glaciers de montagne (Népal, par exemple), mais de tous ces risques à la fois. Ces pays démontrent ainsi qu'au-delà de situations géographiques particulières, les mêmes grands enjeux pèsent partout, de même que s'offrent des options communes. Les archipels coralliens, comme les autres, élargissent de fait le champ de leurs revendications et accroissent leur pouvoir de pression.

<sup>40</sup> Outre Maldives et Kiribati: Bangladesh, Barbade, Bhoutan, Costa Rica, Ethiopie, Ghana, Grenade, Guyane, Kenya, Lesotho, Népal, Philippines, Rwanda, Tanzanie, Timor Est, Vanuatu et Vietnam. Neuf pays sont « observateurs »: Chine, Danemark, France, Japon, Pays-Bas, Norvège, Russie, Royaume-Uni et États-Unis.

<sup>41</sup> Le slogan phare du CVF est « Towards a carbon neutral future » (CVF, 2009). Notons simplement ici qu'une telle perspective n'est pas inenvisageable pour des pays comme les Maldives dont l'essentiel des infrastructures énergétiques de demain reste à bâtir.

Ce type de démarche peut se révéler important en termes de prise de conscience environnementale à l'échelle planétaire, ce qui indirectement peut réellement avoir un effet sur les trajectoires mondiales de réduction des émissions de GES, donc sur l'ampleur du changement climatique et, par voie de conséquence, sur l'aptitude des archipels coralliens à y faire face.

### **Conclusion : quelques enseignements à tirer de la situation des États coralliens**

*Trois grands enseignements ressortent de l'analyse de la situation des Maldives et des Kiribati face au changement climatique.*

#### *Le système de ressources est au cœur de la vulnérabilité*

Leur petitesse, leur organisation institutionnelle simplifiée et leurs faibles niveaux de diversification économique font des PEICD des terrains privilégiés pour les études de type systémique. Ils permettent en effet d'identifier l'existence d'un véritable « système de ressources » dont les composantes et les interrelations expliquent la vulnérabilité du territoire dans son ensemble. Les contextes insulaires permettent de progresser dans cette approche certes complexe, mais incontournable visant à comprendre en quoi un territoire est vulnérable aux risques naturels et/ou en quoi il risque de l'être face au changement climatique. L'on passe ainsi de l'analyse du « système de ressources » à celle du « système de vulnérabilité », ce qui implique que toute stratégie de réduction de la vulnérabilité (actuelle et future) passe nécessairement par la consolidation du système de ressources.

#### *Les capacités d'adaptation d'hier ne présagent pas de celles de demain*

L'analyse de la vulnérabilité des Maldives et des Kiribati nous a également permis d'exprimer l'idée selon laquelle le changement climatique aura pour principal effet de renforcer des contraintes existantes auxquelles sont déjà confrontées les sociétés archipélagiques. En d'autres termes, le changement climatique va accélérer le cycle de la vulnérabilité. Il ne faut donc pas en attendre un renouvellement radical de la problématique de la gestion des risques naturels. Cela invite d'ailleurs à revisiter le rôle des méthodes et outils existants dans l'analyse et la réduction de la vulnérabilité de ces territoires au changement climatique. Dans quelle mesure l'expérience



du risque acquise par les décideurs, les acteurs et les scientifiques est-elle un point d'ancrage pour penser l'adaptation future? Faut-il fatalement innover pour s'adapter? Dispose-t-on d'ores et déjà de moyens de s'adapter?

Une autre idée touche au champ de l'adaptation. L'installation de peuplements humains sur les îles des Kiribati et des Maldives depuis plusieurs milliers d'années et leur survivance jusqu'à aujourd'hui démontrent que ces sociétés ont développé de réelles capacités d'adaptation, d'ailleurs basées sur leurs « systèmes de ressources », et qu'elles ont su les mobiliser face à de nombreuses perturbations environnementales. La question se pose dès lors de savoir si ces archipels sont ou non mis en péril par le changement climatique. Si répondre s'avère délicat, on peut tout de même avancer l'hypothèse que la capacité à s'adapter par le passé ne présage en aucun cas de celle que ces sociétés mobiliseront à l'avenir. En effet, les conditions de développement du dernier demi-siècle ont, dans ces archipels comme partout dans le monde, radicalement changé le contexte puisqu'elles ont rapidement imposé aux systèmes de ressources de nouvelles contraintes. Il en est résulté une réduction de la résilience des écosystèmes et des marges de manœuvre des sociétés face aux perturbations environnementales. L'entrée dans l'économie mondiale, une pression démographique croissante, la dégradation des récifs coralliens, la surexploitation de nombreuses ressources marines et terrestres... ont engendré des situations d'irréversibilité qui aujourd'hui, constituent le cœur du problème posé par les évolutions climatiques à venir. Cela ne signifie pas que les sociétés contemporaines, ici celles des États coralliens, ne disposent plus de capacités d'adaptation, mais que celles-ci, parce qu'elles reposent sur le système de ressources (environnementales et anthropiques) de chaque territoire, sont au moins en partie de nature différente de celles qui ont prévalu par le passé.

*Les archipels coralliens sont des « pionniers » de l'adaptation au changement climatique*

Nous avons enfin montré combien les caractéristiques physiques pèsent sur le système de la vulnérabilité des Maldives et des Kiribati. Le contexte insulaire tropical explique en grande partie leur histoire, leurs niveaux actuels de développement et le fait que ces États sont aujourd'hui, avec d'autres types d'espaces (régions froides et désertiques chaudes, par exemple), en première ligne des impacts concrets du changement climatique. Si

cette situation les place au rang des pays que l'on pense être les plus vulnérables au changement climatique, cela les oblige également à aborder cette menace sur un plan très concret. Ces pays ont ainsi commencé à développer des stratégies très pragmatiques mêlant la réduction de leur vulnérabilité actuelle et la mise en place des conditions de leur résilience future. Autrement dit, si la menace du changement climatique paraît encore relativement abstraite pour de nombreux États, ne les incitant de fait pas à s'imposer des contraintes fortes, elle est d'ores et déjà incontournable pour les pays qui sont en première ligne des impacts. Elle joue un rôle d'effet levier qui place paradoxalement ces mêmes pays aussi en première ligne des réponses à apporter au changement climatique. Nous défendons ainsi l'idée que les archipels coralliens sont des « pionniers de l'adaptation » et donc que leur expérience, bien que reposant sur des systèmes de ressources bien spécifiques, peut fournir des enseignements précieux à d'autres sociétés de par le monde, par exemple sur la manière de conjuguer de manière pragmatique les défis du court terme et les enjeux du long terme.

#### **Bibliographie :**

- Adger, W.N., N.W. Arnell, E.L. Tompkins, 2005, Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, pp. 77-86.
- Adger, W.N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D.R. Nelson, L.O. Ness, J. Wolf, A. Wreford, 2009, Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change*, 93, pp. 335-354.
- ADB (Asian Development Bank), 2002, Monetization in an atoll society: managing economic and social change, Asian Development Bank, Manila, Philippines, 278 p.
- ADB (Asian Development Bank), 2008, Kiribati social and economic report 2008. Managing development risk, Pacific studies series, 239 p.
- AusAID (Australian Agency for International Development), 2007, Sea level and climate: Kiribati, Pacific Country Report, 35 p.
- Baines, G.B.K., P.J. Beveridge, J.E. Maragos, 1974, Storms and island building at Funafuti atoll, Ellice islands, In Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Coral Reef Symp., vol. 2, pp. 485-496.
- Baker, A.C., 2001, Reef corals bleach to survive change, *Nature*, 411, pp. 765-766.
- Bankoff, G., G. Frerks, D. Hilhorst (Eds.), 2004, Mapping vulnerability: disasters, development and people, London, Earthscan, 236 p.
- Barnett, J., 2001, Adapting to climate change in Pacific island countries: the problem of uncertainty, *World Development*, 29, 6, pp. 977-993.
- Barnett, J., W.N. Adger, 2003, Climate danger and atoll countries, *Climatic Change*, 61, pp. 321-337.
- Barton, A.D., K.S. Casey, 2004, Climatological context for large-scale coral bleaching, *Coral Reefs*, 24, pp. 536-554.
- Bayliss-Smith, T.P., 1988, The role of hurricanes in the development of reef islands, Ontong Java atoll, Solomon islands, *The Geographical Journal*, 154, 3, pp. 235-248.

- Bellwood, D.R., T.P. Hughes, C. Folke, M. Nyström, 2004, Confronting the coral reef crisis, *Nature*, 429, pp. 827-833.
- Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis, B. Wisner, 1994, *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disaster*, London, Routledge, 284 p.
- Burgess, S.M., 1987, *The climate and weather of Western Kiribati*, New Zealand Meteorological Service Miscellaneous Publication, 188, 7.
- Callois J.-M., 2006, Les relations sociales, frein ou moteur de la durabilité : approche par la notion de rayon de confiance, *Développement durable et territoires* [URL : <http://developpementdurable.revues.org>].
- Cazes-Duvat, V., 2001, Le poids des contraintes physiques dans le développement des atolls : l'exemple de l'archipel des Maldives (océan Indien), *Les cahiers d'Outre-Mer*, 53, pp. 3-26.
- Cazes-Duvat, V., R. Paskoff, P. Durand, 2002, Évolution récente des deux îles coralliennes du banc des Seychelles (océan Indien occidental), *Géomorphologie*, 3, pp. 211-222.
- Cazes-Duvat, V., 2005, Les archipels de l'ouest de l'océan Indien face à l'érosion côtière, *Annales de géographie*, 644 : 342-361.
- Cerbasch, U., G. Meehl, 2001, Projection of future climate change, In Houghton J., Y. Ding, D. Griggs, M. Noguer, M. Vand der Linden, P. Da, K. Maskell, C. Johnson (Eds), *Climate Change 2001. The scientific basis*, Cambridge University Press, 94 p., pp. 525-582.
- Chauvin, F., J.-F. Royer, 2007, L'intensité des cyclones augmente-t-elle ? Pour la Science, janv-mars, pp. 35-38.
- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busnioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kelli, R.K. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Raisanen, A. Rinke, A. Sarr, P. Whetton, 2007, Regional climate projections, *Climate change 2007 : the physical science basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyth, M. Tignor, H.L. Millier (Eds), , Cambridge University Press, Cambridge, 1009 p., pp. 847-940.
- Cloud, P.E., 1952, Preliminary report on geology and marine environments of Onotoa atoll, Gilbert Islands, *Atoll Research Bulletin*, 12, 83 p.
- Corcoran, J., 2003, Impacts of urbanisation on the people and the environment of atoll islands: a case study of South Tarawa in the Republic of Kiribati, PhD thesis, University of South Pacific, Fiji.
- Cuny, C., R. Hill, 1991, Disaster preparedness in the Maldives, Rapport non publié, 15 p.
- CVF (Climate Vulnerable Forum), 2009, The declaration of the Climate Vulnerable Forum. Malé, 4 p. [En ligne] URL : [www.climatevulnerableforum.gov.mv/wp-content/pdf/DeclarationoftheCVFFINAL.pdf](http://www.climatevulnerableforum.gov.mv/wp-content/pdf/DeclarationoftheCVFFINAL.pdf).
- DeMenocal, P.B., 2001, Cultural responses to climate change during the late Holocene, *Science*, 292, pp. 667-673.
- Diamond, J., 2000, *De l'inégalité parmi les sociétés : essai sur l'homme et l'environnement dans l'histoire*, Paris, Gallimard, 484 p.
- Di Piazza, A., 2001. Terre d'abondance ou terre de misère. Représentation de la sécheresse à Nikunau (République de Kiribati, Pacifique central), *L'Homme*, 157, pp. 35 à 58.
- Doumenge, F., 1994, Unité et diversité des caractères naturels des îles tropicales. In : *Nature et hommes dans les îles tropicales : réflexions et exemples*, coll. « Îles et archipels », 3, CRET-CEGET, Bordeaux, pp. 9-24.
- Doumenge, F., 1966, *L'Homme dans le Pacifique sud*, Publications de la Société des Océanistes, 19, Musée de L'Homme, Paris, 633 p.
- Doumenge, F., 2005, L'halieutique maldivienne : une ethno-culture millénaire, *Archipels*, 70, pp. 67-138.
- Duvat, V., 2007a, Les littoraux coralliens des petites îles de l'océan Indien (Mascareignes, Seychelles, Maldives). Volume 1 – Géomorphologie, Institut Océanographique, Paris, Coll. Océanis, 31, 1/2, pp. 1-194.
- Duvat, V., 2007b, Les littoraux coralliens des petites îles de l'océan Indien (Mascareignes, Seychelles, Maldives). Volume 2 – Aménagement et gestion, 31, 3/4, pp 195-240.
- Duvat, V., A. Magnan, 2010, Innovation, systèmes de production touristique et risques naturels : quelle durabilité de développement pour l'archipel des Maldives ? In : Thibaud B., A. François (Dir.), *Systèmes de production et durabilité dans les pays du Sud*, Karthala, Paris, 303 p., pp. 277-296.
- Eakin, C.M., J. Kleypas, O. Hoegh-Guldberg, 2008, Global Climate Change and Coral Reefs: Rising Temperatures, Acidification and the Need for Resilient Reefs, In *Global Coral reef Monitoring Network, Status of Coral Reefs of the World: 2008*, Chapter 1a, pp. 29-40.
- Ebrahim, M., 1999, Carbonate sedimentation and recent influence of human activities on Tarawa atoll, Republic of Kiribati, South Pacific, PhD thesis in Geology, Victoria University of Wellington, 202 p.
- Falkland, A.C., C.D. Woodroffe, 1997, Geology and hydrology of Tarawa and Christmas islands, Kiribati, In Vacher H.L., T.M. Quinn (eds), *Geology and hydrology of carbonate islands*, Developments in Sedimentology, 54, Elsevier, Amsterdam.
- Forbes, D.L., N. Biribo, 1996, Shore-zone sands and gravel resources of South Tarawa, Kiribati, Preliminary assessment of selected sites, SOPAC Report 235, 45 p.
- Gardiner, J.S., 1903. *The fauna and geography of the Maldives and Laccadive Archipelagos*, being an account of the work carried out on collections made by an expedition during years 1899 and 1900, Cambridge, 2 volumes.
- Gillie, R.D., 1994, Coastal erosion problems on the Gilbert Islands Group, Republic of Kiribati, Phase II, SOPAC Technical Report 191, 150 p.
- Glynn, P.W., J.L. Maté, A.C. Baker, M.O. Caldéron, 2001, Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997-1998 El Niño-Southern Oscillation event: spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982-1983 event, *Bulletin of Marine Sciences*, 69, pp. 79-109.
- Goda, Y., 1988, Cause of high waves at Malé in April 1987, Rapport non publié, 6 p.
- Gössling, S., M.C. Hall, 2006, Uncertainties in predicting tourist flows under scenarios of climate change, *Climatic Change*, 79, pp. 163-173.
- GoK (Government of Kiribati, Ministry of Finance, National Statistics Office), 2007, 2005 Census of population. vol.1 – Basic information and tables, revised version, 28 p.
- Greer Consulting Services, 2007 Economic analysis of aggregate mining on Tarawa. Kiribati Technical report. SOPAC Project Report 71, Reducing Vulnerability of Pacific ACP States, 112 p.
- Guilcher, A., 1988, *Coral reef geomorphology*, Wiley, Chichester, 288 p.
- He, C., 2001, Assessment of the vulnerability of Bairiki and Bikenibeu, South Tarawa, Kiribati, to accelerated sea-level rise, SOPAC Technical Report 322, 36 p.
- Hoegh-Guldberg, O., 1999, Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, *Marine Freshwater Research*, 50, pp. 839-866.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O. Hoegh-Guldberg, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, J.M. Lough, P. Marshall, M. Nyström, S.R. Palumbi, J.M. Pandolfi, B. Rosen, J. Roughgarden, 2003, Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs, *Science*, 301, pp. 929-933.
- Kleypas, J.A., 2007, Constraints on predicting coral reef response to climate change. Chap.12, In Aronson R.B. (Ed.), *Geological*

- approaches to coral reef ecology, *Ecological Studies*, 192, pp. 386-424.
- Kleyapas, J.A., R.W. Buddemeir, D. Archer, J.P. Gattuso, C. Langdon, B. Opdyke, 1999, Geochemical consequences of increased atmospheric CO<sup>2</sup> on coral reefs, *Science*, 284, pp. 118-120.
- Kuruppu, N., 2009. Adapting water resources to climate change in Kiribati: the importance of cultural values and meanings. *Environmental Science and Policy*, 12, 799-809.
- Landsea, C.W., B.A. Harper, K. Hoarau, J.A. Knaff, 2006, Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Science*, 313, pp. 452-454.
- Lundsgaarde, H.P., 1966. Cultural adaptation in the southern Gilbert islands, University of Oregon, USA, 226 p.
- Lundsgaarde, H.P., 1968, Social changes in the Gilbert Islands: 1938-1964. Published by the Department of Anthropology, University of Oregon, USA, 50 p. + 8 p. annexes.
- MacKenzie, U.N., 2004, "The sun has come down closer to my island": people's perceptions of climate change. A social assessment report, Kiribati Adaptation Project, Tarawa, 99 p.
- Magnan, A., 2005, Tourisme, développement et dynamique territoriale dans l'archipel des Maldives et à l'île Maurice (océan Indien), Thèse de doctorat de Géographie, Université de Montpellier III, 462 p.
- Magnan, A., 2006, L'évacuation des populations aux Maldives après le tsunami du 26 décembre 2004, *Mappemonde*, 84, 18 p. [En ligne] URL : <http://mappemonde.mgm.fr/num12/articles/art06403.html>.
- Magnan, A., 2009a, La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence, *Analyse Iddri*, 1 [En ligne] URL : [http://www.iddri.org/Publications/Collections/Analyses/An\\_0901\\_A.Magnan\\_Vulnerabilite.pdf](http://www.iddri.org/Publications/Collections/Analyses/An_0901_A.Magnan_Vulnerabilite.pdf).
- Magnan, A., 2009b, Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique, *VertigO*, 9, 3 [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/9189>.
- Magnan, A., 2010, Coastal tourism, climate change uncertainties and adaptation options, In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Sustainable Tourism, Sustainable Tourism 2010*, WIT Press, Ashurst, Southampton, 592 p., pp. 229-240.
- Meehl, G.A., T.F. Stocker, W. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. Murphy, A. Noda, S. Rapers, I.G. Watterson, A. Weaver, Z.C. Zhao, 2007, Global climate change projections. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of the working group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1009 p., pp. 747-846.
- MEEW (Ministry of Environment, Energy and Water, Republic of Maldives), 2007, National Adaptation Plan of Action, Malé, 114 p.
- Mimura, N., L. Nurse, R.F. McLean, J. Agard, L. Briguglio, P. Lefale, R. Payet, G. Sem, 2007, Small islands. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Parry M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Van der Linden, C.E. Hanson (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1000 p., p. 687-716.
- Montaggioni, L.F., 2001, Les récifs coralliens et l'élévation du niveau marin : risques et réponses, In Paskoff R. (Ed.), *Le changement climatique et les espaces côtiers, Mission interministérielle de l'effet de serre*, Paris, pp. 28-33.
- MPND (Ministry of Planning and National Development, Republic of Maldives), 2005, National Recovery and Reconstruction Plan: programmes and projects, Malé, 174 p.
- Naeem, I., A. Rasheed, M. Zuhair, M. Riyaz, 1998, Coral bleaching in the Maldives. Survey carried out in the North and South Male atolls, Male, Marine Research Section and Environment Research Unit, unpublished report.
- Namai, B., 1987, The evolution of Kiribati tenures, In Crocombe R.G. (ed.), *Land tenure in the Pacific atolls*, Institute of the Pacific Studies, University of South Pacific, Fiji, 246 p., pp. 30-39.
- Neumann, A.C., I.G. Macintyre, 1985, Reef response to sea level rise: keep-up, catch-up or give-up, *Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symp.*, vol. 3, pp. 105-119.
- NSOK (National Statistics Offices of the Kiribati), 2006, Analytical report on the 2006 Kiribati household income and expenditure survey, Bairiki, South Tarawa, 27 p.
- Nunn, P.D., 1994, *Oceanic islands*, Blackwell Publishers, Cambridge, 413 p.
- Nunn, P.D., 2007, *Climate, environment and society in the Pacific during the last millennium*, Elsevier, Amsterdam, 316 p.
- Nunn, P.D., 2009, *Vanished Islands and Hidden Continents of the Pacific*, University of Hawaii Press, Honolulu, 269 p.
- Overmars, M., 2004, Nonouti, Kiribati: water resources assessment, SOPAC Preliminary Report 141, 12 p.
- Pandolfi, J.M., R.H. Bradbury, E. Sala, T.P. Hughes, K.A. Bjorndal, R.G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M.J.H. Newman, G. Paredes, R.R. Warner, J.B.C. Jackson, 2003, Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems, *Science*, 301, pp. 955-960.
- Paskoff, R., 2001, L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers, Paris, Institut Océanographique, 190 p.
- Pelling, M., C. High, 2005, Understanding adaptation: what can social capital offer assessments of adaptive capacity? *Global Environmental Change*, 15, pp. 308-319.
- Pernetta, J.C., 1989, The potential impacts of climatic change and sea-level rise on the South Pacific islands, *Small States Conference on Sea Level Rise*, Male, Maldives, 14-18 November 1989.
- Pernetta J.C., 1990, Impacts of climate change and sea-level rise on small island states. National and international responses, *Global Environmental Change*, pp. 19-31.
- Purdy, E.G., G.T. Bertram, 1993, Carbonate concepts from the Maldives, Indian Ocean, *American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology*, 34, pp. 1-56.
- Pyrard de Laval, 1601-1611, *Voyage de Pyrard de Laval aux Indes orientales (1601-1611)*, Édition Chandeigne, ISBN : 2-906462-50-0 ; publication de 1998 préfacée par G. Bouchon.
- Rahmstorf, S., 2007, A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise, *Science*, 315, DOI: 10.1126/science.1135456.
- Richmond, B.M., 1992, Development of atoll islets in the Central Pacific, *Proc. 7<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symp.*, vol. 2, pp. 1185-1194.
- Riyaz, M., M. Shareef, D. Elder, 1998, Coral bleaching event: Republic of Maldives, May 1988. Rapport inédit.
- Riegl, B., 2007, Extreme climatic events and coral reefs: how much short-term threat from global change? Chap.10, In *Geological approaches to coral reef ecology, Ecological Studies*, 192, pp. 315-341.
- RoK (Republic of Kiribati), 2007, National Adaptation Programme of Action, South Tarawa, 71 p.
- RoM (Republic of Maldives), 2005, *Tsunami: impact and recovery*, Malé, 121 p.
- RoM (Republic of Maldives), MFA (Ministry of Foreign Affairs), the Netherland UNDP, 1989. *The Republic of Maldives: implications of sea level rise. Report on identification mission*, 44 p.
- Sachet M.-H., 1957, *Climate and meteorology of the Gilbert Islands. Atoll Research Bulletin*, 60, 20 p.
- Scoffin, T.P., 1993, The geological effects of hurricanes on coral reefs and the interpretation of storm deposits, *Coral Reefs*, 12, pp. 203-221.

- Shaig, A., 2006, Climate change vulnerability and adaptation assessment of the Maldives land and beaches. Technical paper to Maldives National Adaptation Plan of Action for Climate Change, Male, Ministry of Environment, Energy and Water, 22 p.
- Sheppard, C.R.C., D.J. Dixon, M. Gourlay, A. Sheppard, R. Payet, 2005, Coral mortality increases wave energy reaching shores protected by reef flats: examples from the Seychelles, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64, pp. 223-234.
- Schofield, J.C., 1977, Late holocene sea level, Gilbert and Ellice islands, west central Pacific ocean, New Zealand

- Journal of Geology and Geophysics, 20, pp. 531-536.
- Smith, B., Wandel, J., 2006, Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, *Global Environmental Change*, 16, pp. 282-292.
- Solomon, S.M., D.L. Forbes, 1999, Coastal hazards and associated management issues on South Pacific Islands, *Ocean and Coastal Management*, 42, pp. 523-554.
- Solomon, S., G.-K. Plattner, R. Knutti, P. Friedlingstein, 2009, Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions, *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 106, 6, pp. 1704-1709.
- SPREP (South Pacific Regional Environment Programme), 1992. Country Report for UNCED, Kiribati. Apia, Samoa, 143 p.
- Stern, N., 2006, *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, HM Treasury, UK Cambridge University Press.
- Stoddart, D.R., 1971, Coral reefs islands and catastrophic storms, In Steers J.A. (Ed.), *Applied coastal geomorphology*, Macmillan, London, pp. 155-197.
- Stoddart, D.R., J.A. Steers, 1977, The nature and origin of coral reef islands, In Jones O.A., R. Endean (Eds.), *Biology and geology of coral reefs*, Academic Press, New York, vol. 4, *Geology* 2, pp. 59-105.
- Tabokai, N., 1993, The Maneaba system. In Van Trease H. (Ed.), *Atoll politics: the Republic of Kiribati*, MacMilan Brown Center for Pacific Studies, University of Canterbury, New Zealand, pp. 23-29.
- Teleki, K.A., T. Spencer, 2002, Large-scale ocean-atmosphere dynamics of the Indian Ocean and coral bleaching, *Proc. 9<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symp.*, vol. 2, pp. 1149-1153.
- Thomas, F., 2009, Historical ecology in Kiribati: linking past with present, *Pacific Science*, 63, 4, pp. 567-600.
- UN (United Nations), 2002, Common country assessment: Kiribati, Office of the United Nations Resident Coordinator, Fiji, 38 p.
- Walsh, K., Pittock, B., 1998, Potential changes in tropical storms, hurricanes, and extreme rainfall events as a result of climate change, *Climate Change*, 39, pp. 199-213.
- Walsh, K., 2004, Tropical cyclones and climate change: unresolved issues. *Climate Research*, 27: 77-83.
- Watters, R., K. Banibati, 1984, *Atoll economy: social change in Kiribati and Tuvalu*. Abemama, The Australian National University Development Studies Centre, Canberra, 295 p.
- Webb, A., 2005, An assessment of coastal processes, impacts, erosion mitigation options and beach mining: Bairiki/Nanikaai causeway, Tungaru Central Hospital coastaline and Bonriki runway, South Tarawa, Kiribati, Technical Report 46, 46 p.
- White, I., T. Falkland, D. Scott, 1999, Droughts in small coral islands: case study, South Tarawa, Kiribati, International Hydrological Programme, Technical Documents in Hydrology, n° 26, UNESCO, Paris, 53 p.
- Woodroffe, C.D., 1992, Morphology and evolution of reef islands in the Maldives, *Proc. 7<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symp.*, vol. 2, pp. 1217-1226.
- Woodroffe, C.D., 2008, Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise, *Global and Planetary Change*, 62, pp. 77-96.
- Woodroffe, C.D., R.F. McLean, 1992, Kiribati vulnerability to accelerated sea-level rise: a preliminary study, Government of Australia, 82 p.
- Woodroffe, C.D., R.F. Morrison, 2001, Reef-island accretion and soil development on Makin, Kiribati, central Pacific, *Catena*, 44, pp. 245-261.
- Yamamoto, L., M. Esteban, 2010, Vanishing island states and sovereignty, *Ocean and Coastal M*