

Analyse critique du modèle conceptuel de l'écosystème côtier proposé par Parcs Canada

Pour Parcs Canada

Section du Québec-Atlantique

**Pascal Bernatchez
Anne-Marie Leclerc**

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Université du Québec à Rimouski

Février 2008



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Pascal Bernatchez, Ph.D. Géomorphologie côtière et télédétection

Responsable du projet

Professeur-chercheur

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Université du Québec à Rimouski

300, allée des Ursulines

Rimouski (Québec)

G5L 3A1, Canada

Téléphone : (418) 723-1986 #1257

Courriel : pascal_bernatchez@uqar.qc.ca

Anne-Marie Leclerc, B.Sc.

Étudiante à la maîtrise en géographie

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Université du Québec à Rimouski

300, allée des Ursulines

Rimouski (Québec)

G5L 3A1, Canada

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier les collaborateurs suivants :

- Claude Samson, scientifique des écosystèmes, surveillance de l'intégrité écologique, Parcs Canada;
- Christian Nozais, Professeur en écologie, Université du Québec à Rimouski pour ses commentaires constructifs.

RÉFÉRENCE COMPLÈTE

BERNATCHEZ, P. et LECLERC, A.-M. 2007. *Analyse critique du modèle conceptuel de l'écosystème côtier proposé par Parcs Canada*. Rapport de recherche remis à Parcs Canada. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, 12 p.

Table des Matières

Liste des figures	iv
1. Introduction	1
2. Analyse critique	3
2.1. Forme et structure du modèle.....	3
2.1.1. <i>Grandes catégories du modèle</i>	3
2.1.2. <i>La hiérarchisation des éléments</i>	5
2.2. Contenu du modèle.....	5
2.2.1. <i>Composantes de l'écosystème</i>	5
2.2.2. <i>Processus dominants de l'écosystème</i>	6
2.2.3. <i>Facteurs de stress</i>	7
3. Proposition d'un modèle conceptuel.....	8
3.1. Forces naturelles externes	8
3.2. Processus physiques et écologiques	8
3.3. Composantes du milieu	8
3.4. Facteurs de stress.....	10
4. Conclusion.....	11
5. Références	12

Liste des figures

Figure 1 : Relations entre les niveaux des mesures et indicateurs de l'IE, les conditions de référence, les cibles et les seuils d'IE	2
Figure 2. Modèle conceptuel de l'écosystème côtier proposé par Parcs Canada.....	2
Figure 3. Organigramme simplifié d'un modèle écologique conceptuel	4
Figure 4. Modèle conceptuel de l'écosystème de l'estuaire de Sainte-Lucie et de la lagune Indian river, Floride.	4
Figure 5. Modèle conceptuel proposé pour l'écosystème côtier.....	9

1. Introduction

Les modèles conceptuels d'écosystèmes permettent de représenter les différentes composantes d'un écosystème et les différents facteurs qui conditionnent leur fonctionnement (Larsen, 2004). Ils rendent compte de manière simplifiée de la complexité des interactions qui se produisent à l'intérieur d'un écosystème, mais aussi à ses limites avec d'autres écosystèmes ou systèmes. Les modèles conceptuels peuvent servir de base à l'élaboration et à la réalisation de différents projets de recherche (Leland *et al.*, 2000; Larsen, 2004). On compte parmi ceux-ci des études fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes (Petersen *et al.*, 2003; Ogden *et al.*, 2005a; Rudnick *et al.*, 2005), des études portant sur l'identification d'indicateurs écologiques clés pour des programmes de restauration et de conservation des habitats (Ogden *et al.*, 2005a,b; Mazzotti *et al.*, 2005; Sime, 2005), de même que sur le suivi à long terme des écosystèmes et l'évaluation de leur vulnérabilité écologique aux impacts environnementaux (perturbations anthropiques et naturelles) (Rivera-Monroy *et al.*, 2004) ou encore pour appréhender les effets écologiques du réchauffement climatique (Shaver *et al.*, 2000; Davis *et al.*, 2005). Ces modèles permettent aussi de faciliter la communication et l'interdisciplinarité entre les experts des sciences naturelles, des sciences sociales et économiques, les gestionnaires du milieu, les décideurs politiques et les communautés (Lundberg, 2005; Ogden *et al.*, 2005).

En 2008, Parcs Canada doit mettre en place un programme de surveillance de l'intégrité écologique pour l'ensemble des parcs nationaux. Le développement de modèles conceptuels d'écosystèmes a été préconisé pour identifier des indicateurs clés qui vont permettre de déterminer l'état de l'intégrité écologique (IE) d'un parc. Cela permet le suivi à moyen et à long terme d'un parc, mais aussi l'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion mises de l'avant pour assurer la pérennité des écosystèmes. À l'aide de différentes variables, le modèle conceptuel doit donc permettre de rendre compte de la biodiversité, des processus et des facteurs de stress et d'évaluer les tendances de ces variables. Dans cette optique, le niveau de référence des différents indicateurs devra être évalué pour pouvoir déterminer des seuils à partir desquels l'intégrité écologique est menacée ou altérée (figure 1).

Ce rapport vise à faire une analyse critique du modèle conceptuel proposé par Parcs Canada pour l'écosystème côtier de la biorégion Québec-Atlantique (figure 2). Ce modèle doit pouvoir :

- 1) bien représenter la dynamique et le fonctionnement de l'écosystème;
- 2) identifier l'importance relative des différents éléments qui conditionnent l'évolution du milieu naturel et qui renseignent sur l'intégrité écologique;
- 3) servir comme outil de communication et de sensibilisation pour le grand public.

Le rapport présente tout d'abord une analyse critique de la forme et de la structure du modèle et ensuite du contenu du modèle tout en proposant des suggestions pour bonifier le modèle conceptuel. Enfin, nous proposons un nouveau modèle conceptuel de l'écosystème côtier.

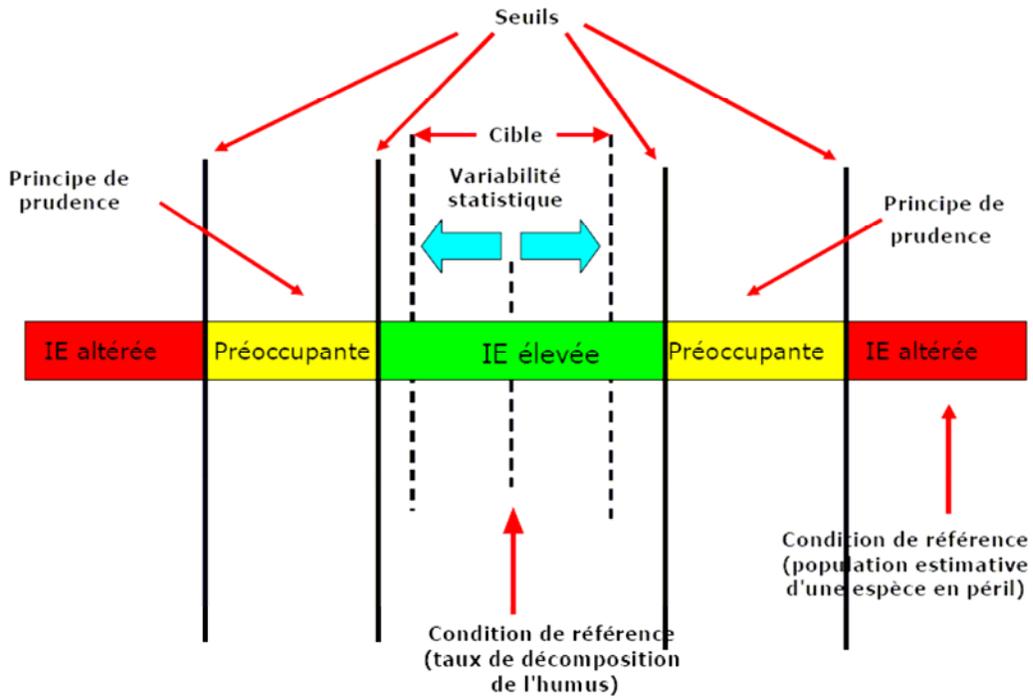


Figure 1. Relations entre les niveaux des mesures et indicateurs de l'IE, les conditions de référence, les cibles et les seuils d'IE (tiré de Agence Parcs Canada, 2005).

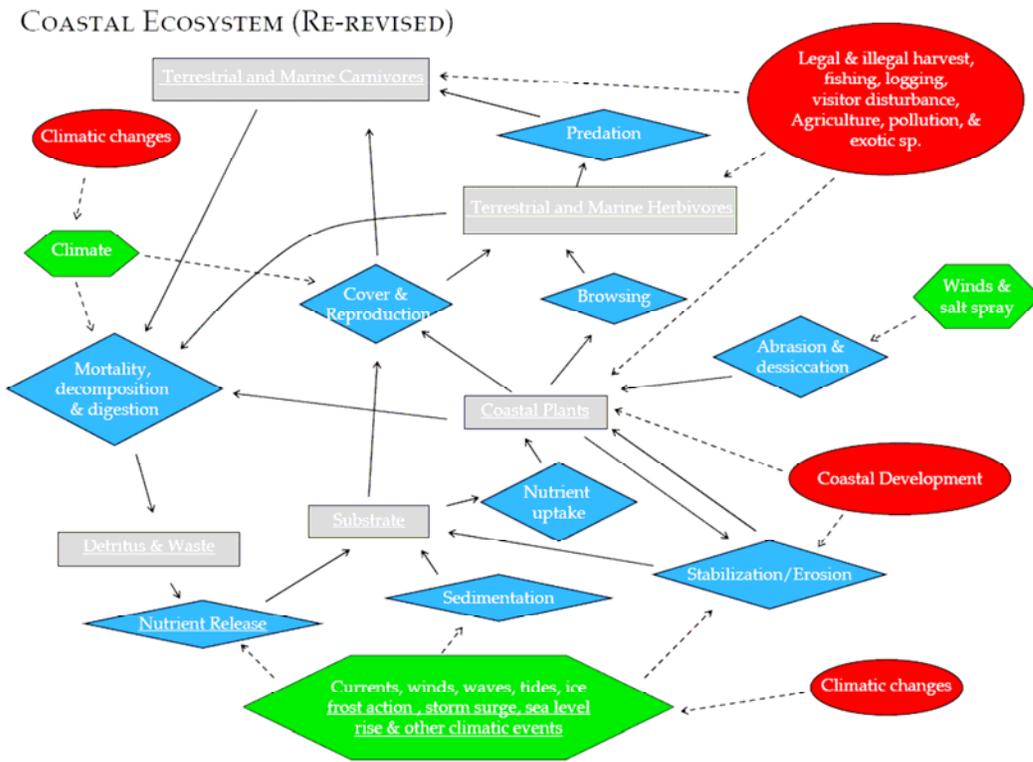


Figure 2. Modèle conceptuel de l'écosystème côtier proposé par Parcs Canada.

2. Analyse critique

2.1. Forme et structure du modèle

2.1.1. Grandes catégories du modèle

La sélection des types de catégories est une étape importante dans la définition du modèle conceptuel. Au départ, le modèle proposé est divisé selon trois catégories alors que la légende présente distinctivement quatre catégories, ce qui peut porter à confusion à la première lecture. Le modèle est structuré selon les catégories suivantes : 1) les composantes (*components*), les processus, qui sont eux-mêmes divisés selon 2) les perturbations naturelles (*disturbers*) et 3) les processus de jonction (*linking processes*) et finalement 4) les facteurs de stress (*stressors*). Ces catégories permettent de couvrir les différents éléments de l'écosystème et les facteurs qui conditionnent leur évolution.

Toutefois, dans le cadre d'un programme de suivi de l'intégrité écologique, il serait pertinent de distinguer sous le vocable « forçage » les facteurs environnementaux externes ou les forces naturelles qui ont des influences majeures sur les écosystèmes à grande échelle spatiale et temporelle. Le modèle conceptuel développé pour la région côtière de la Floride (Ogden *et al.*, 2005) dans le contexte de la mise en place d'un programme de restauration et de conservation est intéressant en ce sens puisqu'il intègre aussi une catégorie sur les effets écologiques (*ecological effect*). Cette catégorie permet d'identifier les réponses physiques, biologiques et chimiques actuelles ou potentielles causées par les facteurs de stress (figures 3 et 4).

Enfin, pour évaluer les mesures de gestion mises de l'avant pour assurer l'IE dans les parcs, il pourrait y avoir une catégorie qui identifie ces mesures. Par ailleurs, sous sa forme actuelle, il n'est pas clair que le modèle a été développé en utilisant une approche basée sur les interactions trophiques et le cycle des substances nutritives. Ces dernières sont plus ou moins définies dans le schéma.

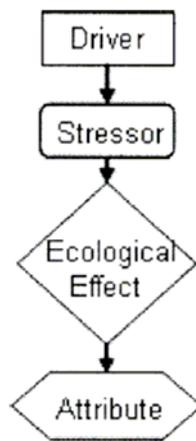


Figure 3. Organigramme simplifié d'un modèle écologique conceptuel (tiré de Ogden *et al.*, 2005).

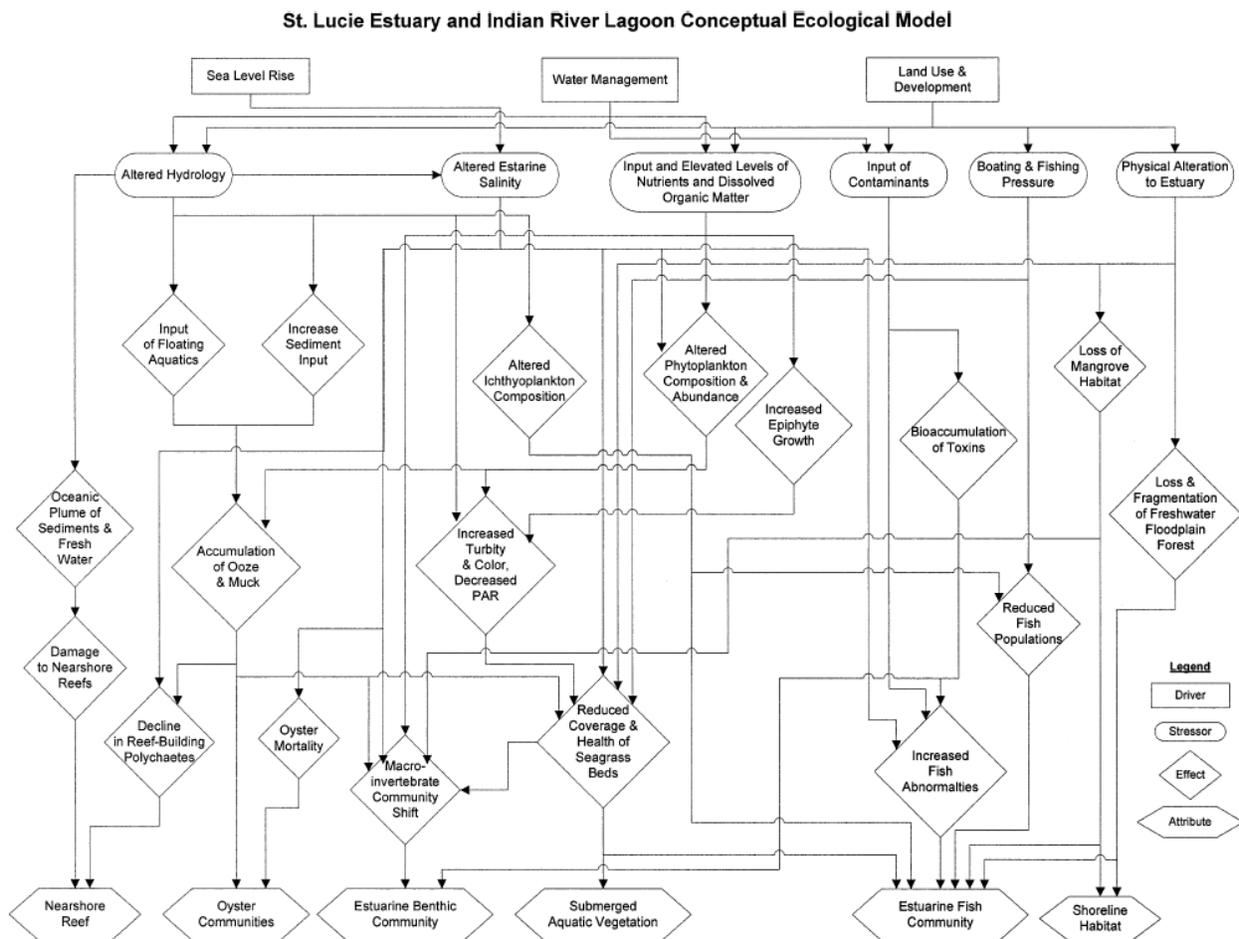


Figure 4. Modèle conceptuel de l'écosystème de l'estuaire de Sainte-Lucie et de la lagune Indian river, Floride (tiré de Sime, 2005).

2.1.2. La hiérarchisation des éléments

La plus importante lacune du concept actuel est l'absence d'une hiérarchisation qui structure le fonctionnement de l'écosystème. Un modèle conceptuel a pour but de simplifier la réalité pour permettre de comprendre les diverses forces motrices et les liens entre les composantes d'un système complexe (Agence Parcs Canada, 2005). Or, dans la représentation actuelle du modèle, il est ardu de reconnaître visuellement la place relative de chaque élément de l'habitat ou encore, la hiérarchisation entre les boîtes, tant au niveau des composantes, des processus que des facteurs de stress. Ainsi, chaque boîte a une importance égale, et ce peu importe sa position ou encore sa taille. Il est donc difficile d'identifier les indicateurs clés qui devraient être priorités dans le cadre d'un programme de surveillance de l'intégrité écologique.

Devant cet état de fait, il est primordial que la disposition des boîtes, peu importe leur catégorie, soit agencée de façon plus stratégique. En effet, le modèle actuel peut laisser croire que les plantes côtières, par exemple, situées au centre du modèle, pourraient jouer un rôle primordial dans la dynamique de l'écosystème côtier, alors que les carnivores terrestres et marins, positionnés en périphérie du modèle, occuperaient une position mineure dans la dynamique du milieu. De telles conclusions sont évidemment difficilement justifiables. Ainsi, en d'autres mots, la position des boîtes dans l'espace doit tenter de représenter les liens logiques qui régissent l'écosystème côtier. Cela sera d'autant plus important si le modèle est présenté au grand public. La taille des boîtes pourrait également permettre de décoder rapidement l'importance relative des variables, ce qu'il est impossible de faire présentement. L'élément « changements climatiques », qui a une grande importance dans la modification des écosystèmes, pourrait être présenté qu'une seule fois mais avec une taille plus grande.

Finalement, il est parfois difficile dans un système complexe de limiter le nombre de flèches. Néanmoins, un nombre élevé de flèches peut rendre la lecture difficile. Les flèches à double sens pourraient notamment être plus appropriées dans certains cas. Par ailleurs, la superposition des flèches est à proscrire, pour les mêmes soucis de lisibilité.

2.2. Contenu du modèle

2.2.1. Composantes de l'écosystème

La partie sur les composantes de l'écosystème est très peu exhaustive et est trop générale pour permettre l'élaboration d'un programme de suivi. L'écosystème côtier est complexe de par son caractère transitoire entre les milieux strictement terrestres et strictement marins. Ces milieux sont influencés par des processus différents, mais qui interagissent parfois dans le domaine côtier. En ce sens, il apparaîtrait plus opportun de présenter les composantes biotiques de l'environnement terrestre et de l'environnement marin distinctivement, plutôt que de présenter des composantes telles que «carnivores ou herbivores terrestres *et* marins». Les processus et les facteurs de stress ont en effet des impacts différents pour les animaux terrestres fréquentant les habitats côtiers, comme les grands mammifères, qu'ils soient carnivores ou herbivores, comparativement aux animaux strictement marins, comme la faune benthique, dont le mode de

vie est plus sessile. Il importe donc de tenir compte de l'écologie particulière des animaux côtiers dans leur association. Dans cette optique, une relation plus étroite devrait être faite entre les organismes vivants et le gradient d'inondation (zones supralittorale, médiolittorale, infralittorale).

Pour compléter l'inventaire des composantes biologiques, le modèle devrait aussi inclure les éléments suivants : le phytoplancton et le zooplancton, les algues et les microalgues, la méiofaune et la macrofaune benthiques, les plantes terrestres et marines, les oiseaux côtiers, les poissons et les mammifères marins. Les ressources biologiques pourraient aussi être regroupées selon les grandes catégories suivantes : producteurs primaires, consommateurs primaires, consommateurs secondaires et décomposeurs.

À l'instar des composantes biologiques, les composantes abiotiques méritent d'être définies de façon plus adéquate puisqu'elles sont représentées dans le modèle actuel seulement par les substrats. Le type de substrat caractérise un espace encore plus vaste et déterminant des écosystèmes, soit le type de côte présent dans un milieu. L'écosystème côtier est composé d'une juxtaposition de systèmes géomorphologiques et sédimentologiques dynamiques (flèche littorale, système dunaire, marais côtier, lagune, etc.) qui abritent plusieurs habitats. La modification des caractéristiques physiques de ces systèmes côtiers a des conséquences directes sur l'intégrité écologique d'un écosystème. Ces systèmes côtiers devraient donc être représentés dans le modèle conceptuel. De plus, la stratigraphie de la zone côtière est tout aussi importante puisqu'elle est souvent à l'origine des changements brusques de la texture des substrats. Ces changements peuvent avoir une incidence importante sur la diversité et l'abondance des ressources biologiques de l'écosystème. La topographie et la bathymétrie devraient aussi être représentées puisqu'elles jouent un rôle majeur dans la fréquence et la période d'inondation associée à la marée et influencent notamment le patron de colonisation des plantes côtières et la distribution de la faune benthique. Le type de système hydrographique du bassin versant et le réseau de chenaux de marées constituent aussi une composante importante de la zone côtière, puisque ces réseaux influencent l'hydrologie du littoral. De plus, les propriétés physico-chimiques de l'eau, des sols et des substrats devraient aussi être intégrées dans le modèle conceptuel. Les éléments chimiques sont importants comme source de nutriments pour la faune et la flore et peuvent aussi servir de traceurs, tant pour évaluer les effets des activités humaines que pour déterminer les sources sédimentaires qui composent l'écosystème côtier. De même, la couleur et la turbidité de l'eau jouent aussi un rôle important sur la pénétration de la lumière et sur les organismes vivants et peuvent ainsi servir d'indicateurs de la qualité de l'eau et de la productivité primaire de l'écosystème.

2.2.2. Processus dominants de l'écosystème

De façon générale, les processus présentés sont clairs et justes et font un lien adéquat entre les composantes de l'environnement. Toutefois, il est difficile d'identifier les processus naturels dont les impacts sont les plus importants en terme de modification de l'écosystème. De plus, la boîte qui regroupe les processus hydrodynamiques, aérodynamiques et glaciels, devrait être scindée puisque leurs effets respectifs sur le milieu ne sont pas nécessairement les mêmes. Par ailleurs, le régime hydrologique est absent et mériterait une place importante dans le modèle pour l'écosystème côtier, de même que les résurgences d'eau, qui modifient localement les propriétés physico-chimiques de l'eau et peuvent avoir une influence sur l'écologie de l'écosystème côtier.

Outre les mécanismes de sédimentation, de stabilisation et d'érosion, on devrait aussi y trouver le transport.

Enfin, les processus biologiques pourraient être complétés en intégrant la nidification, l'alimentation, la colonisation, la bioturbation et la productivité primaire.

2.2.3. Facteurs de stress

S'il est vrai que certains facteurs de stress peuvent être communs à la plupart des écosystèmes, il serait opportun de les préciser et qu'ils soient davantage adaptés au contexte particulier de l'écosystème côtier. Dans ce sens, le facteur de stress «Développement côtier» mérite davantage de précision puisqu'il représente une menace directe et probablement la plus importante face à l'intégrité écologique des milieux côtiers. L'utilisation du sol dans le bassin versant adjacent à la zone côtière devrait aussi être spécifiée. D'ailleurs, la bulle concernant les activités anthropiques dont notamment l'agriculture, les pêches et les coupes forestières, aurait avantage à être scindée. La nature des impacts que ces activités peuvent engendrer sur le littoral peut être très différente. Il serait donc plus logique de les regrouper par type d'impact.

Par ailleurs, la canalisation et la dérivation des eaux de surface ainsi que les modifications hydrologiques des rivières (régularisation, barrage) devraient être indiquées. L'extraction des ressources minérales dans la zone côtière (incluant le bassin versant) devrait aussi être spécifiée. Une attention particulière devrait aussi être portée aux réseaux routiers, ferroviaires ou encore les réseaux de VTT. Ces réseaux favorisent souvent la dégradation et la fragmentation des habitats ainsi que l'érosion de milieux fragiles. Ils constituent de surcroît des voies préférentielles pour canaliser les eaux de surface vers les cours d'eau et la zone côtière. Ils peuvent ainsi contribuer à des apports de sédiments et de contaminants.

3. Proposition d'un modèle conceptuel

À la lumière de l'analyse critique effectuée à la section précédente, nous présentons un nouveau modèle de l'écosystème côtier en y intégrant au mieux nos suggestions (figure 5). À l'instar du modèle proposé par Parcs Canada, ce modèle est structuré selon les quatre catégories suivantes : 1) forces naturelles externes (forçage), 2) les processus, 3) les composantes du milieu, 4) les facteurs de stress.

3.1. Forces naturelles externes

Les forces naturelles externes dirigent de manière importante le fonctionnement de l'écosystème côtier en ayant une influence directe et indirecte sur les processus physiques et écologiques et sur les ressources biologiques et les composantes abiotiques. Ces forces se produisent à différentes échelles temporelles et spatiales. Le climat est probablement le facteur dirigeant le plus important puisqu'il influence les régimes hydrologique, glaciaire, des vagues et éolien ainsi que le niveau marin relatif. Il est lui-même conditionné par le rayonnement solaire. Ce dernier joue un rôle majeur dans les processus écologiques. De plus, dans les milieux froids, le régime glaciaire est une variable très importante dans la dynamique des écosystèmes côtiers et marins. Il est en effet le seul agent à cumuler les fonctions d'agents de transport, d'érosion, d'accumulation et de stabilisation. De plus, le couvert de glace permet de protéger les organismes benthiques intertidaux à marée basse contre les froids intenses et les grands écarts de température en hiver.

3.2. Processus physiques et écologiques

Les processus ont été divisés en deux catégories, les processus physiques et les processus écologiques. Les forces naturelles produisent l'énergie qui est nécessaire à l'érosion des sols et des substrats et à la mise en mouvement des particules. La réduction de l'énergie dans le système provoque ensuite la sédimentation et l'accumulation des particules. Ces processus dictent la dynamique sédimentaire qui est à l'origine de la diversité des substrats et des systèmes côtiers. Les processus écologiques représentent l'ensemble des actions réalisées par les ressources biologiques à l'intérieur des différents habitats de l'écosystème côtier et du réseau trophique. Ils permettent de faire le lien entre les organismes vivants et les éléments abiotiques.

3.3. Composantes du milieu

Les composantes du milieu correspondent au milieu naturel abiotique et aux ressources biologiques. Le modèle présente la diversité des systèmes côtiers et des types de substrats selon les différentes parties de la zone côtière qui sont définies par le niveau marégraphique. Ceci permet de présenter les ressources biologiques en fonction de leur préférence écologique à l'égard des substrats, des types de milieu côtier, mais aussi selon le gradient d'inondation qui est déterminé par la géomorphologie de la zone côtière. Les ressources biologiques ont été classées selon quatre grandes catégories : 1) producteurs primaires, consommateurs primaires et secondaires et finalement les décomposeurs. Ces derniers transforment et produisent la matière organique et minérale qui serviront de nutriments de base à d'autres organismes vivants.

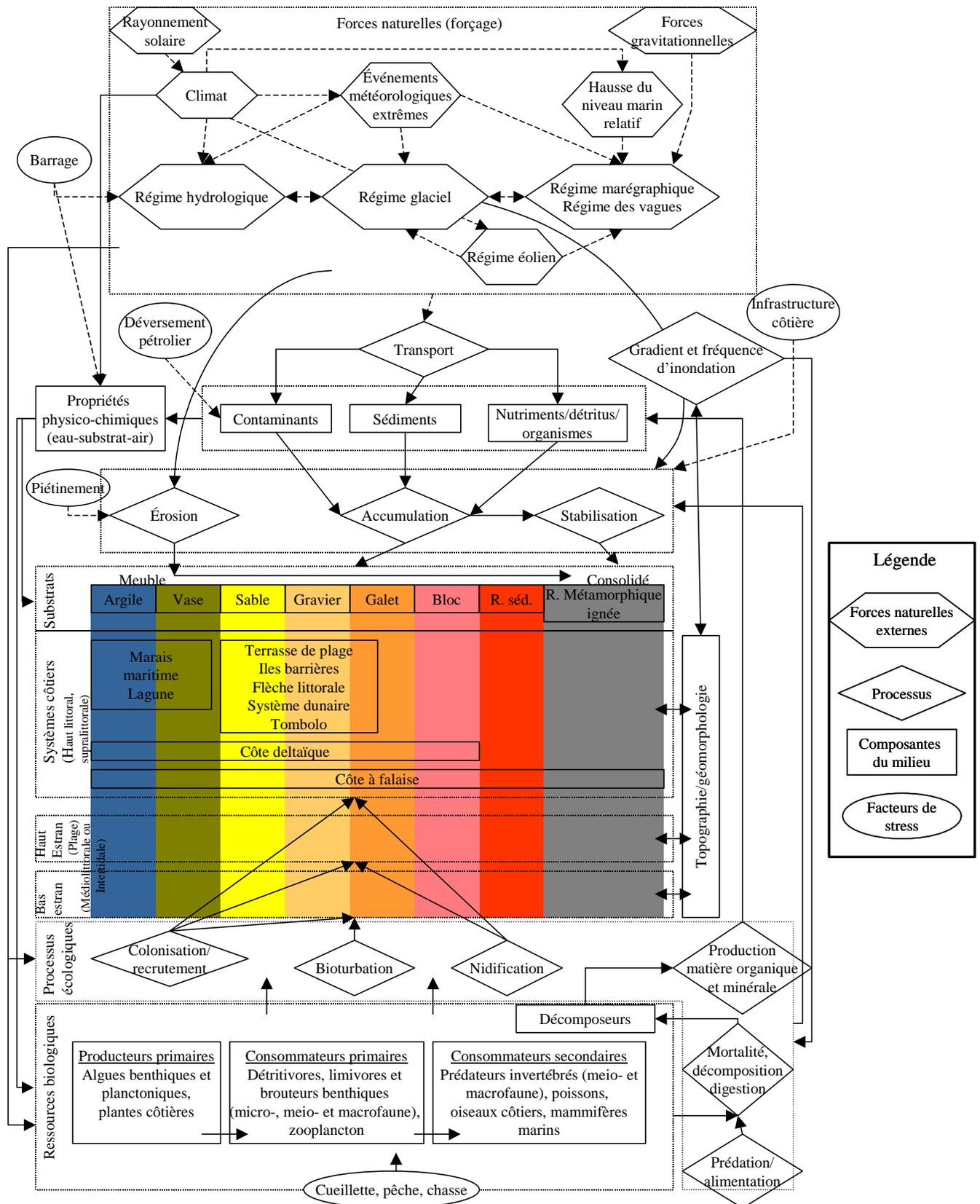


Figure 5. Modèle conceptuel proposé pour l'écosystème côtier

Les nutriments et les détritiques viennent s'ajouter au bilan sédimentaire de la zone côtière. Le transport des particules et des organismes dans la colonne d'eau et le climat changent les propriétés physico-chimiques de l'eau en modifiant la température, la turbidité, la couleur et la transparence de l'eau. Ces changements peuvent à leur tour avoir un effet sur les ressources biologiques de l'écosystème côtier.

3.4. Facteurs de stress

Les facteurs de stress ont été déterminés principalement en fonction de ceux identifiés pour le Parc national du Canada Forillon (PNCF) et pour la Réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan (RPNCAM). Les déversements pétroliers constituent une menace réelle à l'intégrité écologique des milieux côtiers et marins de la biorégion Québec-Atlantique.

Les infrastructures côtières, notamment les quais et les structures de protection côtière peuvent favoriser tant l'érosion, l'accumulation ou la stabilisation du littoral. Ainsi, les quais et les épis captent les sédiments en transit et favorisent par conséquent un déficit sédimentaire en aval et l'accumulation des sédiments en amont de la dérive littorale. Les structures rigides (enrochements et murets) favorisent la stabilité du trait de côte, mais engendrent une érosion et un abaissement de la surface des plages en raison de la réflexion des vagues. Ces différentes structures modifient donc la topographie de la zone intertidale et le gradient d'inondation et peuvent aussi modifier la texture et la nature des substrats, ce qui peut provoquer une modification de la faune et de la flore benthique.

Il est connu que les barrages hydroélectriques modifient le régime hydrologique, glaciaire et sédimentaire et les propriétés physico-chimiques de l'eau et peuvent donc avoir des conséquences importantes sur les ressources biologiques et les systèmes côtiers.

Le piétinement des plantes côtières par les activités récréo-touristiques peut engendrer localement une déstabilisation et une érosion de milieux fragiles. Sur les flèches littorales et les îles barrières, les sentiers qui sont perpendiculaires au trait de côte peuvent aussi favoriser le développement de brèches lors des tempêtes. La cueillette, la chasse ou la pêche en bordure des limites d'un parc peuvent aussi modifier son intégrité écologique. Enfin, les activités qui se produisent dans les bassins versants peuvent modifier la nature et le bilan des apports sédimentaires fluviaux et entraîner une modification de l'écosystème côtier.

4. Conclusion

Il n'est pas facile de pouvoir représenter de manière simplifiée un écosystème aussi complexe que le milieu côtier. Les modifications les plus importantes à apporter au modèle proposé par Parcs Canada ont trait à l'organisation et à la position des boîtes dans le but ultime d'augmenter la qualité visuelle et la compréhension des forces agissant au sein de l'écosystème côtier. On ne saurait trop insister sur l'importance de présenter un modèle comprenant des grandes catégories facilement identifiables, desquelles peuvent découler les nombreux processus et composantes d'un écosystème.

Nous avons proposé un modèle qui tente de préciser les principaux éléments qui conditionnent la dynamique d'un écosystème côtier, notamment en précisant la géodiversité de l'écosystème côtier et en positionnant dans l'espace côtier les ressources biologiques et les processus écologiques. Au même titre que la biodiversité renseigne sur la diversité des ressources et des processus écologiques, la géodiversité permet d'exprimer la diversité d'éléments abiotiques qui se juxtaposent ou se superposent, tels les substrats, la topographie, les modelés et les processus physiques, que ce soit à l'échelle du paysage ou d'un habitat. Cette géodiversité peut donc avoir une influence sur la biodiversité de l'écosystème côtier, notamment pour la diversité végétale ou encore la faune benthique. Ce modèle tente donc de réconcilier les facteurs biotiques et abiotiques au sein de l'écosystème côtier. La hiérarchisation des éléments du modèle conceptuel permet éventuellement d'identifier des indicateurs aux différents niveaux du modèle afin d'avoir un échantillonnage stratifié de l'écosystème dans le cadre du suivi de l'intégrité écologique. Cette approche permettrait d'identifier plus rapidement à l'intérieur de l'écosystème, les perturbations et les modifications qui peuvent présenter une menace potentielle à l'intégrité écologique dans les parcs nationaux.

En terminant, à l'échelle des parcs, mentionnons qu'il serait intéressant de créer des modèles conceptuels traduisant les caractéristiques et les enjeux locaux d'importance, de façon à mieux cibler les actions devant être effectuées par les gestionnaires de parcs. Les indicateurs de l'intégrité écologique utilisés dans le cadre des programmes de surveillance pourraient être intégrés dans de tels modèles, de manière à reconnaître l'importance écologique centrale de ceux-ci.

5. Références

- Agence Parcs Canada. 2005. *Surveillance et rapports relatifs à l'intégrité écologique dans les parcs nationaux du Canada. Volume 1 : principes directeurs*. Parcs Canada, 71 p.
- Davis, Steven M., D. L. Childers, J. J. Lorenz, H. R. Wanless, and T. E. Hopkins. 2005. A conceptual model of ecological interactions in the mangrove estuaries of the Florida everglades. *Wetlands* 25 : 832-842
- Larsen, Foster. 2004. Introduction to ecosystem modeling in Cobscook, Maine : A boreal, macrotidal estuary. *Northeastern Naturalist* 11 (Special Issue 2) : 1-12
- Leland, J. Jackson., A. S. Trebitz, and K. L. Cottingham. 2000. An introduction to the practice of ecological modeling. *BioScience* 50, no.8 : 694-706
- Lundberg, Cecilia. 2005. Conceptualizing the Baltic Sea ecosystem : An interdisciplinary tool for environmental decision making. *Ambio* 34, no.6 : 433-439
- Mazzotti, Frank. J., H. E. Fling, G. Merediz, M. Lazcano, C. Lasch, and T. Barnes. 2005. Conceptual ecological model of the Sian Ka'an biosphere reserve, Quintana Roo, Mexico. *Wetlands* 25 : 980-997
- Ogden, John C., S. M. Davis, T. K. Barnes, K. J. Jacobs, and J. H. Gentile . 2005a. Total system conceptual ecological model. *Wetlands* 25 : 955-979
- Ogden, John C., S. M. Davis, K. J. Jacobs , T. Barnes, and H.E. Fling. 2005b. The use of conceptual ecological models to guide ecosystem restoration in South Florida. *Wetlands* 25 : 795-809
- Petersen, John E., W. M. Kemp, R. Bartleson, W. R. Boynton, C. C. Chen, J. C. Conrwell, R. H. Gardner, D. C. Hinkle, E. D. Houde, T. C. Malone, W. P. Mowitt, L. Murray, L. P. Sanford, J. C. Stevenson, K. L. Sundberg, and S. E. Suttles. 2003. Multiscale experiments in coastal ecology : Improving realism and advancing theory. *BioScience* 53, no. 12 : 1181-1197
- Sime, Patti. 2005. St. Lucie Estuary and Indian River Lagoon conceptual ecological model. 2005. *Wetlands* 25 : 898-907
- Rivera-Monroy, Victor H., R. R. Twilley, D. Bone, D. L. Childers, C. Coronado-Molina, I. C. Feller, J. Jerrera-Silveira, R. Jaffe, E. Mancera, E. Rejmankova, J. E. Salisbury, and E. Weil. 2004. A conceptual framework to develop Long-term ecological research and management objectives in the wider Caribbean region. *BioScience* 54, no.9 : 843-848
- Rudnick, David T., P. B. Ortner, J. A. Browder, and S. M. Davis. 2005. A conceptual ecological model of Florida Bay. *Wetlands* 25 : 870-883