
VertigO

VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Vol 5, No 3, décembre 2004

ÉDITORIAL

La biodiversité des océans: ses différents visages, sa valeur et sa conservation

Par Émilien Pelletier, Professeur
Chaire de recherche du Canada en écotoxicologie marine appliquée aux hautes latitudes, Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Université du Québec à Rimouski, Québec.
Courriel : emilien_pelletier@uqar.qc.ca

La simple mention du nombre d'espèces marines donne le vertige. Les taxinomistes mentionnent le chiffre de 250 000 espèces répertoriées à ce jour avec la certitude que des centaines, voire des milliers d'espèces restent encore à découvrir. Nous gardons tous en tête ces images idylliques de récifs coralliens foisonnant de poissons multicolores, de crustacés bigarrés, de méduses urticantes et d'anémones roses abritant quelques poissons clowns. Pourtant, la biodiversité marine est relativement modeste quand on la compare à celle des continents où le nombre d'espèces dépassent largement le million, et ce, évidemment, sans compter les bactéries et les virus!

Vers le milieu des années 1990, je me souviens d'avoir dévoré avec le plus grand contentement le petit livre de Richard Dawkins¹ expliquant comment l'ADN est la clé de l'évolution et de la biodiversité. Pour moi, un chimiste peu familier avec tout le jargon de la génétique et de la théorie moderne de l'évolution, Dawkins s'est révélé être un extraordinaire pédagogue capable de rendre accessible des concepts et des mécanismes fondamentaux permettant d'expliquer notre présence sur cette planète. La biodiversité de nos continents et de nos océans est intimement liée à la capacité de l'ADN de se répliquer mais aussi de se tromper. N'est-ce pas étonnant que «l'erreur biochimique» soit en partie responsable de diversité des espèces? Il y a là matière à conforter le plus cancre de nos étudiants en écologie! Mais nous savons qu'il y a plus que le simple accident de réplication et que la somme des facteurs physiques, chimiques et biologiques a aussi façonné l'univers du vivant, faisant apparaître et disparaître des millions d'espèces biologiques au gré de quelques centaines de millions d'années d'évolution.

¹ Dawkins, Richard. *River out of Eden : A darwinian view of life*. BasicBooks, Harper Collins Pub., 1995, 172 pp.

DANS CE NUMÉRO

Perspective

- **Utilisation des ressources en eaux , assainissement et risques sanitaires dans les quartiers précaire de la commune de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)**, Coulibaly Lacina, Diomandé Dramane, Coulibaly Adama et Gourène Germain
- **L'état vierge : un support de mesure de la biodiversité**, Olfa Khazri et Pierre Lasserre

Dossier:

La biodiversité des océans: ses différents visages, sa valeur et sa conservation

- **Les coraux profonds : une biodiversité à évaluer et à préserver**, Karine Olu-Le Roy
- **Les bactéries des sources hydrothermales profondes à l'origine de nouvelles molécules bioactives?**, Jean Guezennec
- **Biodiversité marine et exploitation biotechnologique des océans**, Yves Le Gal
- **Les aires marines protégées à l'épreuve du sous-développement en Afrique de l'Ouest**, Bertrand Cazalet
- **Développements récents du droit international relatif à la biodiversité marine**, Bleuenn Guilloux et Karolina Zakovska
- **L'accord sur la protection de la mer du Nord : une bonne volonté de façade**, Céline de Roany
- **La gouvernance des aires marines protégées : leçons ouest-africaine**, Tarik Dahou, Jean-Yves Weigel, Abdelkader Mohamed Ould Saleck, Alfredo Simao Da Silva, Moustapha Mbaye, Jean-François Noël
- **Rôle de la glace saisonnière dans la dynamique de l'écosystème marin de l'Antarctique : impact potentiel du changement climatique global**, Gustavo Ferreira, Irene Schloss et Serge Demers

Regards sur le Monde

- **À la découverte de l'empire du milieu e sac-à-dos (1^{ère} partie de 2)**, Mathier St-Onge

Les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement la position de la revue VertigO, de son comité de rédaction, de son comité scientifique ou de ses partenaires.

La revue VertigO est appuyée financièrement par La faculté des sciences de l'Université du Québec à Montréal et l'Institut des sciences de l'environnement-UQÀM.



UQÀM

Équipe de rédaction

Directeur de la publication

Rédacteur en Chef

Éric Duchemin, Ph.D

Rédactrice-adjointe

Sophie Hamel-Dufour, MSc

Comité scientifique

C. Beaudry, Université de Sherbrooke, Canada
P. Côté, Université du Québec à Rimouski, Canada
P. Crabbé, Université d'Ottawa, Canada
L. Guay, Université Laval, Canada
P. Houenou, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire,
A. Kettab, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger
S. Lepage, Environnement Canada, la Biosphère, Canada
M. Lucotte, Université du Québec à Montréal, Canada
Lise Parent, Télé-Université, Canada
M. Richard, Régie Régionale de la Santé, Canada
M.P. Sassine, Régie régionale de la Santé, Canada
J.G. Vaillancourt, Université de Montréal, Canada
B. Zuideau, Université de Lille-1, France.

Comité de rédaction

Steve Déry, PhD
Louise Vandelac, PhD
Mathias De Kouassi, PhD
Sebastian Weissenberger, MSc.

Concepteur WEB

P. Cayser

Pour rejoindre la rédaction

VertigO, 2669 Knox
Montréal (Québec), H3K 1R3, Canada
courriel: vertigoweb@sympatico.ca
Internet: <http://www.vertigo.uqam.ca>

© Les Éditions en Environnement -VertigO
Dépôt à la Bibliothèque Nationale du Canada
ISSN - 1492 - 8442

La biodiversité marine nous apparaît aujourd'hui comme une richesse du patrimoine mondial à conserver par tous les moyens possibles et il y a urgence en la demeure. La mer a toujours été considérée comme une source inépuisable de nourriture pour les centaines de générations d'humains depuis que l'homme a appris à pêcher. Les océans sont si vastes à l'échelle humaine qu'il est en effet difficile de se convaincre que l'homme puisse un jour avoir capturé tous les poissons des mers du globe. Il y a moins de 30 ans, la majorité des pêcheurs et des gestionnaires des pêches au Canada comme ailleurs dans le monde étaient encore convaincus que les ressources halieutiques étaient abondantes et qu'il suffirait d'augmenter un tant soit peu l'effort de pêche pour maintenir constant le niveau des débarquements. C'était sous-estimer l'ingéniosité de l'homme. En quelques années, les capacités de capture de la flotte mondiale de pêche ont été décuplées. Maintenant les sonars ultra performants traquent les bancs de poissons partout où ils cherchent refuge et des chaluts aux dimensions gigantesques raclent les fonds océaniques par 3000 ou 4000 mètres. Ni les merveilleux coraux profonds, ni l'étrange et fascinant écosystème des sources hydrothermales ne sont à l'abri d'un tel fléau. Que faire pour stopper le carnage?

La création des «aires marines protégées» (AMP) apparaît comme un outil de gestion en mesure, peut-être, de calmer le jeu et de préserver certaines zones du pillage des ressources. Plusieurs textes de ce numéro de Vertigo traitent du droit international relatif à la biodiversité, des AMP en tant qu'outil juridique de conservation de la biodiversité et du concept de développement durable en milieu marin. Quelques initiations de conservation de zones marines se prennent en Europe et en Amérique du Nord mais le mouvement demeure encore trop modeste pour espérer en tirer des résultats tangibles à moyen terme.

Michel Jourdan dans son «Défi écologiste²» appelait à une révolution dite «écologiste» qui *s'appuie principalement sur les quatre grands principes écologiques : diversité, autorégulation, sagesse et équité*. Force est d'admettre que presque 20 ans après la parution du livre de Jourdan, le virage vers l'écosociété ne s'est pas encore concrétisée et que notre société de consommation basée sur l'économie de marché se développe à une vitesse fulgurante. Ce mouvement, apparemment irréversible, s'amplifie avec la «mondialisation des marchés» et peut être considéré actuellement comme la plus formidable menace globale qu'ait jamais affrontée les écosystèmes continentaux et marins de cette planète. Il ne fait plus de doute que la biodiversité et l'abondance des espèces sont en net recul dans tous les océans du monde, incluant les deux océans polaires que nous n'avons même pas sérieusement commencé à répertorier.

² Jourdan, Michel. *Le défi écologiste*. Boréal Compact, 1988. 432 pp.

Nous souhaitons que ce numéro de Vertigo aide nos lecteurs à prendre conscience de la grandeur et de la fragilité de la biodiversité marine et contribue à rapprocher écologistes et économistes dans une vision commune de la préservation de la vie des océans.

UTILISATION DES RESSOURCES EN EAUX, ASSAINISSEMENT ET RISQUES SANITAIRES DANS LES QUARTIERS PRÉCAIRES DE LA COMMUNE DE PORT- BOUËT (ABIDJAN; CÔTE D'IVOIRE)

Coulibaly Lacina¹, Diomandé Dramane¹, Coulibaly Adama², Gourène Germain¹,

¹UFR-Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire. ; Courriel : lacina91@hotmail.com / coulacina2003@yahoo.fr,

²Institut National de Santé Publique (INSP), Département d'épidémiologie, BP V 47 Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé : L'assainissement, les sources et usages des eaux, de même que la santé des populations par rapport aux syndromes pseudo palustres (SPP) et diarrhéiques (SD) ont été étudiés dans six quartiers précaires (Abattoir, Adjouffou, Derrière wharf, Tofiato, Vridi canal et Zimbabwe) de la commune de Port-Bouët en Côte d'Ivoire. Cinq cent soixante sept (567) concessions ont été échantillonnées pour une population de neuf mille sept cent quarante et une (9 741) personnes. La gestion des excréments humains dans ces quartiers est essentiellement de type autonome (WC avec fosse septique, WC communautaire et latrines) (8-69 %) avec des défécations dans la nature relativement importantes (3 à 42 %). Le regroupement des quartiers en fonction de leur assainissement (gestion des excréments, des eaux usées et pluviales) a donné deux groupes distincts qui se composent pour le premier de Derrière wharf, Adjouffou, Zimbabwe, Tofiato et Vridi canal, et pour le second d'Abattoir. La distinction du quartier Abattoir est due au fait qu'il est le plus assaini du point de vue de la gestion des excréments humains et de l'évacuation des eaux pluviales. En effet, c'est à Abattoir seul qu'il existe un égout destiné à l'évacuation des eaux pluviales. Quant aux eaux usées domestiques, elles sont essentiellement déversées sur le sol (73-100%) dans tous les quartiers, avec une petite proportion de rejet dans des fosses (1-22%).

Les populations des quartiers ont toutes (99%) accès à l'eau potable, qui est utilisée préférentiellement pour la boisson. L'eau de puits est beaucoup utilisée pour les bains, les lessives et les vaisselles. Le regroupement des quartiers en fonction des sources d'approvisionnement en eau donne deux groupes distincts qui se composent pour le premier de Derrière wharf, Tofiato, Adjouffou et Vridi canal, et pour le second d'Abattoir et Zimbabwe. Le premier groupe a une alimentation de fortune en eau potable, mais utilise surtout l'eau des puits traditionnels. Quant au second groupe, il utilise essentiellement l'eau potable pour ses besoins domestiques.

La santé de la population semble précaire avec 64% de malades recensés lors de l'étude qui se composent de 45% de cas de SPP et de 19% de SD. La population infanto-juvénile ([0-8 ans]) est la plus touchée avec 70 % de malades dont 32% de cas des SPP et 48% pour les SD.

Mots clés : Quartier précaire, Port-Bouët, paludisme, diarrhée, assainissement, Côte d'Ivoire

Abréviations : SPP : Syndrome Pseudo Palustre ; SD : Syndrome Diarrhéique; PS : Population Saine

Abstract : The sanitation, water sources and utilizations, and the health status of the population about malaria (SPP) and diarrhea (SD) have been evaluated in 6 precarious area (Abattoir, Adjouffou, Derrière wharf, Tofiato, Vridi canal et Zimbabwe) at Port-Bouet in Côte d'Ivoire. An overall of 567 concessions were checked and the population were about 9 741. Human excreta in these areas are dumped in self-sanitation systems (septic tank, unsewered public toilets and family latrines) (8-69%), but 3 to 42% of the inhabitant dumped their excreta in the nature. The clustering of these precarious areas upon sanitation gave 2 groups: Derrière wharf, Adjouffou, Zimbabwe, Tofiato and Vridi canal composed the first group and Abattoir the second one. The discrimination of Abattoir from the others precarious area could be explained by the best sanitation of excreta and rainwater. But, domestic water is dumped on the soil surface (73-100%) in all of the precarious area. Only a few portion of the wastewater is dumped in a septic tank (1-22%).

The inhabitants have both access to the potable water distributed by SODECI (99%). This water is essentially used for drinking. The second source of water (well water) in the precarious areas is used as supplement for washing, bathing and as dishwater. The clustering of the precarious area upon water utilization gave 2 groups: Derrière wharf, Tofiato, Adjouffou and Vridi canal composed the first group, and the second one is composed by Abattoir and Zimbabwe. The first group uses more well water than the potable one of SODECI, although in the second group, the potable water is essentially used for all of the duties.

The health statuses of the inhabitants is worrying, as about 64% are ill, with 45% of SPP and 19% of SD. Children ([0-8 age]) are the most concerned, with 70% of illness, composed of 32% of SPP and of 48% SD.

Keyword: precarious, Port-Bouet, malaria, diarrhea, sanitation, Côte d'Ivoire.

Introduction

Les grandes métropoles des pays africains sont en général surpeuplées, du fait de l'exode des populations rurales, à la recherche d'emploi dans les zones industrielles. L'assainissement dans ces villes est généralement (60-95%) dominé par les systèmes d'assainissement autonomes (SAA) (WC + fosses septiques, latrines, etc.) (Strauss et al., 2000). Cette situation s'explique par le fait que l'implantation des systèmes d'égouttages est très onéreuse pour ces pays. On estime à plus d'un million de tonne la quantité mondiale journalière de fèces produites par les six milliards d'humains (Peasey, 2000) dont plusieurs milliers de tonnes se retrouvent entreposés dans les SAA de ces pays. Les effluents des SAA sont riches en coliformes totaux et fécaux, helminthes, virus, protozoaires et en divers polluants chimiques et physiques (U.S. EPA, 1994). L'intrusion de ces effluents fécaux dans les aquifères ou les eaux de distribution peut engendrer diverses maladies diarrhéiques dans la population humaine (Adams et Moss, 1995; Mara et Feachem, 1999; Carr, 2001). Dans tous les cas, les eaux de mauvaises qualités, le mauvais assainissement du milieu (gestion des excréta, drainage des eaux) et la mauvaise hygiène contribuent pour une grande partie dans la détérioration de la santé des populations (Ersey et al., 1985, 1991). En effet, mondialement on estime annuellement à quatre milliards de cas de diarrhées qui provoquent 2,2 millions de décès, 200 millions de personnes atteintes de schistosomiase et 400 millions de personnes infectées par des vers intestinaux (Murray et Lopez, 1996; UNPD, 1998; WHO, 2000 a et b).

La coût élevé de la vie dans les grandes métropoles africaines va entraîner les populations à revenus modestes à habiter des sites non viabilisés, établis sur des pentes ou dans des dépressions et manquant du minimum de structure sociale (école, centre de santé, eau potable, électricité, etc.). Ces habitations qui sont confectionnées en matériaux de récupération se trouvent souvent en périphérie des communes, proches des sites industriels ou d'activités de leurs habitants. Les quartiers répondant aux critères ci-dessus sont classés précaires par le BNETD (1995). Le mauvais drainage des eaux usées et pluviales dans ces quartiers est à la base de la création de mares qui constituent des biotopes de moustiques vecteurs de diverses maladies dont le paludisme (OMS, 1985).

La Côte d'Ivoire est un pays où le paludisme est endémique (OMS, 1985, 2000). Dans ce pays, on observe des résistances de *Plasmodium falciparum* à la chloroquine (Djaman et al., 2001). Par ailleurs, la situation de belligérance qui y sévit depuis septembre 2002 a entraîné une forte migration des populations des zones de fronts vers les villes du Sud et particulièrement à Abidjan. Manquant de moyens financiers, une grande partie de cette population déplacée se loge dans les quartiers précaires dont ceux de Port-Bouët, augmentant ainsi la pression sur les

systèmes d'assainissement et les sources d'eaux. Cette situation pourrait constituer une menace pour la santé des populations.

Les objectifs de ce travail sont l'établissement du portrait des quartiers précaires de Port-Bouët, en matière d'assainissement, de sources d'eaux et leurs usages par les populations, de même que la santé de celles-ci. En ce qui concerne la santé des populations, ce sont les syndromes pseudo palustre (SPP) et diarrhéique (SD) qui seront investigués. Enfin, les regroupements des quartiers en fonction des méthodes d'assainissement et d'approvisionnement en eau seront effectués.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

La commune de Port-Bouët est située dans le sud-est du district d'Abidjan (figure 1). C'est une presqu'île localisée entre l'océan Atlantique et la lagune Ebrié qui s'étend le long du littoral maritime sur près de 30 km d'Est en Ouest avec une superficie de 111 km². Cette commune est localisée sur un sol sableux qui a la particularité d'être plus ou moins plats avec des dépressions par endroit.

Les différents quartiers précaires qui ont été étudiés s'y répartissent comme suit : Derrière Wharf et Adjouffou localisés à Port-Bouët Est, Abattoir et Tofiato à Port-Bouët Centre et enfin Vridi canal et Zimbabwe à Port-Bouët Ouest.

Collecte des données

L'enquête a été effectuée en juin 2003 et une fiche d'enquête a été élaborée pour récolter les informations. Celles-ci concernent les effectifs des populations par tranche d'âge, les sources d'approvisionnement en eaux et leur utilisation, les méthodes d'assainissement des concessions (ensemble de maisons généralement liées les unes aux autres et qui forment une espèce de cour ayant plus ou moins une entrée principale) et des quartiers, et enfin la santé des populations par rapport aux SPP et SD. Les informations relatives à la santé de la population concernent la période allant de l'année précédente jusqu'au moment de l'enquête.

Une pré-enquête a été effectuée dans les différents quartiers précaires afin de récolter les informations relatives aux sources et usages des eaux et aux méthodes d'assainissement. Ensuite, toutes les concessions ont été visitées, et celles ayant répondu aux questionnaires ont constitué l'échantillon.

Concernant le découpage de la population en classe d'âge, le découpage classique ([0-4 ans], [5-14 ans], [15-29 ans] et 30 ans et plus) utilisé en médecine n'a pas été retenu. Celui-ci a été adapté au niveau de compréhension des populations. En effet, il était facile aux populations de distinguer les classes de [0-8 ans], [8-18 ans], [18-30 ans] et supérieur ou égal à 30 ans.

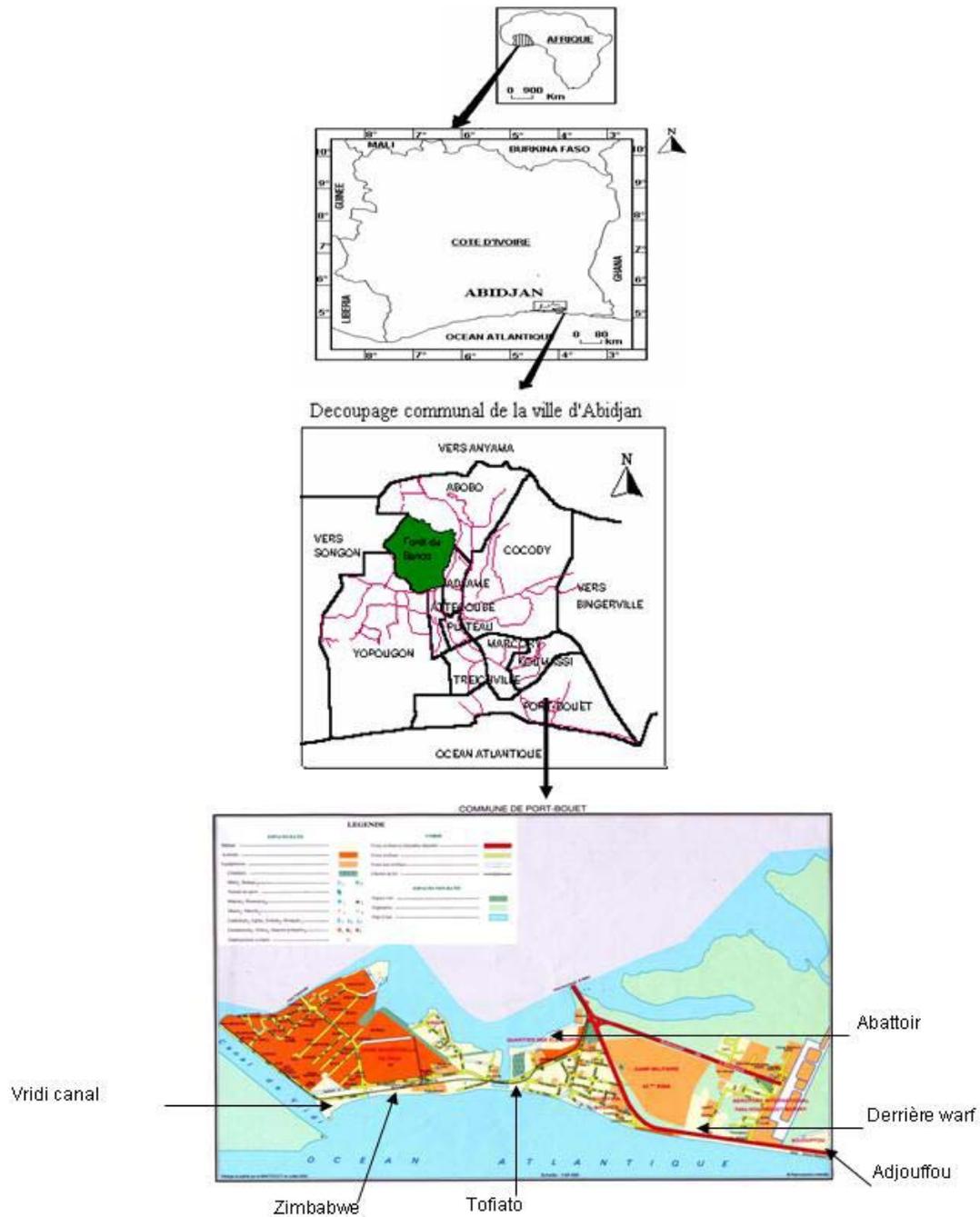


Figure 1. Carte de la commune de Port-Bouët. Les quartiers précaires de ladite commune sont indiqués par une flèche.

Pour mieux percevoir les réactions et attitudes des enquêtés, les relevés d'informations ont été effectués en interviewant les résidents des différents quartiers.

Traitement des données

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel Excel.

Le regroupement des quartiers en fonction des méthodes d'assainissement, et des sources et usages des eaux a été effectué à l'aide du logiciel Statistica, version 99. Cette analyse permet d'identifier les niveaux de similarités entre les quartiers.

Résultats

Le nombre de concessions visitées dans les six quartiers précaires est 567 dont la répartition par quartier est 94 à Derrière Wharf (16.6%), 103 à Adjouffou (18.2%), 72 à Abattoir (13.7%), 60 à Tofiato (11.5%), 149 à Vridi canal (28.5%) et 89 à Zimbabwe (17%). La population totale de ces 567 concessions est de 9 751 personnes, ce qui donne un effectif moyen de 17 personnes par concession.

Sources d'eau et usages

Des puits, des bornes fontaines, de même que des distributeurs privés d'eaux potables de la Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire (SODECI) ont été identifiés dans les différents quartiers. Les populations utilisent essentiellement les eaux de la SODECI pour la boisson dans des proportions allant de 74 % à 100 % (figure 2A). Seulement une petite partie utilise l'eau de puits notamment à Vridi canal où le pourcentage est le plus élevé (5 %). Concernant la lessive et la vaisselle, la population utilise majoritairement l'eau de puits (67 à 75,5 %) (Figure 2B). C'est à Zimbabwe (3 %) et à Abattoir (19 %) que la population utilise le moins les eaux de puits pour la lessive et la vaisselle. En outre, Adjouffou, Zimbabwe et Abattoir utilisent abondamment (62 à 100 %) l'eau de la SODECI pour la lessive et la vaisselle. Quant aux eaux de bains (Figure 2C), les eaux de puits et de la SODECI sont utilisées dans des proportions similaires à Adjouffou et Tofiato et relativement proches à Derrière wharf et Vridi canal. Abattoir et Zimbabwe se démarquent nettement avec une utilisation faible des eaux de puits (respectivement 9 et 14 %). En revanche, l'eau de la SODECI y est utilisée

respectivement à hauteur de 92 et 97 %. Malgré la proximité de la lagune et de la mer, les populations n'utilisent pas ces eaux pour les besoins domestiques.

Le regroupement des quartiers en fonction des sources d'approvisionnement en eau et de leur usage a permis de dégager deux grands groupes distincts (figure 3A). Le premier groupe est constitué de Derrière wharf, Tofiato, Adjouffou et Vridi canal. Ce groupe renferme un sous-groupe composé de Derrière wharf et Tofiato auquel se rattachent successivement Adjouffou et Vridi canal. Le second groupe se compose des quartiers Abattoir et Zimbabwe.

Assainissement

Les eaux pluviales ne sont pas drainées dans les quartiers sauf à Abattoir où il existe un égout. Concernant l'évacuation des eaux usées des concessions, seulement cinq canalisations d'évacuation ont été observées. Ce sont trois à Abattoir, un à Vridi canal et un à Zimbabwe. Les eaux usées domestiques sont essentiellement déversées sur le sol (73-100 %) dans tous les quartiers, avec une petite proportion de rejet dans des fosses (1-22 %).

Les excréments humains dans les différents quartiers précaires sont évacués dans des SAA (WC communautaires, WC dans les concessions associés aux fosses septiques et latrines) et dans la nature (broussailles, bordures de la lagune ou de la mer). La figure 4 montre que les SAA sont les plus utilisés. Cependant, dans ce groupe, les WC communautaires arrivent en tête (83 %). Les latrines sont utilisées dans tous les quartiers à des proportions variant entre 10 % (Zimbabwe) et 40 % (Abattoir). La défécation dans la nature est pratiquée dans tous les quartiers mais à différents degrés. Quatre quartiers enregistrent des taux de pratiques supérieures à 20 %. La plus grande valeur est obtenue à Tofiato (42 %), tandis qu'à Abattoir, elle est la moins pratiquée (3 %).

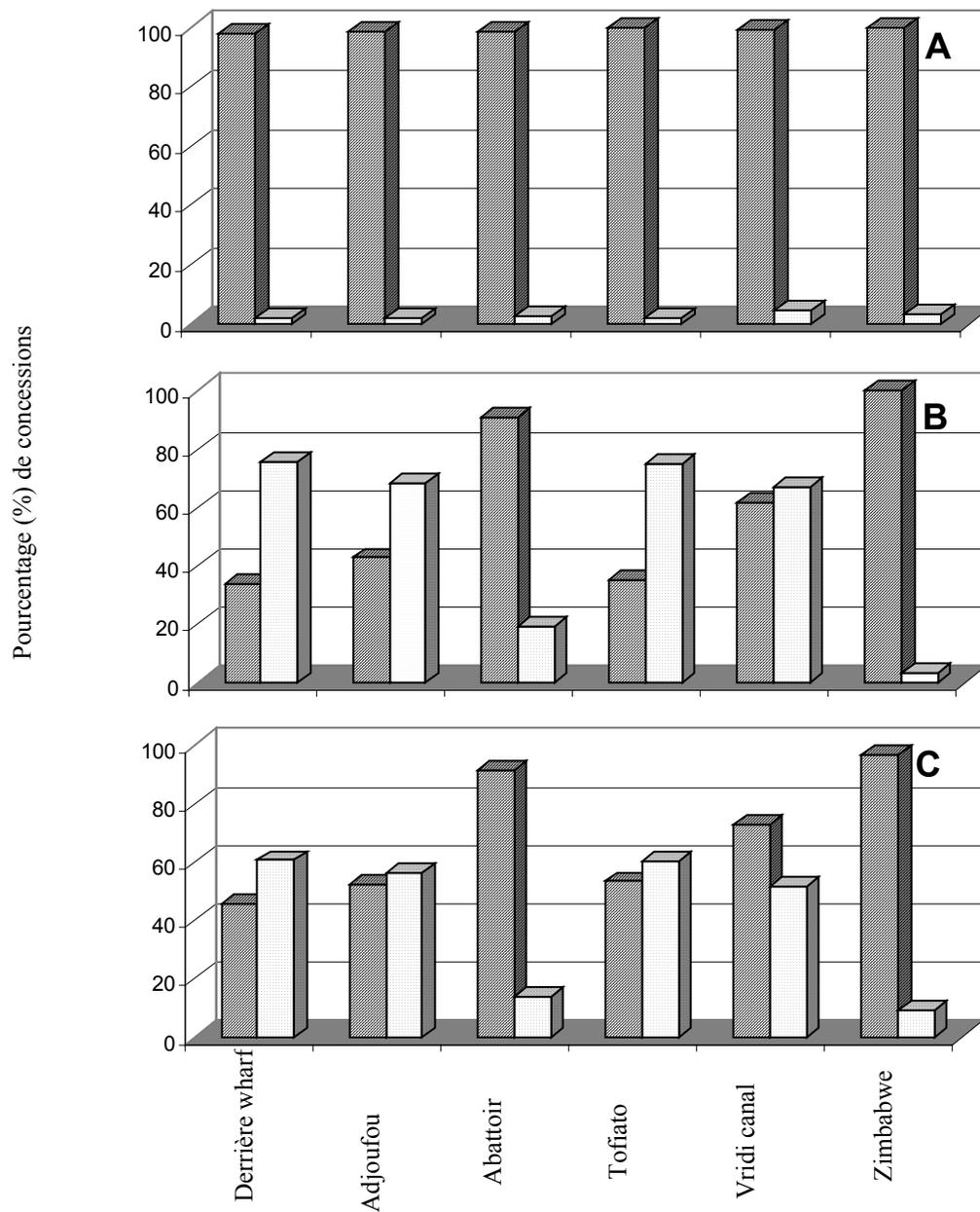


Figure 2. Les sources d'eaux et leur utilisation suivant les besoins dans les concessions des quartiers précaires de Port-Bouët. **A** : Eau de boisson, **B** : Eau de lessive et de vaisselle, **C** : Eau de bain

▨ SODECI □ PUIITS

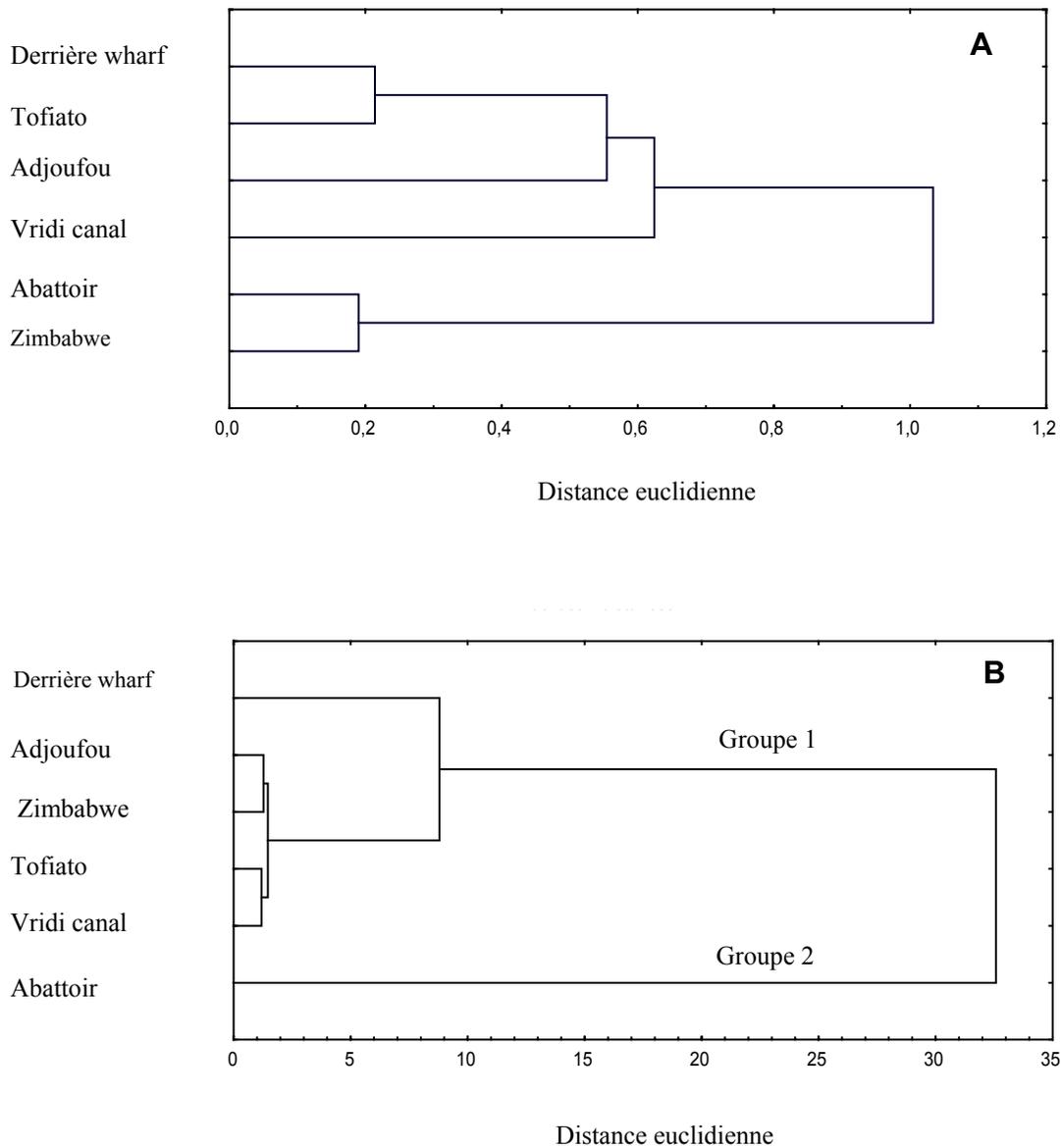


Figure 3. Regroupement des quartiers précaires en fonction des sources et usages des eaux (A) et de l'assainissement dans les concessions des quartiers précaires de Port-Bouët (B)

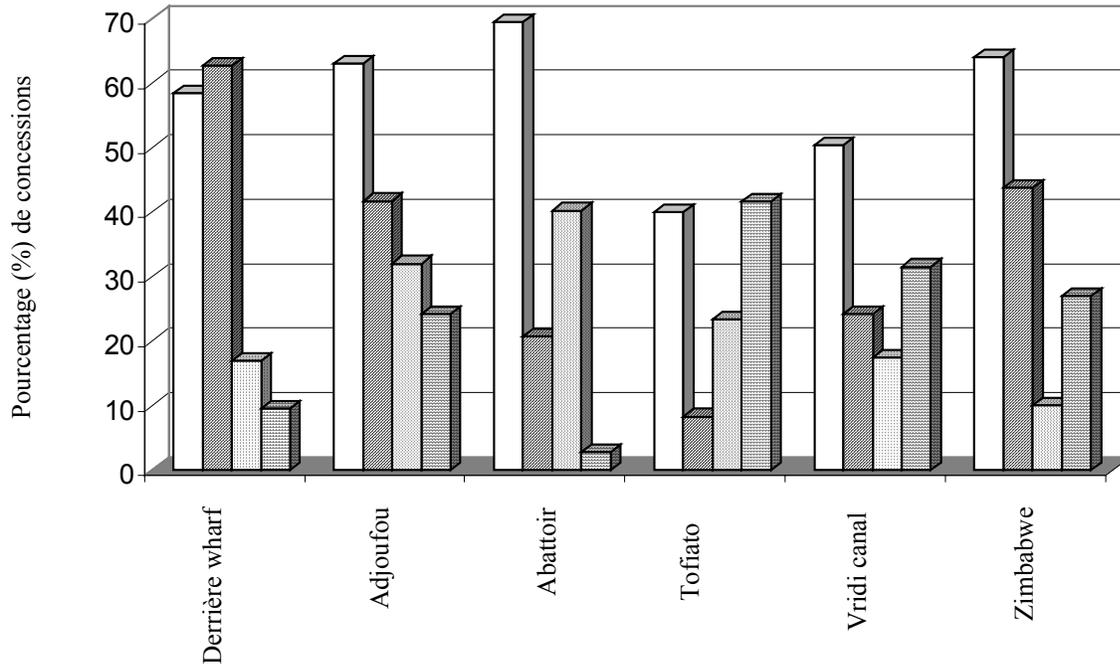


Figure 4. Les systèmes d'assainissement et leur utilisation dans les différents quartiers précaires de Port-Bouët

WC+ fosse septique
 WC communautaire
 Latrines
 Nature

Le regroupement des quartiers en fonction des méthodes d'assainissement a permis de dégager deux grands groupes (figure 3B) qui se composent pour le premier de Derrière wharf, Adjouffou, Zimbabwe, Tofiato et Vridi canal, et pour le second d'Abattoir. Le premier groupe est subdivisé en deux sous-groupes constitués d'une part d'Adjouffou et Zimbabwe et de Tofiato et Vridi canal d'autre part. Derrière wharf se rattache à ces deux sous-groupes.

Santé de la population

La figure 5A présente l'état de santé globale de la population pour l'ensemble des quartiers précaires. Elle indique que 36 % de la population est saine contre 45 % de SPP et 19 % de SD. En ce qui concerne les SPP, les chiffres obtenus sont de 32 %, 17 %, 23 % et 28 % respectivement pour les classes d'âges [0-8 ans], [8-18 ans], [18-30 ans] et supérieur ou égal à 30 ans (Figure 5B). Concernant les SD, les valeurs obtenues pour les classes d'âges [0-8 ans], [8-18 ans], [18-30 ans] et supérieur ou égal à 30 ans, sont respectivement de 48 %, 16 %, 17 % et 19 % (Figure 5C).

La figure 6 présente la situation sanitaire dans les différents quartiers précaires. Dans l'ensemble, les proportions de SPP sont

toujours supérieures à celles des SD dans tous les quartiers. A l'exception de Adjouffou où l'on rencontre le plus bas pourcentage de SPP (34 %), les autres quartiers ont des proportions supérieures à 40 %. Au niveau des classes d'âges (figure 6B), de façon générale, l'ordre croissant de manifestation des SPP dans les différents quartiers est [8-18 ans] < [18-30 ans] < plus de 30 ans < [0-8 ans]. Les valeurs obtenues, pour les moins de 8 ans varient entre 11,7 % (Vridi Canal) et 17 % (Tofiato). Concernant les SD, elles se manifestent le plus à Derrière wharf (24,1 %) et le moins à Abattoir (16,7 %). Dans les classes d'âges (figure 6C), à Tofiato et à Vridi canal, les SD évoluent de la même manière que les SPP. Les moins de 8 ans manifestent également le plus de SD dans tous les quartiers ; la plus grande manifestation (13 %) étant à Derrière wharf et la plus petite (7,5 %) à Adjouffou et Vridi canal.

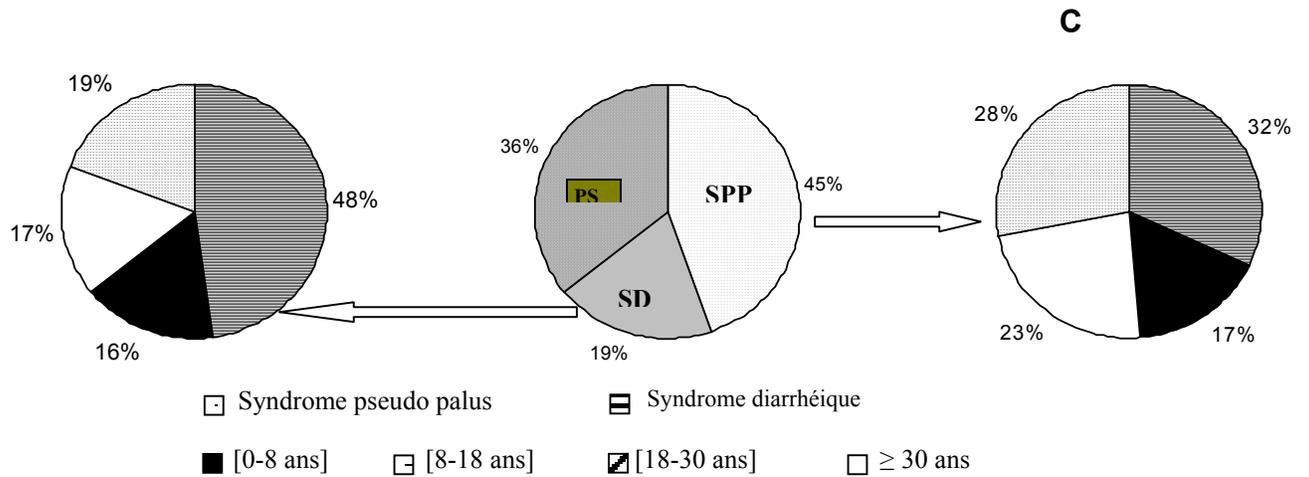


Figure 5. Etat de la santé de la totalité de la population par rapport aux syndromes pseudo palus (SPP) et diarrhéiques (SD) dans les quartiers précaires de Port-Bouët.
A : Santé globale de la population
B : Répartition des SPP (45%) dans les classes d'âge de la population
C : Répartition des SD (19%) dans les classes d'âge de la population

Discussion

L'accessibilité de la population à l'eau potable (celle fournie par la SODECI) a connu une augmentation depuis les études du BNETD (1984, 1988). En effet, alors que le BNETD observait des taux d'accès à Derrière wharf, Adjouffou, Abattoir, Tofiato, Vridi Canal et Zimbabwe respectivement de 100 ; 87 ; 44 et 15 %, la présente étude a trouvé un taux d'accès de 99 % dans tous ces quartiers. La différence entre ces études pourrait s'expliquer, d'une part, par les efforts d'implantation de sources d'eaux potables dans ces quartiers (abonnement personnel, bornes fontaines et distributeurs privés), et d'autre part, par la sensibilisation de la population à l'importance de l'utilisation de celles-ci.

Cette étude révèle que l'assainissement des concessions dans les quartiers précaires de la commune de Port-Bouët est fait à l'aide des SAA. Ce mode d'assainissement est typique des pays en développement et surtout des communautés à faibles revenus (Songsore et McGranaham, 1993 ; Mampouya et al., 2001 ; OMS, 1992). Ce travail présente pour la première fois l'état de l'assainissement à Derrière wharf et Adjouffou. Tandis que dans les autres quartiers, les résultats sont similaires à ceux du BNETD (1984, 1988). Cependant, la défécation des populations dans la nature a connu une augmentation. Cette situation pourrait s'expliquer par une inadéquation entre l'effectif des populations et le nombre de SAA disponible dans ces quartiers.

Concernant la santé des populations, un taux de SPP de 45 % pour la population totale, dont 32 % de cas dans la population infantile ([0-8 ans]) et 51 % de la population active (plus de 18

ans), a été obtenu. Ce taux de SPP pourrait s'expliquer par le fait que Port-Bouët est situé dans une zone de transmission palustre endémique (OMS, 2001), ainsi que par la stagnation d'eaux dans le quartier, de même que par la proximité de la lagune avec ses nombreux marécages qui serviraient de gîtes larvaires (Birley et Lock, 1999). Le taux élevé de SPP à Derrière wharf, Abattoir et Tofiato par rapport aux autres quartiers se justifierait par leur proximité avec la lagune Ebrié et leur position en périphérie de la commune. La population infantile (moins de 8 ans) est la plus touchée par les SPP. Quant au taux élevé de SPP dans la population active (les plus de 18 ans), elle justifie, en partie, la pauvreté dans ces différents quartiers. En effet, les populations malades ne sont plus génératrices de ressources financières. En définitive, les chiffres obtenus par rapport au SPP sont en adéquation avec les taux en Côte d'Ivoire et dans les pays à transmission palustre endémique (OMS, 2001). Pour les manifestations des SD, la population dominante est celle des moins de 8 ans (48 %) suivie de la classe active (plus de 18 ans) (36 %). Les différents taux sont en adéquation avec la santé de la population dans les pays en développement surtout dans les communautés à faibles revenus (Fricker, 1993). La situation observée pourrait s'expliquer par la mauvaise gestion des excréments humains, la qualité des eaux utilisées pour les besoins domestiques et l'hygiène des populations.

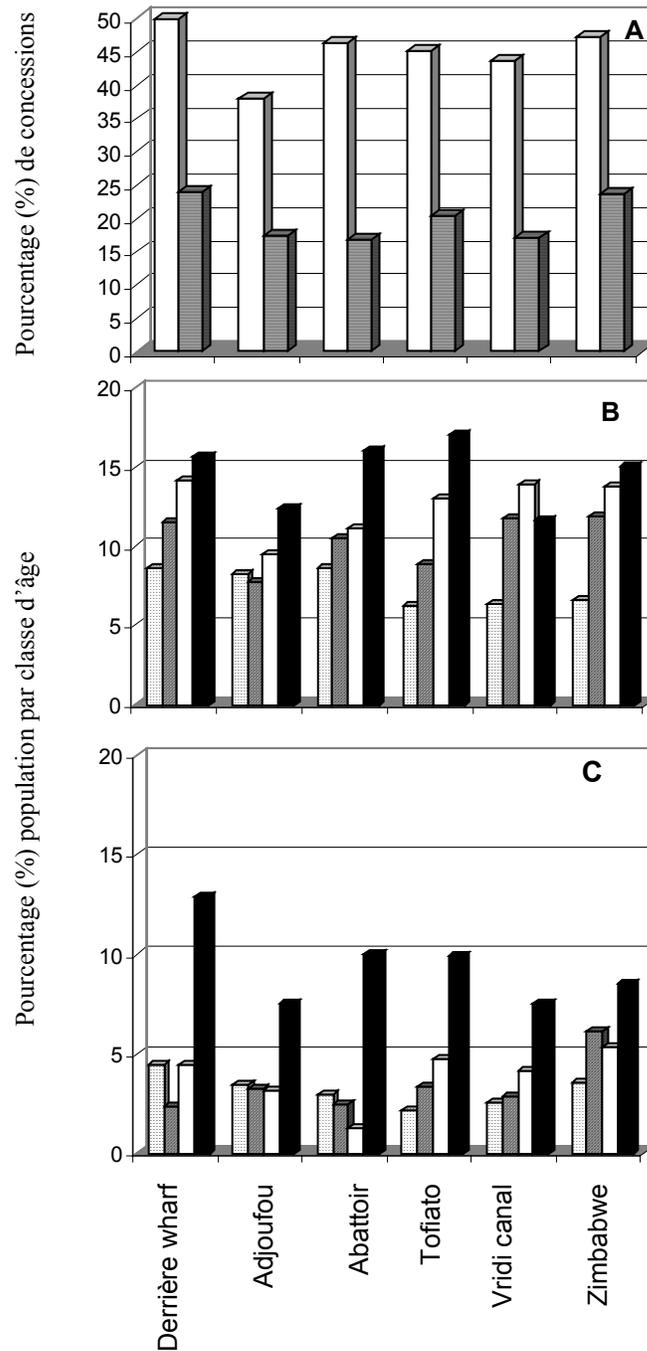


Figure 6. Manifestation des syndromes pseudo palus (SPP) et diarrhéiques (SD) dans les quartiers précaires de Port-Bouët.

A : Evolution globale des SPP et SD dans les différents quartiers précaires, **B** : Evolution des SPP dans les différentes classes d'âge des quartiers précaires, **C** : Evolution des SD dans les différentes classes d'âge des quartiers précaires

- [0-8 ans] □ [8-18 ans] ▨ [18-30 ans] □ ≥ 30 ans
- Syndrome pseudo palus ▨ Syndrome diarrhéique

Concernant les regroupements des quartiers en fonction des sources d'eaux et de leur utilisation, on remarquera qu'Abattoir et Zimbabwe utilisent beaucoup l'eau de la SODECI (> 80 %) par rapport aux eaux de puits (1-19 %) pour leurs différents besoins domestiques. Cette grande utilisation de l'eau de la SODECI dans ces quartiers permet de les distinguer des autres. Quant au grand groupe constitué par Derrière wharf, Tofiato, Adjouffou et Vridi canal, il se caractérise par une utilisation relativement importante d'eau de puits par rapport au groupe constitué d'Abattoir et Zimbabwe. En effet, l'eau de puits à Derrière wharf, Tofiato, Adjouffou et Vridi canal est beaucoup utilisée pour la vaisselle, la lessive et les bains à des proportions variant entre 52 et 75,5 %. A l'intérieur du grand groupe, la discrimination de Derrière wharf et Tofiato par rapport à Adjouffou et Vridi canal se justifie par l'utilisation importante d'eau de puits dans les premiers quartiers (60-75,5 %) alors que celle-ci ne varie qu'entre 52 et 68 % dans les deux derniers.

Pour ce qui est du regroupement des quartiers à partir des méthodes d'assainissement, deux blocs se distinguent. Le premier bloc étant constitué de Derrière wharf, Adjouffou, Zimbabwe, Tofiato et Vridi canal, tandis que le second bloc lui ne contient que le quartier Abattoir. La distinction entre Abattoir et les autres quartiers se justifie par une faible défécation des populations dans la nature (3 %) et une grande utilisation des WC communautaires (69 %). En effet, dans les autres quartiers, la défécation dans la nature est importante (10-42 %). Par ailleurs, pour le bloc constitué par Derrière wharf, Adjouffou, Zimbabwe, Tofiato et Vridi canal, la discrimination de Derrière wharf par rapport aux autres quartiers se justifie par une faible défécation dans la nature (10 %) et une grande utilisation des WC associés aux fosses septiques. Quant aux sous-groupes constitués, d'une part, par Adjouffou et Zimbabwe, et d'autre part, par Tofiato et Vridi canal d'autre part, le détachement du premier sous-groupe par rapport au second se justifierait par une grande utilisation des WC communautaires (63-64 %) et ceux associés aux fosses septiques dans les concessions (42-44 %).

Des regroupements des quartiers effectués à partir des méthodes d'assainissement, des sources d'eaux et de leur utilisation, il ressort qu'Abattoir et Zimbabwe utilisent le plus l'eau potable pour leurs besoins domestiques. Par ailleurs, Abattoir et Derrière wharf sont les plus assainis du point de vue de la gestion des excréments humains. En effet, ils utilisent le plus les SAA. En mettant en relation la santé de la population infantile avec les méthodes d'assainissement et d'utilisation d'eau, on pourrait expliquer l'état de santé pour les SD de cette classe à Derrière wharf (13 %) et Tofiato (10 %) (Carr, 2001). En ce qui concerne Abattoir, le taux élevé de SD pourrait être dû à une mauvaise hygiène corporelle des enfants, car l'eau de la SODECI y est utilisée en abondance. De plus, Abattoir est le quartier qui évacue le mieux ses excréments humains, minimisant ainsi les risques de contamination des enfants.

Conclusion

Les eaux pluviales des quartiers défavorisés de Port-Bouët ne sont pas drainées, contrairement aux eaux usées domestiques qui sont essentiellement évacuées dans des fosses septiques. Concernant l'évacuation des excréments humains, celle-ci est dominée par les SAA. On observe tout de même une augmentation du taux de défécation dans la nature dans les différents quartiers. Cette pratique est plus développée à Tofiato (42 %).

Quant aux sources d'eaux, la population a accès à l'eau potable de la SODECI, mais l'utilise à divers degrés avec celle des puits. Cependant, elle utilise essentiellement l'eau de SODECI comme eau de boisson.

En ce qui concerne l'état de santé des populations, celui-ci est alarmant. Il y a une manifestation relativement importante de SPP (45 %) et de SD (36 %) dans la population avec une proportion importante dans les classes juvénile ([0-8 ans]) et active (> 18 ans). De plus, la densité élevée de la population dans les différentes concessions (17 personnes par concession) est propice à l'expansion de diverses maladies contagieuses.

Les regroupements des quartiers en fonction, d'une part, des méthodes d'assainissement, et d'autre part, des sources d'eaux indiquent dans chacun des cas, deux grands groupes. Le quartier Abattoir appartient dans ces deux cas au groupe le plus assaini et au groupe utilisant le plus l'eau de la SODECI.

Une sensibilisation des populations à leur hygiène est nécessaire pour améliorer leur cadre de vie, leur conseiller l'utilisation des moustiquaires imprégnées et de javel pour la désinfection/stérilisation des eaux. Par ailleurs, la détermination des qualités physico-chimiques et microbiologiques des eaux, s'avère nécessaire.

Remerciements

Nos remerciements aux étudiants de la Maîtrise des Sciences et Techniques de l'Eau de la promotion 2002-2003 dont le responsable de groupe était Koné Tiangoua pour leur importante contribution à l'enquête. Nous remercions le Professeur Savané Issiaka pour ses critiques.

Bibliographie

- Adams M. R., Moss M. O. (1995). Food Microbiology, Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Birley H. M., Lock K. (1999). The health impact of Peri-urban natural resource development. Cromwell Press, Trowbridge, Great Britain. 190 p.
- BNEDT (1984). Rapport d'étude sur l'assainissement des quartiers précaires d'Abidjan. Bureau National Etude Technique et de Développement, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- BNEDT (1988). Rapport d'étude sur l'assainissement des quartiers précaires d'Abidjan. Bureau National Etude Technique et de Développement, Abidjan, Côte d'Ivoire.

- BNETD (1995). Rapport d'étude sur l'assainissement des quartiers précaires d'Abidjan. Bureau National Etude Technique et de Développement, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Carr R. (2001). Excreta-related infections and the role of sanitation in the control of transmission. *Water Quality : Guidelines, Standards and Health*. WHO. Ed. Frewtrel L. and Bartram J., London, UK. ISBN : 1 900222 28, 89-113.
- Djaman J. A., Yapi A., Dje M. K., Diarra J. N., Guede-Guina F. (2001). Sensibilité in vitro à la chloroquine de *Plasmodium falciparum* à Abidjan. *Médecine d'Afrique Noire*. 48, 371-374.
- Ersey S. A., Feachem R. G., Hughes J. M. (1985). Intervention for the control of diarrhoeal diseases among young children: Improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bulletin of the World Health Organization*. 63, 753-772.
- Ersey S. A., Potash J. B., Robert L., Shiff C. (1991). Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*. 69, 609-621.
- Fricker J. (1993). Halte aux maladies diarrhéiques. *L'Enfant en Milieu Tropical*. 204, 68 p.
- Mara D. D., Feachem R. G. A. (1999). Water and Excreta-related diseases : Unitary environmental classification. *Journal of Environ. Eng.*
- Mampouya M., Wethé J., Afeiton P. (2001). Evaluation des conditions de vie et de la santé humaine dans les zones d'influence de l'écosystème crée par le barrage d'Itenga (Koupel, Itenga, Pouytenga) au Burkina Faso. Rapport de l'enquête sanitaire
- Murray C. J. L., Lopez A. D. (eds) (1996). *The Global Burden of Disease*, vol II, *Global Health statistics : A compendium of incidence, prevalence and mortality estimates for over 200 conditions*, Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, Cambridge, MA.
- OMS (1985). Manuel de l'aménagement de l'environnement en vue de sa démoustication., Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- OMS (1992). Evacuation des eaux de surface dans les communautés à faibles revenus. Organisation Mondiale de la Santé, Genève
- OMS (2000). Comité OMS d'experts du paludisme. Série de Rapports Techniques, 892, pp. 85
- OMS (2001). Roll Back Malaria-Faire reculer le paludisme. 25 avril journée africaine du paludisme. Organisation Mondiale de la Santé, Brazzaville.
- Peasey A. (2000). Health aspect of dry sanitation with waste reuse. *Well Study in Water and Environment* n° 324, <http://www.lboro.ac.uk/well/>.
- Songsore J., McGranaham G. (1993). Environment, wealth and health : Toward an analysis of intra-urban differential within the Greater Accra Metropolitan area, Ghana. *Environment and Urbanization*. 5, 10-34.
- Strauss M., Heinss U., Montangero A. (2000). On-site sanitation : When the pits are full. Planning for resource protection in faecal sludge management. *Proceedings, Int. Conference, Bad Elster, 20-24 Nov. 1998*. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 105: *Water, Sanitation & Health – Resolving Conflicts between Drinking-Water Demands and Pressures form Society's Wastes* (I. Chorus, U. Ringelband, G. Schlag and O. Schmolli, eds.). IWA Publishing House and WHO Water Series. ISBN No. 3-932816-34-X.
- U. S. EPA. (1994). Guide to Septage Treatment and Disposal. EPA Office of Research and development. Washington, D.C. EPA/625/R-94-002.
- UNPD (1998). World Population Nearing 6 Billion Projected Close to 9 billion by 2050. New York, United Nation Population Division, Department of Economic and Social Affairs (Internet Communication of 21 September, at www.popin.org/pop98/lhtm).
- WHO (2000a). *Global Water Supply and Sanitation Assessment*. World Health Organization, Geneva.
- WHO (2000b). *The World Health Report 2000-Health System: Improving Performance*. World Health Organization, Geneva.

L'ÉTAT VIERGE : un support de mesure de la biodiversité

Par Olfa Khazri¹ et Pierre Lasserre², ¹ Ph. D. en sciences économiques, Université du Québec à Montréal, ² Professeur au Département des sciences économiques, Université du Québec à Montréal, CIRANO, Courriels : khazri.olfa@courrier.uqam.ca / lasserre.pierre@uqam.ca

Résumé : Mesurer la biodiversité constitue une tâche de première importance, compte tenu de l'ampleur actuelle du changement environnemental et climatique, et des destructions dues à l'activité humaine. Les mesures de la biodiversité forment des indicateurs de suivi pour les politiques économiques et sociales. Elles doivent être pertinentes, claires et objectives. Il existe deux approches principales de mesure de la biodiversité : l'approche écologique/biologique et l'approche économique, qui définissent la biodiversité différemment et fondent leur mesure sur des propriétés différentes. Dans un but de conciliation, nous proposons de se baser sur l'état naturel pour juger de l'état de la biodiversité. Plus précisément, nous suggérons de prendre l'état vierge d'un écosystème (p. ex. : la forêt) comme fondement pour définir son état le plus désirable de biodiversité.

Mots clés : Biodiversité, état vierge, indices écologiques, indices économiques.

Abstract: Biodiversity measurement is becoming more and more crucial as climatic and environmental change and the destruction of habitats due to human activities proceed. Measurements of biodiversity are used as indicators for social and economic politics. These measures must be pertinent, clear and objective. There are mainly two approaches for biodiversity assessment: the ecological/biological approach and the economic approach. These two approaches define biodiversity differently since each one uses different properties to base its assessment. With an objective of conciliation, we propose to use the natural state to judge the quality of the observed state of biodiversity. Precisely, we suggest considering the virgin state of one ecosystem (e.g. the forest) as a basis for measuring its most desirable state of biodiversity.

Key words: Biodiversity, virgin state, ecological index, economic index.

Introduction

L'activité humaine n'a cessé d'évoluer au cours des derniers siècles. Cette évolution a modifié la nature, suite à l'apparition de perturbations climatiques (réchauffement de la planète), à la destruction de certains habitats naturels et à l'extinction de plusieurs espèces.

À titre d'exemple, la déforestation des forêts tropicales, qui hébergent entre 50 % et 90 % du total des espèces vivantes (Saphores et Bakshi, 2003), a engendré une perte de 17 millions d'hectares par année (F.A.O.¹, 1993). À ce rythme, Soulé et Sanjayan (1998) prévoient la disparition de 50 % des espèces tropicales au cours des prochaines décennies.

Les autorités publiques tentent de remédier à ces problèmes : l'intégrité des écosystèmes et la conservation de la diversité biologique (biodiversité) constituent donc certaines de leurs priorités. En effet, une riche biodiversité offre des bénéfices directs (production agricole diversifiée) et indirects (qualité environnementale élevée) multiples à la société. En outre, elle garantit des ressources futures d'innovation, notamment à l'industrie pharmaceutique (Craft et Simpson, 2001).

Maguran (1988, p. 101) affirme l'existence d'une corrélation entre la diversité biologique et la qualité de l'air : un taux élevé de pollution crée une baisse de la biodiversité naturelle. Ainsi, entre autres fonctions, la mesure de la biodiversité permettra d'évaluer les conditions environnementales et écologiques. C'est à partir des années 1980 que différentes mesures de la biodiversité ont été préconisées, autant dans la littérature écologique que dans la littérature économique. Mais cette multitude de mesures écologiques et économiques est caractérisée par une disparité entre deux approches. La raison en est que la biodiversité est définie d'une façon différente par deux écoles de pensée.

Selon Maignan *et al.* (2003), les indices écologiques évaluent la biodiversité par le nombre et par l'abondance des espèces ; une espèce plus abondante contribue davantage à la valeur de la biodiversité, comparativement à une espèce rare. Des notions telles que la dissimilarité entre les espèces sont ignorées par cette approche écologique. Pour remédier à cette insuffisance, les mesures économiques de la biodiversité basées sur les travaux de Weitzman (1992, 1993) tentent d'intégrer les attributs propres à une espèce à l'évaluation de la biodiversité. En effet, la diversité est évaluée par rapport aux différences génétiques entre les espèces ; une espèce est mieux évaluée si elle se distingue par rapport aux autres. Ainsi, une politique optimale de conservation consistera à retenir un ensemble d'espèces différentes les unes des autres.

¹ Food and Agriculture Organization.

$\alpha = 0$	$D_0 = D_0(n, d) = n$	<i>richesse pure des espèces</i>
$\alpha \rightarrow \infty$	$D_\infty = D_\infty(n, d) = \frac{1}{d_1}$	<i>Indice de Berger-Parker</i>
$\alpha = 2$	$D_2 = D_2(n, d) = \frac{1}{\sum_1^n d_i^2}$	<i>Indice de Simpson</i>
$\alpha = 1$	$D_1 = \exp^H,$ $H = - \sum_1^n d_i \ln d_i$	<i>Indice de Shannon-Weaver</i>

Tableau 1. Les principaux indices écologiques. Source : Berger et Parker (1970); Simpson (1949); Shannon (1948); Wiener (1961)

Ces approches supposent une connaissance parfaite du nombre et des particularités des espèces existantes, alors que la controverse avec la biodiversité provient de l'information incomplète et de l'incertitude concernant son évolution future. Cette incertitude peut engendrer une mauvaise évaluation de la diversité biologique.

Mais si l'état vierge (naturel) d'un écosystème est retenu comme référence de mesure, il semble évident que ce risque se trouve alors fortement amoindri. En effet, dans ce cas, une politique de conservation optimale consistera à retenir une espèce à l'état vierge dans l'écosystème tant qu'elle existera. Ainsi, une valeur de réserve est attribuée aux espèces qui continuent à coexister, même si elles sont semblables. D'ailleurs, Fromm (2000) affirme que chaque espèce possède un vecteur spécifique de caractéristiques, donc de fonctions. En outre, Kassar et Lasserre (2004) démontrent, en utilisant une méthode d'options réelles, qu'il peut être optimal de conserver des espèces substituables, même celles qui ne sont pas utilisées immédiatement.

Cet article suggère d'aborder la biodiversité en tenant compte de son état naturel. Dans un premier temps, nous exposons les principales mesures de la biodiversité élaborées jusqu'ici, que nous appelons « mesures traditionnelles ». Nous constatons que ces mesures peuvent ne pas être adéquates par rapport aux nouveaux enjeux de la biodiversité. Par conséquent, nous présentons, à la section 2, une mesure de biodiversité basée sur l'état naturel des écosystèmes, mesure où la biodiversité est

considérée dans son ensemble (écosystème, espèces et interaction entre eux). Enfin, nous terminons par une courte conclusion.

Les mesures traditionnelles de la biodiversité

Les mesures écologiques

Baumgartner (2002a) démontre que les indices écologiques de mesure de la biodiversité se résument par l'expression suivante :

$$D_\alpha(n, d) = \left(\sum_{i=1}^n d_i^\alpha \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad \alpha \geq 0, \quad (1)$$

où n représente le nombre total des espèces existantes, et, d_i (pour tout $i = 1, \dots, n$) est l'abondance relative de chaque espèce i . Elle est égale au rapport de la biomasse de l'espèce i , a_i , sur la biomasse totale de toutes les espèces :

$$d_i = \frac{a_i}{\sum_1^n a_i}$$

avec,

$$\sum_1^n d_i = 1$$

L'abondance d'une espèce est nulle, $d_i = 0$, si l'espèce i est absente du système écologique.

Le tableau suivant présente les principaux indices écologiques dérivés de l'équation (1) selon la valeur du paramètre α .

Pour $\alpha = 0$, on a $D_\alpha(n, d) = n$; c'est le nombre total des différentes espèces existantes, qu'on appelle la « richesse pure des espèces ». Malgré sa simplicité, cette mesure a l'inconvénient d'autoriser le même poids pour toutes les espèces, même si leurs abondances relatives sont différentes. Dans ce cas, plus le nombre d'espèces est élevé, mieux la biodiversité est évaluée. Mais que dit-on si l'écosystème naturel est pauvre, comme dans le désert ?

Quand $\alpha \rightarrow \infty$, nous trouvons l'indice de Berger et Parker ; c'est l'inverse de l'abondance relative de l'espèce la plus abondante¹. Du fait qu'il ne tient compte que de cette espèce, cet indice ne peut être représentatif de la biodiversité souhaitée d'un écosystème doté d'une variété d'espèces.

Le troisième indice, $D_2(n, d) = 1 / \sum d_i^2$ pour $\alpha = 2$, et le quatrième indice donné par $D_1(n, d) = - \sum d_i \log d_i$ pour $\alpha = 1$ sont plus complets en ce qui a trait à la liste des espèces. Baumgartner (2002b) démontre que l'indice de Simpson ($\alpha = 2$) est moins sensible aux variations des faibles abondances relatives, et que l'indice de Shannon-Weaver ($\alpha = 1$) est fortement sensible aux variations des faibles abondances relatives.

On note que plus la valeur de α est élevée, plus le poids est accordé aux espèces les plus communes ayant une abondance relative élevée.

Ces indices ne décrivent pas les interactions existantes entre les espèces. Aussi ont-ils en commun de ne pas être complets en ce qui concerne les particularités de chaque espèce. Pour remédier à cette insuffisance, des études économiques ont introduit des fonctions de dissimilarité des espèces dans la mesure de la biodiversité.

Les mesures économiques

Différents travaux économiques (p. ex. : Nehring et Puppe [2002], Solow *et al.* [1993]) portent sur l'évaluation de la biodiversité. Mais la référence de base de ces travaux est formulée par Weitzman (1992, 1993). Il s'agit d'une mesure de la biodiversité, $D(S)$, d'un ensemble S exprimée par la distance, ou la dissimilarité $d(j, k)$, entre chaque paire d'espèces $\{j, k\}$ de l'ensemble S . Supposons qu'on a un sous-ensemble non vide Q de S et un autre Q' qui contient l'espèce

i , tel $i \notin Q$. Weitzman compare la diversité de Q à celle de Q' , en mesurant la dissimilarité entre l'espèce i et l'ensemble Q par la fonction suivante :

$$\delta(i, Q) = \min_{j \in Q} d(i, j).$$

La valeur de la biodiversité de l'ensemble Q est ensuite calculée au moyen d'un algorithme récursif, en commençant par une valeur initiale arbitraire, D_0 , d'un ensemble qui ne comprend qu'une seule espèce. Alors, pour toute espèce i de S et non incluse dans Q , on obtient :

$$D(Q \cup \{i\}) = D(Q) + \delta(i, Q)$$

Cette mesure de biodiversité dépend de la séquence d'introduction des espèces pour construire l'ensemble S (Baumgartner, 2002b). En outre, cette méthode semble favoriser la diversité des espèces plutôt que leur conservation en fonction de leur interaction naturelle. Selon cette approche, mieux vaut avoir un poisson et un gorille qu'un singe et un gorille, puisque la dissimilarité entre les deux premiers est supérieure à celle entre les deux derniers. Mais la nature de l'écosystème considéré permet-elle une telle cohabitation ?

À l'issue de cet exposé sur les mesures écologiques et économiques de la biodiversité, nous concluons qu'il n'existe pas de consensus en ce qui concerne la meilleure mesure à adopter. Pour remédier à cette divergence de points de vue, nous proposons de décrire l'état de la biodiversité d'un écosystème sur la base d'un *seuil* préétabli. Une telle démarche permettra d'unifier la valeur optimale de la biodiversité souhaitée pour chaque écosystème examiné.

Une mesure de la biodiversité basée sur l'état naturel

Le seuil optimal de la biodiversité que nous proposons est l'état naturel de la diversité biologique d'un écosystème donné. Ainsi, les différences et la dynamique intérieure des écosystèmes seront prises en compte lors de l'évaluation de la biodiversité. Par exemple, un nombre faible d'espèces peut être préféré à un nombre élevé, si l'état vierge de l'écosystème ne contient que quelques espèces, comme pour le cas du désert ou du pôle Nord. Il s'agit de considérer le système écologique dans sa totalité et d'abandonner l'hypothèse de la substituabilité entre les espèces.

Ainsi, pour chaque écosystème, la valeur de la biodiversité optimale est égale à sa valeur intrinsèque liée à son état vierge. Cette valeur diminue suite à l'intervention humaine, qui modifie la distribution et la liste des espèces. La mesure exprimée dans l'expression suivante décrit cette intuition.

¹ On suppose que les abondances relatives ont des indices selon un ordre décroissant, tel que $d_i > d_{i+1}$ pour tout $i = 1, \dots, n$.

$$\begin{aligned}
 & B(s; s^*, BiomT, BiomT^*) \\
 &= \left(-\sum_1^n s_i^* \log s_i^* \right) \frac{-\sum_1^n \left(\frac{s_i}{s_i^*} / \sum_1^n \frac{s_i}{s_i^*} \right) \log \left(\frac{s_i}{s_i^*} / \sum_1^n \frac{s_i}{s_i^*} \right) BiomT}{\log n} \frac{BiomT}{BiomT^*} \\
 &= \phi \frac{-\sum_1^n \pi_i \log \pi_i}{\log n} \frac{BiomT}{BiomT^*} \\
 &= \phi \frac{\theta}{\log n} Q
 \end{aligned}$$

Le vecteur $s^* = (s_1^*, \dots, s_n^*)$ est le vecteur des parts relatives à l'état vierge de biomasse des n espèces, pour $i = 1, \dots, n$, en pourcentage de la biomasse à l'état vierge de toute les espèces $BiomT^*$. Ainsi,

$$s_i^* = b_i^* / BiomT^* \quad \text{et} \quad \sum_i s_i^* = 1.$$

b_i^* est la biomasse de l'espèce i à l'état naturel. Le vecteur $s = (s_1, \dots, s_n)$ est celui des distributions non vierges où $s_i = b_i / BiomT^*$ avec b_i la biomasse non vierge de l'espèce i . Nous adoptons la définition de Weitzman (2000) de la biomasse ; c'est le poids total de la matière organique associé à un groupe d'espèces donné. Soulignons que nous utilisons la biomasse et non le nombre d'espèces pour caractériser leur présence. La raison en est qu'il existe des espèces qui sont très différentes par la taille (p. ex. : insectes et gros animaux). Pour ces espèces, le simple décompte de leur nombre peut induire en erreur, car il ne permet pas de cerner la présence relative de chaque espèce par rapport à l'autre.

La valeur intrinsèque vierge de la biodiversité d'un écosystème est donnée par l'expression $\theta = -\sum_i s_i^* \log s_i^*$, qui est atteinte si l'exploitation de l'écosystème ne modifie pas son état vierge. Cette exploitation est exprimée par l'expression θ , qui sera égale à $\log n$ si $s_i = s_i^*$ pour toute espèce i^2 . Plus l'exploitation diverge de l'état naturel, plus θ est faible, et la valeur de la biodiversité également faible.

La mesure de la biodiversité donnée par l'expression (2) permet de comparer la diversité biologique observée d'un écosystème à la biodiversité qui aurait pu exister s'il avait été maintenu à son état vierge. Elle favorise la conservation des espèces, qui diminue l'effet de l'incertitude concernant leur utilité future. Même si des milieux naturels, tels que des forêts vierges, ne cessent de disparaître (suite à un phénomène naturel d'extinction ou à l'intervention humaine), de sorte que des espèces qui étaient présentes initialement deviennent méconnues, il est recommandé de retenir l'état actuel observé comme étant celui de référence, afin d'arrêter la perte d'espèces et de maximiser les gains futurs. En outre,

² Pour plus de détails, voir Khazri et Lasserre (2004).

cette méthode, qui consiste à comparer la biomasse observée de chaque espèce à sa biomasse à l'état vierge, permet à cette mesure d'être appliquée à plusieurs échelles de tailles d'individus (p. ex. : insectes contre mammifères), de formes de vie (p. ex. : plantes contre animaux) ou à plusieurs échelles spatiales (p. ex. : pays contre localités).

Conclusion

Dans le but de guider les politiques économiques, une abondante documentation sur les mesures de la biodiversité s'est créée. Néanmoins, le rôle de cette documentation demeure limité, pour des raisons telles que la complexité des indices présentés ou l'absence de référence indiquant la valeur optimale souhaitée.

Actuellement, la gestion du développement durable, notamment en milieu forestier, vise le maintien ou l'établissement de l'organisation naturelle (vierge) des espèces animales et végétales. La biodiversité est définie comme étant la « *variété et la variabilité naturelle entre les organismes vivants, les complexes écologiques dans lesquels ils apparaissent, et, la façon dont ils interagissent entre eux et avec le milieu physique* »³, Putz et al. (2002).

En partant de cette intuition, nous avons présenté un indice permettant de juger la biodiversité par comparaison à son état vierge. Il favorise la conservation des espèces naturelles pour bénéficier de leur valeur directe, indirecte ainsi que de leur valeur d'existence.

Bibliographie

- Baumgartner, Stefan (2002a) "Diversity as a Potential for Surprises. An Information Theoretic Measure of Effective Product Diversity" mimeo, University of Heidelberg, University of California.
- Baumgartner, Stefan (2002b) "Measuring the Diversity of What? And for What Purpose? A conceptual comparison of ecological and economic measures of biodiversity" mimeo, University of Heidelberg, University of California.
- Berger, W.H. et F.L. Parker (1970) "Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep Sea Sediments" *Science* 168, 1645-1347.
- Craft, Amy B. et David R. Simpson (2001) "The value of Biodiversity in Pharmaceutical Research with Differentiated Products" *Environmental and Resource Economics* 18, 1-17.
- F.A.O. (1993) "Forest Resources Assessment 1990: Tropical Countries" *F.A.O. Forestry Paper* 112. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fromm, O. (2000) "Ecological Structure and Functions of Biodiversity as Elements of its total Economic Value" *Environmental and Resource Economics*, 16 (3), 303-28.
- Kassar, I. et P. Lasserre (2004) "Species preservation and biodiversity value: a real options approach" *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(2), 857-79.

³ "Biodiversity refers to the natural variety and variability among living organisms, the ecological complexes in which they naturally occur, and the way in which they interact with each other and with the physical environment."

- Khazri, O. et P. Lasserre (2004) "The Natural State as a Basis for Biodiversity Measurement", Working Paper, Département des sciences économiques, UQAM.
- Maignan, C., G. Ottaviano, D. Pinelli et F. Rullani (2003) "Bio-Ecological Diversity vs. Socio-Economic Diversity: A Comparison of Existing Measures" *Nota Di Lavoro* 13.
- Nehring, K. et C. Puppe (2002) "A Theory of Diversity" *Econometrica* 70, 1155-98
- Putz, Francis E., Kent H. Redford, John G. Robinson, Robert Fimbel et Geoffrey M. Blate (2000), "Biodiversity Conservation in the Context of Tropical Forest Management", The world Bank Environmental Department, paper 75.
- Saphores, J.D. et B. Bakshi (2003) "Forests, Biodiversity Conservation, and the Kyoto Protocol: Challenges and Opportunities" University of California.
- Shannon, C.E. (1948) "A mathematical theory of communication" *Bell System Technical Journal* 27, 379-423 et 623-656
- Simpson, E.H. (1949) "Measurement of diversity" *Nature* 163, 688.
- Solow, A., S. Polasky et J. Broadus (1993) "On the Measurement of Biological Diversity" *Journal of Environmental Economics and Management* 24, 60-68.
- Soulé, M.E. et M.A. Sanjayan (1998) "Conservation Targets: Do they Help?" *Science* 279, 2060-61.
- Weitzman, Martin L. (1992) "On Diversity" *The Quarterly Journal of Economics* 107, 363-405.
- Weitzman, Martin L. (1993) "What to Preserve? An Application of Diversity Theory to Crane Conservation" *The Quarterly Journal of Economics* 108, 157-183.
- Weitzman, Martin L. (2000) "Economic Profitability Versus Ecological Entropy", *The Quarterly Journal of Economics* 115, 237-63.
- Wiener, N. (1961) *Cybernetics*. MIT Press, Cambridge.

**DOSSIER : La biodiversité des océans: ses
différents visages, sa valeur et sa
conservation**

Rédacteurs associés à ce dossier:

Émilien Pelletier (UQAR, Canada),
Jozée Sarrazin (IFREMER, France)
Jean-Yves Weigel (IRD, Sénégal)

LES CORAUX PROFONDS : une biodiversité à évaluer et à préserver

Karine Olu-Le Roy, Département Etudes des Ecosystèmes Profonds, IFREMER Centre de Brest, BP 70-29280 PLOUZANE, France, Courriel : Karine.Olu@ifremer.fr

Résumé : L'exploration des fonds océaniques, notamment à l'aide des submersibles, a apporté ces dernières décennies un nouvel éclairage sur cette partie du globe, avec la découverte d'une diversité d'écosystèmes jusque là insoupçonnée. Des massifs de coraux, surtout connus des eaux chaudes et peu profondes des régions tropicales se développent à plusieurs centaines de mètres de profondeur le long des marges continentales. Ils servent de substrat, de refuge et de nourriture à de nombreux invertébrés et poissons, et sont à l'origine d'un écosystème riche dont la diversité et la complexité commencent tout juste à être étudiées. Malgré leur profondeur, ils sont soumis à l'impact des activités humaines, notamment la pêche par chalut qui a déjà détruit certains de ces "récifs" mais aussi la menace potentielle de l'exploration pétrolière.

La campagne CARACOLE, menée par l'Ifremer et regroupant des géologues et biologistes européens spécialistes de ces milieux, avait pour objectif la prospection par submersible filoguidé de plusieurs monts de coraux au large de l'Irlande. Elle a permis d'évaluer l'étendue des colonies de coraux, de caractériser la faune associée et de tester différentes hypothèses pour expliquer leur formation.

Mots clefs : coraux profonds, marges continentales, monts carbonatés, submersibles, pêche profonde, impact

Abstract : Submersible exploration of the deep-sea floor during the last decades revealed new insights in this part of our planet with the discovery of an unsuspected diversity of ecosystems. Coral reefs, confined in our mind to warm and shallow tropical waters, have been observed at several hundreds meter depth along continental margins. Like their tropical counterparts, cold water corals are home for several invertebrate and fish species. The diversity and complexity of this rich ecosystem has just started to be studied. Documented and potential treats by human activities including bottom fishing and petroleum industry activities have to be considered and there is an urgent need to prevent further degradation of these vulnerable reefs.

The objective of the CARACOLE cruise, lead by Ifremer and gathering geologists and biologists of several European countries, was to explore by robotic submersible several coral mounds off Ireland. This new approach revealed the real extent of the coral colonies, the diversity of the associated fauna and helped to test hypotheses to understand the mound formation.

Key words : cold water corals, continental margins, carbonate mounds, submersibles, deep bottom fishing, impact.

Les « coraux profonds », un écosystème particulier des marges continentales

L'exploration océanique à l'aide de submersibles, a bouleversé ces dernières décennies notre vision du domaine océanique profond. Celui-ci s'étend de la base du talus continental jusqu'aux plus grandes profondeurs et recouvre près de 307 millions de kilomètres carré, soit 80% de la superficie des fonds marins et près de 65% de la surface du globe. Au delà des fonds abyssaux peuplés d'animaux de petite taille très diversifiés mais présentant de très faibles biomasses (quelques mg à quelques g/m²), les engins habités puis filoguidés (ROVs) ont permis de découvrir des écosystèmes à faible diversité peuplés d'espèces pour la plupart endémiques. Ces écosystèmes produisent, par chimiosynthèse bactérienne, de très fortes biomasses (10 g à 5 kg/m² en poids sec pour des communautés de vers, jusqu'à 50 kg/m² pour des bivalves en poids frais avec coquilles). Dans le domaine océanique, deux environnements géologiques particuliers ont fait l'objet depuis les années 80 d'une exploration et d'une recherche accrue, il s'agit d'une part des dorsales océaniques et d'autre part des marges continentales. Ces structures géologiques sont le lieu de circulations de fluides émis par des cheminées hydrothermales pour les dorsales et par des

volcans de boue dans le cas des marges continentales. L'expulsion de fluides riches en composés chimiques réduits (méthane ou sulfure), sont utilisés par les bactéries chimioautotrophes à la base de ces productions de matière exceptionnelles.

L'exploration des marges continentales s'est fortement accrue ces dernières années, encouragée par l'industrie pétrolière attirée par le plus en plus profond, mais aussi par les questions liées à l'impact de la pêche profonde.

C'est alors que par le biais de programmes européens ou autres collaborations, les chercheurs biologistes et géologues se sont unis pour inventorier, caractériser, comprendre la formation et l'évolution des différents types d'écosystèmes des marges continentales. L'un d'eux, particulièrement riche, coloré, et sensible est formé par l'accumulation de coraux formant des monts de plusieurs dizaines de mètres de haut et centaines de mètres de diamètre, servant de substrat à de nombreux filtreurs, de refuge à de nombreuses espèces vagiles, dont les poissons profonds.

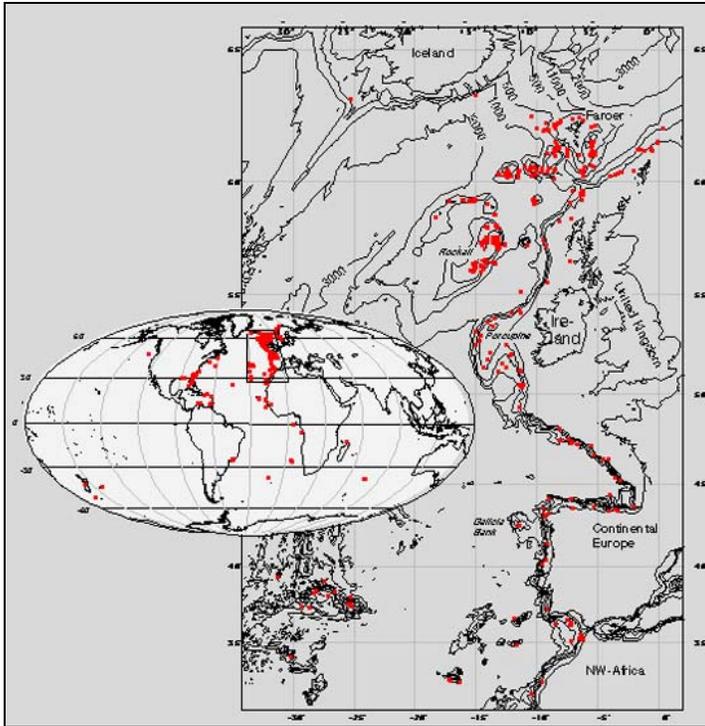


Figure 1. Distribution des récifs de coraux profonds dans l'Atlantique NE et dans l'Océan mondial (d'après Freiwald 1998).

Ces structures sont appelées selon les cas monts carbonatés, massifs de coraux ou encore récifs de coraux – dénomination autrefois réservée aux formations affleurantes, mais depuis 1996 en accord avec la directive européenne sur les habitats (concrétions biogéniques sur les fonds sous-marins et qui supportent une communauté d'organismes). On trouve ces monts, colonisés par des coraux profonds, sur la pente continentale (figure 1), à des profondeurs généralement comprises entre 500 à 1200 m. Les monts carbonatés et leurs colonies de coraux sont particulièrement abondants au large de l'Irlande (figure 2), au niveau du banc et du bassin de Porcupine (Monts Belgica et Hovland,) et du banc de Rockall (Monts Pelagia et Logatchev), et un peu plus au nord au large de l'Ecosse (Monts Darwin). Leur présence ne s'arrête pas à cette région, ils ont été récemment observé au large du Maroc, dans le Golfe de Cadix (Monts al Idrissi, Mercator), mais sont aussi signalés en Méditerranée le long de canyons ou dans le détroit de Gibraltar. De l'autre côté de l'Atlantique, des coraux profonds ont été récemment étudiés par des ROVs le long de la marge continentale de Nouvelle Ecosse au large du Canada (récif de Stone Fence), dans le Golfe du Mexique, au large de la Floride. Dans l'Atlantique Sud, des récifs sont plus ou moins bien décrits au large de la Mauritanie, de l'Angola et du Brésil. D'autres récifs de coraux profonds sont bien étudiés sur le plateau continental en mer de Norvège où la plus forte de densité de récifs connus à ce jour se situe entre 250 et 300 m de profondeur (récif de Sula) et dans les fjords (39m pour le moins profond). Enfin, des coraux profonds

colonisent des reliefs particuliers au milieu de l'océan tels les monts sous-marins dans les océans Pacifique et Atlantique, et même sur des structures artificielles telles des plate-formes pétrolières ou des épaves (Roberts 2002 ; Freiwald et al. 2004). Les écosystèmes de coraux profonds ne sont pas répartis au hasard sur le long des marges continentales et dans l'océan en général. La probabilité de les rencontrer est forte dans les zones où des reliefs particuliers interagissent avec des courants forts, pour produire d'une part des substrats durs colonisables et d'autre part une concentration élevée de particules nécessaires à la nutrition des coraux.

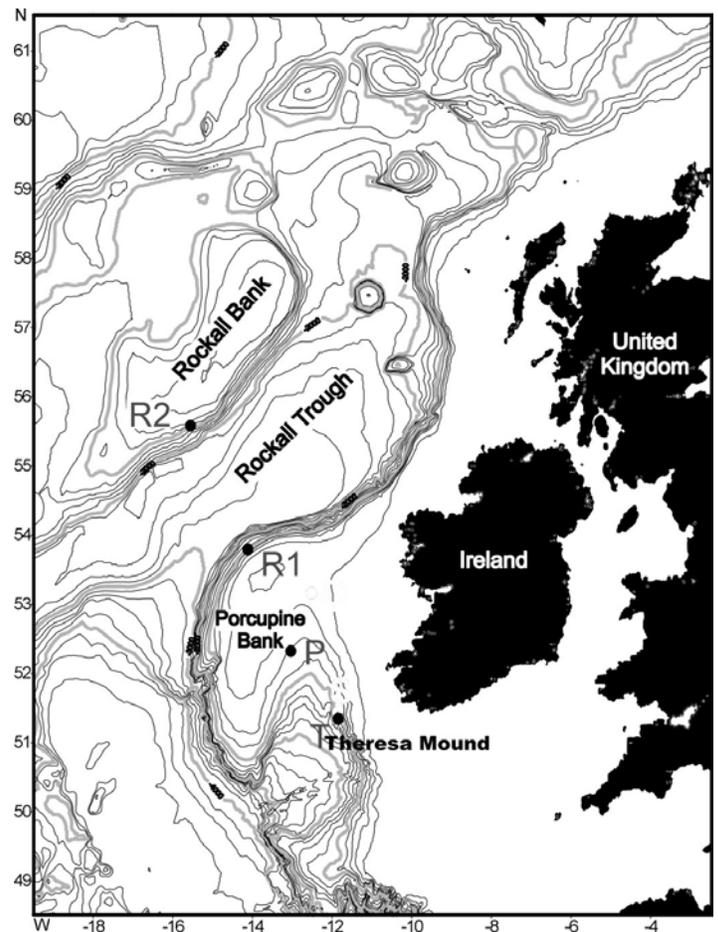


Figure 2. Monts prospectés au cours de la campagne CARACOLE (2001). Le Mont Thérèse le long du banc de Porcupine et le site R2 du banc de Rockall sont les plus riches en coraux vivants et autres invertébrés.

Depuis les expéditions du H.M.S. Challenger à la fin du 19^{ème} siècle, les naturalistes savent que des coraux vivent au de la Grande Bretagne et de la péninsule Ibérique. Ces observations ont été confirmées par les pêcheurs qui en remontent depuis longtemps dans leurs filets. Ces coraux profonds font partie des Cnidaires, Hexacoralliaires, Scleractiniaires ahermatypiques. *Lophelia pertusa* (figure 3) l'un des coraux d'eau profonde les plus fréquemment observé en Atlantique fut décrit par Linné en 1758.



Figure 3. *Lophelia pertusa*, Mont Thérèse, zone de Porcupine au large de l'Irlande. (Campagne CARACOLE). ©Ifremer.

Cette espèce, souvent associée à *Madrepora occulta*, ainsi qu'aux espèces solitaires *Desmophyllum cristagali* ou *D. dianthus*, domine largement dans l'Atlantique Nord, la Méditerranée et le Golfe du Mexique. Elle est associée à *Oculina varicosa* au large de la Floride. Ces coraux sont coloniaux et capables de construction massives, tout comme leurs homologues tropicaux, et à l'inverse de nombreuses espèces de coraux solitaires profonds. Ces récifs de coraux profonds, vivant dans l'obscurité, sont à bien des égards comparables aux coraux des eaux chaudes par leur organisation tri-dimensionnelle, leur fonction écologique, et leur mode de croissance (Rogers 1999). Cependant, contrairement à ces derniers, les coraux profonds ne sont pas associés en symbiose à des algues bleues microscopiques (les zooxantelles). Leur mode de nutrition regroupe probablement la filtration passive de particules et de plancton dans l'eau ainsi que la prédation active. En effet l'ingestion de petits crustacés a pu être observée in situ. La vitesse de croissance de ces coraux est difficile à établir. Une estimation réalisée à partir de coraux colonisant des structures artificielles donne des croissances comprises entre 5 et 26 mm/an (Roberts 2002, Freiwald et al. 2004). La croissance des coraux et le développement de colonies denses sur de grandes étendues est

possible grâce à des apports importants de nourriture dans les lieux particuliers où ils se développent. Des concentrations d'éléments nutritifs à une certaine profondeur et autour de reliefs semblent être liées à la présence de courants forts créés par des ondes internes de marée. En effet, des vitesses de courants de 40 cm par seconde ont été mesurées dans les provinces des monts des zones de Porcupine et de Rockall à l'Ouest de l'Irlande. L'intervalle de profondeur de développement des coraux coloniaux est assez étroit, puisque les coraux sont répartis entre 100 et 300m de profondeur en Norvège, et 600 à 1000 m à l'Ouest de l'Irlande. La température et la salinité peuvent jouer un rôle dans la distribution des coraux coloniaux profonds. Cependant les gammes de température (4 à 13°C) et de salinité (de 32 à 39‰) observées jusqu'à présent pour *Lophelia pertusa* sont assez larges. Enfin, un facteur crucial est la disponibilité d'un substrat dur, pré-requis pour l'installation des larves de coraux, et pour la formation de colonies après une ou deux décades. Alors que ces colonies continuent de croître par leur partie terminale, les parties basales et plus anciennes meurent et sont infestées par des organismes provoquant la bioérosion des squelettes, telles certaines éponges, à l'origine de l'accumulation de débris coralliens. Ainsi, se forment de véritables monts avec à la base l'accumulation des débris, puis des coraux morts et enfin au sommet des coraux vivants.

Les massifs de coraux sont de formes et dimensions variables. Le récif de Sula en Norvège, formé principalement par l'espèce *Lophelia pertusa*, s'étend sur 13 km de long et environ 500 m de large, et regroupe de nombreux massifs en bande ou collines, de 15 à 35 m de haut (Mortensen et al. 2001 ; Freiwald et al. 2002). Les monts de la zone de Porcupine peuvent atteindre 150 à 200 m de haut et 800 m de large (figure 4). D'autres probablement plus anciens, sont au contraire enfouis dans les sédiments et peuvent constituer des monts carbonatés fossiles.

La campagne Caracole avec le ROV Victor, a permis de visiter plusieurs monts à différents stades de leur développement (Huvenne et al., sous presse). Si certains comme le Mont Thérèse sont en pleine activité et largement colonisés par une faune abondante, d'autres sont plutôt dans une phase décroissante avec seulement quelques tâches de coraux isolés. D'autres monts, de très petites dimensions, ont été observés aux premiers stades, semble-t-il, de leur développement (figure 5). La durée de vie d'une colonie de *Lophelia* dont le nombre de polypes n'excède pas, d'après les observations, environ 20 polypes (Freiwald et al. 2004), et en supposant qu'un polype est généré par an, est estimée à 20 ans, soit 35 cm de haut sur le récif de Sula et 20 cm ou moins à l'Ouest de l'Irlande dans de bonnes conditions de croissance (Kaszemeik & Freiwald 2003).

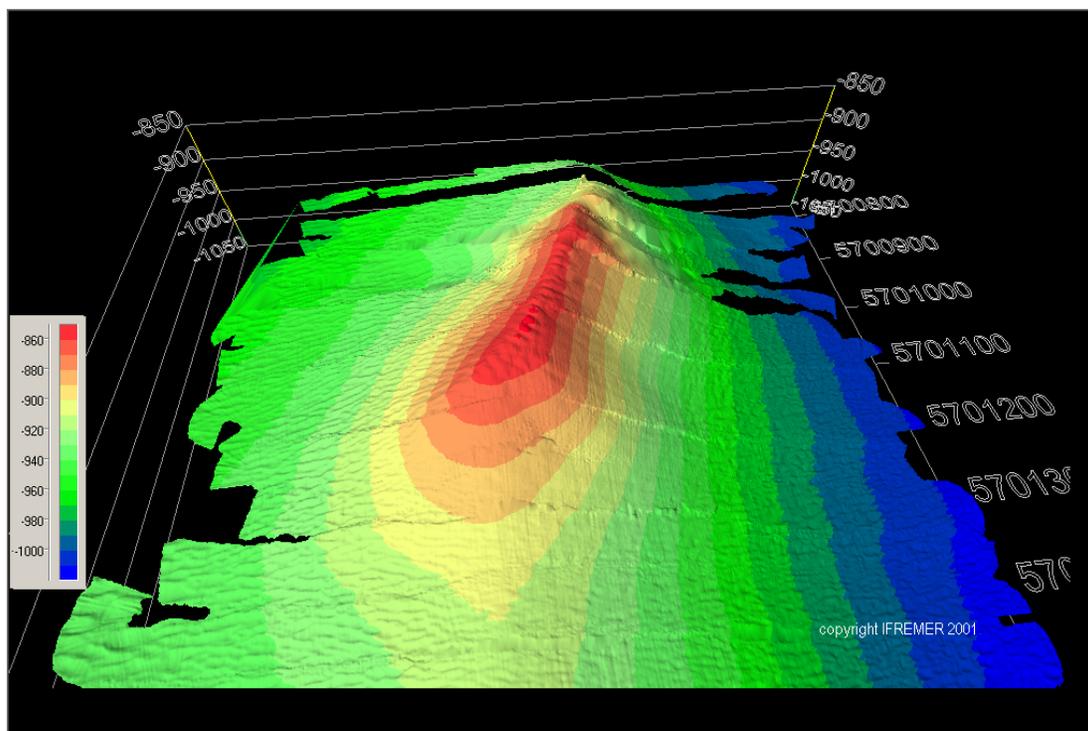


Figure 4. Microbathymétrie du Mont Thérèse réalisée avec le ROV Victor au cours de la campagne CARACOLE. Jan Opperbecke, ©Ifremer.

La formation des monts : « chutes de *dropstones* » ou fuites d'hydrocarbures ?

Si l'accumulation des squelettes engendre peu à peu de véritables monts sous-marins, qu'en est-il des premiers stades de l'installation de ces espèces ? Quel est et d'où vient le substrat dur nécessaire à leur installation ? Deux hypothèses s'affrontent et il est difficile de trancher. La première suppose un lien direct ou indirect avec les émanations d'hydrocarbures. En effet des indices géologiques de la présence d'hydrocarbures, de structures d'échappement de gaz ou pockmarks (Hovland 1990, Hovland & Risk 2003), ou d'hydrates de méthane (Henriet et al 1998) ont été observés dans les zones colonisées par les coraux. Les monts Darwin au large de l'Écosse sont probablement des volcans de sable formés par des échappements de fluides. Cependant, dans les zones de Porcupine et Rockall, l'analyse de l'eau réalisée au cours de la campagne CARACOLE, n'a pas détecté la présence d'hydrocarbures, même du plus léger d'entre eux, le méthane, dans l'environnement actuel des coraux. Par contre, au large de l'Angola, des indices de suintements de fluides ont été observés autour des monts formés par les coraux (Dekindt et al. 2001). Mais l'on a pu vérifier par des analyses isotopiques des tissus des coraux, que ces derniers ne se nourrissent pas de matière organique issue de chimiosynthèse bactérienne, utilisant le méthane comme source d'énergie. Les massifs de coraux ne semblent donc pas être actuellement soutenus d'un point de vue

nutritionnel par des émissions de méthane ou d'hydrocarbures. Cependant, les fluides froids riches en méthane sont à l'origine de précipitation de carbonates (Aloisi et al., 2002) et peuvent former des encroûtements suffisamment développés pour servir de substrat pour l'installation des premiers coraux à la base du massif.

La seconde hypothèse fait intervenir la présence de *dropstones* qui sont des blocs de roche, transportés à la base des icebergs à la fin de la dernière glaciation. Lors de leur migration et de leur fonte, les icebergs, auraient largué ces blocs de roches dans certaines zones du nord de l'Atlantique, favorisant par la suite la colonisation par les larves de coraux sur ce substrat dur. Sur la crête de Sula en mer de Norvège les premières larves de coraux semblent s'être fixées dans les sillons laissés par le retrait des icebergs géants à la fin de la dernière glaciation. Les estimations de croissance et la datation radio-isotopique montrent que les bancs de coraux s'y formèrent, il y a 8 000 ans, soit 4 000 ans après le retrait des derniers glaciers. Cette hypothèse ne peut cependant pas être appliquée au cas de coraux profonds en zone équatoriale, tels ceux situés au large de l'Angola.

Enfin, selon une revue récente de ces écosystèmes, publiée dans un rapport pour l'UNEP par Freiwald et al. (2004) la présence de courants de fond très puissants empêcheraient le dépôt des sédiments et créaient ainsi des substrats durs (*hard ground*)

favorables à la colonisation par les coraux. Néanmoins, ces fonds indurés se forment principalement sur des reliefs topographiques préexistants tels les *seamounts*, monts sous-marins d'origine volcanique. Des massifs de coraux sont également présents dans des zones étroites d'accélération des courants tels les détroits (détroit de Floride, de Gibraltar), fjords (Scandinavie, Nouvelle Zélande), ou canyons. La présence d'eaux riches en nutriments, phyto- et zooplancton et la concentration autour des ces reliefs est la source majeure de nourriture pour les coraux et les espèces associées.



Figure 5. Les Monts Moira, à proximité du Mont Thérèse (banc de Porcupine), représentant un stade précoce d'installation des coraux (campagne CARACOLE). ©Ifremer

Les monts du bassin de Porcupine que nous avons étudiés au large de l'Irlande, semblent avoir une origine lointaine, avec une genèse initiale pouvant être en relation avec la présence d'hydrocarbures, mais un contrôle de la circulation océanique des apports en nutriments dans les temps géologiques récents (De Mol et al. 2002). Les monts ne semblent pas entièrement constitués de l'accumulation successive de squelettes calcaires que l'on observe en surface le long de leurs flancs (figure 6). Les monts se seraient développés entre la fin du Pliocène (1,8 à 2 millions d'années) et les sommets sont tous d'âge Holocène (environ 10 000 ans) avec une épaisseur de sédiments de 10 m déposés à cette période (Franck et al. 2004). Les phases de croissance corallienne intense auraient alterné avec des périodes de moindre croissance, en liaison avec des variations dans l'intensité des courants et dans l'épaisseur des dépôts de sédiments. Les datations indiquent aussi que les coraux ne pousseraient que pendant des périodes climatiques chaudes c'est à dire les périodes interglaciaires.

Ces coraux profonds existent depuis bien plus longtemps. Des monts fossiles récoltés en Nouvelle Zélande et en Antarctique

sont anciens de 20 à 50 millions d'années (et même au Dévonien). Au large de la Floride, l'installation des récifs actuels se fait sur des récifs fossiles formant des rides consolidées appelées lithohermes dont l'abondance est estimée à 40 000 dans cette zone du Détroit de Floride et du Plateau de Blake (Paull et al. 2000).

La faune associée

Les communautés animales associées aux coraux profonds sont spectaculaires par leur couleurs et par la densité d'organismes de grande taille (mégafaune), qui contraste fortement avec le milieu sédimentaire environnant (figure 7). Les coraux, vivants ou morts, ou même les débris qu'ils forment par la suite, servent de substrat à de nombreuses espèces sessiles, généralement filtreurs, et de nourriture ou d'abris à des espèces vagiles telles les échinodermes, gastéropodes ou poissons. Sur le récif de Sula en Norvège, à chaque niveau d'un mont, (coraux vivants, morts, débris) est associée une communauté d'organismes. Dans les zones de Porcupine et Rockall, les grands filtreurs telles gorgones et spongiaires abondent, surtout dans les zones de coraux morts pour les éponges.

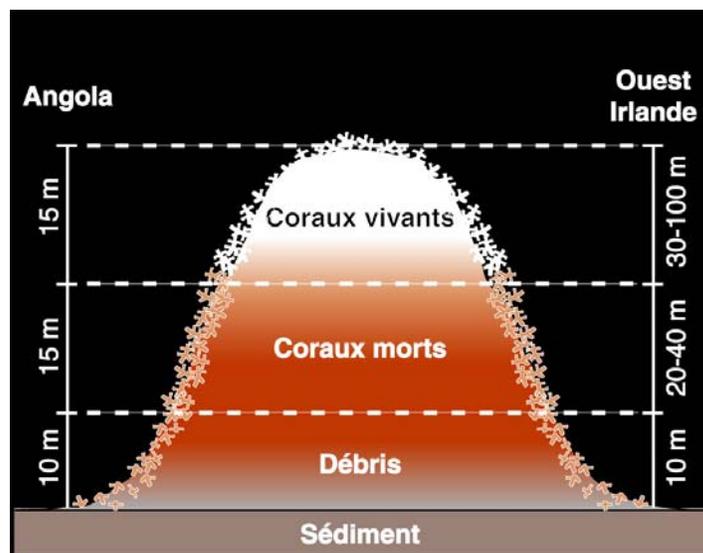


Figure 6. Schéma d'un mont carbonaté colonisé ou formé par les coraux, montrant la succession de faciès observée en surface, avec différentes épaisseurs selon la zone étudiée, à l'Ouest de l'Irlande (Mont Thérèse, 800m, campagne Caracole) et au large de l'Angola (300m, campagne Biozaïre).



Figure 7. Diversité de la mégafaune (faune visible sur les photos et vidéo, de taille supérieure à 1-2 cm) sur le Mont Thérèse, les parties vivantes du corail *Lophelia pertusa* sont rosées ; la grande gorgone orangée est la plus commune, anthipataires (rosés, orangés), éponges *Aphrocallistes* (glass sponge), oursins Cidaridae avec de longs piquants.

Dans ces zones, nous avons pu observer et prélever, au cours de la campagne CARACOLE, le corail solitaire *Desmophyllum dianthus* (Zibrowius, comm. Pers.) plusieurs octocoralliaires, notamment une grande gorgonaire dans les zones de coraux vivants, et des anthipataires, ainsi que les spongiaires tels l'hexactinellide de grande taille *Geodia* sp. ou une espèce d'*Aphrocallistes* (J. Vacelet, obs. pers.) en très grandes densités sur le mont Thérèse du banc de Porcupine (figure 7). Cette espèce, par son squelette calcaire, participe probablement à la formation des récifs. Les actiniaires sont également très abondants. Nous avons curieusement pu observer, au cours de cette campagne, des différences dans la composition faunistique des différentes provinces de monts prospectées, pourtant proches de quelques centaines de miles et aux mêmes profondeurs (600-100m). Parmi les espèces vagiles, quelques crustacés dont les galathées, des échinodermes (oursins, astérides, crinoïdes, et ophiurides), gastéropodes abondent plutôt dans la partie vivante du récif (figure 8). Certaines espèces vivent en association intime avec le corail, tel le polychète du genre *Eunice* qui vit en symbiose avec *Lophelia pertusa* ou des foraminifères parasites. Certaines espèces, mises en évidence sur les coraux norvégiens, incluant spongiaires et bryozoaires et même champignons incrustent les squelettes et participent à la bioérosion des récifs (Freiwald et al. 2004). Peu de prédateurs sont connus, à l'exception de l'astéride *Porania* sp. (figure 8) qui semble se nourrir des polypes des coraux, à l'instar des *Acanthaster* tropicales, véritables destructrices de récifs.

Dans le récif de Sula au large de la Norvège, les coraux morts et vivants sont colonisés par gorgones, bivalves (*Chlamys* sp.), brachiopodes, ascidies, éponges, et poissons.

La diversité spécifique de la mégafaune estimée par un indice de diversité est, pour les colonies de coraux vivants et morts au large de la Norvège est trois fois supérieure à celle observée dans les débris et les sédiments environnants (Mortensen et al. 1995). Les premiers indices calculés pour le Mont Thérèse sont du même ordre de grandeur. Cependant, les 36 taxons de mégafaune identifiés par le ROV (19 au large de l'Irlande) semblent faibles par rapport à la centaine d'espèces identifiées à partir de chaluts effectués à une profondeur de 1800 m dans l'Atlantique NW (Nybakken et al. 1998) ou dans l'Atlantique tropical. La densité (8-10 ind./10m²) est 4 à 5 fois supérieure à celle des sédiments environnants en Norvège, une densité équivalente a été estimée sur le Mont Thérèse, alors que des observations par ROV à profondeurs similaires dans l'Atlantique NW indiquent 10-20 ind./100m², ce qui est d'un ordre de grandeur inférieur. En première estimation, la mégafaune des récifs de coraux profonds semblent plutôt faiblement diversifiée par rapport à celle des milieux sédimentaires à même profondeur, mais présente une biomasse d'un ordre de grandeur supérieure. Ces premières tendances reposent sur ces études encore ponctuelles et nécessitent d'être confirmées par des études plus complètes.

Par ailleurs, quelques dizaines d'espèces de mégafaune observées et récoltées dans les communautés de coraux profonds paraissent bien peu nombreuses comparées aux centaines d'espèces de crustacés, échinodermes, poissons des récifs tropicaux. Ceci est à mettre en parallèle avec seulement 6 espèces de coraux constructrices de récifs profonds contre plus de 800 en milieu tropical dans la province indo-pacifique ou une centaine dans les Caraïbes. Une diversité de la mégafaune basées sur l'exploitation de données vidéo est à compléter par des prélèvements et observations en détail de la structure tri-dimensionnelle des récifs. Cette structure joue probablement le rôle de nurseries pour certaines espèces de poissons, et reste à étudier.

Par ailleurs, la faune de plus petite taille, macrofaune (250 microns à 1cm) et méiofaune (63 à 250 microns) est très peu connue. Une étude en cours, dans le cadre du programme européen ACES a déjà identifié 1317 espèces dans les récifs à *Lophelia* de l'Atlantique NE (Freiwald et al. 2004). Mais de nombreux groupes n'ont pas encore été étudiés par les spécialistes et la liste est incomplète.

Coraux et pêche profonde

De nombreux poissons ayant une importance commerciale ont été observés sur les récifs de coraux froids, incluant une douzaine d'espèces très importantes pour la pêche (brosme, morue, hoplostèthe ou empereur, baudroie, sébaste, lieu noir), ainsi qu'une dizaine moins pêchées mais également commercialisées (lingue bleue, grenadier, Beryx).

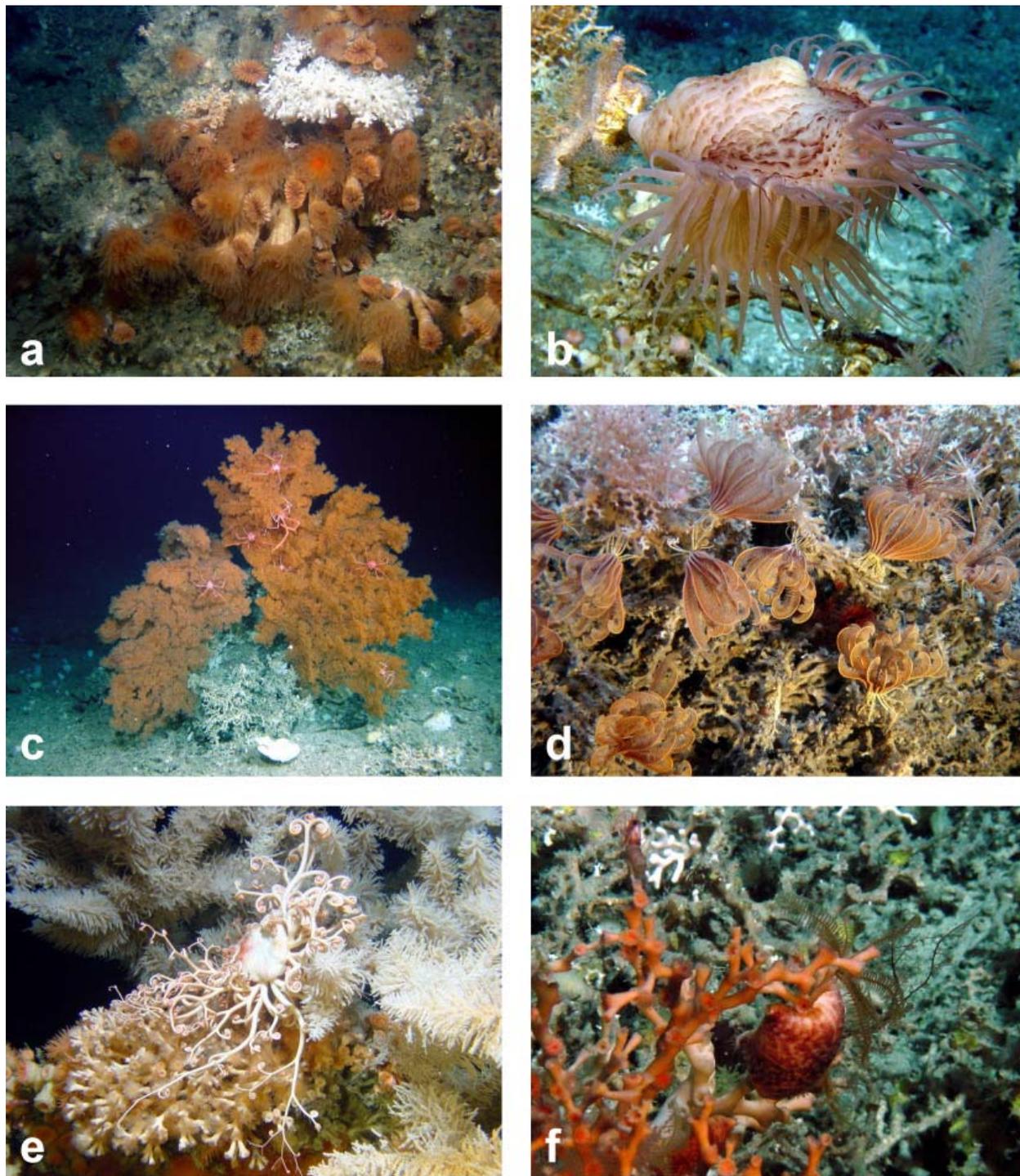


Figure 8. Mégafaune des massifs de coraux des monts des zones de Porcupine et Rockall : a) Corail solitaire *Desmophyllum dianthus*, sp. ; b) Actiniaire ; c) Anthipataire (*Anthipathes* sp.) et galathées (*Munida* sp.) ; d) Crinoïdes sur squelettes de *Lophelia* ; e) Ophiure *Gorgonocephalus* sp. sur *Lophelia pertusa*, et anthipataire blanc ; f) Astéride *Porania* sp. sur *Lophelia*. (photos campagne Caracole).©Ifremer

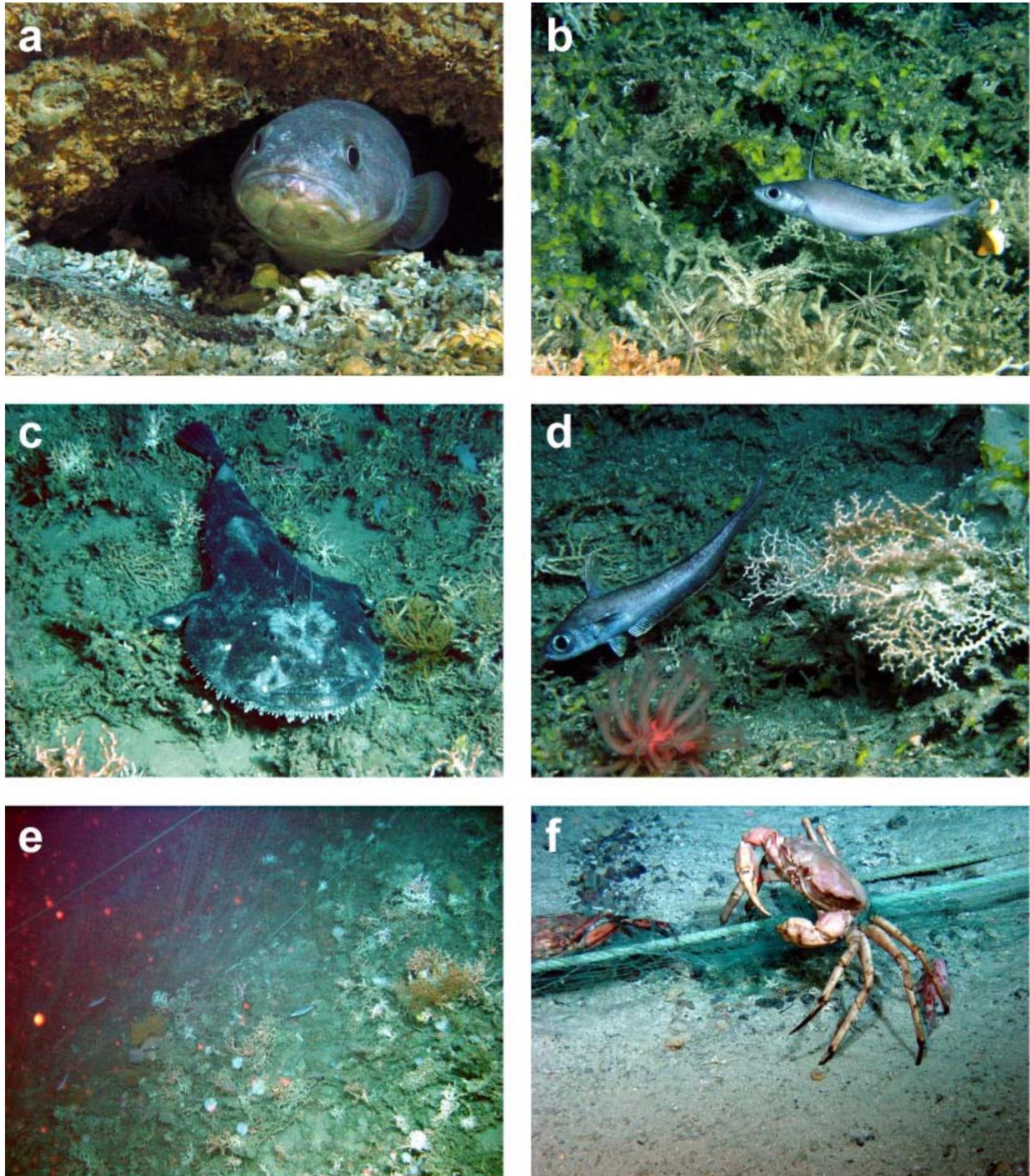


Figure 9. Quelques poissons et filets perdus observés sur les monts des zones de Porcupine et Rockall : a) Brosme ; b) Lepidion (Moridae) ; c) Baudroie ; d) Macrouridae ; e) Filet maillant sur le Mont Thérèse ; f) filet perdu, banc de Rockall. (photos campagne Caracole).©Ifremer.

Selon les observations sur le récif de Sula, il semble que les poissons aient des préférences pour certains sous-habitats ; ainsi le brosme et la lingue bleue habitent les fissures dans le corail mort, la limande sole et la lotte sont rencontrées sur les débris de coraux, alors que requins et chimère se retrouvent partout. Une étude quantitative a montré que certaines espèces sont plus abondantes et de plus grande taille sur les récifs que dans le milieu sédimentaire environnant, comme par exemple le sébaste, la lingue ou le brosme (Husebo et al. 2002), se nourrissant selon les espèces, de zooplancton, petits poissons ou décapodes épibenthiques. Un total de 24 espèces ont été identifiées de façon préliminaire pendant la campagne CARACOLE au large de l'Irlande (P. Lorance, Ifremer, Lorance et Olu 2004). Les Moridae *Lepidion eques* et *Mora moro* sur tous les sites, chez les Gadidae la lingue bleue sur les sites les plus nord, alors que *Phycis blennoides* et le brosme sur l'ensemble des sites. Le grenadier est présent mais en faible densité. Les baudroies pourraient être les espèces cibles de la pêche au filet maillant, observés sur les monts (figure 9). La chimère commune et certaines espèces de requins ont été observées. Si plusieurs espèces sont communes à l'ensemble des sites, l'assemblage de poissons varie d'un site à l'autre, avec des espèces rencontrées sur certains sites seulement et des abondances relatives variables des espèces communes aux différents monts. La profondeur, la latitude et l'hydrologie locale devraient pouvoir expliquer ces différences, ainsi hypothétiquement, la composition et l'abondance des communautés d'invertébrés composant les communautés benthiques sur les monts. A l'échelle d'un mont, il existe également des différences nettes entre les habitats ; ainsi l'assemblage de poissons des habitats coralliens apparaît nettement différent de celui des fonds sédimentaires.

La découverte de certains massifs de coraux profonds est sûrement le fait des pêcheurs qui avaient remarqué depuis longtemps que la pêche était meilleure en certains endroits de l'Atlantique. Ainsi, en 1915 on pouvait lire un article intitulé "Les coraux de mer profonde nuisibles aux chalutiers" par Joubin, biologiste français. Toutefois, ce n'est qu'au cours des dernières décennies, alors que la pêche intensive et l'exploitation pétrolière ont progressé vers le plateau continental profond, que le regain d'intérêt et d'étude ont montré que ces zones poissonneuses abritaient de grands bancs de corail. On commence seulement à réaliser leur importance écologique et leur étendue.

Les chaluts de fond sont les plus destructeurs des coraux profonds, réalisant de véritables entailles, de plusieurs dizaines de cm de hauteur, à travers les massifs, par leur perche ou leurs panneaux. Ces effets ont été bien documentés dans plusieurs zones géographiques, à l'Est de la Floride, en Nouvelle Zélande, dans les eaux scandinaves (Fossa et al. 1992), à l'Ouest de l'Irlande (Hall-Spencer et al. 2002) et plus récemment dans les zones de Rockall. Au cours de la campagne CARACOLE, nous avons pu observer de nombreux filets perdus (figure 9) mais aussi la trace profonde d'un panneau de chalut sur plusieurs

dizaines de mètres de long, sur un flanc du Mont Thérèse. Cette trace est si nette qu'elle est visible sur la carte microbathymétrique réalisée sur ce site.

Un des effets du chalutage est la réduction de la complexité structurale des récifs, ayant pour conséquence la diminution de la diversité spécifique, le remplacement d'espèces spécifiques de poissons, à longue durée de vie, par des espèces à cycle plus court, la remise en suspension qui affecte les coraux. Les dragues, filets maillant, lignes de fond, pièges et casiers affectent également cet écosystème fragile.

Ainsi, sur proposition des scientifiques qui ont identifié, cartographié les communautés de coraux profonds, et observé les dommages causés par l'impact de la pêche profonde notamment par chaluts à panneaux, et également par l'observation de filets fixes perdus, plusieurs zones font déjà l'objet de réglementation interdisant la pêche profonde. La Norvège fut, en 1999, le premier pays à réglementer la pêche afin de protéger ses coraux froids, tout d'abord par des recommandations aux pêcheurs puis par des interdictions de pêche autour de certains récifs. Il faut dire que les zones de pêche au chalut de fond concordent de façon inquiétante avec la distribution des coraux profonds (Fossa et al. 2002) ; et que les chercheurs norvégiens avaient estimé que 30 à 50% des récifs de leurs eaux territoriales avaient été détruits partiellement ou totalement par chalutage. La Norvège a prévu la protection de plusieurs zones dans le cadre des MPAs (Marine Protected Areas) entre 2001 et 2006-2007.

Les zones de Rockall et Porcupine au large de l'Irlande, Darwin mounds au large de l'Ecosse, bien étudiées par les programmes européens ACES, Ecomound, Geomound, les campagnes utilisant le ROV français Victor (CARACOLE, ARK 19-3a), sont également des zones de pêche intense par chalut de fond depuis 1989 (Gordon 2003), notamment pour la lingue bleue, le grenadier, l'empereur. Si certains monts bien pentus sont peu propices à la pêche, les monts Darwin ne mesurent que 5 m de haut et sont plus susceptibles d'être endommagés. Ainsi, sur demande du gouvernement de Grande-Bretagne, la commission européenne a pris des mesures de protection en interdisant le chalutage dans une zone de 1300 km². De même, à la suite des observations d'impact de la pêche sur les monts des provinces de Porcupine et Rockall (Grehan et al. sous presse) le gouvernement irlandais annonçait en 2003 son intention de réglementer la pêche dans certaines zones. Enfin, la commission européenne a proposé en 2004 de protéger des récifs de coraux profonds autour des îles Açores, Madère et Canaries. Au-delà des eaux européennes, des zones sont proposées à la protection, ou déjà protégées au large du Canada, dans l'Océan Atlantique depuis 2002 ou 2004 (Gully MPA, Northern Channel Marine Conservative Area, Stone Fence Fisheries Closure).

Les recommandations des scientifiques fortement impliqués dans les programmes de recherche sur les coraux profonds sont

détaillées à la fin d'un épais rapport sur les coraux profonds (Freiwald et al. 2004) ayant été fort utile à la rédaction de cet article. Pour les scientifiques, de nombreuses études restent à faire afin de mieux cartographier les zones potentielles de coraux, mieux caractériser leur environnement afin de déterminer les facteurs qui contrôlent leur distribution, comprendre la dynamique de ces écosystèmes et leur potentiels de recolonisation, évaluer la diversité spécifique de ces écosystèmes, le fonctionnement et les relations entre les organismes, les symbioses.

Plusieurs organisations non gouvernementales telles WWF ou intergouvernementales telles la convention sur la diversité biologique font état de la nécessité de préserver ces écosystèmes. Nous espérons que ces recommandations seront suivies et que nous contribuerons encore à la description des ces fascinantes communautés animales.

Biographie

Océanographe biologiste s'intéressant aux écosystèmes profonds et notamment aux écosystèmes des marges continentales liés aux émissions de fluides froids riches en méthane. C'est ce lien supposé avec les hydrocarbures qui m'a amené à organiser une campagne d'exploration des coraux profonds de l'Atlantique NE en collaboration avec des scientifiques du programme européen ACES, Geomound et Ecomound. Le ROV Victor (IFREMER) et l'instrumentation associée pour l'observation et le prélèvement, que nous avons l'habitude d'utiliser ont été essentiels pour l'étude de ces monts et de leur diversité biologique.

Bibliographie

- Aloisi G., I Bouloubassi, S. K. Heijs, R.D. Pancost, C. Pierre, J. Sinninghe Damste, J. C. Gottschal, L.J. Forney, J.-M. Rouchy (2002) CH₄-consuming microorganisms and the formation of carbonate crusts at cold seeps. *Earth and Planetary Science Letters*, **203**, 195-203.
- Dekindt, K., Sibuet, M. & Olu-Le Roy, K. (2001) First description of deep coral reefs along the Angola margin and hypothetical relation to cold seeps. Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vents Biology, Quartz, Brest, 8-12 octobre, pp. 158.
- De Mol, B., P. Van Rensbergen, et al. (2002). Large deep-water coral banks in the Porcupine Basin, southwest of Ireland. *Marine Geology* **188**(1-2): 193-231.
- Freiwald, A., H. V., et al. (2002). The Sula Reef complex, Norwegian Shelf. *Facies* **47**: 179-200.
- Freiwald, A. and J. Wilson (1998). Taphonomy of modern deep, cold water coral reefs. *Historical Biology* **13**: 37-52.
- Freiwald, A., JH Fossa, A. Grehan, T. Koslow and J.M. Roberts (2004), Cold-water coral reefs- Out of sight- no longer out of mind. UNEP Report, 84p. www.corals.unep.org.
- Franck, N., M. Paterné, L. Ayliffe, T. van Weering, J.-P. Henriët, D. Blamart (2004) Eastern North Atlantic deep-sea corals: tracing upper intermediate water $\Delta^{14}\text{C}$ during the Holocene. *Earth and Planetary Science Letters*, **219**, 297-309.
- Gordon, J. (2003). The Rockall Trough, Northeast Atlantic: the cradle of deep sea biological oceanography that is now being subjected to unsustainable fishing activity. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **31**: 57-83.
- Grehan, A., V. Unnithan, et al. (2002). *Fishing impact on Irish deep-water coral reefs: making the case for coral conservation*. Symposium on the effects

of fishing activities on benthic habitats: linking geology, biology, socioeconomics and management, Bethesda, Maryland, USA, American Fisheries Society.

- Hall-Spencer, J., V. Allain, et al. (2002). Trawling damage to Northeast Atlantic coral reefs. *Proceedings of the Royal Society of London, B* **269**: 507-511.
- Henriët, J. P., B. De Mol, et al. (1998). Gas hydrate crystals may help build reefs. *Nature* **391**(6668): 648-649.
- Hovland, M. (1990). Do carbonate reefs form due to fluid seepage? *Terra Nova* **2**: 8-18.
- Hovland, M. and M. Risk (2003). Do Norwegian deep-water coral reefs rely on seeping fluids? *Marine Geology* **198**(1-2): 83-96.
- Husebo, A., L. Nottestad, et al. (2002). Distribution and abundance of fish in deep sea coral habitats. *Hydrobiologia* **471**: 91-99.
- Huvene, V. A. I., A. Beyer, et al. (in press). The seabed appearance of different coral bank provinces in the Porcupine Seabight, NE Atlantic: results from sidescan sonar and ROV seabed mapping. *Deep-water corals and ecosystems*. A. R. Freiwald, J.M. Heidelberg., Springer-Verlag.
- Huvene, V. A. I., P. Blondel, et al. (2002). Textural analyses of sidescan sonar imagery from two mound provinces in the Porcupine Seabight. *Marine Geology* **189**(3-4): 323-341.
- Lorance, P. and Olu, K. (2004). Demersal fish distribution and abundance in deep-sea coral and surrounding sedimentary seabed. ICES 2004 Annual Science Conference, Vigo, Spain.
- Mortensen, P.B., M.T. Hovland, et al. (1995). Deep water bioherms of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* (L.) at 64°N on the Norwegian shelf: structure and associated megafauna. *Sarsia* **80**: 145-158.
- Mortensen, P.B., M.T. Hovland, JH Fossa, DM Furevik (2001). Distribution, abundance and size of *Lophelia pertusa* coral reefs in mid-Norway in relation to seabed characteristics. *Journal of the marine Association of the UK*, **81**, 581-597.
- Roberts, J.M. (2002). The occurrence of the coral *Lophelia pertusa* and other conspicuous epifauna around an oil platform in the North Sea. *Journal of the Society for Underwater Technology*, **25**, 83-91.
- Rogers, A. (1999). The biology of *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758) and other deep-water reef-forming corals and impacts from human activities. *International Review of Hydrobiology* **84**: 315-404.
- Weetman-L, N.-J. C.-S. S.-B.-L. M.-G. S.-A. (1998). Distribution density and relative abundance of benthic invertebrate megafauna from three sites at the base of the continental slope off central California as determined by camera sled and beam trawl. *Deep-Sea-Research-Part-II* **45**(8-9): 1753-1780.

Liens Internet :

- UnepCoral reef Unit, <http://www.corals.unep.org>
 Coral reefs in Norway, <http://www.imr.no/coral/>
 Protection des Monts Darwin, <http://www.jncc.gov.uk/communications/news/darwinmounds.htm>
 Projet européen ACES, <http://www.pal.uni-erlangen.de/proj/aces/>
 WWF, <http://www.panda.org/downloads/gtte/norwayfinalr.pdf>

LES BACTÉRIES DES SOURCES HYDROTHERMALES PROFONDES À L'ORIGINE DE NOUVELLES MOLÉCULES BIOACTIVES ?

Jean GUEZENEC, IFREMER, Centre de Brest, Dept DRV/VP/BMM, BP 70, 29280 PLOUZANE, France, Tel : (33) 2 98 22 45 26 Fax : (33) 2 98 22 47 57 E-mail : jguezenn@ifremer.fr

Résumé : La découverte des sources hydrothermales profondes mais de manière plus générale l'étude de milieux extrêmes, ont ouvert la voie à la mise en évidence de microorganismes bien adaptés à ces conditions atypiques et capables de synthétiser de molécules d'intérêt biotechnologique. Des recherches réalisées durant de nombreuses années ont permis la caractérisation d'exopolysaccharides innovants dont des applications sont maintenant envisagées dans différents secteurs industriels tels l'agro-alimentaire, la cosmétique et l'environnement mais surtout dans le domaine de la santé, s'agissant de l'oncologie, du cardio-vasculaire et de la régénération dermique.

Mots clefs: Sources hydrothermales profondes, exopolysaccharides, molécules bioactives, guérison des maladies osseuses.

Abstract: In the course of the discovery of novel polysaccharides of biotechnological interest, it is now widely accepted that extremophilic microorganisms will provide a valuable resource not only for exploitation in novel biotechnological processes but also as models for investigating how biomolecules are stabilized when subjected to extreme conditions. Deep-sea hydrothermal vents offer a new source of a variety of fascinating microorganisms well adapted to these extreme environments. Over the past 15 years, an increasing number of new genera and species of both hyperthermophilic and mesophilic bacteria have been isolated from these deep-sea hydrothermal vents. This new bacterial diversity include strains able to produce under laboratory conditions, novel molecules such as polymers including exopolysaccharides and poly β hydroxyalkanoates and other bioactive molecules.

Key word : Deep-sea hydrothermal vents, exopolysaccharides, bioactive molecules, bone healing.

Introduction

La découverte par le microbiologiste américain Thomas Brock à la fin des années soixante, de populations microbiennes abondantes proliférant dans les sources chaudes du parc national de Yellowstone aux Etats-Unis, à des températures comprises entre 50°C et 90°C, allait ouvrir la voie à une nouvelle ère passionnante de la microbiologie. Désormais tous les milieux extrêmes de la planète allaient être l'objet de nombreuses investigations destinées tant à répertorier les microorganismes capables d'y proliférer, qu'à repousser les limites de la vie sur Terre, avec pour nouvelle frontière la présence éventuelle de vie microbienne sur d'autres planètes. Au cours de cette aventure étalée sur les trente dernières années et se poursuivant encore aujourd'hui, ces limites ont sans cesse été repoussées et des microorganismes capables de se développer à des pH, à des salinités, à des températures, à des niveaux de radiations extrêmes ont été découverts et caractérisés.

La découverte des sources hydrothermales profondes est quant à elle, plus récente puisque datant de 1977, quand à bord du sous-marin « Alvin », une équipe de géologues américains découvrait au large de l'Equateur, à près de 2600 m de profondeur, une forte activité volcanique et un fluide surchauffé s'échappant d'imposantes structures minérales aux allures de cheminées. Des campagnes de plongées ultérieures permettaient la découverte et l'exploration approfondie de nouveaux sites hydrothermaux.

(Pacifique oriental, golfe de Californie, dorsale médio-atlantique, mer de Papouasie-Nouvelle-Guinée, bassin arrière arc de la fosse des Mariannes, etc.). Ces sites hydrothermaux sont caractérisés par des conditions de hautes pressions, de forts gradients de température (2°C à 400 °C), de fortes teneurs en éléments toxiques (métaux lourds, méthane, sulfures, etc...), l'absence totale de lumière et de faibles apports nutritionnels essentiellement liés aux apports détritiques des couches superficielle de l'océan.

Malgré de telles conditions et dans ces espaces que l'on imaginait volontiers désertiques, des écosystèmes se sont mis en place autour de ces cheminées hydrothermales. Les chercheurs ont rapidement émis l'hypothèse que la survie de ces écosystèmes singuliers reposait sur une microfaune bactérienne abondante. Le réseau trophique observé au niveau de ces sites hydrothermaux apparaît fortement dépendant de la production primaire que constituent ces bactéries. Ces bactéries (autotrophes et chimiolithotrophes) sont alors capables d'utiliser les composés minéraux dissous pour fabriquer de la matière organique, peuvent utiliser le CO₂ comme source de carbone, l'oxydation des composés organiques et/ou inorganiques comme source d'énergie et des substances inorganiques réduites comme source d'électrons. Ces microorganismes peuvent servir d'aliments aux animaux filtreurs tandis que ceux-ci, à leur tour, vont nourrir les espèces prédatrices (poissons, poulpes, crustacés), apportant la

preuve que la vie peut se développer dans l'obscurité des fonds marins.

Les sources hydrothermales profondes comportent des milieux extrêmement divers. En effet, depuis l'eau de mer environnante et les sédiments superficiels avoisinants 2°C jusqu'aux zones chaudes des fumeurs, il existe des gradients thermiques qui permettent le développement de psychrophiles (organismes inféodés aux milieux froids), de mésophiles et de thermophiles et hyperthermophiles. Mais si le fonctionnement de ces écosystèmes hydrothermaux recèle encore un certain nombre de mystères, il est rapidement apparu qu'un challenge pouvait être mis en place autour de l'exploitation biotechnologique des microorganismes adaptés à ces conditions extrêmes. Ce challenge serait alors basé sur une simple hypothèse simple : à un environnement extrême doit nécessairement correspondre une biodiversité bactérienne adaptée à cet environnement. Et cette biodiversité ne serait elle pas alors source de microorganismes atypiques pouvant synthétiser, en conditions de laboratoire, de nouvelles molécules bioactives, de nouveaux médicaments ?

La première phase d'une telle approche biotechnologique passe par la constitution d'une collection originale de microorganismes. Cette collection compte à ce jour plus de 1500 isolats dont les ¾ correspondent à des microorganismes mésophiles et le reste à des microorganismes thermophiles et hyperthermophiles avec pour certains d'entre eux des optima de croissance en température supérieurs à 100°C. Les microorganismes identifiés à ce jour appartiennent principalement aux genres *Vibrio*, *Alteromonas* et *Pseudoalteromonas* (Raguénes et al., 1996 ; 1997a, 1997b, 2003; Cambon et al., 2003) en ce qui concerne les bactéries mésophiles et *Pyrococcus*, *Thermococcus* et *Desulfurobacterium* (Godfroy et al., 1997; Godfroy et al., 1999; Cambon-Bonavita et al., 2003; Alain et al., 2003) en ce qui concerne les microorganismes thermophiles et hyperthermophiles. Mais il est fort à penser que les études engagées sur cette collection aboutiront à la description de nouveaux genres et espèces bactériens.

Cette collection constitue le point de départ de toutes recherches engagées sur ces microorganismes de l'extrême et sur la synthèse, en conditions de laboratoire, de molécules innovantes. Parmi les axes de recherche privilégiés, les polymères bactériens ont été rapidement identifiés comme d'importance au même titre que les enzymes et plus spécifiquement les enzymes thermostables associées aux bactéries thermophiles et hyperthermophiles. Seuls seront abordés dans ce manuscrit, les polymères bactériens en rappelant cependant que bien d'autres pistes de valorisation existent, s'agissant des métabolites secondaires, de lipides et autres constituants bactériens sans oublier l'usine cellulaire par elle-même.

Les polymères bactériens

Comme polymères bactériens présentant un réel intérêt biotechnologique, il convient de citer en priorité les polysaccharides, en particulier les exopolysaccharides (EPS),

biosynthétisés en conditions de laboratoire, par ces microorganismes et les poly- β hydroxyalcanoates (PHA), plus connus sur le nom de polyesters biodégradables.

Les polysaccharides peuvent être définis comme des macromolécules formées de l'enchaînement de motifs similaires en l'occurrence de glucides appelés couramment sucres ou oses. Initialement dominé par les gommages d'origine végétale et algale, le marché s'ouvre également aux polysaccharides bactériens. En milieu marin, cette production semble être majoritairement le fait de souches appartenant aux genres *Alteromonas*, *Pseudoalteromonas*, *Shewanella* et *Vibrio* (Nazarenko et al., 2003). Chez les bactéries, ces polysaccharides sont présents au niveau de la paroi cellulaire, constituant essentiel des lipopolysaccharides (LPS), à l'extérieur de la cellule liée à cette même cellule (polysaccharide capsulaire), soit encore relargué dans le milieu de culture sous forme d'exopolysaccharides (EPS).

Dans la nature ces exopolysaccharides remplissent plusieurs fonctions, celles d'une barrière physique favorisant la lutte contre la phagocytose ou encore contre la dessiccation, une réponse à un stress environnemental, ou encore une fonction essentielle dans les processus d'interactions et reconnaissances cellulaires. Mais surtout, et parmi les mieux décrites, il y a celle d'assurer la fixation irréversible des microorganismes sur les surfaces exposées en milieu naturel et favoriser, en concentrant et piégeant la matière organique et les oligo-éléments nécessaires à leur croissance de ces bactéries, la formation d'un voile biologique (biofilm) (Geesey, 1982; Wolfaardt et al., 1999 ; Flemming and Wingender, 2001). Cette biosynthèse d'exopolysaccharides est ainsi, dans la grande majorité des cas, la première étape d'une succession de séquences qui vont conduire en milieu marin à la formation de macrosalissures ou fouling.

En termes d'exploitation biotechnologique, les exopolysaccharides bactériens présentent quelques atouts comme l'absence de dépendance vis à vis d'aléas climatiques, écologiques et politiques pouvant affecter la qualité, le coût et l'approvisionnement de leurs homologues extraits d'algues ou de plantes. De plus les possibilités d'agir sur les conditions de fermentation (sources de carbone, température, aération, pH, etc...) en vue d'optimiser la production, d'assurer la traçabilité, mais aussi de modifier le polymère produit, jouent en faveur de la fermentation bactérienne. Ces polymères présentent enfin un degré de régularité de structure plus important et peuvent être extraits et purifiés sans l'utilisation de conditions drastiques. Les inconvénients de ces polymères bactériens restent liés aux microorganismes eux-mêmes, à leur manipulation et conservation ainsi qu'à la production de métabolites secondaires associés à la fermentation. Selon les applications visées, la présence de traces d'ADN, d'ARN, de lipopolysaccharides ou autres produits secondaires biosynthétisés de manière concomitante à la production de polysaccharides, peuvent s'avérer réhibitoire quant au devenir industriel de ces macromolécules.

Le plus connu des exopolysaccharides bactériens est sans conteste le xanthane, produit depuis de nombreuses années par une bactérie *Xanthomonas campestris* pv *campestris*. D'autres polysaccharides connaissent actuellement des développements dans différents secteurs industriels comme le gellane biosynthétisé par *Sphingomonas paucimobilis*, le dextrane (*Leuconostoc mesenteroides*), le succinoglycane (*Agrobacterium radiobacter*), le curdlane (*Agrobacterium* spp, *Rhizobium* spp), le wellane, le rhamnane, les alginates (*Azetobacter vinelandii*, *A. chroococcum*, *Pseudomonas* spp) et celluloses bactériennes (*Acetobacter* spp), les cyclodextrines (*Bacillus* spp), les pullulanes (*Aureobasidium pullulans*), l'héparine (*Escherichia coli* serotype K4 et K5) et l'acide hyaluronique (Sutherland, 1996). Ces deux derniers polysaccharides occupent des positions particulières dans le domaine de la santé, notamment au niveau de l'héparine de bas poids moléculaire comme anticoagulant ou de l'acide hyaluronique comme biomatériau (produits de comblement ou encore favorisant la cicatrisation...).

Agir sur les conditions de fermentation ou encore sur le matériel génétique des micro-organismes constituent des axes de recherche auxquels vient naturellement s'ajouter celui de la découverte de nouveaux microorganismes capables de synthétiser ces polysaccharides. La seconde approche apparaît encore incertaine tant la biosynthèse des exopolysaccharides est la résultante d'un processus complexe impliquant un grand nombre d'enzymes parfois très spécifiques à la seule synthèse de ces macromolécules. Dans l'optique de la mise en évidence de nouveaux microorganismes producteurs, les environnements extrêmes et en particulier les conditions atypiques des sources marines hydrothermales profondes les présentent alors comme un champ d'investigation privilégié pour cette recherche de nouvelles espèces et de biomolécules aux propriétés originales.

L'identification de bactéries productrices d'exopolysaccharides passe par une phase de criblage (Figure 1) suivie d'une mise en culture en milieu liquide en fermenteurs dont les capacités varient entre 1 litre et 20 litres. Les conditions physico-chimique de biosynthèse sont alors celles du laboratoire et le milieu choisi un milieu marin reconstitué enrichi par une source de carbone adaptée. Il faut alors de 48 à 60 heures pour observer un changement notable de ce milieu de culture notamment une forte augmentation de viscosité traduisant l'apparition d'exopolysaccharides. Une centrifugation à haute vitesse (20 000 g) permet d'isoler les cellules bactériennes et des traitements ultérieurs, soit utilisant des alcools froids ou de l'acétone, soit des ultracentrifugations et dialyses successives, permettent d'obtenir, dans la grande majorité des cas un, ou parfois deux, exopolymère à très faible taux de contaminants (Guézennec *et al.*, 1994 ; Vincent *et al.*, 1994). La biosynthèse de deux exopolysaccharides n'est pas un phénomène rare au niveau de bactéries marines sans que réellement des explications viennent en apporter la raison. La séparation de ces deux polysaccharides se fait en jouant sur la force ionique des solutions de polymères. Le polysaccharide est préservé de toute hydratation ou autre

modification d'ordre chimique ou photochimique avant de subir des analyses pour en déterminer, d'une part la composition en oses et la présence de substituants (acétate, succinate, lactate, hydroxybutyrate...), dont la nature et la position au niveau des chaînes polysaccharidiques peuvent s'avérer primordiales pour certaines fonctionnalités de ces macromolécules et, d'autre part, la structure de l'unité répétitive de la macromolécule (Talmont *et al.*, 1991). De telles analyses requièrent en ce qui concerne ces macromolécules au demeurant fort complexes, un ensemble de méthodologies de chimie analytique allant de la simple Chromatographie en Phase Gazeuse aux différentes techniques de spectrométrie de masse et de Résonance Magnétique Nucléaire multidimensionnelle, etc... (Rougeaux *et al.*, 1998; Rougeaux *et al.*, 1999a; Rougeaux *et al.*, 1999b).



Figure 1. Criblage de bactéries productrices d'exopolysaccharides

La connaissance de cette unité répétitive (monomère) est d'importance à plusieurs titres. Elle permet de tenter d'établir, sur la base d'expérimentations ou de connaissances antérieures, une relation structure-fonction ou encore de mettre en évidence la fraction active du polysaccharide. De même, elle peut faciliter la mise en place de techniques et méthodologies adaptées permettant des modifications à façon (dépolymérisation, ajout de manière sélective de groupements fonctionnels) des molécules de très haute masse moléculaire. Enfin, cette connaissance peut s'avérer tout simplement nécessaire dans une démarche de mise sur le marché du polysaccharide alors utilisé comme principe actif.

Des propriétés physico-chimiques, rhéologiques et de leurs activités biologiques dépendent pour partie, les applications de ces exopolysaccharides. Mais il convient de ne pas oublier que le développement de ces nouveaux polysaccharides n'est pas seulement lié à leurs propriétés physico-chimiques et activités biologiques mais également, notamment dans les domaines de grande consommation, à leur coût de production

comparativement à leurs homologues d'origine algale, animale ou végétale.

Les polysaccharides représentent une famille de biopolymères dont la diversité de structures offre un large spectre de propriétés fonctionnelles. Outre l'intérêt connu depuis de nombreuses années de ces biopolymères dans l'exploitation pétrolière, dans l'agro-alimentaire comme agents de texture, dans l'agro-chimie, dans les industries du papier et dans bien d'autres domaines, les scientifiques et les industriels s'intéressent de plus en plus aux activités biologiques de ces molécules et à leurs applications dans le domaine thérapeutique. Sur ce point, la littérature scientifique s'enrichit régulièrement de données relatives aux activités biologiques de ces polysaccharides et leurs applications potentielles dans différents secteurs de la santé (Weiner *et al.*, 1995; Tzianabos, 2000; Collicec *et al.*, 2004).

A ce jour, sur la base d'un criblage très partiel et orienté de la collection, plus de 30 exopolysaccharides présentant des propriétés intéressantes ont été mis en évidence. Les résultats les plus marquants restent sans nul doute la mise en évidence de structures polysaccharidiques complexes (linéaires et multi-ramifiées) (Figures 2 et 3), la caractérisation de sucres originaux (Dubreucq *et al.*, 1996), la mise sur le marché d'un exopolysaccharide dans le domaine de la cosmétique, la mise en œuvre de nouvelles techniques de modifications de ces polymères et la découverte d'un polysaccharide présentant de fortes similitudes de structure avec l'acide hyaluronique. L'acide hyaluronique est un composant majeur des matrices extracellulaires. Ce polysaccharide de haute masse moléculaire joue un rôle fondamental dans l'homéostasie cutanée, module l'inflammation, protège les cellules de l'action des radicaux libres, peut faciliter la prolifération cellulaire et l'angiogénèse et enfin par un effet barrière, diminue les risques infectieux. Son rôle dans la prévention des cicatrices chéloïdes a également été démontré.

Ce nouveau polysaccharide linéaire bactérien dont l'unité répétitive est composé de 3 sucres (N acétyl glucosamine, N acétyl galactosamine et acide glucuronique) dans un rapport molaire 1/1/2, (Rougeaux *et al.*, 1999a) a démontré des propriétés fort intéressantes en terme de régénérations osseuse et dermique, laissant entrevoir un développement rapide dans le domaine des biomatériaux. Ce polysaccharide de haut poids moléculaire (~ 800 KDa) produit par fermentation de la souche d'origine hydrothermale *Vibrio diabolicus* (Raguènes *et al.*, 1997b) a été évalué comme implant de comblement osseux dans un modèle expérimental. Des lésions osseuses au niveau des deux lobes pariétaux ont été pratiquées dans la calotte crânienne chez le rat. Chez un même animal, le défaut de taille critique réalisé dans le pariétal droit est comblé par de l'EPS sous sa forme native ou du collagène (matériau pris comme référence), tandis que le défaut de taille critique réalisé dans le pariétal gauche est laissé vacant. Après 15 jours d'expérimentation, tous les animaux traités avec ce polymère montrent une cicatrisation complète à 96 % au niveau du défaut comblé et de manière fort intéressante, partielle

à 90 % au niveau du défaut laissé vacant. Parallèlement, les animaux traités au collagène montrent une très faible cicatrisation au niveau des deux lésions : 18 % pour la lésion comblée par du collagène et 14 % pour la lésion vacante. Enfin d'un point de vue histologique, aucune réaction inflammatoire est observée et l'os néoformé en 15 jours est parfaitement structuré : les fibres de collagène sont orientées, les ostéoblastes recouvrent les surfaces osseuse et des ostéocytes sont présents. Une néovascularisation intense est également observée et le tissu conjonctif cutané n'a pas proliféré de façon anarchique (Zanchetta and Guezennec, 2001; Zanchetta *et al.*, 2003a; 2003b).

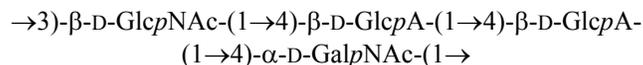


Figure 2. Structure de l'unité répétitive de l'exopolysaccharide sécrété par *Vibrio diabolicus*.

Les mécanismes d'action de ce polymère, y compris son effet systémique, sont encore mal connus même si le rôle des protéoglycanes et de polysaccharides à contrôler certaines cytokines comme les facteurs de croissance et l'interféron-gamma par crinopexie (potentialisation de l'activité, régulation de la biodisponibilité et de la stabilité) est quant à lui accepté.

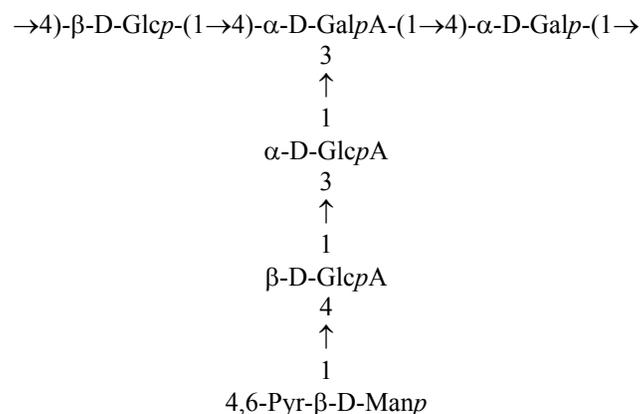


Figure 3. Structure de l'unité répétitive de l'exopolysaccharide sécrété par *Alteromonas infernus*

La grande majorité des exopolysaccharides identifiés à ce jour sont complexes et de très haute masse moléculaire (> 10⁶ Da). Ces hautes masses sont certes compatibles avec d'éventuelles applications dans les domaines de l'environnement, de la chimie et pour partie dans la cosmétique et dermocosmétique, mais les sont moins dans le cas d'applications dans un certain nombre de domaines de la santé et d'une utilisation en tant que produit bioactif. Une réduction de ces hautes masses s'impose et le processus de dépolymérisation doit alors être adapté à la nature

du polysaccharide considéré : dépolymérisation par hydrolyse chimique, par voie radicalaire, ou encore par des procédés physico-chimiques ou physiques comme l'utilisation d'ultrasons haute et basse fréquence (Guézennec et al.,1998). L'ajout, ou la suppression, de groupements fonctionnels selon les applications recherchées est le fait d'actions chimiques et/ou enzymatiques, cette dernière pouvant présenter l'avantage d'une plus grande spécificité. Il en a été ainsi de quelques EPS natifs de très haute masse pour lesquels une dépolymérisation partielle n'a pas généré l'effet biologique recherché, tandis que la sulfatation permettait d'obtenir des héparinomimétiques ou « heparin-like ». Un dérivé de bas poids moléculaire (24 000 g/mol) et fortement sulfaté (40%) a pu ainsi être obtenu à partir d'un exopolysaccharide sécrété en conditions de laboratoire par la bactérie *Alteromonas infernus* isolée du fluide d'un site hydrothermal du bassin de Guaymas (Basse Californie) (Raguènes et al.,1997b). Lors d'études menées par Fischer et ses collaborateurs (Matou et al.,2004), ce dérivé s'est avéré 3 à 4 moins actif que l'héparine de bas poids moléculaire et 8 à 10 fois moins actif que l'héparine non fractionnée au niveau de tests de coagulation. L'étude de son mécanisme d'action a montré que, tout comme l'héparine, ce dérivé inhibe la génération de thrombine après activation de la coagulation par la phase contact (voie endogène) et retarde la génération de thrombine déclenchée par activation de la phase contact. Il a pu également être montré que toutes les chaînes polysaccharidiques se lient fortement à l'antithrombine (inhibiteur plasmatique naturel de la thrombine et de certains facteurs de la coagulation), contrairement à l'héparine non fractionnée dont seulement 1/3 des chaînes (contenant le pentasaccharide) sont de haute affinité pour l'antithrombine. L'électrophorèse montre également qu'une faible proportion des chaînes présentent une forte affinité pour le deuxième cofacteur de l'héparine, autre inhibiteur ou serpine inhibant spécifiquement la thrombine (Colliec et al.,2001; Matou et al.,2004).

Ces résultats confirment le potentiel thérapeutique cardiovasculaire de nouveaux polysaccharides marins d'origine bactérienne (auxquels il convient d'ajouter des polysaccharides extraits d'algues brunes). Si des études complémentaires sont encore nécessaires tant au niveau des techniques d'obtention de ces polysaccharides modifiés, l'enjeu économique est de taille et doit se traduire rapidement par un transfert des molécules et des méthodologies à des partenaires de l'industrie pharmaceutique (Guezennec, 2002).

A ces exemples du potentiel de ces molécules de l'extrême, il convient d'ajouter les études prometteuses menées en oncologie sur l'apport de ces molécules sur la spécificité et/ou l'efficacité d'anticorps monoclonaux utilisés en immunothérapie. De même, les potentialités liées à la rhéologie de ces polysaccharides (Talmont *et al.*,1991; Bozzi *et al.*, 1996a, 1996b) et/ou à leur pouvoir de rétention (voire de sélectivité) de métaux lourds (Loaec *et al.*,1997; 1998) font actuellement l'objet de travaux complémentaires. Si les sources hydrothermales et les bactéries associées à ces écosystèmes atypiques apparaissent alors comme des sources de métabolites innovants en particulier en termes

d'exopolysaccharides, d'autres milieux à caractère extrême comme celles présentes au niveau du continent antarctique se sont révélées également comme biotechnologiquement fort intéressantes. Les études et recherches menées dans le cadre de collaborations avec l'université de Tasmanie ont ainsi démontré le caractère innovant de polysaccharides produits en conditions de laboratoire par ces microorganismes du « froid » (Manca *et al.*,1996; Mancuso *et al.*,2004a, 2004b, 2004c).

Mais les exopolysaccharides ne constituent pas les seules voies d'applications de ces macromolécules de l'extrême. D'autres polymères font l'objet d'études et pour certaines d'entre elles prometteuses, comme les poly β hydroxyalcanoates ou PHA (polyesters biodégradables) biosynthétisés dans des conditions proches de celles des exopolysaccharides, ou les polyamines dont les applications thérapeutiques notamment sur certains cancers pourraient faire l'objet d'études spécifiques. La part des polymères biodégradables dans le monde en 2000 était de 44 000 tonnes par an, soit 0,12% du marché des matières plastiques. Les prévisions de croissance pour ce type de polymères, incluant non seulement les poly β hydroxyalcanoates mais aussi les polysaccharides et PLA (polymères d'acide lactique), situent ce marché à plus de 500 000 tonnes en 2005/2006 et 4 millions de tonnes à l'horizon 2020. L'évolution des législations en matière de développement durable, en matière de réduction de l'effet de serre et rejet de CO₂, une meilleure gestion des déchets ainsi qu'une volonté d'une réduction de la dépendance vis à vis des matières premières importées, plaident en faveur du développement de ce type de polymères.

Cette production intracellulaire de polyesters par les bactéries est la résultante de conditions de stress imposées à la bactérie, de manière générale lorsqu'un élément nécessaire à sa croissance devient limitant. L'absence de composés azotés est souvent la cause de cette accumulation de molécules de réserve mais d'autres éléments comme les sulfates, phosphates ou même certaines vitamines ou oligo-éléments peuvent favoriser cette synthèse intracellulaire. La nature chimique des polyesters est directement liée à celle de la source de carbone prédominante. En jouant sur les sources de carbone, il peut alors être possible de favoriser la synthèse de polyesters à courte chaîne (poly β hydroxybutyrate C4, poly β hydroxyvalérate C5) ou longue chaîne (poly β hydroxydécanoate C10 et +), saturées, insaturées ou ramifiées et parfois halogénées. De la nature de ces unités répétitives dépendra les propriétés physico-chimiques de ces polyesters biodégradables et par voie de conséquence leurs applications. Les premières études réalisées sur les écosystèmes hydrothermaux ont permis de démontrer la présence in situ de polyhydroxyalcanoates intéressants (Guezennec *et al.*,...1998). Les études se poursuivent actuellement pour identifier les microorganismes producteurs et en étudier les potentialités en termes d'exploitation biotechnologique.

D'autres molécules mériteraient également une attention particulière comme les lipides membranaires et plus particulièrement de lipides d'archae, ces éthers de glycérol

présentant de fortes similitudes de structure avec des molécules à usage anti-cancéreux.

De nombreuses études s'accordent sur le fait que la contribution des microorganismes marins à la découverte de nouveaux composés notamment bioactifs ira croissante. En ce sens la connaissance des écosystèmes atypiques et des microorganismes associés à de tels environnements est porteuse d'espérance quant à la découverte de nouvelles molécules. C'est que vient de démontrer près de 15 années d'études sur les environnements hydrothermaux mais qui a vu également confirmation dans l'exploration d'autres milieux extrêmes.

Biographie

Jean Guezennec est responsable du Programme de Valorisation des Ressources Biologiques à l'Ifremer, du laboratoire de Biotechnologies et Molécules Marines de l'Ifremer (Brest/Nantes) et il est président du Groupe Français des Glucides. Le Laboratoire de Biotechnologies et Molécules Marines s'est donné comme objectifs la découverte, la caractérisation et la valorisation de molécules innovantes secrétées, dans des conditions de laboratoire, par des microorganismes issus d'écosystèmes atypiques. Ces écosystèmes incluent les sources hydrothermales mais également les écosystèmes de l'Antarctique et d'atolls du Pacifique Sud. Ces études portent à la fois sur les métabolites secondaires et les polymères bactériens incluant notamment les exopolysaccharides et les poly β hydroxyalcanoates (PHA ou polyesters biodégradables). Les champs d'applications de ces molécules se situent au niveau des domaines de la cosmétologie, de la chimie, de l'environnement mais également et surtout dans les domaines de la santé.

Bibliographies

Alain K, Rolland S, Crassous Ph, Lesongeur Ph, Zbinden M, LeGall C, Godfroy A, Page A, Juniper K, Cambon-Bonavita M, Duchiron F and Querellou J (2003). *Desulforobacterium crunifex* sp nov., a novel thermophilic, pinkish-streamer forming, chemolithoautotrophic bacterium isolated from a Juan de Fuca hydrothermal vent and amendment of the genus *Desulforobacterium*. *Extremophiles*. 7(5) : 361-370.

Bozzi L, Milas M and Rinaudo M (1996a). Solution and gel rheology of a new exopolysaccharide excreted by the bacterium *Alteromonas* sp strain 1644. *Int J Biol Macromol* 18: 83-91

Bozzi L, Milas M and Rinaudo M (1996b). Characterization and solution properties of a new exopolysaccharide excreted by the bacterium *Alteromonas* sp strain 1644. *Int J Biol Macromol* 18: 9-17

Cambon-Bonavita M.A, Lesongeur F, Pignet P, Wery N, Lambert C, Godfroy A, Querellou J and Barbier G (2003). *Thermococcus atlanticus* sp nov. A hyperthermophilic archaeon isolated from a deep-sea hydrothermal vent in the Mid-Atlantic Ridge. *Extremophiles* 7(4) : 339- 344.

Collic-Jouault S, L Chevolot, D Helley, J Ratiskol, A Bros, C Sinquin, O.Roger and Fisher A.M (2001). Characterization, chemical modifications and *in-vitro* anticoagulant properties of an exopolysaccharide produced by *A. infernus*. *Biochimica. Biophysica Acta*. 1-11

Collic-Jouault S, Zanchetta Ph, D Helley, Ratiskol J, Sinquin C, Fischer A.M and Guézennec J (2004). Exopolysaccharides produced by bacteria isolated from deep-sea hydrothermal vents: new agents with therapeutic potential. *Pathol. Biol* 52: 127-130

Dubreucq, G., Domon, B. and Fournet B (1996). Structure determination of a novel acid residue from the exopolysaccharide produced by a bacterium originating from deep-sea hydrothermal vents. *Carbohydr. Res.* 290: 185-187

Flemming H.C and Wingender J (2001). Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPSs) - Part I: Structural and ecological aspects. *Water Sci Technol* 43 : 1-8.

Geesey G.G (1982). Microbial exopolymers: ecological and economic considerations. *Amer Soc Microbiol News* 48: 9-14

Godfroy A, J, Lesongeur F, Raguènes G, Querellou J, Antoine E, Meunier JR, Guézennec J and Barbier G (1997). *Thermococcus hydrothermalis* sp.nov., a new hyperthermophilic archaeon isolated from a deep-sea hydrothermal vent. *Int J.Syst Bact.* 47(3): 622-626.

Godfroy A, Meunier J.R, Guézennec J, Lesongeur F, Raguènes G, Rimbault A and Barbier G (1999). *Thermococcus fumicolans* sp.nov., a new hyperthermophilic archaeon isolated from a deep-sea hydrothermal vent in the North Fiji basin. *Int J.Syst Bact.* 49(4): 1951-1960.

Guézennec J, Pignet P, Raguènes G.R, Deslandes E, Lijour Y and Gentric E (1994). Preliminary chemical characterization of unusual eubacterial exopolysaccharides of deep-sea origin. *Carbohydr Polym* 24 : 287-295

Guézennec J, Rocchiccioli F, Maccaron-Gomez B, Khelifa N, Dussauze J and Rimbault A (1998). Occurrence of 3-hydroxyalkanoic acids in sediments from the Guaymas basin (Gulf of California). *FEMS Microbiol. Ecol* ; 26 : 335-344.

Guézennec J, P Pignet, Y Lijour, E Gentric, J Ratiskol and Collic-Jouault, S (1998). Sulfation and depolymerization of a bacterial exopolysaccharide of hydrothermal origin. *Carbohydr. Polym.* 37: 19-24

Guezennec J (2002). Deep-sea hydrothermal vents: A new source of innovative bacterial exopolysaccharides of biotechnological interest? *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 29: 204-208

Loaec M., R Olier and Guézennec J (1997). Uptake of lead, cadmium and zinc by a novel bacterial exopolysaccharide. *Wat Res* 31(5): 1171-1179

Loaec M., R Olier and Guezennec J (1998). Chelating properties of bacterial exopolysaccharides from deep-sea hydrothermal vents. *Carbohydr. Polym.* 35, 65-70

Nazarenko E.L, Komandrova N.A, Gorshkova R.P, Tomshich S.V, Zubkov V.A, Kilcoyne M and Savage A.V (2003). Structures of polysaccharides and oligosaccharides of some nGram-negative marine *Proteobacteria*. *Carbohydr.Res.* 338: 2449-2457

Manca M.C, Lama L, Improta R, Esposito A, Gambacorta A and Nicolaus B (1996). Chemical composition of two exopolysaccharides from *Bacillus thermoantarcticus*. *Appl Environ Microbiol* 62: 3265-3269

Mancuso-Nichols C, Garon Lardiere S, Bowman J. P, Nichols P.D, Gibson J.A. E and Guézennec J (2004a). Chemical characterization of exopolysaccharides from Antarctic marine bacteria. *Microb Ecol* (in press)

Mancuso-Nichols C, Garon Lardière S, Bowman J.P, Raguènes G.R and Guézennec J (2004b). Production of exopolysaccharides by Antarctic marine bacterial isolates. *J Appl Microbiol* 96: 1057-1066

Mancuso-Nichols C, Bowman J.P and Guezennec J (2004c). Bacterial exopolysaccharides from extreme marine environments: with special consideration of the Southern Ocean, sea ice and deep-sea hydrothermal vents. Submitted to *Marine Biotechnology*.

Matou S, Collic-Jouault S, Ratiskol J, Sinquin C, Guézennec J, Fischer A.M and Helley D (2004). Effect of oversulfated exopolysaccharide on angiogenesis induced by FGF-2 or VEGF *in vitro*. *Biochemical Pharmaceutical (in press)*.

Raguènes G.R, Pignet P, Gauthier G, Peres A, Christen R, Rougeaux H, Barbier G and Guézennec J (1996). Description of a new polymer-secreting bacterium from a deep-sea hydrothermal vent, *Alteromonas macleodii* subsp *fijiensis*, and preliminary characterization of the polymer. *Appl Environ Microbiol* 62: 67-73

Raguènes G, Peres A, Ruimy R, Pignet P, R Christen R, Loaec M, Rougeaux H, Barbier G and Guezennec J (1997a). *Alteromonas infernus* sp.nov, a new polysaccharide producing bacterium isolated from a deep-sea hydrothermal vent. *J. Appl. Bacteriol.* 82: 422-430

Raguènes G, Christen R, Guezennec J, Pignet P and G Barbier (1997b). *Vibrio diabolicus* sp.nov., a new polysaccharide-secreting organism isolated from a deep-sea vent polychaete annelid, *Alvinella pompejana*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47, 989-995.

- Rougeaux H, Talaga Ph, Carlson, R.W and Guezennec J (1998). Structural studies of an exopolysaccharide produced by *Alteromonas macleodii* subsp *fijiensis* originating from a deep-sea hydrothermal vent. *Carbohydr. Res.* 312 : 53-59
- Rougeaux H, Kervarec N, Pichon R and Guezennec J (1999a). Structure of the exopolysaccharide of *Vibrio diabolicus* isolated from a deep-sea hydrothermal vent. *Carbohydr. Res* 322: 40-45.
- Rougeaux H, Guezennec J, Carlson R.W, Pichon R, Kervarec N and Talaga Ph (1999b). Structural determination of the exopolysaccharide of *Pseudoalteromonas* strain HYD 721 isolated from a deep-sea hydrothermal vent. *Carbohydr Res* 315 : 273-285.
- Sutherland, I. W (1996). Biotechnology Second, completely revised edition, vol. 6, Products of primary metabolism, Rehm H. J. and Reed G. (eds), VCH, Weinheim, pp. 613-657
- Talmont F, Vincent P, Fontaine T, Guezennec J, Prieur D and Fournet B (1991). Structural investigation of an acidic exopolysaccharide from a deep-sea hydrothermal vent marine bacteria. *Food Hydrocolloids* 5: 171-172
- Tzianabos A.O (2000). Polysaccharide immunomodulators as therapeutic agents: Structural aspects and biologic functions. *Crit Microbiol Rev* 13 (4):523-533
- Vincent P, Pignet P, Talmont F, Bozzi L, Fournet B, Milas M, Guezennec J, Rinaudo M and Prieur D (1994). Production and characterization of an exopolysaccharide excreted by a deep-sea hydrothermal vent bacterium isolated from the polychaete *Alvinella pompejana*. *Appl. Environ. Microbiol* 60(11) : 4134-4141
- Weiner R, Langille S and Quintero E (1995). Structure, function and immunochemistry of bacterial exopolysaccharides. *J Ind Microbiol* 15: 339-346
- Wolfaardt G.M, Lawrence J.R and Korber D.R (1999). Function of EPS. In: Wingender J, Neu T, R., Flemming HC (eds) In *Microbial Extracellular Polymeric Substances: Characterization, Structure and Function*, Springer-Verlag, New York, pp 171-200
- Zanchetta Ph and Guezennec J (2001). Surface Thermodynamics of osteoblasts: Relation between hydrophobicity and bone active materials. *Colloids and Surfaces* 22/4: 301-307
- Zanchetta Ph, Lagarde M and Guézenec J (2003a). A new bone-healing material: A hyaluronic acid-like bacterial exopolysaccharide. *Calcif Tissue Int* 72: 74-79
- Zanchetta P, Lagarde N and Guézenec J (2003b). Systematic effects on bone healing of a new hyaluronic acid-like bacterial exopolysaccharide. *Calcif Tissue Int* 73: 232-236.

BIODIVERSITE MARINE ET EXPLOITATION BIOTECHNOLOGIQUE DES OCEANS

Yves Le Gal, Station de Biologie Marine - Muséum National d'Histoire Naturelle, BP 225 – F-29182
Concarneau – France, Courriel : ylegal@mnhn.fr

Résumé : La grande biodiversité des océans est la conséquence, d'une part d'une très longue histoire évolutive qui a permis au vivant d'expérimenter de très nombreux modèles moléculaires ou solutions d'adaptations à des environnements très divers, mais aussi de la structure tridimensionnelle des multiples écosystèmes marins. A cela s'ajoute l'effet multiplicateur dû à l'imbrication d'une infinité d'écosystèmes de toutes tailles.

Cette biodiversité est, dans sa globalité, très différente de celle qui est observée sur l'espace terrestre, comme le montre la présence dans les océans de nombreux phylums endémiques mais aussi comme le suggère les mises au jour de nombreuses espèces de toutes tailles et de formes nouvelles d'organisation du vivant.

Tout ceci a des conséquences pratiques. Les biomasses marines et leur diversité constituent un ensemble de ressources exploitables et valorisables, utiles pour l'homme. Les secteurs de l'alimentation sont concernés, comme ceux de la santé. Un extraordinaire champ d'applications biotechnologiques est en cours d'ouverture.

Mots clés : Biodiversité, océans, biotechnologies, évolution, biomasses, molécules.

Summary : The large marine biodiversity is the consequence, on one hand of a very long evolutionary history which allowed the primitive living organisms to experiment very numerous molecular models and exploit a large panel of adaptations to very different environments, but also of the three-dimensional structure of the multiple marine ecosystems. To that, one has to add the multiplicative effect created by the cross-interactions between infinity of ecosystems of any sizes.

This biological diversity is, in its global nature, very different from that observed on the continental space: as shown by the presence, in the oceans, of numerous endemic phylums but also as suggested by the recent discovery of many "new" marine living organisms of any sizes and of new forms of organization of living systems.

This has practical consequences. The marine biomasses and their variety constitute a set of exploitable and up-gradable resources, many of them being potentially useful for man. The sectors of food industry are concerned as those of healthcare. An extraordinary field of biotechnological applications is now being opened.

Key words : Biodiversity, ocean, biotechnology, evolution, biomass, molecules.

Tous les systèmes vivants sont bâtis sur un même schéma général associant plusieurs catégories de molécules spécialisées dans certaines catégories de fonctions : aux acides nucléiques l'information, aux protéines les opérations de catalyse, aux lipides la délimitation des territoires, à l'ATP la gestion de l'énergie, etc. En réalité, les choses sont infiniment plus complexes mais, très schématiquement, tous les organismes vivants unicellulaires, plantes, animaux, ... répondent à un modèle quasi universel élaboré au cours des centaines de millions d'années qu'a duré l'évolution (Lecointre et Le Guyader, 2001).

Tout à fait paradoxalement, on peut également montrer que la vie marine est, par de nombreux aspects, très différente de celle des terres émergées mais aussi que la diversité génétique y est sans doute beaucoup plus grande que sur les continents (Heip, 1998). Encore faut-il considérer que seule une toute petite fraction de la vie marine a été, à ce jour, identifiée (Decker et O'Dor, 2002). Notre époque est, comme le fut la seconde moitié

du 19^{ème} siècle, une époque de découverte de nouvelles espèces: 99% des bactéries marines restent, sans doute, à découvrir, en particulier dans les sédiments marins (Heip, 1998). On sait, aussi, que la quasi-totalité de la production de biomasse des océans provient de minuscules organismes photosynthétiques (picophytoplanton) encore inconnus il y a vingt ans. (Blanchot et coll., 1998). En 2004, 60 chercheurs de 13 nationalités différentes ont étudié la vie aux grandes profondeurs, le long de la dorsale médio-atlantique (Expédition Mar-Eco 2004), capturant des espèces rares et pour certaines jamais décrites de poissons, de calmars et d'organismes encore inclassables (<http://www.mar-eco.no/>). Même les campagnes de pêche rapportent régulièrement des espèces de poissons jusqu'alors totalement inconnues des scientifiques (Iglesias, 2004).

La première raison de ceci tient à l'ancienneté de la vie marine. On s'accorde à penser aujourd'hui que la vie est née dans les océans : profondeurs abyssales ou lagunes littorales, il y a près de 3,8 milliards d'années. Cette durée doit être mise en

perspective avec les 400 millions d'années de la vie continentale.

Ces premières formes de vie ont évolué au cours de tentatives réussies – ou avortées – d'amplification de gènes, de mutations, de symbioses, d'adaptation. Cette longue période de plusieurs milliards d'années a été le théâtre d'une multitude d'essais, de diversifications, d'extinctions massives suivies d'explosions diversifiantes imposant de nouvelles solutions et favorisant l'accès à des niches écologiques nouvelles, comme par exemple, la montée en puissance de la biominéralisation calcique (Marin & coll., 1996), suite ou conséquence des extinctions massives (Janvier, 2000; Boureau, 1976) survenues au précambrien.

Ainsi, le paysage de la biodiversité de la planète s'est-il forgé dans les océans, seuls quelques exemplaires ayant réussi leur passage vers l'univers terrestre pour, ensuite, se diversifier.

On peut illustrer le résultat actuel de cette dynamique au moyen de deux exemples. Le premier concerne l'univers végétal. Le monde marin abrite trois ou quatre groupes devégétaux distincts (Perez, 2000) : vert, rouge, brun, (sans parler des « algues » bleues qui sont des bactéries) alors que le monde terrestre est surtout (mais pas uniquement) un monde végétal vert. Les végétaux verts sont les plus anciens, dérivant de premiers microorganismes photosynthétiques sans doute voisins de nos cyanobactéries actuelles. Ils ont pu coloniser, depuis les océans, les rivières et les eaux douces, puis les terres émergées. Plus récentes sont les algues rouges qui sont essentiellement aquatiques. Les dernières venues, les algues brunes sont essentiellement marines : elles n'ont pas eu le temps d'aborder l'espace terrestre (Tableau 1).

Ces distinctions d'âge et de couleur des différents règnes végétaux se retrouvent dans leur composition biochimique: pigments photosynthétiques, substances de réserve (amidon : α -1-4 glucanes) chez les verts et laminarane (β -1-3 glucanes) chez les bruns, constituants des parois cellulaires et extracellulaires : cellulose chez les verts, alginates chez les bruns (Kornprobst : 2005). Ce sont réellement des mondes végétaux différents qui peuplent les océans, l'espace terrestre n'en représentant alors qu'une facette appauvrie et tronquée en dépit du succès des plantes multicellulaires.

Observations analogues chez les animaux : lorsque l'on dénombre les phylums animaux on dénombre 28 phylums marins (Mollusques, Echinodermes, Chordés, Arthropodes, Cnidaires, etc) mais seulement 11 phylums terrestres (Grassle, 1991). Encore faut-il remarquer que parmi les 28 phylums marins, 13 sont endémiques, c'est à dire qu'ils sont uniquement marins. C'est le cas, par exemple, des Echinodermes : oursins, étoiles de mer, holothuries, ...). Le monde terrestre ne compte qu'un seul phylum endémique : les Onychophores. Ici encore une longue évolution a permis une diversification étendue des espèces. La colonisation des espaces terrestres, plus récente, a ouvert moins de possibilités. La réalité de la biodiversité marine va sans doute au-delà de ces observations classiques. Les missions de découverte et d'observation des fonds marins laissent parfois apercevoir, fugitivement, des êtres vivants parfaitement inconnus, inclassables. Peut-être certains d'entre eux représentent-ils des phylums ignorés et, sans doute pour longtemps, hors de notre champ d'investigations.

Les trois mondes végétaux			
	Vert	Rouge	Brun
Pigments	Chl. a & b Caroténoïdes	Chl. A Caroténoïdes	Chl. a & c Caroténoïdes Phycobilines
Réserves	Amidon (\square -1,4 glucanes)	Amidon Floridéen (\square -1,4 glucanes)	Laminaranes (\square -1-3 glucanes)
Parois	Cellulose (\square -1,4 glucans)	Carraghénanes Agars (galactanes sulfatés)	Acides alginiques (poly-mannuronates) Acides fuciniques (fucanes sulfatés)

Tableau 1. Les trois mondes végétaux (D'après Kornprobst, 2005).

Parfois, l'opportunité ou le hasard d'une découverte met en lumière des pans entiers de vie jusque là inconnus. Ainsi en est-il des organismes peuplant les écosystèmes qui entourent les « fumeurs » des fosses abyssales, révélant, en particulier pour les microorganismes, l'importance de la vie chimio-synthétique jusque là considérée comme relativement marginale au regard de la vie photosynthétique et de l'ensemble des symbioses qui lui sont associées.

Encore faut-il se rappeler que la vie marine est en grande partie faite d'organismes unicellulaires procaryotes : bactéries, cyanobactéries, prochlorophytes, qui jouent un rôle majeur dans l'économie des grands cycles biogéochimiques.

Très clairement, la plus grande partie de la biodiversité de la vie sur la planète Terre se situe dans les océans (Heip, 1998). Les terres émergées n'en représentent qu'un échantillon raccourci et limité. Il faudrait, selon ce schéma, attendre quelques centaines de millions d'années supplémentaires pour que la biodiversité terrestre atteigne le même niveau de richesse et de complexité.

Un espace tridimensionnel

Un autre aspect majeur de la vie marine doit être pris en compte. Nous devons considérer l'espace océanique comme un espace à trois dimensions (figure 1). Sur les terres émergées, la vie (Le Gal, 1991) se développe essentiellement selon 2 dimensions. Ce n'est que dans les zones de forêts tropicales qu'une troisième dimension prend de l'importance. Dans ces espaces où des arbres peuvent atteindre 60 ou 80 m, cette troisième dimension constitue effectivement un facteur amplificateur de la biodiversité.

L'espace océanique est vaste (70% de la surface de la planète sont occupés par les océans) et d'une manière générale, la biodiversité d'un système dépend largement de sa taille. Mais l'espace océanique est aussi constitué d'assemblages d'espaces tridimensionnels interdépendants, certains de grande dimension, d'autres plus restreints ou caractérisés par des ensembles de contraintes physiques et chimiques tout à fait spécifiques. En particulier, gradients de lumière ne laissant passer, dans les eaux les plus claires, à 100 mètres que du bleu, puis, au-delà, obscurité totale.

C'est dans ces environnements profonds que se rencontrent des espèces tout à fait originales comme ces poissons des grands fonds pourvus d'organes lumineux actifs dans le rouge pour voir sans être vus.

Les grands fonds marins (Zal, 2002) dont la profondeur moyenne se situe vers 3800 m sont aussi le domaine des fortes pressions auxquelles répondent tout un ensemble d'adaptations au niveau de la structure des catalyseurs enzymatiques ou des lipides membranaires. Ces zones des extrêmes: fortes températures à proximité des fumeurs ou, au contraire, basses températures des zones marines polaires sont génératrices d'adaptations moléculaires: enzymes thermophiles, psychophiles

dont on prospecte aujourd'hui les capacités pour des finalités biotechnologiques.

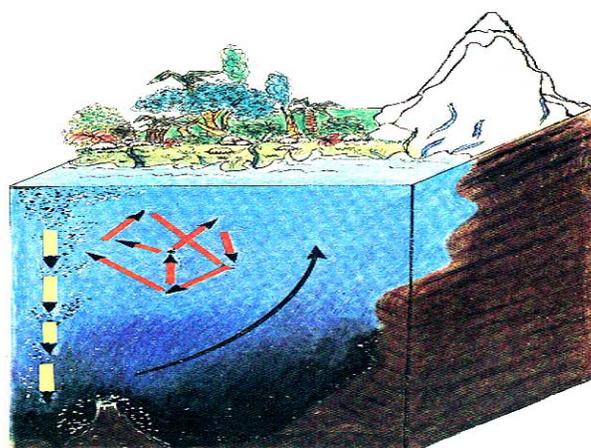


Figure 1. Trois dimensions pour l'écosystème océanique

Autre exemple dans une longue liste : l'océan est salé, comme chacun le sait. Les eaux marines sont riches en halogènes : chlore, brome, iode, mais aussi en sulfates. Ces caractéristiques chimiques conditionnent les équipements enzymatiques de nombreux microorganismes : de nombreuses molécules marines sont halogénées et il existe des halogénooxydases capables de synthétiser ces substances, des halogénases capables d'éliminer chlore ou brome ou iode de molécules organiques naturelle ou artificielles comme le sont certains pesticides nés du « génie humain ».

La richesse de la vie océanique se situe tout autant sur ses pourtours. Les zones littorales profitent de l'effet de frontière : séparation mais aussi échanges avec l'espace terrestre, avec les fleuves côtiers. Les gradients de profondeur des plateaux continentaux qui accompagnent la descente depuis la terre vers les grandes fosses abyssales sont encore ici facteurs de diversification des espèces.

Enfin, il ne faut pas passer sous silence les zones rocheuses littorales : situées en zone euphotique, chaque rocher constitue un substrat âprement disputé par la multitude des algues de toutes tailles et les invertébrés fixés. Les forêts de laminaires et de fucus des zones tempérées n'ont rien à envier aux forêts terrestres les plus riches. Ailleurs, ce sont les récifs coralliens, eux-mêmes produits du vivant qui génèrent et supportent une grande biodiversité.



Au pied des laminaires, la vie foisonnante des récifs bretons (photo C. Michel)

Bien d'autres facteurs doivent être pris en compte pour comprendre la nature spécifique de la biodiversité marine. C'est donc tout un complexe de contraintes physico-chimiques et de relations biologiques qui encadre chaque organisme. Pression, absence de lumière aux très grandes profondeurs, îlots chimiosynthétiques près des fumeurs abyssaux (Laubier, 1992) ou tout simplement le fait que la mer soit salée: chlore, brome, iode sont incorporés dans des structures moléculaires organiques tout à fait originales créées puis détruites par des mécanismes enzymatiques eux aussi originaux. Il faut aussi mentionner les relations biologiques aussi complexes et variées que la prédation, la symbiose (coraux), la compétition, le parasitisme etc. qui forgent la biodiversité marine.

Les biomasses marines

Au total, les océans représentent la force biogéochimique majeure de la planète. Ainsi, les diatomées marines assurent plus du quart de la production primaire terrestre (Behrenfeld et Falkowski, 1997). Leur rôle est équivalent à celui de toutes les forêts réunies. Ce sont également les algues unicellulaires marines, les coccolithophorides qui sont responsables du piégeage, sous forme de carbonate de calcium, de milliers de tonnes de gaz carbonique par an. Le résultat, à l'échelle géologique, est impressionnant : les formations calcaires de l'ère Jurassique en témoignent (Westbroek, 1998).

Les océans produisent également une biomasse bien supérieure à celle provenant des terres émergées, mais celle-ci est, en

réalité, fort peu accessible car, en pratique, seule une partie minimale, issue des activités de pêche, est directement exploitable. Cela représente, tout de même, près de 100 millions de tonnes de produits divers : poissons, mollusques, crustacés, etc. débarqués par an (FAO, 2000). Poissons, crustacés et mollusques assurent ainsi environ 10 % de nos besoins en protéines animales. Cette ressource cependant, n'est pas infinie. On assiste même aujourd'hui à un tassement des captures : nous sommes dans de nombreux cas, dans une situation de surpêche. (Pauly et coll., 2002)

En réalité, l'homme consomme moins de la moitié de ce qu'il tire des océans, tout au moins directement. Peut-on alors, si l'on pêche moins, mieux utiliser ces ressources ? Les déchets comme les peaux, les têtes, les viscères, les os ou les cartilages de poissons sont généralement dirigés vers l'industrie des aliments pour animaux ou la production d'huiles. On sait tout l'intérêt que présentent, dans le domaine de la santé, les acides gras polyinsaturés de type oméga 3. Les poissons d'un faible intérêt culinaire, ou trop petits, doivent également trouver des débouchés autres que l'alimentation humaine et, à cet égard, l'homme a inventé de multiples manières de tirer parti des produits secondaires de la pêche C'est ainsi que l'on peut dire que, dans le poisson, tout est bon ! (Le Gal et Stenberg, 1998).

C'est ainsi que l'élastine des ligaments de la queue de thon, les mucopolysaccharides extraits de la peau de certaines raies, les poudres de cartilage de sélaciens (raies, requins) sont devenues des matières premières très recherchées pour les industries pharmaceutiques ou cosmétiques. On note cependant quelques différences: ainsi, les élastines de poissons sont plus faiblement réticulées que celles des vertébrés supérieurs et leurs propriétés structurantes originales peuvent affecter leurs utilisations.



Nous n'utilisons qu'une faible part des ressources marines collectées (photo Iglesias)

Les macromolécules marines exploitables ne se résument pas

aux agents de texture. On exploite de plus en plus fréquemment les propriétés fonctionnelles des enzymes, essentiellement des protéases, présentes dans les viscères de poissons. Le choix est immense : avec plus de 20 000 espèces osseuses (téléostéens) et environ 7 000 espèces cartilagineuses (chondrichthyens), les poissons forment le plus important et le plus diversifié des groupes de vertébrés. En outre, leurs enzymes présentent de nombreux avantages sur celles des sources classiques. Bien que possédant des fonctions catalytiques similaires à celles des protéases d'origine bactérienne, végétale ou animale couramment utilisées dans l'industrie, les enzymes marines se distinguent par leurs conditions optimales d'activité : elles sont fonctionnelles dans des solutions fortement salines, et surtout, pour les espèces d'importance industrielle majeure, possèdent une forte activité catalytique à basse température. Revers de la médaille, elles résistent mal à la chaleur, mais ceci rend leur inactivation plus aisée.

Des enzymes telles que les aminopeptidases de thon ont pu être utilisées pour réduire l'amertume de produits à usage alimentaire. Les protéases de poisson servent également à éliminer les peaux des seiches et de calmars ou les membranes entourant les poches d'œufs de poissons pour la préparation du « caviar » de saumon. Cela évite l'intervention manuelle, trop fastidieuse, ou mécanique, trop destructrice. De même, l'épluchage des crevettes de pêche industrielle est facilité par une action enzymatique préalable.

Mais le grand domaine de valorisation des sous-produits de la pêche est celui de l'obtention d'hydrolysats, produits de la dégradation enzymatique des molécules biologiques. Les Romains fabriquaient déjà le Garum, sauce de poisson salée et odorante. Les conditions extrêmes d'élaboration (milieu hypersalé) permettent une préservation et une conservation à long terme du produit.

De nos jours, on a recourt à des techniques d'hydrolyse mieux contrôlées pour dégager les arômes de certains crustacés ou les fumets de poissons qui seront ensuite utilisés pour la confection des soupes, l'aromatisation du surimi, etc.

L'hydrolyse incomplète des protéines (chairs) ou des polysaccharides (mucopolysaccharides, chitine de la carapace des crustacés) produit respectivement des peptides ou des oligosaccharides de tailles diverses, dont certains peuvent avoir conservé une structure spatiale reconnue par des récepteurs cellulaires, et donc une activité biologique.

On a ainsi détecté des activités de type hormonal (gastriques, calcitonine) (Fouchereau-Peron, 1998) ou anti-stress (analogue à celles des hydrolysats de caséine), voire des facteurs de croissance cellulaire, dans des hydrolysats de morue, de thon ou de sardine. L'hydrolyse enzymatique partielle des protéines de poisson ou des chitines produit aussi des fragments immunostimulants, dont l'utilisation permettrait de réduire notablement la charge en antibiotiques dans les élevages de

salmonidés.

Ces techniques très anciennes constituent, en fait, un champ très dynamique de recherche et d'applications. C'est ainsi que différents projets européens tel le Programme intégré « Seafood plus » qui associe 81 laboratoires autour des bénéfices pour la santé liés à la consommation de produits de la mer ou bien le projet Interregional « Valbiomar » qui met l'accent sur le transfert des technologies de valorisation des produits de la mer vers les industriels sont maintenant entrés dans une phase opérationnelle. La complexité des mécanismes biochimiques mis en œuvre pour la fabrication des sauces de poissons déroutent cependant encore les chercheurs. Il ne s'agit pas, pour autant, de procédés anecdotiques : même à une époque où règne la chaîne du froid, une très large partie de l'humanité a besoin de produits conservés et de haute qualité nutritive, moins dépendants de technologies sophistiquées, et parfois défailtantes, que le sont nos aliments surgelés.

Biodiversité marine et biotechnologies

Les organismes marins, nous l'avons vu, sont, en raison à l'ancienneté de la vie marine (plus de 3.5 milliards d'années), de la multiplicité de niches et de situations écologiques qui ont permis l'émergence de formes et de structures biologiques, biologiquement beaucoup plus diversifiées que ne le sont les organismes terrestres.

Dans cet ensemble, chaque organisme vit en interaction avec son environnement physico-chimique, mais aussi avec son environnement biologique. Des communications s'établissent entre individus d'une même espèce ou entre représentants d'espèces différentes. Il faut communiquer pour se reproduire, pour se déplacer, pour s'établir, pour attaquer ou se défendre.

Les moyens de communication font appel à des techniques différentes. Celles-ci peuvent être sonores: les poissons, les crustacés et les mammifères marins émettent des traces sonores tout à fait spécifiques. Des signaux lumineux sont utilisés dans les profondeurs obscures. Dans cet ensemble, c'est, sans doute, la communication chimique entre organismes marins qui est sans doute la plus étudiée, car la chimie moderne apporte les moyens techniques nécessaires à la purification des molécules et à l'élucidation des structures.

L'intérêt porté à ces substances est aussi plus pratique. Les facteurs chimiques de colonisation, de répulsion, correspondent à la demande actuelle en substances naturelles bioactives car nombre de ces molécules sont de possibles agents thérapeutiques susceptibles de renforcer ou de diversifier les gammes existantes en antibiotiques, anti-tumoraux, pesticides, etc.

Parmi ces organismes marins, certaines formes végétales (algues vertes, rouges ou brunes) ou animales ou encore microorganismes (bactéries, champignons) retiennent plus

particulièrement toute l'attention des pharmacochimistes. Ainsi, certains animaux comme les éponges, les coraux, les tuniciers, etc., ont, au cours de l'évolution, développé des systèmes de défense basés sur la production de substances chimiques qui s'ajoutent aux molécules servant à la lutte contre, notamment, les infections par les pathogènes. Ces métabolites secondaires sont étudiés pour la recherche de nouvelles structures chimiques à activité biologique (Hill et Murphy, 1998 ; Guyot, 1998). Ils constituent aujourd'hui, un domaine privilégié de recherche et un champ immense d'investigation pour les chimistes des substances naturelles. Ainsi, plus de 6000 nouveaux métabolites marins sont identifiés à ce jour et beaucoup présentent *in vitro*, des activités biologiques: ils sont antiviraux, antitumoraux, immunomodulateurs, antibiotiques, antifongiques, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques ; ils peuvent aussi agir au niveau du système cardiovasculaire ou du système nerveux (Jensen et Fenical, 1994; Kornprobst, 2005). Ces métabolites dits « secondaires » présentent un réel intérêt au plan de la pharmacologie mais aussi dans d'autres domaines : pesticides, substances anti-salissures, etc.

Les champs d'applications dépassent donc le cadre strict de la pharmacologie et touchent maintenant d'autres domaines : la néreistoxine du ver *Lumbrineris brevicirra* est un insecticide puissant, les substances allélopathiques extraites de différentes algues marines sont des anti-salissures potentielles.

Ce domaine de diversité biochimique des organismes marins fait l'objet d'un traitement très différent de celui des biomasses. En effet, les ressources spécifiques peuvent être parfois limitées, se résumant parfois à quelques individus sur un récif et il ne peut être question de procéder à des collectes massives. La démarche suivie est donc, le plus souvent de procéder à l'extraction des algues ou substances, de réaliser des purifications suivies au moyen de biotests adaptés, élucider les structures et, si elles ne sont pas trop compliquées, en tenter la synthèse totale ou partielle. Ainsi, les molécules naturelles deviennent essentiellement des modèles qu'il s'agit de recopier, éventuellement en les modifiant pour les rendre plus actifs ou moins toxiques. Dans ce contexte, la biodiversité marine offre bien un extraordinaire potentiel biotechnologique.

Remerciements Ce travail a été partiellement soutenu par l'Union Européenne (Programme Intégré SeafoodPlus : Food - CT-2004-506359)

Biographie

Yves Le Gal, Sous-Directeur au Collège de France a réalisé de nombreux travaux sur les mécanismes de l'adaptation enzymatique des organismes marins et sur les aspects biotechnologiques associés à la valorisation des ressources marines.

Bibliographie

- Behrenfeld M.J., P.G. Falkowski, 1997, Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentrations, *Limnol. Oceanogr.*, 42, 1-20.
- Blanchot J., L. Guillou, F. Partensky, N. Simon et D. Vaultot, 1998, Le petit peuple du grand large, *Biofutur*, 179, 22-24.
- Boureau E., 1976, *La Recherche*, 68, 541-551.
- Decker C.J. et R. O'Dor, 2002, The census of marine life : unknowable or just unknown ?, *Oceanologica Acta*, 25, 179-186.
- FAO, 2000, Yearbook, Fishery statistics, Commodities, 91, 208pp.
- Fouchereau-Peron M., 1998, Le double jeu de la cathepsine, *Biofutur*, 179, 47-48.
- Grassle J.F., 1991, *Biology International. Special issue*, 23, 19 pp.
- Guyot M., 1998, Les molécules marines modèles et outils, *Biofutur* 179, 52-54.
- Heip C., 1998, Un océan de diversité, *Biofutur* 179, 12-17.
- Hill R.T. et P. Murphy, 1998, L'océan pharmacien, *Biofutur* 179, 34-37.
- Iglesias S.P., N. Nakaya et M. Stehmann, 2004, *Apristurus melanoasper*, a new species of deep-sea catshark from the North Atlantic, *Cybiurn*, 28, 345-356.
- Janvier P., 2000, D'une extinction à l'autre, *La Recherche* 333, 52-56.
- Jensen P.R. et W. Fenical, 1994, Strategies for the discovery of secondary metabolites from marine bacteria : ecological perspectives, *Ann. Rev. Microb.*, 48, 559-584.
- Kornprobst J.M., 2005, Substances naturelles d'origine marine (chimiodiversité, pharmacodiversité, biotechnologies), ISBN 2-7430-0721-4 Tec. Et Doc., 1500 pp.
- Laubier L., 1992, Vingt mille vies sous la mer, O. Jacob, 335 pp.
- Lecointre G. et H. Le Guyader, 2001, Classification phylogénétique du vivant, ISBN 2-7011-2137-X Belin, 543 pp.
- Le Gal Y., 1991, Un milieu propice aux échanges, *Biofutur*, 106, 18-20.
- Le Gal Y. et E. Stenberg, 1998, Tout est bon dans le poisson, *Biofutur*, 179, 61-63.
- Marin F., M. Smith, Y. Isa, G. Muzer et P. Westbroek, 1996, Skeletal matrices, muci, and the origin of invertebrate calcification, *Proc. Natl. Acad. Sc., USA* n° 93, 1554-1559.
- Pauly D., R. Watson et V. Christensen, *La Recherche*, 355, juillet/aout, 2002, p80-83
- Perez R., 2000, Ces algues qui nous entourent, Editions Ifremer ISBN 2-9055434-75-9, 253 pp.
- Seafoodplus, Programme Intégré 6^{ème} PCRD. Coordinateur : T. Borresen. www.Seafoodplus.org.
- Valbiomar, Projet Interreg 3B Espace Atlantique, Coordinateurs : J.M. Piot & Y. Le Gal. www.valbiomar.org
- Westbroek P., 1998, *Vive la Terre* – ISBN 2-02-032382-6, Seuil, 213 pp.
- Zal F., 2002, Les sources abyssales, berceau de la vie ?, *La Recherche*, 355, 22-25

LES AIRES MARINES PROTÉGÉES à l'épreuve du sous-développement en Afrique de l'Ouest.

Bertrand Cazalet¹, Doctorant en droit public, Université de Perpignan, Centre d'Etude et de Recherche sur les Transformations de l'Action publique (CERTAP), 52, avenue Paul Alduy, 66 860 Perpignan, Courriel : bertrandcazalet@yahoo.fr

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet INCO CONSDEV de la Commission Européenne : *Cohérence des politiques de conservation et de développement des Aires Protégées Côtières et Marines d'Afrique de l'Ouest*. Pour plus de renseignement cf. site officiel du Projet CONSDEV : www.resed.org/consdev .

Résumé : La contribution des Aires Marines Protégées (AMP) est essentielle à la conservation des écosystèmes mondiaux et au développement socio-économique des populations des pays pauvres. Le concept d'AMP s'est développé à partir des années 1970 à la faveur d'une prise de conscience par la communauté internationale des destructions engendrées par les activités humaines et de leurs conséquences parfois irréversibles sur l'environnement. Le droit international, d'influence occidentale, a toujours constitué la « *base légale* » de la création et de l'évolution des AMP. Dès les années 1990, de nouvelles notions juridico-politiques apparaissent : les notions de durabilité et de gouvernance qui vont intégrer de nouvelles priorités dans les objectifs des AMP et les conditions de leur mise en œuvre, notamment à travers la démarche participative et les mouvements de décentralisation. La construction des AMP en tant qu'outil juridique et administratif, obéit à la dialectique des politiques publiques. La structure institutionnelle et son cadre normatif sont également marqués par un phénomène d'importation des modèles occidentaux. Toutefois, le syncrétisme juridique des Etats en développement, dévoile des mécanismes de fonctionnement des AMP originaux et *sui generis*. Par voie de conséquence, l'applicabilité juridique de ces systèmes est très variable, mais permet d'en dégager quelques caractéristiques communes : la remise en cause de la légitimité et de l'efficacité de l'action publique, les difficultés pour mener des réformes politiques d'envergure susceptibles d'améliorer la gestion des espaces protégés, la multiplication des acteurs intervenants directement ou indirectement sur ces espaces, la tendance à une « *privatisation* » des AMP par des institutions extérieures qui revendiquent une part de responsabilité et enfin la déstabilisation par le marché qui constitue certainement la menace la plus franche pour l'avenir des AMP et des populations autochtones.

Mots clés : aires marines protégées, Afrique de l'ouest, gestion, droit international, droit de l'environnement, droit importé, développement durable, gouvernance, sous-développement, transformations de l'Etat, institutions, politiques publiques, décentralisation, communautés traditionnelles, appropriation.

Abstract : The contribution of the Marine Protected Areas (MPA) is essential to the conservation of the eco-systems and the socio-economic development of the populations of poor countries. The concept of MPA started developing at the beginning of the 1970's when the international community became aware of the destruction of the environment by human activities, sometimes with irreversible consequences. International law has always constituted the « *legal base* » of the creation and the evolution of the MPA. In the 1990's, the notions of sustainability and governance integrated new priorities in the MPA objectives and the conditions for their establishment, particularly by means of participation and decentralization movements. The construction of the MPA as legal and administrative tools follows the direction of public policy. The institutional structure and its standardizing framework are also marked by western models. However, the state specificity of under developed nations reveals the *sui generis* functioning mechanisms of the MPA. The real legal applicability of these systems is very variable, and shows certain characteristics such as the putting into question of the legitimacy and the efficiency of public action, the difficulties in carrying out political reforms broad enough to improve the management of protected areas, the multiplication of those concerned, the tendency to a « *privatizing* » of the MPA through exterior interventions which claim a part of responsibility, and finally, the economic and commercial dimension which certainly constitutes the most important threat for the future of the MPA and its indigenous populations.

Key words : marine protected areas, legal tool, biodiversity, public policy, underdevelopment

¹ En collaboration avec Abdel Kader Ould Mohamed Saleck, coordonnateur national du Projet CONSDEV pour la Mauritanie (Parc National du Banc d'Arguin), Samuel Diémé, coordonnateur national du Projet CONSDEV pour le Sénégal (Réserve de Biosphère du Delta du Saloum) et Alfredo Simao Da Silva, coordonnateur national du Projet CONSDEV pour la Guinée-Bissau (Réserve de Biosphère de l'Archipel des Bolama-Bijagos).

Introduction

Les aires marines protégées (AMP) sont des échantillons représentatifs des écosystèmes marins et côtiers. Elles abritent les richesses naturelles mondiales et jouissent, à ce titre, d'une haute valeur symbolique. Le Congrès mondial de la conservation¹ en donne la définition suivante : « *Tout espace intertidal² ou infratidal ainsi que ses eaux sus-jacentes, sa flore, sa faune et ses ressources historiques et culturelles que la loi ou d'autres moyens efficaces ont mis en réserve pour protéger en tout ou en partie le milieu ainsi délimité* ». La fonction initiale des AMP consistait à protéger et « *mettre sous cloche* » un site remarquable, unique par sa biodiversité et son esthétique, et dans une moindre mesure, par son patrimoine culturel. Mais cette vocation première, que nous pourrions qualifier de « *contemplative* », était le fruit d'une représentation scientifique assez fragmentaire de la gestion de la nature, aujourd'hui largement dépassée.

La principale évolution des AMP depuis les années 1970, est la forte expansion du nombre de territoires classés et leur élargissement inévitable à des espaces occupés et utilisés par l'homme. La prise en compte de la dimension socio-économique des AMP est relativement récente et intervient timidement au début des années 1980 dans le sillage du programme sur l'Homme et la Biosphère de l'UNESCO, instrument novateur sur lequel nous reviendrons. Ce dernier cherche à développer un réseau mondial d'aires protégées, tout en considérant l'Homme comme partie intégrante de son environnement et non plus exclu des schémas classiques de préservation.

La réflexion autour de la thématique des aires protégées s'appuie sur les travaux des instances internationales qui tracent les étapes historiques du droit de l'environnement. L'aspect récurrent des grands problèmes environnementaux suppose une action concertée et multilatérale. La coopération internationale est ici fondamentale, surtout dans les rapports nord-sud. La multiplication des aires marines protégées au cours des vingt dernières années³, apparaît comme l'un des fruits de cette « *prise de conscience environnementale* » amorcée lors de la conférence des Nations Unies de Stockholm, du 16 juin 1972.

L'inspiration internationale des politiques de conservation est indéniable... mais l'émergence dans les années 1990 du concept de « *développement durable* » témoigne d'une évolution supplémentaire dans le renouvellement des idées et la transformation permanente des objectifs. Cette expression,

¹ Montréal, octobre 1996.

² Intertidal désigne la zone côtière entre la basse mer moyenne et la pleine mer moyenne, espace alternativement couvert et découvert par les marées. Infratidal désigne un substrat continuellement immergé.

³ Plus de 1300 AMP sont recensées à l'heure actuelle à travers le monde et la majorité d'entre elles sont situées dans les pays du « sud ».

consacrée par la Déclaration de Rio de 1992 dans son principe 4⁴, adopte une approche plus systémique des questions environnementales, permettant d'envisager dans la globalité le développement humain et ses effets et l'impérative protection des milieux et des ressources naturelles. Le premier effet visible de ce principe est d'introduire la protection de l'environnement dans l'ensemble des politiques publiques industrielles, urbaines, agricoles, etc. Mais curieusement, la détermination par les Etats de la portée juridique de ce principe va entraîner également une redéfinition des politiques de gestion des AMP, car elle introduit à l'inverse la dimension anthropique dans des espaces d'abord réservés à la conservation.

Les AMP ne sont plus aujourd'hui un simple enjeu écologique, mais sont considérées comme des sphères territoriales cohérentes susceptibles de participer à des degrés divers au développement des populations vivant à l'intérieur de la zone protégée, à proximité et au-delà. L'amélioration des conditions de vie des résidents et le maintien de leurs activités est indissociable de la garantie de ressources marines et côtières pérennes.

Cette dépendance de nature bilatérale est une illustration des grandes problématiques d'envergure mondiale visant à réformer les politiques des pêches autour des objectifs de durabilité, en quête d'un équilibre entre la conservation des espèces et leur utilisation à long terme. Les richesses halieutiques constituent, pour deux raisons principales, un champ d'investigation prioritaire. Elles sont tout d'abord une source vitale d'apport protéique pour les populations humaines, surtout dans les zones sous-développées. En outre et par voie de conséquence, elles sont la cible d'une surexploitation chronique et victimes d'un épuisement progressif et programmé⁵. Les causes et les effets de ce phénomène sont de plus en plus « *mondialisés* », ce qui limite la capacité des Etats à agir seuls dans la mise en place d'outils efficaces de gestion et nécessite une action commune et consensuelle à l'échelle internationale. Mais, force est de constater que les séquelles de la prédation incontrôlée sont démultipliées dans les pays sous-développés, principaux détenteurs des richesses naturelles en général et des richesses halieutiques en particulier.

⁴ Principe 4 : « *pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit constituer une partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément* ».

⁵ « *Observée sur la durée des cinq dernières décennies, l'évolution des pêches maritimes mondiales, communautaires et nationales met clairement en lumière quatre phénomènes découlant directement de la sur-pêche: une surexploitation plus ou moins grave des populations exploitées, des capacités de pêche excédentaires, une dégradation des écosystèmes exploités, enfin une récurrence des conflits entre différents types de pêches et vis-à-vis d'autres usages de l'océan.* » Académie des Sciences, *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*, RST n°17, décembre 2003, p.405.

Face à ces questions très complexes, le rôle concret d'une AMP peut sembler dérisoire. Or, leur fonction contribue activement à la survie de la faune sédentaire et migratrice⁶ mondiale. Parfois, à l'intérieur d'une même région ou sous-région, des AMP situées sur le parcours d'une ou plusieurs espèces, forment un réseau commun de conservation et définissent une stratégie globale d'aménagement et de gestion de ces ressources. Par leur répartition « géostratégique », la participation des AMP au maintien des écosystèmes et au dynamisme global de la faune naturelle est vitale d'un point de vue scientifique.

Nous verrons d'abord la contribution du droit international au processus de création et de diffusion des AMP en tant que modèle juridique de conservation et de gestion de la biodiversité, mais également comme outil essentiel au développement socio-économique des populations présentes sur ces espaces. Nous tenterons ensuite d'analyser l'application concrète de ses mesures par les Etats, acteurs principaux et souverains dans la mise en place des AMP. En effet, les récentes recommandations internationales en matière de durabilité et de gouvernance, poussent les Etats sous-développés sur la voie des réformes juridiques et administratives. Mais ces transformations sont entravées par des situations de crise de l'Etat et les difficultés qui en résultent pour les autorités responsables de la gestion quotidienne des AMP.

Le rôle « catalyseur » du droit international dans la mise en place et le développement des AMP

Les prémices de la protection environnementale sont d'origine occidentale, mais leur généralisation sera le fruit de l'action internationale dans ses relations inter-étatiques. Ainsi, le paradigme de l'AMP comme moyen de conservation, va connaître un essor relativement récent mais très intense. En quelques décennies, la perception de l'aire protégée et de ses finalités, va passer d'une approche rigide et simpliste de la préservation à une analyse beaucoup plus complète et réfléchie, incluant l'ensemble des acteurs présents sur ces espaces et leurs enjeux particulièrement complexes et souvent contradictoires.

La genèse conceptuelle du processus de constitution des AMP

L'évolution historique des modes de conservation

Historiquement, les années 1970⁷ amorcent un réel élan en faveur de la promotion des AMP et de la reconnaissance de leur

6 dont le passage dans ces zones côtières obéit à une phase de leur cycle biologique (reproduction, ponte, nourriture, croissance des juvéniles...).

⁷ avec son lot de révélations officielles sur les premiers grands bouleversements écologiques : effet de serre, destruction de la couche d'ozone, pollution des milieux biosphériques, de la biomasse, des sols, diminution de la biodiversité... Cf. B. CAZALET, *Genèse conceptuelle et analyse des politiques de*

profonde utilité. Elles naissent progressivement dans le sillage des premiers grands engagements internationaux de protection de l'environnement qui développent une approche conservacionniste⁸ de la gestion de la nature.

Dans les périodes antérieures, les engagements en faveur de la protection des milieux naturels procédaient d'initiatives étatiques isolées. Dès la fin du 19^{ème} siècle, certains Etats décidèrent, à travers la création des premiers Parcs Nationaux, d'appliquer une protection intégrale de la faune et de la flore sur des espaces remarquables de leur territoire⁹. Le modèle dit de « Parc National » sera très largement exporté, y compris dans les pays du sud. Ce phénomène se vérifie, non seulement dès l'époque coloniale (comme par exemple au Sénégal) mais aussi bien plus tard, à la suite des mouvements d'autodétermination.

Les premières aires protégées étaient caractérisées par une vision statique de sauvegarde de la nature qui consistait à préserver le site de toute occupation ou influence humaine. Cette conception engendra à l'égard des populations considérées comme « *mal placées* », d'innombrables procédures d'expropriations, de déplacements ou d'expulsions *manu militari*.

Dès 1970, l'intervention du programme sur « *l'homme et la biosphère* » de l'UNESCO (MAB) intègre la dimension socio-économique en tant qu'élément essentiel des politiques de conservation de la biodiversité. Le programme MAB encourage la création d'un réseau d'aires protégées¹⁰ et axe sa réflexion

gestion des APCM d'Afrique de l'Ouest, Projet CONSDEV, WP5, Juin 2004, p. 7. www.resed.org/consdev.

⁸ le concept de conservation de la nature apparaît dans les années 1950, sous l'impulsion notable de l'UICN (Union Mondiale pour la Conservation de la Nature) première grande organisation « *écologiste* », mais largement isolée à l'époque. Selon certains auteurs, le concept de conservation est plus fonctionnel que celui de la protection absolue car il « *renferme, à côté d'un aspect de stricte protection, un aspect dynamique de mise en valeur rationnelle des écosystèmes qui doit permettre de tirer un meilleur parti des ressources naturelles et des milieux biosphériques.* » (D.M. KABALA, *Protection des écosystèmes et développement des sociétés, état d'urgence en Afrique*, p. 15, l'Harmattan, 1993).

⁹ Les Etats Unis vont lancer ce mouvement avec la création du Parc National du Yellowstone en 1872, suivis par les Parcs Kruger en Afrique du Sud en 1892.

¹⁰ Son origine remonte à la première Conférence intergouvernementale sur la conservation et l'utilisation rationnelle de la Biosphère, initiée en 1968 au sein de l'UNESCO. Avant-gardiste, au même titre que la Conférence de Stockholm de 1972, elle lance l'idée d'un réseau mondial représentatif d'aires protégées « *portant sur des écosystèmes ou une combinaison d'écosystèmes terrestres et côtiers/marins reconnues au niveau international ...* ». UNESCO, 1996. Réserves de Biosphère : la Stratégie de Séville et le cadre statutaire du réseau mondial. UNESCO Paris.

autour de l'idée nouvelle d'utilisation rationnelle des ressources, dans les milieux à forte présence ou activité anthropique. L'utilisation rationnelle se définit comme une utilisation des ressources au bénéfice de l'humanité d'une manière qui soit compatible avec le maintien des propriétés naturelles des écosystèmes. La démarche biosphérique propose donc une analyse en termes de systèmes, beaucoup plus complète. Cette recherche d'harmonie ou au moins d'une meilleure cohérence, annonce déjà l'évolution fondamentale des années 1990 et la consécration par la Conférence de Rio du concept de développement durable.

La grande originalité du Programme MAB est de structurer les territoires selon un zonage préétabli : une ou plusieurs zones centrales, des zones tampon et des zones de transition. Mais, dans les premiers temps, ce sont surtout les sites d'intérêt scientifique qui sont retenus, avec une vision privilégiant la conservation et la recherche pure plutôt que les problématiques du développement harmonieux des populations avec leur environnement. Ce n'est qu'au début des années 1980, que l'institution du programme MAB commence réellement à considérer la place de l'Homme dans la biosphère, consciente des nécessités d'ouvrir ses objectifs aux aspects socio-économiques¹¹.

Sur le plan juridique et administratif, les réserves de biosphère relèvent de la seule souveraineté des Etats et sont placées sous leur juridiction. Elles ne font pas l'objet d'une convention internationale mais simplement d'un cadre statutaire correspondant à un aménagement particulier de l'espace en fonction d'un zonage en cercles concentriques. Ce dernier prévoit les modalités d'utilisation des différentes zones de la réserve, variant selon des critères de protection décroissant du centre vers la périphérie. Ce cadre, officiellement adopté en 1995 à Séville, doit garantir l'exécution conforme du programme par les Etats et la promotion du Réseau¹² en tant qu'outil de conservation de la biodiversité. L'adhésion des Etats est libre et volontaire, rien n'est imposé sauf le respect de critères communs et la participation active de tous les membres. Ce modèle incitatif s'inscrit dans la notion juridique de « soft Law » décrite ci-dessous.

La dualité des sources juridiques internationales

En droit international, il convient de distinguer deux grands types d'actes juridiques. En premier lieu, nous avons les actes contraignants qui représentent les accords conventionnels (traités, conventions...) portés à la signature des Etats membres et dont l'entrée en vigueur (texte définitif et obligatoire) intervient au terme d'un processus plus ou moins long de ratification. Le droit des Traités est codifié depuis la Convention de Vienne du 23 mai

¹¹ En 1983, le Congrès de Minsk définit en accord avec le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) un Plan d'action pour les Réserves de Biosphères.

¹² Le réseau compte actuellement près de 400 réserves de biosphère à travers le monde.

1969. Elle reconnaît plusieurs principes fondamentaux ayant pour but de régir les rapports inter-étatiques. L'article 34 pose le principe de l'effet relatif des traités. Ces derniers ne créent « *ni obligations, ni droits pour un Etat tiers sans son consentement* ». En d'autres termes, ils ne sont opposables qu'aux seuls Etats signataires, parties aux traités. De plus, les Etats doivent respecter la règle *pacta sunt servanda*, qui repose sur la confiance mutuelle entre Etats membres, censée garantir une application objective et de bonne foi des traités.

En second lieu, interviennent les actes non contraignants, on les nomme également « *actes concertés non-conventionnels* ». Comme leur nom l'indique, ils ne sont pas soumis au droit des traités. Leurs formes sont multiples : les conférences, les déclarations et les recommandations des organisations internationales, les codes de conduite, les conventions incitatives, les protocoles, les plans d'action... Ils sont la composante de ce que la doctrine anglo-saxonne appelle la « *soft Law* » (« *droit mou* »). En dépit de leur caractère volontaire, ces actes, généralement basés sur des « *normes pertinentes* » du droit international, sont considérés comme des instruments juridiques à part entière. Outre leur rôle moralisateur, ces textes permettent de préparer le terrain à la conclusion de futurs traités internationaux ou à des travaux de codification¹³. Ils incitent les Etats à respecter leur contenu mais également à prendre des mesures contraignantes à cet effet, voire même à les transposer dans l'ordre juridique interne. Enfin, ces déclarations contribuent à la création de la coutume internationale lorsqu'elles déterminent de nouveaux principes de portée générale. Malgré leur caractère facultatif, leur portée juridique est évidente.

La portée générale des outils juridiques analysés ici, déborde du cadre exclusif des AMP. Les thèmes relatifs à la conservation des milieux biologiques et à la protection des ressources naturelles ont fait l'objet de multiples engagements formels à l'échelle mondiale, nous ne retiendrons ici que les principaux¹⁴.

¹³ L'article 13 de la Charte des Nations Unies donne mandat à l'Assemblée Générale de « *provoquer des études et de faire des recommandations en vue...d'encourager le développement progressif du droit international et de sa codification*. ». La codification est « *la formulation plus précise et la systématisation des règles de droit international dans les domaines où existe déjà une pratique étatique conséquente, des précédents et des opinions doctrinales*. ». En réalité, il s'agit d'harmoniser des règles coutumières autour d'un ensemble de règles écrites. Cette opération se réalise par le biais de traités spécifiques de codification, comme par exemple les Conventions sur le Droit de la Mer de Genève (1958) et de Montego Bay (1982).

¹⁴ Pour une présentation plus complète de ces aspects : B. CAZALET, *Genèse conceptuelle et analyse des politiques de gestion des APCM d'Afrique de l'Ouest*, Projet CONSDEV, WP5, Juin 2004.

Les textes internationaux de référence

*L'émergence du droit international de l'environnement :
la Conférence de Stockholm du 16 juin 1972.*

La Conférence Stockholm symbolise la naissance d'une « conscience environnementale » qui va permettre d'appréhender les problèmes dans leur globalité, avec en parallèle une amélioration des connaissances scientifiques. La protection de l'environnement représente à l'époque un sujet très sensible (dans le sens où il n'était pas prioritaire), sujet dont on ne pouvait poser les bases qu'à travers un texte non obligatoire mais ayant le mérite d'alerter les Etats sur la situation et de les empêcher ainsi de l'ignorer. Ces derniers, très soucieux du respect du principe de souveraineté territoriale et de leur libre-arbitre en matière de gestion des ressources et des milieux naturels, rendaient l'hypothèse d'un traité complètement illusoire.

La Déclaration va fédérer tout un ensemble de normes et de principes hétérogènes existants pour constituer la « Charte » du droit de l'environnement. Suite à la Conférence, la doctrine va produire une intense littérature « environnementale » et l'insérer au droit international de l'époque. D'un droit enclavé, on passe progressivement à un droit intégré dans l'ordre juridique international.

La Déclaration présente, à titre introductif, une proclamation en sept points dont le but est d'afficher une « conception commune et des principes communs qui inspireront et guideront les efforts des peuples du monde en vue de préserver et d'améliorer l'environnement ».

Le texte énumère ensuite vingt-six principes qui énoncent les bases de l'aménagement et de l'utilisation rationnelle des ressources renouvelables et non renouvelables et par voie de conséquence de la gestion des aires protégées. Le principe 2 rappelle les impératifs de protection « dans l'intérêt des générations présentes et à venir » des ressources naturelles. Ce même principe englobe sous ce terme : l'air, l'eau, la terre, la flore et la faune et les échantillons représentatifs des écosystèmes naturels. La dégradation générale de l'environnement renforce sa valeur et induit un véritable engagement pour sa conservation. Une telle démarche est un encouragement aux efforts de gestion des aires protégées, de leur faune et de leur flore et offre des perspectives de soutien dans la création de nouvelles zones de préservation.

Le principe 4 affirme la « responsabilité particulière » de l'homme face à la raréfaction des richesses naturelles et préconise à cet égard une « sage gestion ». Cette formule peut s'interpréter sur un plan juridique par une gestion en « bon père de famille » qui traduit une gestion avisée, prudente et normale appliquée au patrimoine naturel et à ses composantes.

Dans le contexte politique de l'époque, l'émancipation des Etats du Tiers monde conjuguée à l'importance majeure du principe de

souveraineté, confère au droit du développement une place essentielle. La primauté accordée au développement va sensiblement limiter la portée et l'efficacité de la Conférence car les Etats dans leur ensemble vont continuer à donner la priorité aux progrès économiques et sociaux au détriment de l'environnement.

D'autres textes incitatifs viendront relayer cette initiative liminaire. Nous pouvons citer la Stratégie Mondiale pour la Conservation de 1980 lancée par l'UICN, le WWF et le PNUE. Elle annonce déjà formellement les contours du développement durable : elle parle « d'un type de développement qui prévoit des améliorations réelles de la qualité de vie des hommes et en même temps conserve la vitalité et la diversité de la terre. Le but est un développement qui soit durable. A ce jour, cette notion paraît utopique, et pourtant elle est réalisable. De plus en plus nombreux sont ceux qui sont convaincus que c'est notre seule option rationnelle ».

Conjointement à cette action de portée générale, une approche plus sectorielle élabore les premiers accords à objet particulier de conservation. De nombreuses conventions viendront concrétiser les efforts de la communauté internationale en faveur d'une utilisation rationnelle des espaces-ressources. Ces textes constituent des « leviers » à la création de nouvelles AMP, nous pouvons citer parmi les plus connus d'entre eux : La Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale du 2 février 1971 (Iran), la Convention de Paris pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel, du 16 novembre 1972, la Convention de Washington sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), du 3 mars 1973, la Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices (CMS) appartenant à la faune sauvage, du 25 juin 1979...

Le droit de l'environnement, longtemps marginal et enclavé, s'intègre progressivement dans l'ordre juridique international. Cette évolution est marquée par la mise en commun des objectifs de développement économique et social avec les nécessités de préserver les ressources et les sites. A l'inverse, ce raisonnement s'applique d'autant plus aux AMP, considérées le plus souvent comme des espaces purement naturels, dont la dimension humaine était totalement minimisée.

Le développement comme nouveau paradigme des AMP

Parmi les nombreux textes relatifs au développement durable, nous nous limiterons aux plus explicites, susceptibles d'éclairer nos problématiques sur les AMP.

L'héritage de Stockholm : la Déclaration de Rio ou la Déclaration d'un nouvel objectif de durabilité (13 juin 1992)

Au plan structurel, la Déclaration de Rio englobe plusieurs types de textes d'une portée juridique variable. Tout d'abord, elle

comprend deux traités dont la Convention sur la diversité biologique. Ensuite, sont élaborés trois instruments facultatifs, dépourvus de toute force contraignante, nous retiendrons la Déclaration sur l'environnement et le développement et l'Agenda 21.

La Déclaration sur l'environnement et le développement

La Déclaration sur l'environnement et le développement réactualise Stockholm et réaffirme l'importance du rapport environnement -développement en consacrant le concept de « développement durable » dans son principe 4 (rappelé en introduction). L'auteur, A. Kiss, considère que « cette forme de développement ne compromet pas les possibilités de l'avenir tout en cherchant à satisfaire les besoins du présent, autrement dit, elle est respectueuse des ressources naturelles ».

Il s'agit d'un principe « composite intégrant trois objectifs inséparables et contradictoires » : le premier objectif est celui de la croissance et de l'augmentation des productivités. Le second recherche une meilleure répartition du bien-être et la réduction de la pauvreté à travers le partage. Enfin, le troisième rappelle la nécessaire protection de la nature, comme la condition essentielle aux deux précédentes.

La Déclaration dégage également des règles supplémentaires qui vont enrichir et compléter le développement durable, renforcer sa « matrice conceptuelle » (P.M. Dupuy, *R.G.D.I.P.* 1997, p.886). Le principe 15 consacre, entre autre, le principe de précaution : « En cas de risque de dommages graves et irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement ». Ce concept est amené à remettre en cause certaines pratiques et opinions antérieures jugées irresponsables ou accusées d'avoir directement ou indirectement des effets pervers sur l'environnement. Il reconsidère aussi et surtout l'archétype de la certitude et de la cohérence scientifique. Il préconise la prudence par le biais d'une approche plus « souple » des questions environnementales en considérant les activités humaines, le risque encouru et ses conséquences « a priori » et cela, tant que l'on ne peut pas prouver le contraire. Une telle démarche induit un renversement de la charge de la preuve. Communément, la charge de la preuve est le devoir d'établir les faits, objets d'un litige ou générateurs d'un dommage, par celui qui les conteste, c'est-à-dire en droit, la victime ou, dans un sens plus général, le demandeur. Or, ici, pour invoquer le principe de précaution, il suffit de soulever une simple incertitude porteuse de risques potentiels, charge étant faite au défendeur (autorité publique responsable, gestionnaire) d'apporter la preuve scientifique d'une absence de risque.

D'autres principes de mise en œuvre, désormais bien connus, sont affirmés : le principe du pollueur-payeur, la consultation et la participation de la société civile aux processus décisionnels

(principe 10), le devoir de prévention (principe 2), le recours aux études d'impact environnemental (principe 17)...

Le processus de Rio renouvelle, de façon tout à fait classique, l'appel à la coopération internationale mais effectue une distinction en estimant que « les Etats ont des responsabilités communes mais différenciées » (principe 7 et 11), ils doivent coopérer à « la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté...condition indispensable du développement durable » (principe 5). Les pays développés ont une responsabilité particulière « dans l'effort international en faveur du développement durable ». Une « priorité spéciale » doit être accordée aux pays les plus pauvres et les plus vulnérables (principe 6).

Il est intéressant de noter que, vingt ans après, Rio n'a pas plus de pertinence juridique que son illustre aînée Stockholm, c'est toujours une simple déclaration d'intention de la communauté internationale unanimement bien-pensante. Heureusement, la Convention sur la diversité biologique compense pour partie cette faiblesse, par un engagement réel et contraignant des Etats.

Le développement durable n'est pour l'heure qu'un projet à réaliser, dont la nature et le contenu restent très vagues pour ne pas dire inexistantes. Remplir cette « coquille vide » reste le grand défi des années à venir, d'autant plus ardu que cette notion est transposable à toutes les disciplines scientifiques au sens large (y compris les sciences juridiques et politiques¹⁵). Chacune engageant alors un travail de « modélisation¹⁶ » de ce nouvel « idéal » à atteindre, selon ses propres critères, mais au risque d'en faire un concept polysémique.

L'Agenda 21 et ses rapports avec les AMP

Ce Plan d'Action mondial présente quarante chapitres qui détaillent les actions à mener et les stratégies à adopter pour parvenir à une concrétisation du développement durable tel qu'il est défini dans la Déclaration de Rio.

Une référence particulière est faite à l'égard des aires protégées et de leur promotion. Le chapitre 15.5g relatif aux activités de gestion en faveur de la préservation de la diversité biologique préconise de « renforcer les systèmes de zones protégées (zones

¹⁵ Pour une réflexion originale sur ces questions : *Le développement durable, Tome II, émergence d'une norme juridique*, Ouvrage collectif sous la Direction de François FERAL et Jean-Marc FEVRIER, Revue NEMESIS n°4, 2002, Presses Universitaires de Perpignan.

¹⁶ « Dans la course à la « modélisation » du développement durable entre disciplines, la modélisation juridique va souvent prendre la forme de la normativisation », F. GALLETI, *Le droit de l'environnement, un ensemble de normes pour le développement durable ?*, in *le développement durable, Tome II, émergence d'une norme juridique*, NEMESIS, op.cit. pp. 239-275.

terrestres, marines ou aquatiques), et préserver, entre autres éléments, les zones dulçaquicoles et autres zones humides vulnérables et les écosystèmes côtiers, tels qu'estuaires, récifs coralliens et mangroves ». Le 15.5j reprend la notion de zone de transition et encourage « dans les secteurs adjacents aux zones protégées un développement sans danger pour l'environnement et qui puisse s'inscrire dans la durée, afin de mieux protéger ces zones ». Le 15.7g vise à améliorer la coordination internationale « des mesures prises pour assurer une conservation et une gestion efficace des espèces migratoires non parasites menacées d'extinction, avec un appui, d'un niveau approprié, à la création et à la gestion de zones protégées dans des régions transfrontalières. Dans les chapitres 9 à 22 consacrés à l'ensemble des ressources planétaires, des recommandations sont favorables à l'élaboration de stratégies et de plans nationaux de développement permettant d'intégrer une utilisation rationnelle des ressources naturelles ainsi qu'un renforcement des aires protégées.

La Convention de Rio sur la diversité biologique (CDB) du 22 mai 1992

La Convention sur la diversité biologique est qualifiée par certains auteurs de « convention-chapeau » en raison de sa contribution essentielle au droit de l'environnement, sa portée globale et l'ambition de ses objectifs (visant à la fois les gènes, les espèces et les écosystèmes).

Entré rapidement en vigueur le 29 décembre 1993, ce texte de référence suscite depuis un mouvement unanime d'adhésion et beaucoup de sollicitations. Il est considéré aujourd'hui comme un instrument universel, excepté pour quelques rares pays refusant toujours de le signer.

Son but, exprimé par l'article 1, vise « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages des ressources génétiques... ». Selon l'alinéa 3 du préambule, la conservation de la biodiversité (son rôle dans l'évolution) et la sauvegarde des écosystèmes sont « une préoccupation commune à l'humanité¹⁷ », mais rappelant, au même titre que la Déclaration du 13 juin, les « responsabilités différenciées » des Etats.

Les grands principes du droit international de l'environnement sont réaffirmés : les principes de précaution, de coopération, l'utilisation d'études d'impact environnemental (art. 14), le devoir d'information (art. 17). La CDB désigne, dans son article 3, le principe selon lequel les « Etats ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources », ce « focus » de la souveraineté des Etats sur les ressources naturelles relativise quelque peu la notion de « préoccupations communes » formulée dans le préambule.

¹⁷ Ce concept est analogue à celui de « patrimoine mondial de l'humanité » mais sans la « consistance juridique » de ce dernier.

Le respect des droits souverains des Etats, dans l'exploitation de leurs propres ressources, est également garanti par l'article 4 de la CDB, ainsi que le pouvoir qu'ils détiennent d'en réguler l'accès. Ils doivent, en outre, coopérer pour faciliter l'accession et l'utilisation rationnelle des ressources génétiques (art. 15) par les autres parties contractantes. A cette fin, des systèmes de contreparties financières, le soutien à la recherche scientifique (art. 18) ainsi que le transfert de technologie (art. 16) sont encouragés, surtout au bénéfice des pays en développement pour éviter, ou réduire, les risques d'appauvrissement de leur biodiversité. La reconnaissance des savoirs traditionnels sur les ressources naturelles est un élément de cette « mission » de sauvegarde.

Le recours à la technique de l'aire protégée est directement évoqué par l'article 8 (CDB), en tant que moyen pertinent de conservation et de gestion du patrimoine biologique, directement *in situ* et dans les espaces périphériques. Ce mode d'organisation doit être complété par la mise en place d'un mécanisme juridique et administratif. L'aire protégée est une solution préconisée pour répondre à un objectif général de sauvegarde des espèces et de leurs milieux ou de reconstitution des écosystèmes dégradés. Des lignes directrices de mise en œuvre renforcent ce dispositif. Elles offrent de nombreuses similitudes avec des recommandations formulées par d'autres instruments internationaux de protection, notamment la Convention Ramsar évoquée précédemment. Ces deux textes ont d'ailleurs décidé d'un Plan de travail conjoint¹⁸.

Des complémentarités s'expriment en matière d'écosystèmes marins et côtiers : dans ce domaine, le programme de travail du Mandat de Djakarta¹⁹ prévoit que la CDB et la Convention Ramsar sur les zones humides collaborent afin d'identifier les sites importants et de définir les critères de création et de gestion des aires protégées.

Dans les domaines intersectoriels, la prévention de la perte de biodiversité liée à l'introduction d'espèces exotiques bénéficie d'un projet commun de communication et de sensibilisation sur les espèces envahissantes, notamment en Afrique.

¹⁸ Un projet de plan de travail conjoint est élaboré chaque année en application du Protocole de coopération signé, entre les deux Conventions, en janvier 1996. Il porte sur des domaines communs à la fois thématiques (recouvrant l'ensemble des écosystèmes existants) et intersectoriels (l'introduction d'espèces exotiques, les indicateurs de biodiversité, les systèmes de surveillance et d'alerte rapide, l'inventaire et la gestion des sites, les petits Etats insulaires en développement, la connaissance et les modes de vie traditionnels, les études d'impact, les stratégies, politiques, les lois et plans nationaux, l'utilisation durable des éléments de la biodiversité, le tourisme durable...).

¹⁹ Signé en 1995, il s'agit d'un plan d'application sur trois ans de la CDB, son objet spécifique concerne la diversité biologique marine et côtière, il s'adresse en particulier à la gestion des AMP par « la mise au point de critères pour leur création et leur gestion ».

La majorité des Etats membres de la CDB, ont transposé son contenu dans leurs législations internes. Certes, la CDB est obligatoire pour les Etats l'ayant ratifiée mais ses dispositions restent très générales et les directions qu'elle préconise nécessitent une interprétation concrète, adaptée aux plans nationaux d'action pour l'environnement ou aux politiques plus spécifiques sur les aires protégées. De nombreux pays se sont ainsi dotés de nouveaux codes généraux (de l'environnement) ou plus ciblés sur la pêche, les forêts, la faune et la flore, la chasse...

Le Code de conduite pour une pêche responsable de 1995 et ses implications en matière de durabilité

Au préalable, c'est la Convention sur le droit de la mer de Montego Bay (Jamaïque) du 10 décembre 1982, qui établit définitivement les limites géographiques des différentes zones marines. Ce traité fixe les statuts juridiques des zones maritimes, avec pour principal corollaire, la répartition des compétences étatiques pour réglementer l'accès et l'usage des ressources halieutiques. Une fois les pouvoirs partagés, l'activité de pêche redevient majoritairement une question de souveraineté nationale, de « propriété » de l'Etat ou de négociation inter-étatique (voire de conflits d'intérêts). Mais, face à l'échec des politiques nationales de gestion, souvent incapables de réguler des pressions excessives de pêche, le code de conduite de 1995 tente d'appliquer le concept de durabilité aux activités halieutiques et définit dans ce but les principes fondamentaux d'une pêche responsable²⁰.

Le Code a été élaboré par la FAO (Food and Agriculture Organisation) et adopté à l'unanimité par la Conférence de la FAO le 31 octobre 1995. Il trouve son origine dans la Déclaration de Cancun (Mexique) de mai 1992 qui va poser les bases du concept des pêches responsables. Il s'articule autour de dix objectifs présentés à l'article 2. Par sa portée globale destinée à l'ensemble des activités halieutiques, le Code ne fait pas référence expressément à la gestion des pêcheries dans les AMP. Toutefois, plusieurs recommandations spécifiques à certaines zones ou à certains types d'activités sont, de fait, directement applicables aux aires protégées, considérées le plus souvent comme des lieux d'expérimentation privilégiée pour la modélisation du développement durable.

²⁰ Cette notion englobe « l'utilisation durable des ressources halieutiques avec l'environnement et le recours à des méthodes de capture et d'aquaculture sans effets nocifs sur les écosystèmes, les ressources ou leurs qualités. Ce concept fait également place à la notion de valeur ajoutée aux produits, par des processus de transformation respectant les normes sanitaires requises, et à l'adoption de pratiques commerciales permettant d'assurer aux consommateurs l'accès à des produits de qualité » : extrait de la Conférence Internationale sur la pêche responsable de Cancun de 1992, organisée à l'initiative du gouvernement mexicain en coopération avec la FAO.

L'article 10 du Code, sur l'intégration des pêcheries dans l'aménagement des zones côtières, incite les Etats à adopter « un cadre juridique et institutionnel et à définir des politiques appropriées...pour permettre une utilisation durable des ressources ». La question de l'allocation des ressources est souvent facteur de conflits : entre plusieurs communautés de pêcheurs invoquant un accès aux espaces de pêches, entre les communautés de pêcheurs et les autres utilisateurs des zones côtières (tourisme, pêche industrielle, expansion urbaine...). La prévention des risques potentiels d'interactions doit être évaluée avec la mise en place en parallèle de mécanismes de résolution des conflits au niveau administratif (art. 10.1.4). Les AMP suscitent souvent la convoitise de ceux qui sont à sa périphérie, ainsi un aménagement efficace implique un cadre juridique et institutionnel fort et une définition précise des rôles et des responsabilités respectives des organismes de gestion. L'utilisation du zonage apparaît comme un moyen pertinent de réglementation de l'accès aux espaces et d'utilisation rationnelle des ressources. De plus, les droits et pratiques traditionnelles des communautés côtières doivent être reconnus et garantis et leurs représentants consultés et associés aux processus de décisions engagés par l'autorité publique (art. 10.1.2 et 10.1.3).

L'article 7.5 applique « l'approche de précaution » à l'aménagement des pêcheries. Ainsi, concernant la petite pêche et la pêche artisanale²¹, le code préconise, entre autre, l'élaboration de systèmes d'aménagements de types communautaires. En effet, pour certaines zones trop isolées et ne pouvant bénéficier d'études scientifiques intensives ou d'une surveillance accrue, des directives proposent de décentraliser la responsabilité de la gestion au niveau des utilisateurs de la ressource (communautés locales ou coopératives). Au sein des AMP, les réorganisations institutionnelles récentes, les objectifs de décentralisation et de délégation partielle des pouvoirs, sont des premières réponses aux recommandations formulées par le code de conduite. Depuis 1995, de nombreux Etats ont intégré cet instrument facultatif dans leurs législations nationales, lui conférant ainsi la force juridique essentielle à son respect et à sa mise en œuvre.

²¹ La notion de pêche artisanale suppose d'être définie au moyen de critères techniques et juridiques rigoureux. Bien souvent, lors de nos investigations nous avons observé (à l'intérieur des AMP ou à leur périphérie), l'existence de flottilles de pêches dites « artisanales », mais qui obéissent, en réalité, à une logique totalement industrielle. Sans rentrer dans les détails, certains indices nous permettent d'avancer cette hypothèse: le nombre très important d'unités de pêche (pirogues de 5 à 25m de long avec une capacité motrice en proportion), la multiplication de campements nomades, très mobiles et bénéficiant d'installations de transformation des produits *in situ*, l'utilisation de filets maillants d'une longueur de plusieurs kilomètres, le ciblage d'espèces à forte valeur ajoutée (raies, requins...), la dépendance des équipages vis-à-vis des armateurs et des mareyeurs extérieurs, des flux commerciaux dépassant largement le simple échelon local...

La reconnaissance d'un cadre statutaire pour les aires protégées du Programme MAB (UNESCO) : la Stratégie de Séville du 20-25 mars 1995

La Stratégie de Séville est une réunion d'experts du programme MAB de l'UNESCO. Le but de ce Forum est d'élaborer un cadre statutaire pour les réserves de biosphère, en conformité avec le principe de durabilité et ses composants, consacrés par la Conférence de Rio.

On retrouve toujours le rôle particulier des aires protégées présentées comme des « vitrines » du développement durable.

Tout d'abord, les trois grandes fonctions des réserves de biosphères sont re-précisées : la conservation des ressources génétiques, des espèces, des écosystèmes et des paysages reste le leitmotiv pour l'identification des réserves. Ensuite, le développement économique et humain contrôlé est la condition sine qua non à une gestion durable du site. Enfin, le support logistique (recherche, éducation, formation, surveillance continue) comme l'outil indispensable à l'action des décideurs et des gestionnaires.

Les caractéristiques du zonage sont redéfinies :

- une ou plusieurs aire(s) centrale(s) : avec une protection à long terme de la biodiversité, une surveillance accrue, des activités de recherche et d'éducation (« *peu perturbantes* »).

- une ou plusieurs zone(s) tampon qui entourent ou jouxtent les aires centrales et utilisée pour des activités compatibles avec des « *pratiques écologiquement viables* » (éducation environnementale, loisir, écotourisme, recherche appliquée et fondamentale).

- une zone de transition flexible (ou aire de coopération) comprenant des activités agricoles, d'établissements humains ou autres exploitations durables et « *dans laquelle les communautés locales, agences de gestion, scientifiques, organisations non gouvernementales, groupes culturels, groupes d'intérêts économiques...travaillent ensemble pour gérer et développer durablement les ressources de la région* ».

Le cadre statutaire rappelle la démarche systémique et pluridisciplinaire (politique de gestion planifiée), où la dimension humaine doit être revalorisée par la reconnaissance des savoirs vernaculaires²² (*la biodiversité culturelle*) et par des partenariats

²² Par savoirs vernaculaires, on entend : « *ensemble des connaissances propres à une communauté et qui, plus ou moins systématisées, ont été acquises dans son expérience historique. La transmission de ces savoirs est traditionnelle, mais leurs contenus et leurs origines sont composites : aussi souvent véhiculés par les migrations, les voyages, les conflits, la colonisation, que par la mémoire collective* » F.Féral 2002 -

« *souples et adaptatifs* » entre les communautés locales et les autorités responsables.

Il convient de rappeler que les réserves de biosphère ne constituent qu'un label international mais nullement un statut juridique. C'est ensuite aux Etats de construire la structure juridique et institutionnelle de ces espaces. Le plus souvent, un mécanisme de protection préexiste déjà à l'intervention de l'UNESCO (parc naturel, parc national, site classé...). Le programme MAB vient « recouvrir » l'aire protégée, identifie les sites prioritaires grâce au zonage et permet ainsi d'étendre sa surface et d'affiner le fonctionnement de ce territoire à l'intérieur de l'Etat.

Ce sont sur les quelques instruments recensés ici, que reposent l'évolution historique et le renforcement progressif des législations nationales des PVD en matière d'AMP. En toute hypothèse, la loi exprime donc « *l'acte juridique d'application des engagements internationaux et régionaux*²³ ». Les observations succinctes présentées ci-dessus, nous éclairent sur la construction conceptuelle des AMP en tant qu'outils juridiques d'abord essentiellement protectionnistes et naturalistes puis progressivement élargis aux nécessités du développement socio-économique. Le droit international permet de généraliser des principes d'origine principalement occidentale, tout en offrant des cadres de soutien et en proposant une mise en œuvre uniforme des objectifs par les pays en voie de développement. Le quatrième Congrès Mondial des Parcs tenu à Caracas (Venezuela) en février 1992, rappelait les idées essentielles à la réalisation d'un développement durable : la participation effective des populations autochtones à l'élaboration et à la mise en place des plans de gestion, la reconnaissance d'autorités décentralisées, la coopération internationale et la constitution de réseaux de conservation... Le Congrès suivant, organisé en Afrique du Sud en 2003, consacra le principe de gouvernance. Ce concept, apparu dans les milieux intellectuels anglo-saxons des années 1990, est aujourd'hui très employé dans les discours des décideurs et des politiques. Il propose d'autres modes d'organisations pour répondre plus efficacement aux exigences de durabilité, y compris dans les AMP.

La bonne gouvernance comme objectif central des politiques d'AMP dans les PVD

La notion de gouvernance, présentée comme le nouvel axe de gestion des zones protégées, mérite d'être définie et précisée. En effet, dans les secteurs sous-développés, si l'intégration juridique de la durabilité et de ses conditions semble acquise, un profond décalage persiste entre les objectifs proclamés et leur

Sociétés maritimes, droit et institutions des pêches en Méditerranée occidentale. FAO, document technique n°420, Rome.

²³ François Féral, *Analyse des politiques publiques des aires marines protégées ouest-africaines*, Pojet CONSDEV, Synthèse régionale, WP4, février 2004.

applicabilité réelle à l'intérieur des AMP. L'analyse du fonctionnement quotidien de ces espaces nous incite à la prudence et relativise le caractère durable des politiques existantes.

Éléments pour une définition de la gouvernance appliquée aux AMP

Le dernier Congrès Mondial des Aires Protégées, s'est tenu à Durban (Afrique du Sud), du 8 au 17 septembre 2003. Cette assemblée se réunit tous les dix ans sous l'égide de l'UICN, elle fait un bilan critique de la situation des aires protégées mondiales et définit les objectifs prioritaires de la prochaine décennie. En 2003, la Conférence insiste tout particulièrement sur un « nouveau » concept : la *gouvernance*. Le terme généraliste de gouvernance n'est pas nouveau en-soi, mais il est suffisamment protéiforme pour être fédérateur. Devenue une formule à la mode, la gouvernance entre rapidement dans le langage courant des gestionnaires et des responsables politiques. La gouvernance après le développement durable, un concept succède à un autre, mais sans pour autant le chasser.

Les réunions de Durban seront clôturées par une série d'engagements formels des Etats et des institutions de soutien. Mais, il s'agit à nouveau d'actes volontaires non contraignants (déclarations, recommandations, plans d'action...) qui ne sont pas des actes juridiques obligatoires au sens du droit international classique (traités, conventions) tels que définis précédemment. Ces réunions ont une fonction essentielle de forum, elles favorisent les échanges interétatiques et réactualisent la réflexion en matière de gestion des aires protégées. Leur but est double : définir les axes stratégiques au plan mondial, tout en permettant aux Etats de s'exprimer et de s'informer afin d'améliorer les politiques nationales concernées, ou d'en établir si elles n'existent pas.

Dans l'esprit de Durban, la gouvernance ne remplace pas le développement durable, elle apparaît plus tôt comme un moyen d'y parvenir. Parmi les diverses définitions de la gouvernance, celle proposée par les auteurs J. Graham, B. Amos et T. Plumtre²⁴ est assez conforme à nos propos : il s'agit « *des interactions entre les infrastructures, les processus et les traditions qui déterminent comment le pouvoir est exercé et les responsabilités sont assumées, comment les décisions sont prises et comment les citoyens et les autres groupes d'intérêts se font entendre* ».

Mais, cette description relativement précise, ne fait jamais mention explicitement de la place et du rôle fondamental de l'Etat, même si cela peut se deviner. Or, en dépit de cette omission, on retrouve dans la notion de gouvernance les

²⁴ Membres de l'Institut sur la Gouvernance, *Principes de gouvernance pour les aires protégées au XXIème siècle*, cités par F. SIMARD, Coordinateur du Programme Marin, Centre pour la Coopération Méditerranéenne de l'UICN, Malaga, octobre 2003, (www.uicn.org).

caractéristiques principales des politiques publiques d'AMP, fondées avant tout sur les rapports entre l'Etat et les divers acteurs de la société civile. Nous reviendrons ultérieurement sur cette logique du « discours international ambiant », prompt à minimiser de plus en plus la capacité d'action des Etats (surtout dans les pays pauvres) pour la protection de l'environnement et la conservation de la biodiversité.

Les recommandations du Congrès de Durban pour une bonne gouvernance montrent une similitude étonnante avec les critères classiques des politiques publiques d'environnement : l'émergence d'un problème (détérioration de la biodiversité), son identification par le système politico-administratif (vision stratégique d'un problème collectif et complexe, incluant à la fois des aspects humains, historiques, culturels...), la participation des groupes d'intérêts (ou groupes cibles) au processus de décision, la solution retenue (issue d'un consensus entre l'Etat et les groupes cibles), l'évaluation des résultats (efficacité et efficience) et de leurs effets directs et indirects, la transparence et la primauté de la loi.

Les orientations préconisées par Durban privilégient les méthodes décentralisées, la cogestion et l'approche écosystémique²⁵ (déjà adoptée par la CDB). Cette dernière est censée réconcilier les « *sciences-dures* » (biologie, physique, chimie, mathématiques...) avec les « *sciences-molles* » (anthropologie, sociologie, histoire, droit, sciences politiques, économie...) et les unir au cœur d'une même « *philosophie de gestion* »²⁶. Sans vouloir se prononcer hâtivement sur ce modèle encore récent et indéterminé, on peut s'interroger sur sa constitution, perçue par certains auteurs, comme une « *révolution fondamentale des esprits* »²⁷. La démarche écosystémique est un postulat à dominante scientifique, basé sur le travail des chercheurs et leur connaissance des milieux naturels. Or, pendant plusieurs décennies, les politiques publiques d'AMP sont restées la représentation des recherches en biologie marine, réduisant la fonction du droit à convertir en termes juridiques des normes scientifiques. A plus grande échelle, les politiques de gestion des pêches maritimes seront longtemps dominées par ces méthodes, dont les conséquences sur la préservation à long terme des espèces halieutiques concluent largement à leur échec. La théorie écosystémique ne met pas l'homme au centre des problèmes de conservation de la biodiversité, elle le range simplement comme

²⁵ « ...basée sur l'application des méthodologies scientifiques appropriées focalisées sur les niveaux de l'organisation biologique qui comprend les processus et les interactions essentiels des organismes et de leur environnement. L'approche écosystémique reconnaît que les humains sont une composante à part entière des écosystèmes », Conférence des parties à la CDB, janvier 1998.

²⁶ C. de Roany, *L'approche par écosystème pour la gestion des pêcheries : un concept en quête de définition*, Droit de l'Environnement N°116-mars 2004.

²⁷ C. de Roany, *L'approche par écosystème pour la gestion des pêcheries*, op.cit.

un maillon parmi les organismes biologiques classiques. Elle semble donner la priorité à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes alors que l'origine des risques provient de l'homme. La connaissance la plus complète possible des écosystèmes et de leurs interactions demeure d'un intérêt limité si elle n'est pas au service des politiques de régulation des activités humaines. Le savoir scientifique n'est pas une fin, ce n'est qu'un moyen d'aider les décideurs. Ces derniers ont la responsabilité de gérer les interactions entre l'ensemble des acteurs humains des AMP (directs, indirects, intérieurs, extérieurs) et négocier avec eux la mise en œuvre de mesures rationnelles pour le maintien des biotopes.

Aujourd'hui, les concepts de protection, de conservation, de responsabilité ou de gouvernance ne sont plus considérés individuellement mais ont fusionné pour former une vision d'ensemble et œuvrer dans le même sens afin d'offrir un « *Cadre général d'action* » à l'échelle mondiale, dont l'objectif déclaré est de parvenir au développement durable²⁸. En pratique, les principes de droit international présentent, au niveau étatique, une intégration et une efficacité très variable, façonnée (pour ne pas dire déformée) la plus part du temps par les contraintes locales et les modes d'organisation et de fonctionnement des administrations gestionnaires concernées.

L'applicabilité juridique des normes et le fonctionnement des AMP

Notre analyse se place du point de vue du droit public et des politiques publiques. Le droit public est d'abord le droit de l'Etat, de son administration centralisée et de ses démembrements. Dans une perspective plus dynamique, il désigne le droit de l'action publique régissant le fonctionnement des structures administratives et l'interventionnisme étatique dans la définition des politiques publiques. Nos recherches effectuées dans trois aires marines ouest-africaines (Mauritanie, Sénégal et Guinée-Bissau), permettent de dégager des processus de transformation de l'action publique sous l'effet de différents facteurs, à la fois internes et externes.

AMP et politiques publiques

L'Etat, est la seule autorité habilitée à la création d'une AMP, et il utilise désormais les instruments internationaux que nous venons de résumer pour développer sa propre législation et définir une politique adaptée en fonction des buts poursuivis, des moyens disponibles et des contraintes existantes. Les objectifs qui prévalaient lors de la formation d'une AMP dans les années 1970

²⁸ Selon le Pr. D.M. Kabala «...il pourrait être utile d'institutionnaliser un mécanisme planétaire de régulation et de contrôle en matière de gestion rationnelle des ressources naturelles et de maintien de la capacité sustentatrice de la Terre pour la poursuite de l'évolution culturelle de l'homme », Protection des écosystèmes et développement des sociétés, op.cit., p. 177.

ont donc depuis lors beaucoup évolué et se sont surtout diversifiés. La rénovation législative entreprise dans les années 1990 par de nombreux pays en voie de développement (décentralisation, gestion participative...), illustre clairement cette volonté de réactualisation et de mise en conformité avec les prescriptions internationales, en quête d'une plus grande applicabilité et efficacité.

Les politiques publiques posent la question de l'administration du secteur public dans ses relations avec l'économie et la société (les politiques publiques sont la « *science de l'action publique* » selon Pierre Muller). Les analyser, permet de s'interroger sur la pertinence de l'interventionnisme de l'Etat. Elles sont à la fois un outil d'aide à la décision et l'ensemble des mesures factuelles mises en œuvre dans un secteur donné. Cette démarche peut se résumer selon la formule suivante : « *bien comprendre pour mieux décider* ».

Du point de vue des politiques publiques, le fonctionnement des AMP nous permet d'observer et de comprendre le *modus operandi* de l'action publique :

- le fondement de la prise de décision lié à l'émergence d'un problème de perte de la diversité biologique.
- le système d'organisation retenu et construit (structure institutionnelle et cadre normatif).
- le processus décisionnel comme reflet des relations entre l'autorité administrative gestionnaire et les acteurs de l'aire marine présents sur, ou autour de l'aire marine et de ses activités.
- les coûts, l'évaluation des résultats, l'atteinte des objectifs, le respect de la réglementation, les effets voulus ou imprévus, les situations de conflits...

Dans le cas des AMP d'Afrique de l'Ouest, même si le rôle de l'Etat (basé sur un système bureaucratique et centralisé) reste prépondérant, il apparaît, que l'influence des acteurs de la société civile (formels et informels) devient de plus en plus décisive, tant au niveau international que local²⁹.

A titre informatif, nous pouvons rappeler une définition bien lisible et opérationnelle de la société civile : selon le philosophe Hegel (*Principes de la philosophie du droit*, 1821), il s'agit « ...des personnes privées qui ont pour but leur intérêt propre... cette société contient les trois éléments suivants : la médiation du besoin par le travail, la défense de la propriété, enfin

²⁹ F.Féral souligne la « *Typologie dualiste des institutions* » caractérisée par une dichotomie entre « l'appareil d'Etat et les institutions de la société civile ». Cette présentation permet de mettre en lumière « le rapport de partenariat entre d'une part les institutions qui dépendent de l'Etat et qui interviennent à divers titres dans les politiques (pêche, agriculture, environnement, tourisme...) et d'autre part les institutions de la société civile qui fonctionnent au service des différents intérêts catégoriels de ces mêmes secteurs ».

l'administration et la corporation comme défense des intérêts particuliers ». Pour Maurice Hauriou (juriste français), elle est une « *formation sociale essentiellement décentralisée* », elle symbolise tout un ensemble d'institutions qui fonctionnent au service de différents intérêts catégoriels. A côté de la société civile, apparaît l'institution primaire prééminente représentée par l'appareil d'Etat, lui-même organisé en nombreuses et complexes institutions administratives spécialisées et titulaire de compétences juridiques exceptionnelles. Ces deux grands groupes institutionnels coopèrent en permanence (négociations constantes pour le partage des richesses et du pouvoir), l'Etat ayant un rôle prépondérant d'arbitrage des compétitions entre institutions de la société civile. Selon François Rangeon³⁰, la société civile s'apparente à un mythe politique : « *avant d'être un concept ou une idée, la société civile évoque tout d'abord un ensemble de valeurs positives : l'autonomie, la responsabilité, la prise en charge par les individus eux-mêmes de leurs propres problèmes. Par sa dimension collective, la société civile semble échapper aux dangers de l'individualisme et initier la solidarité. Par sa dimension civile, elle évoque l'émancipation de la tutelle étatique, ... on s'explique ainsi la réactivation récente du couple Etat-société civile* ». Elle reste toujours une notion ambiguë, complexe à manier, et dont les acceptions s'orientent souvent en fonction des idéologies. D'une façon générale, nous pouvons dégager deux définitions de la société civile. Une première définition large, qui englobe l'ensemble du domaine privé (social et économique) aux antipodes de l'Etat. Une deuxième définition plus restrictive, qui cantonne la société civile à la simple sphère sociale, en dehors de l'Etat et du marché.

Dans le contexte d'Etats dits en développement, le fonctionnement des AMP est confronté à de multiples problématiques. Le but de notre étude n'est pas d'établir une liste exhaustive des difficultés communes à l'ensemble des aires marines protégées, mais simplement de donner quelques indications et d'exposer certaines tendances observées lors de nos propres analyses et propres évaluations de situations où des AMP sont en jeu.

La marque des modèles « importés »

Sur un plan administratif et juridique, nous avons observé qu'en Afrique de l'ouest, une aire marine protégée correspond à une opération de police administrative spéciale dans laquelle le futur territoire de l'AMP va être « Etatisé ». L'acte législatif fondateur met en place une administration responsable de la gestion et du contrôle de cet espace. Ce dernier, devient une circonscription d'exception où va s'appliquer un régime juridique particulier beaucoup plus contraignant et coercitif que sur le reste du territoire. Afin de garantir sa mission, l'institution est dotée d'un

arsenal normatif³¹ élaboré et dont le but principal est la conservation de la biodiversité du site.

L'organisation juridique et institutionnelle est marquée par un mimétisme vis-à-vis des modèles occidentaux. Cette caractéristique étant renforcée par la persistance d'une administration bureaucratique, centralisée et très hiérarchisée, héritée des anciennes puissances coloniales. Par défaut d'adaptation, le système bureaucratique est resté souvent très cloisonné, avec une absence de souplesse dans les relations transversales, aboutissant à des administrations enkystées dans l'appareil d'Etat. Les autorités déconcentrées, gestionnaires des AMP, subissent naturellement les effets de cette rigidité. Elle sont soumises à une autorité ministérielle trop souvent distante et peu impliquée. De plus, les institutions de terrain soulignent régulièrement la précarité de leur situation et l'insuffisance des moyens humains, logistiques et financiers mis à disposition par leurs tutelles de direction et ministérielles.

Par ses carences, l'appareil d'Etat est contesté dans sa légitimité et dans son efficacité. Illégitime par son manque d'implication pour une stratégie valable et pérenne de développement des populations autochtones. L'autorité perd alors son rang de « chef de file » d'un projet collectif et volontaire. Cette indifférence, alliée à l'indigence des moyens déployés, ne permet pas une application efficace de la réglementation. Or, en plus de la sensibilisation et de la gestion participative, l'Etat doit être en mesure d'affirmer sa souveraineté sur le territoire de l'aire marine par un contrôle rigoureux des activités, par la sanction des illégalités, par sa faculté de prévenir les conflits latents et de pouvoir les régler le cas échéant.

La question des réformes administratives et de la décentralisation

Face au constat de la faillite des Etats³², les instances internationales ont appuyé un processus de décentralisation, considéré comme un élément essentiel de la durabilité. Ce phénomène amorcé dans les années 1990, souvent de manière précipité, transfère aux nouvelles autorités décentralisées toute une liste de compétences en matière de gouvernance locale, de développement socio-économique, de gestion de l'environnement et des ressources naturelles. Mais cette autonomie s'accompagne dans de nombreux cas d'un désengagement financier tout aussi brutal de l'Etat. Au niveau des AMP, cet état de fait et de droit oblige les administrations locales (aux budgets souvent très limités) à trouver d'autres sources de revenus, à les rechercher ailleurs auprès des bailleurs de fond. Beaucoup d'ONG et

³⁰ F. Rangeon, *La société civile, histoire d'un mot*, in *La Société Civile*, ouvrage collectif du CURAP de Picardie, collection des PUF, 1986.

³¹ atteintes multiples aux libertés individuelles : restrictions, interdictions, autorisations spéciales, régulation de l'installation, de l'entrée et de l'accès aux espaces/ressources...

³² Dès la fin des années 1980, dans plusieurs pays et notamment sur le continent africain, on constate une stagnation chronique, une *croissance sans développement*, voire même des débuts de régression illustrés par une augmentation de la pauvreté.

d'intervenants privés s'engagent alors, auprès des autorités locales, dans des plans locaux de développement. Cette modification évidente des rapports fait naître une nouvelle dynamique de gouvernance et crée un flux d'initiatives locales (plans, programmes, projets...) que l'on peut considérer comme de réelles politiques publiques « territoriales ».

En droit international, on constate également un mouvement de reconnaissance de ces nouveaux *acteurs non étatiques* représentés par la société civile (essentiellement les ONG), le secteur privé et les gouvernements locaux³³. Plusieurs accords conventionnels Nord/Sud de coopération et d'aide au développement (durable) prévoient la possibilité de faire bénéficier directement ces acteurs d'une part des contributions financières (afin d'éviter un transit par l'Etat central), tout en soutenant l'amélioration et le renforcement de leurs capacités institutionnelles. Une évolution intéressante qui va vers la recherche d'une plus grande équité, avec la volonté d'intégrer la participation d'acteurs non étatiques tout en respectant la position et les missions légitimes des gouvernements.

La « privatisation » des AMP par des administrations off-shore

Ce phénomène, au terme provocateur de privatisation des AMP, est largement lié au précédent, et découle de nos observations menées sur les trois cas d'études.

En premier lieu, les AMP sont le fruit d'une institutionnalisation croissante, entamée dès les années 1980. Le rôle des ONG bailleurs de fond se renforce progressivement (UICN, WWF, Fondations...), ainsi que l'intervention des programmes de la Banque Mondiale qui entraînent une démultiplication des fonds pour la protection environnementale. Le « feuilletage » institutionnel, lié à la diversification des acteurs, rend le fonctionnement des AMP de plus en plus complexe. En effet, étant donné l'indigence des moyens des administrations gestionnaires centrales, elles sont dépendantes de fait de la participation financière de leurs partenaires extérieurs. Cette faiblesse est renforcée par l'absence de coordination des diverses administrations bureaucratiques, qui renvoient l'image

³³ Associer les gouvernements locaux à des « *acteurs non étatiques* » peut porter à confusion, plusieurs auteurs qualifient d'ailleurs cette appellation « *d'ambiguë* ». En effet, ces institutions sont autonomes par rapport à l'Etat central, elles disposent d'une identité, d'un rôle et de pouvoirs propres. Mais, si elles sont démocratiquement élues et politiquement représentées, certains estiment qu'elles ne sont que le « *prolongement* » des gouvernements centraux et dépendent par conséquent de ces derniers pour l'attribution des financements. Or, c'est précisément ici que ce situe l'enjeu des nouveaux modes de répartitions des aides qui obligent à dissocier ces collectivités territoriales de l'Etat (pour pouvoir les considérer comme de nouveaux acteurs non étatiques), les reconnaître comme des responsables à part entière et leur permettre de bénéficier directement des contributions extérieures.

d'institutions plus souvent concurrentes qu'associées. Cette perte de maîtrise de la capacité de gestion, nous amène à reconnaître que les AMP sont des lieux « d'innovations institutionnelles » sur lesquels l'intervention ne se limite pas à la seule autorité publique officiellement responsable.

Ensuite, au niveau des communautés décentralisées, le constat est similaire, mais trouve d'autres justifications évoquées plus haut : des revenus propres totalement dérisoires alliés à une méfiance vis à vis du pouvoir central favorisent le développement de partenariats avec la société civile extérieure et importée (ONG, privés, entreprises...).

Enfin, l'explication principale semble provenir d'une vision anti-étatique largement diffusée dans les forums internationaux. Elle s'exprime par la contestation des modalités de l'action publique et par une remise en cause globale de l'Etat dans sa légitimité et dans son efficacité. Selon plusieurs auteurs, la définition même de la gouvernance porte en elle cette forme de péréquation et de « redistribution » des compétences³⁴. Ainsi, l'Etat abandonne peu à peu son monopole de la décision politique pour le diluer auprès des groupes de pressions les mieux organisés mais pas toujours les plus légitimes au regard des objectifs louables du développement durable.

Dans les AMP, c'est le lobby de la conservation qui domine, il détient la puissance financière et négocie selon ses propres objectifs sa participation à la gestion de l'espace protégé. Sa position renforce son autorité et sa « légitimité » au détriment des institutions étatiques traditionnellement responsables. L'historique de la création des AMP dans les pays du Sud, nous renseigne sur les raisons de cette présence des groupes catégoriels environnementalistes. Il faut pour cela remonter aux sources de la « demande de conservation »³⁵ qui va engendrer à partir des années 1970 la multiplication des aires protégées dans les PVD. Ce sont les pays industrialisés qui ont exporté au sud leurs modèles juridico-administratifs de protection de la nature, celui du Parc National en est l'exemple le plus classique. Un encouragement qui s'apparente plus à l'imposition d'un « *dispositif conservacionniste par des pressions politiques et financières sur les élites occidentalisées des pays du sud* »³⁶. Localement, les grandes ONG et autres institutions écologistes s'identifient rapidement comme les principaux relais de cette demande. Ces structures très professionnalisées, de culture et d'origine également occidentale, « s'installent » au cœur des

³⁴ *Pour la gouvernance, la décision, au lieu d'être la propriété et le pouvoir de quelqu'un (individu ou groupe), doit résulter d'une négociation permanente entre les acteurs sociaux...* P. Moreau Defarges, *La gouvernance*, Que-sais-je ? PUF, n°3676, 2003.

³⁵ Sur ces questions, se référer aux travaux particulièrement intéressants de D. Dumoulin, *Problèmes d'échelle, histoire et politique de la construction des réserves naturelles comme un bien public mondial*, Communication, Colloque « les biens publics mondiaux », Pau, 25 et 26 octobre 2001.

³⁶ Cf. D. Dumoulin, op. cit.

AMP dès leur création et deviennent « naturellement » des acteurs principaux de ces espaces.

Dans son ensemble, l'action internationale pour la protection de biodiversité, s'accompagne d'une coopération, afin de mieux garantir l'applicabilité des concepts juridiques « importés ». Ceci par le biais d'un soutien institutionnel et financier protéiforme, très présent dans les AMP que nous avons étudiées. En effet, la majorité des Conventions et Accords environnementaux sont adoptés sous l'égide d'organisations intergouvernementales ou d'ONG. Ces organismes, disposent d'institutions déconcentrées qui participent activement à la création de programmes nationaux ou régionaux, à l'élaboration des plans de gestion et surtout au soutien financier de ces espaces protégés (UICN, FAO, UNESCO, Union Européenne...). Elles jouent un rôle déterminant dans la gestion des AMP et peuvent s'émanciper de la « tutelle » étatique, par leur influence politique et leur autonomie financière, jusqu'à consacrer un système de « gouvernance sans gouvernement », privilégiant une gestion technocratique, basée sur la comitologie et les rapports d'expertise.

Ces nouvelles formes de gouvernance sont aussi le fruit d'un « abandon de souveraineté des pays du Sud³⁷ » en matière économique. La libéralisation des échanges induit « moins d'Etat » et les plans d'ajustement structurels obligent les gouvernements à déréglementer leurs économies, à diminuer les dépenses publiques, à privatiser les grandes entreprises et à ouvrir leurs frontières et leurs marchés à la libre concurrence. Or, nous allons voir que l'exploitation commerciale du potentiel productif des AMP est très avancée et très difficilement contrôlée, et cela pour deux raisons principales. Tout d'abord, une demande extérieure (nationale et internationale) en produits halieutiques de plus en plus forte qui génère d'innombrables pressions sur les ressources renouvelables. Ensuite, des politiques de gestion déséquilibrées, longtemps orientées uniquement vers la conservation, avec une prise en compte tardive du développement réel des populations.

La déstabilisation des AMP par leur développement économique et commercial mal maîtrisé

Dans les différents sites étudiés nous avons observé que les AMP ne sont pas un système autarcique, reflétant l'image idyllique d'une communauté hors du temps et vivant en toute quiétude de l'opulence d'un jardin d'Eden, sans autres besoins ni désirs. L'ouverture des marchés n'a pas épargné ces lieux, mais un jugement ambivalent peut être porté sur ce phénomène.

À l'économie traditionnelle de subsistance s'ajoute désormais une économie de marché, matérialisée par l'intensification des

échanges avec l'extérieur. Les AMP sont de plus en plus intégrées dans les flux commerciaux nationaux, régionaux, voire mondiaux. Leur état de conservation est en général plus satisfaisant que dans les zones périphériques non protégées et leur qualité de « réservoir » de produits naturels excite les convoitises. Elles sont devenues des espaces « d'appropriation » des richesses et d'inflation des échanges. Ceci est accéléré par la « privatisation » des AMP et la dérive néo-libérale. La demande extérieure en produits exerce une pression permanente sur les populations, favorise la concentration économique à la périphérie et attire la venue de nouveaux migrants. Le très faible niveau de vie des communautés autochtones accélère le développement du négoce, synonyme logique de réduction de la pauvreté.

Mais il est évident à l'inverse qu'une valorisation incontrôlée des ressources peut court-circuiter « l'effet réserve » d'une AMP jusqu'à l'apparition des premiers signes de surexploitation et les risques d'émergence de conflits sociaux qui en découlent. L'effet réserve est la répercussion sur les peuplements de la mise en réserve du site et donc de l'arrêt ou de la limitation stricte des activités de pêche. Cet effet agit vers l'intérieur, en transformant l'AMP en lieu de refuge pour les espèces cibles exposées à de fortes pressions, mais également vers l'extérieur lorsque les mesures de protection et de gestion ont permis de fixer suffisamment les ressources pour favoriser ainsi un mouvement de reconstitution des stocks au-delà des limites de l'aire marine. Il convient de préciser que l'économie des AMP n'est pas forcément réduite au seul domaine halieutique. Elles offrent le plus souvent un éventail d'activités économiques coutumières³⁸ (polyculture et élevage extensif, cueillette, chasse...) et touristiques concomitantes et complémentaires au secteur de la pêche (poissons, crustacés, coquillages).

Les contradictions du développement durable s'expriment ici avec acuité. C'est à l'Etat de jauger la menace que représente la « valeur marchande » de plus en plus forte des AMP. Dans quelles mesures doit-il limiter l'exploitation des ressources, sans pour autant hypothéquer l'avenir et le développement social des habitants ? L'action publique devrait porter en priorité sur la régulation des marchés par une protection du périmètre de l'aire vis à vis des pressions extérieures et une maîtrise des flux humains et marchands.

De nombreuses pistes sont également explorées pour endiguer ce risque de transformation de l'AMP en simple capital de ressources. Tout d'abord la légitimation et surtout la garantie par l'Etat des droits d'usages traditionnels et des droits fonciers non discriminatoires. Mettre en place de manière négociée la « territorialisation » des espaces avec les communautés traditionnelles, sensibiliser et responsabiliser les acteurs à l'égard de leur patrimoine naturel et des valeurs qu'il incarne (le re-

³⁷ Patricia Rosiak, *Les transformations du droit international économique, les Etats et la société civile face à la mondialisation économique*, l'Harmattan, Collection « Logiques Juridiques », Paris, 2003.

³⁸ La répartition des activités est calquée sur les rythmes saisonniers et renferme tout un répertoire de savoirs vernaculaires transmis traditionnellement par les différents groupes humains utilisateurs du milieu.

sacraliser). Ensuite, la rémunération en échange des services environnementaux fournis par les populations autochtones en utilisant la méthode des coûts-avantages (avantages fiscaux et coûts différenciés). Enfin, le développement d'activités alternatives de valorisation des ressources, notamment l'écotourisme, susceptibles de favoriser une exploitation beaucoup plus faible quantitativement mais bien plus intéressante qualitativement, entraînant une augmentation de la valeur ajoutée des produits naturels, accompagnées de prestations de services assez rémunératrices.

Conclusion

Au-delà du phénomène de double importation juridique³⁹ présenté ici, la problématique nous amène à essayer de définir la place réelle de l'homme dans son environnement. L'homme en fait partie mais il n'y est plus intégré. Dans ce sens, l'idée d'une harmonie totale entre l'homme et la nature paraît utopique, y compris dans les AMP.

En effet, même si dans les PVD, quelques zones protégées offrent encore une stabilité remarquable entre le milieu et ses utilisateurs, elle demeure très fragile car menacée de l'extérieur par l'internationalisation des échanges, les intérêts supérieurs (industries, prospection...), les migrations de populations (guerres, pauvreté, sécheresse...). Ces situations ont tendance à isoler et à perturber les systèmes de valeurs (culturelles, sociales...) véhiculés par les savoirs ancestraux, témoins séculaires de la force et de la longévité des sociétés traditionnelles. Selon l'approche écosystémique, la dimension humaine n'est qu'une *composante de l'organisation biologique*. Or, l'homme, en tant qu'acteur économique, est devenu le ferment principal des grands déséquilibres et non un simple maillon intégré à la chaîne de la vie. Il a toujours voulu se soustraire au déterminisme naturel.

Enfin, il ne faut pas oublier que l'homogénéité passée, entre l'homme et la nature, n'était pas le fruit du hasard. Bien au contraire, elle était l'aboutissement d'un processus long et complexe, réunissant plusieurs conditions : une connaissance empirique très poussée du milieu par les populations (et la constitution corrélatrice de terroirs), la maîtrise de techniques d'utilisation et d'exploitations rudimentaires mais parfaitement adaptées aux conditions naturelles (déterminisme corrélant l'espace, le temps, et les espèces) et aux buts poursuivis, l'existence d'une communauté humaine organisée et structurée autour d'une discipline collective ferme dont l'objectif majeur était la survie quotidienne de tous grâce l'utilisation des ressources.

Au sein des AMP étudiées, nous avons le sentiment que deux mondes s'ignorent : celui de la conservation (raison d'être des AMP) et celui du marché (dont l'apparition est en général

³⁹ L'importation internationale du cadre conceptuel, ou de la genèse de l'AMP et l'importation occidentale des modèles administratifs de gestion.

postérieure). Le premier serait enclin à maintenir les AMP à l'état de sarcophages, propices à une « exposition internationale » in situ. Le second, témoigne d'une adaptation en temps réels aux lois de l'offre et de la demande et dont les effets négatifs prévus ou imprévus sur la biodiversité sont connus. Le premier doit s'ouvrir au second et inversement. Même si la gouvernance rejette la hiérarchie et la décision par le haut au profit de la négociation, l'Etat demeure, selon nous, son référent principal. Il est de sa responsabilité d'affirmer sa présence et son autorité, ne serait-ce que pour régler les conflits d'intérêts entre acteurs de la société civile et pour ramener une gestion, longtemps confisquée par « les hautes sphères », au plus près des populations résidentes. Les AMP ne sont-elles pas considérées comme des laboratoires de la conservation et du développement ?

Garder cet équilibre au sein des AMP suppose qu'un effort collectif d'autorégulation soit préservé ou renforcé, non seulement à l'intérieur de ces espaces mais également hors de leurs frontières, pour réaliser leur opposabilité. Pour provoquer cette réaction et corriger l'impact des activités humaines, il est fait référence, entre autre, aux systèmes de *feed-back* qui préconisent des modes de gestion flexibles, adaptatifs, permettant de compléter ou de corriger rapidement une situation ou des effets indésirables identifiés. Ce mécanisme se définit à l'origine comme *une tendance de la vie à contrôler les déséquilibres en les compensant par des effets inverses*, c'est un des processus d'autorégulation des êtres vivants.

Bibliographie

- BADIE, B., *L'Etat importé*, Paris, Fayard, France, 1992.
 COMPAGNON D. et F. CONSTANTIN, *Administrer l'environnement en Afrique*, Karthala, France, 2000.
 DAILLER P. et A. PELLET, *Droit International Public*, LGDJ, France, 1998.
 DOUMBE-BILLE, S., *Droit international de la faune et des aires protégées : importance et implication pour l'Afrique*, Etudes juridiques de la FAO, Rome, 2001.
 DUMOULIN, D., *Problèmes d'échelle, histoire et politique de la construction des réserves naturelles comme un bien public mondial*, Communication, Colloque « Les biens publics mondiaux », Pau, 25 et 26 octobre 2001, France.
 FERAL, F., *Analyse des politiques publiques ouest-africaines, synthèse régionale PNBA, RBDS, RBABB*, Projet CONSDEV, WP4, février 2004.
 FERAL, F., *L'impossible exploitation durable des ressources halieutiques, crise et mondialisation des pêches maritimes*, Revue Nemesi n°4, 2002, pp.85-133, Presses Universitaires de Perpignan (PUP), France.
 FEVRIER, J.M., *Aperçu critique sur la nature de développement durable*, Revue NEMESIS n° 4, 2002, pp. 57-83, PUP, France.
 GALLETI, F., *La politique européenne de coopération pour le développement durable en Afrique de l'Ouest*, Presses universitaires de Perpignan, France, 2000, 239 p.
 GALLETI, F., *Les transformations du droit public africain francophone. Entre Etatisme et Libéralisation*, ed. Emile Bruylant, Bruxelles, Belgique, 2004.
 GUEYE, B. et A. DIEYE, *projet politique des AMP au Sénégal*, Projet CONSDEV, rapport de travail WP4, décembre 2003.
 GUEYE, B., *Les transformations de l'Etat en Afrique : l'exemple du Sénégal*, Revue NEMESIS n°4, 2002, pp. 313-284, PUP, France.
 JACOB, J., *L'émergence de la nature du concept de développement durable.*, Revue NEMESIS n° 4, 2002, pp. 57-83, PUP, France.
 KABALA, D.M., *Protection des écosystèmes et développement des sociétés, état d'urgence en Afrique*, l'Harmattan, France, 1993.

- KAMTO K., *Droit de l'environnement en Afrique*, EDICEF, France, 1996.
- LARRUE, C., *Analyser les politiques publiques d'environnement*, l'Harmattan, France, 2000.
- LY, I., *Tendances d'évolution du droit de la faune et des aires protégées en Afrique occidentale*, Etudes juridiques de la FAO, Rome, 2001.
- MOREAU DEFARGES, P., *La gouvernance*, Que sais-je ? n°3676, Presses Universitaires de France, 2003.
- MOUHAMEDOU, M.F.O., *Analyse des politiques publiques liées aux APCM, le Parc National du Banc d'Arguin*, Projet CONSDEV, rapport de travail WP4, décembre 2003.
- MULLER, J., *Les politiques publiques*, Que sais-je ? Presses Universitaires de France (PUF) 2000.
- PRIEUR, M., *Droit de l'environnement*, 2^{ème} édition, Dalloz, France, 1991.
- QUADE, D., *Projet Politique et fonctionnement juridique de la RBABB*, Projet CONSDEV, rapport de travail WP4, décembre 2003.
- ROSIAK P., *Les transformations du droit international économique, les Etats et la société civile face à la mondialisation économique*, l'Harmattan, Collection Logiques Juridiques, France, 2003
- RUMPALA, Y., *Régulation publique et environnement*, l'Harmattan, France, 2003.

DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS DU DROIT INTERNATIONAL RELATIF À LA BIODIVERSITÉ MARINE

Par Bleuenn GUILLOUX¹ et Karolina ZAKOVSKA²:

¹ Centre de Droit Maritime et Océanique (CDMO), Faculté de droit et des sciences politiques de Nantes, Chemin de la Censive du Tertre, BP 81307, 44313 Nantes cedex 3, France, Téléphone : (+0033) 02.40.14.15.34, courriel : bleuenn_guilloux@hotmail.com;

² Faculté de droit, Université Charles, Nam. Curieových 7, 116 40 Praha 1, République tchèque, Téléphone: (+00420) 221.005.370, courriel : karolina.zakovska@email.cz

Résumé : Les océans couvrent 70% de la surface du globe et représentent le plus important réservoir en biodiversité. Même si nos connaissances demeurent lacunaires, il existe un consensus global quant à la nécessité de préserver la biodiversité marine. Toutefois, le droit privilégie encore l'exploitation, souvent irrationnelle, de ses éléments et notamment celle de ses ressources génétiques. La Convention des Nations unies sur le droit de la mer et la Convention sur la Diversité Biologique témoignent de cette tendance et révèlent toute la difficulté d'appréhender la spécificité du milieu marin, tant du point de vue physique que juridique. Malgré leurs insuffisances, ces deux « forums » ont tout de même le mérite de réunir une grande partie de la communauté internationale et favorisent la discussion entre les différents acteurs impliqués dans l'exploitation et la protection de la biodiversité marine.

Mot clefs : Droit international, biodiversité marine, ressources génétique, approche écosystémique, conservation, exploitation, distribution des bénéfices et accès.

Abstract : Oceans cover 70% of the planet's surface and constitute the most important reserve in biodiversity. Although our knowledge of oceans remains incomplete, a global consensus has emerged regarding the need to preserve the marine biodiversity. However, the law keeps favouring the exploitation, sometimes irrational, of these natural resources, most notably for the purpose of genetic research. The UN Convention on the Law of the Sea and the Convention on Biodiversity both reflect this very trend, and show how difficult it is to deal with the specificity of deep sea waters, on natural as well as legal grounds. Beyond these shortcomings, the two Conventions have nevertheless managed to gather most of the international community and to provoke a debate between the those exploiting and those protecting the marine biodiversity.

Key words: International Law, Marine Biodiversity, Genetic Resources, Ecosystem Approach, Conservation, Exploitation, Access and Benefit Sharing.

Introduction

Bien que les océans couvrent plus de 70% de la surface de notre planète et représentent 90% de la biosphère, nos connaissances concernant la vie de ces espaces, tant d'un point de vue taxonomique que des processus écologiques, apparaissent encore lacunaires. Des quelques 1,8 millions d'espèces répertoriées¹, seules 16% d'entre elles sont marines. Ce hiatus est compréhensible : malgré la constance du progrès technique, les caractéristiques physiques du milieu marin rendent toute recherche scientifique difficile et coûteuse. Néanmoins, les efforts engagés en la matière ces dernières décennies commencent à porter leurs fruits : l'Homme découvre l'extraordinaire et insoupçonnée diversité de la vie marine, aussi

bien au niveau interspécifique², infraspécifique (génétique) qu'écosystémique³.

Les nouvelles connaissances ne se limitent pas à un aspect quantitatif. L'aspect qualitatif est devenu primordial avec l'avènement de la génétique⁴. Les gènes, de par leur fonction biologique, les qualités qu'ils procurent, ont donné une nouvelle dimension au vivant. En ce début de XXI^{ème} siècle, l'Océan

¹ The Royal Society: *Mesuring biodiversity for conservation*, Policy document 11/03, August 2003, p.6.

² A cet égard, notons que le nombre d'espèces constitue le critère typique pour évaluer la diversité de la vie dans un espace donné.

³ La découverte et l'exploration des « oasis » des grandes profondeurs – sources hydrothermales, monts sous-marins et récifs coralliens profonds – sont probablement l'exemple le plus connu de progrès scientifique en ce domaine.

⁴ La découverte de la structure à double hélice de l'ADN en 1953 par F. Crick, M. Wilkins et J. Watson marque le début de cette ère consacrée au vivant. Voir Watson et Berry, 2003.

apparaît comme un creuset important de diversité génétique⁵ : moins connus que leur homologues terrestres, les organismes marins sont déjà désignés comme ayant une forte probabilité de receler des substances actives intéressant les domaines de la santé, la cosmétique, l'industrie, etc.

Nous commençons également à comprendre les relations écologiques complexes des écosystèmes marins et leur importance pour l'équilibre planétaire. Or, avec la richesse de la vie marine, nous découvrons aussi sa fragilité et la profondeur de l'erreur du dogme de l'inépuisabilité et de l'indestructibilité des océans qui a longtemps légitimé la pollution du milieu marin et l'exploitation quasi-incontrôlée de ses ressources. Depuis quelques décennies, les scientifiques ne cessent de le répéter : nous nous trouvons face à une perte de la diversité biologique sans précédent dans l'histoire de notre espèce et dont nous sommes à l'origine. Le *Living Planet Report* sur l'état des écosystèmes naturels⁶ montre qu'en 30 ans les populations d'espèces marines observées ont régressé d'environ 30%⁷. Du fait de la destruction de leurs écosystèmes, il se peut que de nombreuses espèces disparaissent sans être jamais répertoriées. L'ampleur actuelle de perte en biodiversité marine reste difficile, voire impossible à évaluer en raison de nos connaissances limitées sur les océans. Le problème auquel le droit doit alors faire face est l'incertitude et le manque des connaissances sur la diversité biologique en général, et marine en particulier⁸.

Accord-cadre signé le 5 juin 1992 par 186 Etats, la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) constitue la première manifestation en droit international de la volonté des Etats de considérer la biodiversité de manière globale⁹. Cependant, et bien

que défini juridiquement¹⁰, le concept scientifique de biodiversité demeure abscons et ambigu. La question de la définition même de la diversité biologique est fondamentale car elle permet au droit de répondre plus efficacement aux objectifs prescrits par la CDB. Au demeurant, elle apparaît comme le symbole d'un affrontement géopolitique et économique entre le Nord et le Sud. En effet, il est possible de considérer que les Etats riches en biodiversité sont en majeure partie des pays en développement (PED)¹¹ qui entendent obtenir un large pouvoir de contrôle sur leurs ressources biologiques. A l'opposé, les Etats du Nord sont pour la plupart riches en biotechnologies et désirent que celles-ci bénéficient d'un régime de protection *via* des droits de propriété intellectuelle. Ce conflit d'intérêts est prégnant dans la CDB ; il l'est aussi dans les développements récents du droit international relatif à la biodiversité. Si la protection de cette dernière ne peut se réaliser qu'indirectement, soit par le biais de ses manifestations concrètes¹², il n'en demeure pas moins que la dimension génétique de la diversité biologique¹³ est privilégiée par la CDB au détriment de ses autres composantes.

Le droit de la biodiversité marine doit faire face à la tâche ardue de concilier données scientifiques et exigences environnementales avec des préoccupations à caractère anthropocentriste¹⁴. Il doit également prendre en considération le caractère juridique particulier de l'espace marin tel qu'issu de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (dénommée usuellement Convention de Montego Bay, CMB)¹⁵. Mers et océans sont aujourd'hui divisés en différentes zones¹⁶ au sein desquelles les Etats ont des droits et des obligations variables, allant de la quasi-souveraineté des Etats côtiers dans les zones les plus proches de leur territoire terrestre jusqu'à la quasi-liberté de tous en haute mer. Ainsi, tout effort visant à protéger la richesse

⁵ Sur les 35 *phylums* fondamentaux de la vie, 22 existent dans le milieu marin pour seulement 17 sur Terre. Si l'on ne considère que les algues et les invertébrés, plus de 200 000 espèces ont déjà été décrites, illustrant l'immensité de la diversité génétique marine.

⁶ Voir, www.panda.org/news_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm.

⁷ Selon certains scientifiques, jusqu'à 90% des poissons grands prédateurs ont disparu des Océans atlantique, pacifique et indien depuis le début de la pêche industrielle. Voir Myers et Worm, 2003.

⁸ Le besoin de combler les lacunes énormes de nos connaissances sur la vie dans les océans est à l'origine du *Recensement de la vie marine* (en anglais *Census of marine life*, COML), programme ambitieux de recherche scientifique ; pour plus d'informations, voir www.coml.org.

⁹ L'article 1 (*objectifs*) précise ainsi que « les objectifs de la présente Convention [...] sont la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques... » ; Pour l'intégralité du texte, voir www.biodiv.org.

¹⁰ La diversité biologique est définie par la CDB comme la « *variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* » (Art. 2, § 1 CDB).

¹¹ Toutefois, certains Etats sont à la fois développés et riches en biodiversité. C'est notamment le cas du Canada, de l'Australie et des pays scandinaves.

¹² Protection de populations, espèces ou écosystèmes particuliers.

¹³ La ressource génétique s'entend de tout « *matériel ayant une valeur effective ou potentielle* » (art. 2 CDB).

¹⁴ Souveraineté sur les ressources naturelles, maintien et développement des activités d'exploitation de l'Océan.

¹⁵ La *Convention des Nations unies sur le droit de la mer*, adoptée en 1982 à Montego Bay (Jamaïque), est entrée en vigueur en 1994. Ce texte peut être considéré comme la clé de voûte du droit de la mer. 142 Etats en sont Parties.

¹⁶ La CMB reconnaît sept zones de base : les eaux intérieures, la mer territoriale, la zone contiguë, la zone économique exclusive, le plateau continental, la haute mer et la Zone internationale des fonds marins. Des régimes spéciaux s'appliquent pour les eaux archipélagiques et les détroits internationaux.

des océans risque de se voir entraver au motif d'une restriction des droits souverains des Etats ou des libertés liées à l'utilisation des mers.

Le droit répond à deux types d'exigences : des exigences d'ordre écologique (protection de la biodiversité sous toutes ses formes) et d'autres à caractère économique (exploitation des ressources génétiques). Reste à savoir lesquelles prévalent. Les règles de droit en vigueur en matière de biodiversité marine nous apportent un pan de réponse à cette problématique clé qui resitue l'Homme dans son environnement.

La biodiversité marine, objet de protection

L'examen des documents de « *droit mou* » (*soft law*)¹⁷ adoptés à l'occasion des dernières grandes conférences des Nations unies sur l'environnement et le développement¹⁸ démontre l'existence d'un consensus international sur la nécessité de conserver la biodiversité marine. La question qui se pose alors est celle de l'adéquation du droit international « *dur* » avec ce consensus idéologique. A cet égard, nous allons constater que la situation actuelle est loin d'être idéale.

La Convention des Nations unies sur le droit de la mer, un cadre général

La CMB, souvent qualifiée de « *constitution pour les océans* », ne traite pas expressément de la biodiversité marine. Fruit d'une dizaine d'années de négociations, cette convention dut attendre douze ans pour entrer en vigueur¹⁹ : au regard de cette lente maturation, il n'est guère surprenant que la question de la biodiversité marine, thématique récente, ne soit aucunement abordée par le texte. La CMB contient néanmoins de nombreuses dispositions générales intéressant la protection du milieu marin et des ressources biologiques marines²⁰, et par voie de conséquence,

la biodiversité marine. Ainsi, au sein des zones relevant de la juridiction nationale, soit jusqu'à la limite extérieure de la zone économique exclusive, le contrôle des activités potentiellement dangereuses pour la biodiversité relève principalement de la compétence des Etats côtiers. Au-delà de cette limite, les ressources biologiques marines dépendent du régime juridique de la haute mer qui est caractérisé par le libre accès (ce dernier n'est cependant pas sans limite, les Etats devant respecter certaines règles liées à la conservation de ces ressources). Un rôle potentiellement important pour la protection de la biodiversité de la haute mer (particulièrement en ce qui concerne les écosystèmes profonds) est dévolu à l'Autorité internationale des fonds marins²¹. L'Autorité est en effet chargée d'adopter des mesures visant à protéger le milieu marin contre les effets nocifs que pourraient engendrer les activités menées dans la Zone internationale²².

La Convention sur la diversité biologique, un forum d'importance idéologique

Si la CMB présente un cadre juridique d'ensemble pour les activités ayant trait au milieu marin²³, l'importance de la CDB²⁴ repose sur le fait qu'elle constitue la seule convention appréhendant la biodiversité de manière globale et ce, tant sur un plan interspécifique, infraspécifique qu'écosystémique. Cependant, résultant de négociations délicates entre pays du Nord et du Sud, la CDB se préoccupe plus de l'*utilisation* de la biodiversité que de sa *conservation* en tant que valeur vitale pour l'humanité. La portée de la plupart des obligations énoncées par la Convention étant limitée par des expressions telle que « *dans la mesure du possible et selon qu'il conviendra* », la force juridique du texte apparaît sensiblement amoindrie. Malgré cette faiblesse, la CDB est un forum d'importance majeure sur le plan idéologique, étant reconnue par les acteurs principaux (Etats, organisations internationales principales, tant

¹⁷ Par « *droit mou* », ou *soft-law* en anglais, on considère l'ensemble des instruments qui n'engagent pas les Etats directement : déclarations, lignes directrices, codes de conduite etc. Les documents de droit mou, importants instruments d'interprétation, constituent des indicateurs des évolutions futures de la matière juridique.

¹⁸ Voir l'Agenda 21, programme d'action adopté à Rio de Janeiro en 1992 (notamment son Chapitre 17, intitulé « Protection des océans et de toutes les mers – y compris les mers fermées et semi-fermées – et des zones côtières et protection, utilisation rationnelle et mise en valeur de leurs ressources biologiques ») et le Plan d'application issu du Sommet de Johannesburg de 2002 (ce dernier traite les océans sous l'angle de leur mise en valeur durable dans ses paragraphes 30 et suivants).

¹⁹ Si les négociations ont commencé en 1973, la convention n'est entrée en vigueur qu'en 1994.

²⁰ Toute une partie de la CMB est consacrée à la « *Protection et préservation du milieu marin* » (Partie XII, art. 192 et suiv.). Quant aux ressources biologiques, la CMB s'y réfère dans les parties concernant la zone économique exclusive (Partie V, art. 61

et suiv.) et la haute mer (Partie VII, Section 2, art. 116 et suiv., « *Conservation et gestion des ressources biologiques de la haute mer* »).

²¹ Instituée par la Partie XI de la CMB, cette organisation internationale à compétence limitée a pour principale mission de gérer l'exploration et l'exploitation des ressources minérales de la zone internationale des fonds marins située au-delà des limites de la juridiction nationale.

²² L'article 145 de la CMB fait à cet égard expressément référence à la prévention « *des dommages à la flore et à la faune marines* ».

²³ L'importance de la CMB est confirmée par la CDB elle-même qui dispose dans son article 22 al. 2 que les Parties contractantes « *appliquent la présente Convention, en ce qui concerne le milieu marin, conformément aux droits et obligations des Etats découlant du droit de la mer* ». Cette formule est d'ailleurs utilisée par la plupart des instruments juridiques dans le domaine de protection des mers et de ses ressources.

²⁴ La CDB fut signée lors de la conférence de Rio de Janeiro en 1992 ; 188 Etats en sont actuellement Parties.

intergouvernementales que non gouvernementales) et dotée de moyens financiers, personnels et techniques suffisants pour aborder les questions liées à la biodiversité – y compris la biodiversité marine – avec tout le sérieux nécessaire.

Si la biodiversité marine est envisagée par la CDB comme une composante de la biodiversité globale, la prise en compte généralisée de l'importance des océans pour la survie de l'humanité a trouvé son expression en 1995 par l'adoption lors de la Conférence des Parties contractantes à Djakarta de la Décision II/10 relative à la conservation et à l'utilisation durable de la diversité biologique marine et côtière. Ce nouveau consensus global est désormais connu sous l'expression de « *Mandat de Djakarta* ». Il s'agit d'un programme d'action complété en 1998 par un programme de travail comportant cinq volets principaux : la gestion intégrée de zones marines et côtières, l'utilisation durable des ressources biologiques, les aires protégées, la mariculture et les espèces et génotypes allogènes. Depuis son adoption, le programme de travail reçoit une attention particulière²⁵ et fait l'objet de révisions régulières²⁶.

L'approche sectorielle des autres instruments internationaux

Le rôle de la CDB sur un plan idéologique est indéniable. Mais du fait de la force juridique limitée de cet instrument ainsi que des difficultés liées au concept même de biodiversité, la protection de la vie dans les océans se réalise aujourd'hui essentiellement par le biais d'instruments *traditionnels* du droit international de l'environnement. Ces conventions, apparues tant sur un plan global que régional à partir des années 70, reflètent une approche de type *classique* à l'égard de la protection du vivant. Elles visent soit une espèce²⁷ ou un habitat²⁸ particulièrement menacés et ayant fait l'objet d'une médiatisation accrue, soit une menace spécifique²⁹. Cette approche sectorielle

²⁵ On citera ici le travail d'importance considérable mené par le *Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice* (SBSTTA), organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques à la conférence des Parties (créé en vertu de l'article 25 de la CDB).

²⁶ Dernièrement, le Programme de travail sur la diversité biologique marine et côtière a été révisé lors de la septième Conférence des Parties tenue à Kuala Lumpur en février 2004. Voir la Décision VII/5 sur www.biodiv.org/decisions/default.aspx?m=COP-07&id=7742&lg=2.

²⁷ Ou un groupe d'espèces, telle la *Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage* adoptée à Bonn en 1979. Pour plus d'informations, voir www.cms.int.

²⁸ Par exemple, la *Convention relative aux zones humides d'importance internationale* adoptée à Ramsar en 1975. Pour plus d'informations, voir www.ramsar.org.

²⁹ A titre d'illustration, on citera la *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées*

est aussi caractéristique de la gestion des pêcheries³⁰ (réalisée par le biais d'organisations régionales de pêche³¹), autre domaine crucial pour la conservation de la biodiversité marine³².

L'approche écosystémique, un nouvel impératif

De cette courte présentation, il ressort que l'apport réel des instruments juridiques existants pour la conservation de la biodiversité marine reste limité. Si la CDB, seule convention globale prenant en compte la biodiversité en tant que telle, présente le défaut d'être trop abstraite et trop peu contraignante, les autres conventions, même dotées d'une plus grande force juridique, ne concernent généralement qu'un seul aspect de la problématique. Or la biodiversité est un concept dont l'essence même est l'interconnexion, voire l'interdépendance de ses composantes. Sa conservation ne peut être réalisée que par l'intermédiaire d'une approche prenant cette caractéristique en compte.

Les scientifiques s'accordent depuis longtemps sur la nécessité d'utiliser une approche écosystémique en ce qui concerne le maintien des populations des ressources marines vivantes³³. Sous leur impulsion, l'approche écosystémique a fait l'objet dans la dernière décennie d'une reconnaissance en tant que principe de base pour la conservation de la biodiversité, tant terrestre que marine³⁴. Si parmi les outils de sa mise en œuvre, les aires marines protégées, zones au sein desquelles l'ensemble des activités humaines potentiellement dangereuses sont

d'extinction (Convention CITES) adoptée à Washington en 1973 ; voir www.cites.org.

³⁰ Selon les estimations de l'*Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture* (FAO), plus de 70% des espèces de poissons du monde sont pleinement exploitées ou épuisées et la pêche illicite, non déclarée et non réglementée ne cesse d'augmenter.

³¹ On recense aujourd'hui plus de quarante organisations régionales de pêche.

³² Un autre groupe d'instruments juridiques relatif à la conservation de la biodiversité marine est représenté par les instruments relatifs à la qualité du milieu marin. A titre d'exemple on citera la *Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires*, dite MARPOL (Londres, 1973/1978) et la *Convention internationale pour le contrôle et la gestion de l'eau et des sédiments de ballast des navires* (Londres, février 2004), toutes deux adoptées dans le cadre de l'Organisation maritime internationale ; voir www.imo.org.

³³ Au niveau juridique ce vœu fut exaucé pour la première fois dans la *Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique* adoptée à Canberra en 1980.

³⁴ Voir par exemple la Décision VII/5 de la septième conférence des Parties à la CDB, partie II du Programme de travail sur la diversité biologique marine et côtière qui cite l'approche écosystémique au premier rang des principes de base nécessaires à sa mise en œuvre.

réglementées, occupent une place privilégiée, les considérations écosystémiques doivent également être intégrées dans la gestion des activités exercées en dehors de ces aires (surtout en ce qui concerne l'exploitation halieutique³⁵). Or le chemin à parcourir entre cette prise en compte généralisée de l'importance de l'approche écosystémique et son application universelle est encore long. Le système international existant est en effet largement basé sur une approche *ad hoc* bien établie, légitimée en partie par le manque de connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes marins. Et bien que l'Assemblée générale des Nations unies « encourage les Etats à appliquer d'ici à 2010 [une] approche écosystémique³⁶ », il ne s'agit ici que d'une disposition non contraignante visant à la réalisation d'un objectif à long terme.

La protection des écosystèmes profonds, un problème d'actualité

Trois types d'écosystèmes profonds – les sources hydrothermales, les monts sous-marins et les récifs coralliens profonds – présentent aujourd'hui un intérêt majeur tant pour les scientifiques que pour les juristes. Si les premiers trouvent dans ces *oasis de vie* de nouvelles et souvent impressionnantes formes de vie, les seconds s'emploient à chercher des solutions susceptibles de leur assurer une protection effective³⁷. Or les menaces les plus imminentes pèsent actuellement sur les monts sous-marins et les récifs coralliens profonds du fait d'une exploitation halieutique outrancière. La méthode de pêche généralement utilisée – le dragage (ou chalutage) de fond – est à l'origine d'énormes dégâts subis par ces écosystèmes fragiles. C'est pourquoi leur protection, par l'adoption au niveau international de mesures empêchant ce type d'activités destructrices est devenue une question de premier ordre au sein des grands forums internationaux, tant non gouvernementaux (WWF, UICN, Greenpeace) qu'intergouvernementaux (CDB, Nations unies)³⁸.

³⁵ La FAO joue en la matière un rôle primordial. On citera ici le *Code de conduite pour une pêche responsable* de 1995 ainsi que l'accord concernant la pêche en haute mer de 1993 (*Accord visant à favoriser le respect par les navires de pêche en haute mer des mesures internationales de conservation et de gestion*).

³⁶ Résolution 58/240 sur les océans et le droit de la mer (document A/RES/58/240).

³⁷ La plupart de ces écosystèmes se situant dans les zones au-delà de la juridiction nationale, il est appliqué aux ressources vivantes les composant le régime de la haute mer.

³⁸ L'Assemblée générale des Nations unies dans sa résolution 58/240 sur les océans et le droit de la mer (document A/RES/58/240) « réitère son appel à un examen d'urgence de moyens d'intégrer et d'améliorer, sur une base scientifique, la gestion de risques pesant sur la diversité biologique des montagnes sous-marines, des récifs de corail des eaux froides et de certains autres caractéristiques sous-marines ». Un appel à une action rapide pour la protection des écosystèmes marins au-delà de la juridiction nationale a été exprimé également par les

Deux solutions principales, à savoir la désignation d'aires marines protégées et un moratoire sur le dragage de fond, sont actuellement discutées. La première a déjà été réalisée en pratique. A titre d'exemple, nous pouvons mentionner *The Endeavour hydrothermal vents area* désignée par le Canada en mars 2003.³⁹ La désignation de ce type de zones – même si elle est souhaitable – soulève de nombreux problèmes, tant sur le plan juridique (la plupart des écosystèmes profonds se trouvant en haute mer) que pratique. De plus, sa généralisation à l'ensemble des monts sous-marins et récifs coralliens profonds est difficilement imaginable. Un moratoire sur le dragage de fond paraît plus simple à mettre en œuvre sur le plan pratique et pourrait prendre la forme d'une résolution de l'Assemblée générale des Nations unies selon le modèle du moratoire sur les grands filets maillants dérivants de 1991⁴⁰. Néanmoins, les responsables politiques ne semblent pas vouloir donner suite à cette solution, considérée par d'aucuns comme trop stricte et empiétant sur les droits des Etats en haute mer⁴¹. Sa concrétisation apparaît globalement hypothétique.⁴²

Etats à la septième conférence de la CDB dans la Décision VII/5 (§ 56 et suiv.).

³⁹ Le site des sources hydrothermales appelé *Endeavour* a été découvert dans la zone économique exclusive canadienne en 1982 (250 kilomètres au sud-ouest de l'île Vancouver, dans la profondeur de 2 250 mètres). En 1998, le site a été désigné comme « l'aire marine protégée candidate » et est devenu la première aire marine protégée de ce type (c'est-à-dire protégeant une source hydrothermale profonde) au monde. En mars 2003, le site a été désigné comme la première aire marine protégée officielle en vertu de la loi canadienne sur les océans (*Oceans Act*).

⁴⁰ La résolution 46/215 de l'Assemblée générale des Nations unies fut adoptée en décembre 1991.

⁴¹ La possibilité du moratoire a été discutée au sein du Processus consultatif officieux ouvert à tous sur les affaires maritimes en juin 2004.

⁴² Il existe toutefois des exemples positifs aux niveaux national et régional : Depuis 1999, la Norvège interdit le chalutage sur le récif corallien profond de *Sula* situé dans sa zone économique exclusive. L'Union Européenne a fait de même en 2004 pour protéger les *Darwin Mounds*, paysage sous-marin se trouvant dans la zone économique exclusive du Royaume-Uni à une profondeur de 1000 mètres, et constitué de petits monts sous-marins habités par des colonies de *Lophelia pertusa* (corail d'eau froide) et de nombreuses espèces associées. « *Last but not least* », la Commission des pêches de l'Atlantique Nord-Est a adoptée en novembre 2004 la fermeture temporaire de la pêche dans cinq sites abritant des écosystèmes profonds (monts sous-marins et récifs coralliens profonds). Cette dernière illustration est d'autant plus intéressante que ces sites se trouvent en haute mer, zone où pour la première fois des écosystèmes profonds sont ainsi protégés.

Le moratoire sur le dragage de fond en haute mer est symptomatique des difficultés auxquelles se confronte tout effort visant à limiter les activités de l'homme en mer. Même si la pêche visant les écosystèmes profonds est économiquement marginale⁴³, les Etats ne s'en montrent pas pour le moins réticents lorsqu'il s'agit de limiter leurs droits. La conservation de la biodiversité marine est avant tout une question de volonté politique. Face à la dégradation croissante des écosystèmes marins et au regard de leur importance vitale pour l'humanité, l'engagement de l'ensemble de la communauté internationale devrait être une nécessité.

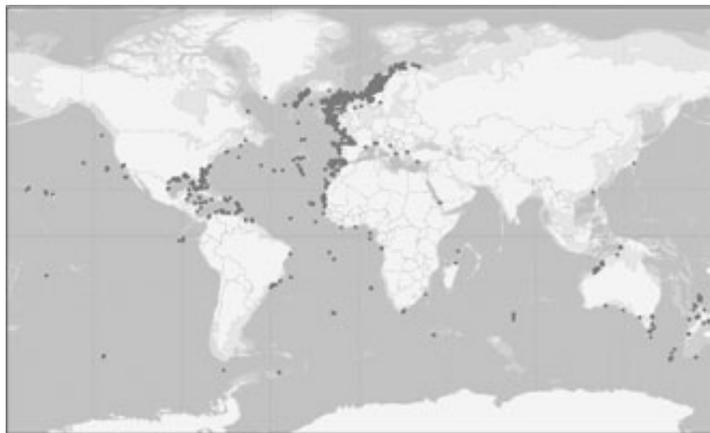


Figure 1. Répartition des récifs de coraux froids, PNUE, 2004

Les ressources génétiques marines, objet d'exploitation⁴⁴

Le processus d'exploitation des ressources génétiques marines (RGM) peut être disséqué en trois phases : la collecte d'échantillons en mer, leur valorisation en laboratoire et la commercialisation des produits ou procédés, pour la plupart brevetés, qui en découle. A chaque phase, des règles de droit différentes s'appliquent sans qu'aucune d'entre elles n'envisagent de façon globale le processus d'exploitation (1.). Ceci pose la question de la cohérence et de l'adaptabilité du droit aux évolutions scientifiques et commerciales récentes. Plus

⁴³ En 2001 elle présentait moins de 0.5% de la valeur de toutes les prises mondiales, onze Etats se partageant 95% de la production. Voir Gianni (M.) : *High Seas Bottom Fisheries and their Impact on the Biodiversity of Vulnerable Deep-Sea Ecosystems : Summary Findings*, rapport préparé par l'UICN et le WWF ; www.iucn.org/themes/marine/pdf/MattGianni-CBDCOP7-Impact-HS-BottomFisheries-Complete.pdf.

⁴⁴ Pour des raisons de brièveté, nous nous focaliserons dans notre étude sur l'exploitation du matériel génétique servant de support à un produit ou un procédé breveté et commercialisable. Notons toutefois que l'idée d'exploitation implique que la ressource génétique soit considérée comme non renouvelable, ce qui prête à débat. C'est pourquoi la CDB lui préfère l'expression d'utilisation commerciale qui induit l'idée d'un maintien de la ressource malgré le prélèvement.

encore, même si la spécificité des RGM est indéniable (2.), celle-ci tend à être absorbée par le mécanisme central d'*accès et de partage des avantages* (A/PA)⁴⁵. Cependant, ce mécanisme n'est applicable que pour les RGM issues des espaces sous souveraineté ou juridiction (3.). En haute mer et dans la Zone, toutes aussi riches en diversité génétique, l'accès aux ressources est libre. Le droit évolue ainsi à deux vitesses, ce qui rend l'appréhension globale de la diversité génétique complexe. Dès lors, l'établissement d'un régime juridique adapté apparaît indispensable et représente un véritable défi pour les juristes (4.).

Une parcellisation du droit

Il existe un compartimentage du droit relatif à l'exploitation des RGM, ce qui a amené Christine Noiville à parler « *des régimes juridiques des RGM* »⁴⁶. Dans la CMB, aucune référence aux ressources génétiques (RG) n'est faite, ancienneté de cette Convention oblige. Toutefois, on peut considérer que celles-ci entrent dans la catégorie plus vaste des ressources biologiques⁴⁷. Ayant pour vocation d'encadrer les différents types d'activités menées en mer, ce texte envisage distinctement l'exploitation des ressources biologiques et la recherche scientifique marine. En ce qui concerne les RGM, la frontière entre ces deux types d'activités semble ténue⁴⁸, ce qui révèle une nouvelle fois l'obsolescence de certaines dispositions de la CMB. Au demeurant, qu'il s'agisse d'une activité d'exploitation ou de recherche, la CMB se concentre sur un accès *in situ* aux ressources en fonction de l'espace marin dont elles dépendent.

La CDB intègre les RGM dans la thématique plus vaste de la diversité génétique et aborde de manière élargie le processus d'exploitation des RG, envisageant leur accès (art. 15), l'accès à la technologie et son transfert (art. 16), la gestion de la biotechnologie et la répartition des avantages (art. 19). Il ne s'agit cependant que d'un accord-cadre qui laisse une grande latitude aux Etats Parties quant à la mise en œuvre de ces dispositions⁴⁹. En outre, la CDB

⁴⁵ Le débat relatif à l'A/PA stigmatise les espoirs de développement économique et d'innovation biotechnologique portés par les PED, d'un côté, et les pays industrialisés, de l'autre.

⁴⁶ Voir Noiville, 1996.

⁴⁷ A l'époque de la rédaction de la CMB, cette catégorie visait principalement les ressources halieutiques.

⁴⁸ La collecte de ressources génétiques s'apparente plus à la prémisses d'une recherche scientifique qu'à une exploitation sans peu de transformation comme c'est le cas pour les ressources halieutiques. Pourtant, il s'agit d'une activité à vocation économique, ce qui semble être le critère pour qualifier l'exploitation dans la CMB. Voir Guilloux (B.) : *Le régime de droit international public de la recherche scientifique marine : dualité juridique et pratique*, Annuaire de Droit Maritime et Océanique 2005, éditions Pédone.

⁴⁹ Ce que confirme la formule récurrente utilisée par la CDB : « chaque Partie contractante prend les mesures législatives,

doit être appréciée à la lumière de ses relations avec d'autres conventions internationales et notamment l'Accord sur les Aspects de Propriété Intellectuelle relatif au Commerce (ADPIC)⁵⁰.

Cet accord, signé dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) à l'issue de l'Uruguay Round de 1994, englobe les RG lorsque celles-ci sont le support d'une invention brevetable⁵¹. Bien que n'abordant pas la question de la commercialisation des produits ou procédés protégés, il institue un monopole d'exploitation d'une durée de 20 ans au bénéfice du détenteur du brevet d'invention. Plus encore, il n'exclut pas la possibilité que soit déposé un brevet sur des séquences d'ADN et des gènes isolés et purifiés, ce qui représente un véritable mouvement d'appropriation du vivant⁵².

Enjeux et particularisme des RGM

Les RGM se distinguent de leurs homologues terrestres car l'Océan constitue un réservoir tridimensionnel de formes, structures et organisations métaboliques résultant d'une complexification et d'une spécialisation au cours des temps géologiques dont l'Homme n'entrevoit encore qu'une part infime. Grâce au développement de la biologie moléculaire et de l'ingénierie génétique, ces ressources, prisées pour leurs fonctions qualitatives, sont devenues une matière première pour l'industrie. Les paramètres « *potentialité* » (1 échantillon sur 10 000 est viable), « *accessibilité* », « *temps* » (entre 5 et 19 ans pour aboutir à un produit commercialisable) et « *coût* » (de 100 à 300 millions de dollars⁵³) contribuent à leur conférer une forte valeur ajoutée⁵⁴, notamment lorsque l'enjeu de leur exploitation touche le domaine de la santé (pharmacie- médecine)⁵⁵.

Environ 10 000 composés chimiques ont été dérivés d'organismes marins tels que des bactéries, des champignons, des microalgues, des coraux, des mollusques, des échinodermes ou

administratives ou de politique générale » (art. 15 (7), 16 (3) et (4)).

⁵⁰ Voir art. 22 CDB.

⁵¹ Selon son article 27. 1, « [...] un brevet pourra être obtenu pour toute invention, de produit ou de procédé, dans tous les domaines technologiques, à condition qu'elle soit nouvelle, qu'elle implique une activité inventive et qu'elle soit susceptible d'application industrielle ».

⁵² Voir Guilloux, Guyomard et Orabe, 2003.

⁵³ Ces estimations valent principalement pour les recherches menées dans le domaine de la santé.

⁵⁴ Contrairement à l'acception purement scientifique de gène, le terme RG induit une forte connotation économique. Le gène, en tant qu'élément constitutif du vivant est assimilé à un bien au sens économique, c'est-à-dire un bien produit par du travail humain et/ou dont la rareté lui confère une valeur d'échange.

⁵⁵ D'autres secteurs de l'industrie placent leurs espoirs ou utilisent déjà des biotechnologies marines : l'industrie nautique (*antifouling*), la mariculture (organismes génétiquement modifiés), l'alimentation (additifs) etc.

des éponges⁵⁶. La majorité des substances actives testées sont des toxines aux propriétés anticancéreuses, anti-inflammatoires, antifongiques ou bien encore antivirales. Si environ 300 brevets portant sur l'activité biologique de molécules marines dérivées ont été déposés entre 1969 et 1999, seules deux d'entre elles font aujourd'hui l'objet d'une application clinique⁵⁷.

Le potentiel des RGM dans un domaine crucial tel que celui de la santé rappelle la nécessité d'un encadrement juridique des RGM à la fois global et adapté aux différents domaines d'application possibles. Le tableau 1 énumère les étapes clés du processus d'exploitation des RGM ainsi que les principes et mesures à suivre afin d'aboutir à une véritable utilisation durable. La prise de conscience, tant sur le plan politique que juridique, de l'urgence de la conservation tarde à venir. Pour l'heure, l'accès à la ressource demeure la question primordiale. L'intérêt des chercheurs porte sur les zones sous souveraineté ou juridiction, plus riches en diversité biologique et surtout plus accessibles que les autres espaces marins. Il s'agit notamment des régions tropicales, principalement sous contrôle des PED. N'énonçant que des obligations dites « molles » (*soft law*), le droit international de l'environnement répond ainsi prioritairement à une question « d'arbitrage » entre compétences étatiques. Plus encore, il ne propose qu'un encadrement partiel de l'exploitation des RG, laissant à l'OMC le soin de régler les aspects purement commerciaux dont dépend fatalement la réalisation de l'objectif d'utilisation durable.

Un débat international centré sur l'Accès et le Partage des Avantages

Le principe d'A/PA tel qu'envisagé dans la CDB⁵⁸ est un mécanisme complexe, reflet d'un fragile compromis entre PED, riches en biodiversité et pays industrialisés, riches en biotechnologies. Il révèle à lui seul les espoirs placés par la communauté internationale en l'exploitation des RG. L'A/PA est un concept international applicable à des situations où une entité (université, entreprise, laboratoire de recherche) d'un pays donné cherche à acquérir les ressources d'un autre.

⁵⁶ Les éponges représentent à elles seules 30% des composés connus.

⁵⁷ Mac Laughlin, 2003.

⁵⁸ Voir art. 15, 16 et 19 CDB.

TABLEAU 1. LES ÉTAPES CLÉS DU PROCESSUS D'EXPLOITATION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES MARINES

	Accès à la ressource	Accès à l'application	Maintien de la ressource	Points de droit
Type d'activité scientifique	Recherche Scientifique marine (CMB)	<i>Recherche appliquée en biotechnologies</i>	Recherche fondamentale	Régime juridique de la ressource
	Bioprospection (CDB)	<i>Domaines d'application (agriculture, environnement, santé, industrie traditionnelle, etc.)</i> Invention brevetée : monopole d'exploitation	Ecologie Sciences de la conservation	Encadrement global et adapté aux différents domaines d'application
Objectifs CDB (art.1)	Partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation	Partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation	Partage juste et équitable, conservation, utilisation durable	Effectivité- Application Normes de contrôle et de coercition
Type d'activité économique	Exploitation	Exploitation (Propriété industrielle, commercialisation) /Utilisation (recherche)	Utilisation durable (conservation prioritaire)	Donner la priorité aux activités de développement durable

Dans les zones sous souveraineté ou juridiction, l'accès aux RG n'est pas libre¹ mais soumis au « *consentement préalable donné en connaissance de cause*² » de l'Etat côtier à l'entité prospectrice. Cet accès est indissociable de l'objectif de partage des avantages qualifié de « *juste et équitable* » par la CDB³ car il ne se limite pas au paiement d'un simple droit d'accès. Il comprend le partage des « *résultats de la recherche et de la mise en valeur [des RG] ainsi que des avantages résultant de l'utilisation commerciale (...)*⁴ » ainsi que celui des charges liées à la conservation de la biodiversité. En outre un transfert de technologies, y compris celles des biotechnologies, doit être organisé⁵. Le PA a donc vocation à répondre à des exigences autant sociales qu'environnementales et sait gré à la

revendication des PED de faire de l'exploitation des RG un axe de développement.

En matière d'A/PA, il existe peu de place pour un véritable cadre supranational. Si un partage « *juste et équitable* » est prescrit par la CDB, celui-ci dépend de « *conditions convenues d'un commun accord*⁶ » prenant souvent la forme de contrats de bioprospection⁷ librement négociés et répondant aux règles de l'échange marchand. Pour l'heure, ce type d'instrument peine encore à intégrer la nécessité de conservation et n'assure pas un accès effectif aux technologies et aux savoirs. L'absence de réelle dynamique contractuelle est accentuée par le fait que la fourniture en RGM ne nécessite souvent que peu de campagnes de prélèvements sur le même site⁸.

¹ Selon l'article 15 (1) de la CDB, « étant donné que les Etats ont droit de souveraineté sur leurs ressources naturelles, le pouvoir de déterminer l'accès aux ressources génétiques appartient aux gouvernements et est régi par la législation nationale ».

² Voir art. 15 (5) CDB.

³ Art. 15 (7) CDB.

⁴ Ibid.

⁵ Voir art. 16 (1) CDB ; « l'accès à la technologie protégée par des brevets et autres droits de propriété intellectuelle » est également visé par l'article 16 (3) de la Convention.

Durant les 10 premières années d'existence de la CDB, la mise en œuvre de l'objectif d'A/PA a tout particulièrement été axée sur des mécanismes commerciaux classiques *via* des contrats de

⁶ Art. 15 (4) CDB.

⁷ La bioprospection s'entend comme « la récolte et le criblage des ressources biogénétiques dans un but commercial » : Dutfield, 2000.

⁸ A ce sujet, voir Morin, 2003.

bioprospection. Les lignes directrices de Bonn (LDB)⁹ adoptent une approche différente : il s'agit de propositions générales pouvant être utilisées par des particuliers ou des Etats sur une base volontaire¹⁰. Les LDB insistent sur les mesures de transparence que doivent prendre les Etats ayant sous leur juridiction des utilisateurs de RG. La mesure la plus discutée à l'heure actuelle concerne la divulgation de l'origine géographique des RG dans les demandes de brevets¹¹. Certains Etats fournisseurs de RG dits « mégadivers¹² » ont déjà transposé cette règle en droit interne, prenant le contre-pied de l'antagonisme affiché entre protection de l'environnement et protection des inventions. Les droits de propriété intellectuelle apparaissent ainsi comme un instrument potentiel de réalisation de l'objectif d'A/PA. La 7^{ème} Conférence des Parties à la CDB s'est réunie à Djakarta en février 2004 sans qu'il n'y ait eu de réel avancement sur cette question. Pour la résoudre, un remaniement de l'Accord ADPIC, auquel les Etats-Unis sont pour l'heure opposés¹³, serait souhaitable. De même, la création d'un régime juridique *sui generis* pour les RGM, plus apte à répondre aux objectifs prescrits dans la CDB, pourrait être envisagé.

Un nouveau défi : l'établissement d'un régime juridique adapté aux RGM des fonds marins

En vertu de la CMB, les ressources biologiques situées au-delà des limites des juridictions nationales sont toujours libres d'accès¹⁴ et ce, sans que la communauté internationale ne s'en soucie réellement. Afin d'adapter le droit aux avancées récentes de la recherche, l'Autorité internationale des fonds marins (système CMB) et l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques (système CDB) travaillent conjointement à l'élaboration de règles d'exploitation propres à enrayer le phénomène d'appropriation privative et à

⁹ Lignes directrices de Bonn sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation, décision VI/24 de la conférence des Parties à la CDB, avril 2002.

¹⁰ L'adoption à l'unanimité des LDB par 186 Etats Parties leurs confère cependant une légitimité indéniable.

¹¹ Voir § 16 d LDB pour toutes les mesures d'incitation proposées.

¹² Tels que l'Afrique du Sud, la Bolivie, le Brésil, la Chine ou bien encore la Malaisie.

¹³ Cependant, l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle travaille conjointement avec le Plan des Nations Unies pour l'Environnement sur cette problématique. Voir Gupta, 2004.

¹⁴ A la lecture des articles 133 (*emploi des termes*) et 136 (*Patrimoine commun de l'humanité*), seules les ressources minérales du sol et du sous-sol de la Zone sont patrimoine commun de l'humanité et sont soumises au contrôle de l'Autorité internationale des fonds marins. Les ressources biologiques de la colonne d'eau (haute mer) ainsi que celles des fonds marins ne bénéficient pas de ce régime juridique.

préservé au mieux les écosystèmes profonds¹⁵. L'enjeu est d'importance car nombre d'organismes des fonds marins sont convoités par les scientifiques et les industriels pour leur potentiel génétique¹⁶. La réponse du droit aux pratiques scientifiques et commerciales tarde à venir même si les solutions sont nombreuses : redéfinition du régime des ressources génétiques, rénovation des règles relatives à la recherche scientifique marine, élargissement de la compétence de l'Autorité, voire reproduction du modèle A/PA tel que prévu dans les eaux sous souveraineté ou juridiction. Ces solutions impliquent, sinon de nouvelles négociations entre Etats en vue d'un nouvel accord sur les ressources génétiques des fonds marins, tout du moins une révision de la CMB. La tâche n'est pas aisée car nombre de textes de droit international mettent énormément de temps à voir le jour et plus encore à recevoir une application effective en droit interne¹⁷.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement Monsieur Mark Pitard, doctorant au CDMO, pour sa collaboration active à la rédaction de cet article. Nous désirons aussi remercier, pour leurs commentaires, les réviseurs scientifiques de cet article.

Bibliographie

- Beurier, J.-P., 2004, La protection juridique de la biodiversité marine, www.droit.univ-nantes.fr/labos/CDMO/nept/nep29_3.pdf
- Dutfield, G., 2000, Bioprospection ou biopiratage ?, Revue Biofutur, 204, www.biofutur.com/issues/204/environnement.html
- Guilloux B., A.-I. Guyomard, D. Orabe (D.), 2003, L'exploitation de la biodiversité marine et le droit, www.droit.univ-nantes.fr/labos/cdmonept/nep27_1.pdf
- Gupta A., 2004, WIPO-UNEP Study on the Role of Intellectual Property rights in Sharing of Benefits arising from the Use of Biological Resources and Associated Traditional Knowledge - Study n°4, publication de l'OMPI 69, 326 p
- Mac Laughlin, R., 2003, Foreign Access to Shared Marine Genetic Materials: Management Options for a Quasi-Fugacious Resource, Ocean Development and International Law, n°34, pp. 297- 348
- Morin, J.- F, 2004, Les accords de bioprospection favorisent-ils la conservation des ressources génétiques ?, Revue de droit de l'Université de Sherbrooke, 34, 1, pp. 307- 343
- Myers, R.A., B. Worm, 2003, Rapid worldwide depletion of predatory fish communities, Nature, 423, pp. 280-283
- Noiville, C., 1996, Les régimes juridiques des ressources génétiques marines : contribution à la notion d'intégration des objectifs écologiques aux objectifs économiques, thèse droit, Université de Bourgogne

¹⁵ Voir UNEP/CBD/SBSTTA/8/9/Add.3/Rev.1, 20 février 2003, point 5.2 : Conservation et utilisation des ressources génétiques des grands fonds marins ne relevant d'aucune juridiction nationale : étude des liens entre la CDB et la CMB.

¹⁶ C'est le cas notamment des bactéries thermophiles et hyperthermophiles des sources hydrothermales dont certaines sont déjà utilisées en biotechnologie pour leur grande adaptabilité aussi bien aux variations de température que de pression ; voir Quérellou, Alain et Cambon-Bonavita, 2001.

¹⁷ Pour plus d'informations à ce sujet, voir Beurier, 2004.

- Passet, R., 1996, L'économie et le vivant, 2ème édition, éditions Economica, p. 4
- Quérellou, J., K. Alain et M.A. Cambon-Bonavita, 2001, Thermophiles from Deep-Sea Hydrothermal Vents, *Vie Milieu*, n°51(4), 2001, pp. 161-172
- Watson, J. et A. Berry, 2003, ADN, le secret de la vie, collection Sciences, éd. Odile Jacob, p. 19 à 127.

L'ACCORD SUR LA PROTECTION DES PETITS CÉTACÉS DE LA MER DU NORD : Une bonne volonté de façade

Céline de Roany, Docteur en droit, Membre du Centre de Droit Maritime et Océanique, Université de Nantes, Faculté de Droit et des Sciences Politiques, Chemin de la Censive du Tertre - BP 81307, 44313 Nantes – France, Courriel : celine.deroany@wanadoo.fr

Résumé : Les petits mammifères marins sont très présents, mais également très menacés en mer du Nord. Afin de protéger ces animaux, sept États (Allemagne, Belgique, Danemark, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni et Suède) ont ratifié en 1994 un Accord sur la Conservation des petits cétacés dans la mer Baltique et la mer du Nord (ASCOBANS). Cet Accord, affilié à la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS), consiste en un plan de gestion destiné entre autres à conserver les habitats, initier des études sur le sujet et informer, en particulier les pêcheurs. Des organes ont été créés afin de présider au bon fonctionnement de l'Accord. Cette bonne volonté affichée se heurte néanmoins aux réalités, dont la plus criante est sans conteste celle des captures accidentelles, au-dessus des limites acceptables. L'Accord est en outre limité dans son action par l'exclusivité de la compétence communautaire en matière de pêche dans l'ensemble de sa zone d'application. En définitive, le bilan de fonctionnement de cet Accord est très décevant, puisqu'il n'a eu aucune action concrète sur la protection des cétacés et que sa sphère d'influence apparaît très réduite.

Mots clés : ASCOBANS, environnement, mammifères marins, mer, petits cétacés.

Abstract : Small cetaceans are numerous but threatened in the North Sea. In order to protect those animals, seven States (Belgium, Denmark, Germany, Netherlands, Sweden, Poland and United-Kingdom) ratified in 1994 the Agreement on the Conservation of Small Cetacean in the North and Baltic Seas (ASCOBANS). This agreement, which is affiliated to the Convention on Conservation of Migratory Species (CMS), consists inter alia in management plan to protect habitats, support research or teaching, specially fishermen. Institutions have been created to oversee the agreement's functioning. This goodwill comes up against reality, which bigger is by-catch, beyond acceptable limits. In addition, the Agreement is limited by the UE's exclusive competence in terms of fishing in its whole enforcement area. Finally, the agreement's balance sheet is really disappointing : no concrete act in cetacean protection and a very limited sphere of influence.

Key-words : ascobans, environment, marine mammals, sea, small cetacean.

Le cétacé le plus observé en mer du Nord est le marsouin (*Phocoena phocoena*)¹. Sa population se distribue en mer du Nord et dans les eaux adjacentes, mais il est devenu rare dans le Southern Bight, la Manche et la mer Baltique². Il se nourrit pour l'essentiel de poissons et de céphalopodes. Le dauphin à bec blanc (*Lagenorhynchus albirostris*) est l'espèce de cétacé la plus commune dans le sud de la mer du Nord. On suppose que l'espèce se reproduit près des côtes danoises en juin ou juillet et migre vers les eaux britanniques afin de se nourrir de hareng et de maquereau. Le souffleur (*Tursiops truncatus*) semble assez rare en mer du Nord, mais attaché à certains sites particuliers, comme l'estuaire de la Moray en Écosse, au large des côtes de

Cornouailles, du Dorset et du Hampshire, en Angleterre, et à certains endroits au large des côtes bretonnes et normandes, en France. D'autres espèces de cétacés odontocètes sont régulièrement observées en mer du Nord, comme le dauphin commun (*Delphinus delphis*), l'orque (*Orcinus orca*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), etc. . Des projets de collaboration scientifique ont été établis afin de tenter de déterminer les causes des échouages de mammifères marins sur les rivages de la mer du Nord³, qui suscitent toujours des hypothèses non vérifiées⁴.

³ NSTF : *North Sea Quality Status Report* 1993, Oslo and Paris Commission, London, 1993 : 76.

⁴ Les hypothèses concernant l'échouage des cachalots (*Physeter macrocephalus*) en mer du Nord partent de la constatation que les populations de certains cétacés, et notamment les cachalots, ont augmenté. Le manque de nourriture qui en résulte conduit les cachalots à utiliser leurs réserves de graisse et donc à « activer » les contaminants qui y étaient stockés, entraînant une immunodéficience. La présence supposée d'un virus, dans ces conditions, conduirait à des otites ulcérales aiguës et chroniques ainsi que des stomatoses et des dermatoses ulcérales aiguës. Ces lésions perturberaient l'écholocation des cétacés. Couplées à

¹ Environ 300 000 individus : Hammond, P.S., H. Benke, P. Berggren, D.L. Borchers, S.T. Buckland, A. Collet, M.P. Heide-Jørgensen, S. Heimlich-Boran, A.R. Hiby, M.F. Leopold et N. Øien, 1995, *Distribution and abundance of the harbour porpoise and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters*, Life 92-2/UK/027, final report, Sea mammals research unit, national environment research council, Cambridge, 240 p.

² ICES : *Report of the working group on the ecosystem effects of fishing activities*, ICES C. M. 1998/ACFM/ACME : 1.

Le cas du petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), encore chassé par la Norvège en mer du Nord et dans l'Atlantique du Nord-Est, prête aujourd'hui à discussions. En 1993, le secrétaire de la Commission de la Convention internationale réglementant la chasse à la baleine aurait déclaré pouvoir « raisonnablement affirmer qu'une chasse commerciale pourrait être pratiquée sur ces populations sans en menacer l'existence ». Des études menées par un groupe de scientifiques choisis par la Commission Baleinière Internationale⁵ parmi les membres du CIEM ont en effet montré que les populations s'élevaient, en mai 1996, à 112 000 individus⁶. En 2000, dans la Liste rouge des espèces animales menacées établie par l'UICN⁷ énumérant les espèces menacées d'extinction, le petit rorqual a été placé dans la catégorie non menacée dite à « risques faibles ». Le Comité de gestion de la Commission des mammifères marins de l'Atlantique Nord (NAMMCO), organisme intergouvernemental de réglementation de la chasse à la baleine dans les eaux de l'Atlantique du Nord Est (composé d'Etats favorables à la chasse à la baleine)⁸, estime quant à lui que la chasse du petit rorqual, telle qu'elle est aujourd'hui pratiquée, est durable et ne menace pas les stocks.

Reconnaissant que « les petits cétacés sont et doivent demeurer une partie intégrante des écosystèmes marins »⁹, mais

la cohésion sociale importante de ces animaux et à une remontée en eaux peu profondes, ces lésions entraîneraient, dans des conditions topographiques particulières, l'échouage massif de cachalots : OSPAR : *Quality status report 2000. Region II – Greater North Sea*, OSPAR Commission, London, 2000 : 92-93.

⁵ Il s'agit de la Commission créée par la *Convention internationale pour la réglementation de la pêche à la baleine*, adoptée le 2 décembre 1946 à Washington.

⁶ Valeurs sûres à 95% : 90.000 - 135.000.

⁷ L'Union pour la conservation de la nature (UICN) a établi en 1995 puis en 2000, sur la base de critères qu'elle a déterminés et remaniés, une liste rouge des espèces menacées. Au total, en 1995, plus de 15000 espèces animales ont été évaluées (72 284 en 2000), dont 5205 ont été classées comme menacées. Il ne s'agit pas d'une évaluation juste de la totalité des espèces de la planète susceptibles d'être considérées comme menacées d'extinction; en effet, cette évaluation est loin d'être complète, étant donné que, de toute évidence, il y a eu une évaluation sélective des taxons et régions les plus gravement menacés.

Toutefois, deux groupes majeurs ont été examinés de façon très complète avant de figurer sur cette liste – les mammifères et les oiseaux. Parmi les mammifères, 23 % des espèces sont menacées, en comparaison à 11 % des oiseaux

⁸ Le Comité de gestion de la Commission des mammifères marins de l'Atlantique Nord résulte d'un Accord sur la coopération dans la recherche, la conservation et la gestion des mammifères marins de l'Atlantique Nord, adopté le 9 avril 1992 à Nuuk (Groenland) par les autorités des îles Feroe, d'Islande, de la Norvège et du Groenland.

⁹ Préambule de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord* : 2.

« [p]réoccupé[...]s par la situation des petits cétacés dans [...] la Mer du Nord »¹⁰, sept Etats¹¹ ont ratifié l'*Accord sur la Conservation des petits cétacés dans la mer Baltique et la mer du Nord*¹², afin de limiter, voire même de supprimer l'effet néfaste que « les prises accessoires, la dégradation de l'habitat et les perturbations peuvent avoir (...) sur ces populations » (préambule, § 5).

L'Accord est affilié à la *Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage*. Son article 2-1 vise en effet à « réaliser et (...) maintenir un état de conservation favorable pour les petits cétacés », et ce, sans que les Parties aient jugé nécessaire de définir le terme d'état de conservation favorable¹³, au contraire des termes « petit cétacé », « zone couverte par l'Accord », « Convention de Bonn », « organisation d'intégration économique régionale », « Partie », « Etat de l'aire de répartition » ou « Secrétariat ». Cette affiliation se retrouve également dans le fait que les Parties se réunissent à l'invitation du Secrétariat de la Convention de Bonn¹⁴ (article 6-1) et dans l'élaboration d'un plan de conservation et de gestion, défini par les Etats Parties à l'Annexe de l'Accord.

Ce plan vise à s'appliquer à l'ensemble des petits cétacés¹⁵ de la mer du Nord et de la mer Baltique (§ 1 de l'Annexe). Il prévoit une série de mesures que les Etats Parties s'engagent à appliquer, mesures visant à

¹⁰ Préambule de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord* : 4.

¹¹ La Suède (31.3.92), les Pays-Bas (29.12.92), la Belgique (14.5.93), le Royaume-Uni (13.7.93), l'Allemagne (6.10.93), le Danemark (29.12.93) et la Pologne (18.1.96). La Norvège participe activement aux travaux d'ASCOBANS, mais, « en raison de son désir de maintenir une politique nationale consistante », ne le signe pas (ASCOBANS : Rapport d'activité 1994-1998). La France a émis le souhait de le ratifier, tout comme l'Union Européenne.

¹² Ci-après, indifféremment, l'*Accord* ou *ASCOBANS*, de son intitulé en langue anglaise : *Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the North Sea and Baltic Sea*.

¹³ L'utilisation de cette locution particulière renvoie inévitablement, même de manière implicite, à la Convention sur les espèces migratrices.

¹⁴ Hébergé à titre intérimaire pendant les premières années de l'Accord par le Royaume-Uni, le Secrétariat d'ASCOBANS est désormais situé dans les locaux du Secrétariat de la Convention de Bonn (Résolution 1 de la Réunion de Parties de Bristol (UK) 26-28 juillet 2000).

¹⁵ C'est à dire « toutes les espèces, sous-espèces populations de cétacés ordonocètes, *Odontoceti*, à l'exception du cachalot *Physeter macrocephalus* » : article 1.2.a de l'Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord.

- la conservation et à la gestion de l'habitat (parmi elles, la prévention des rejets de substances constituant une menace potentielle pour la santé des animaux, la mise au point d'engins de pêche réduisant les prises accessoires de mammifères, la prévention des nuisances de nature acoustique, etc.) ;
- des études et des recherches (des investigations coordonnées doivent être réalisées afin d'évaluer l'état et les mouvements saisonniers des populations¹⁶, de localiser les zones présentant une importance particulière pour leur survie¹⁷ et d'identifier les menaces existantes ou potentielles contre les différentes espèces¹⁸. Toutes ces études doivent exclure la mise à mort des animaux capturés aux fins de recherche, qui doivent être relâchés en bonne santé¹⁹) ;
- l'utilisation des captures accessoires et échouages²⁰ ;
- la législation²¹ ainsi que ;
- l'information et l'éducation (notamment aux pêcheurs).

Afin de suivre la mise en œuvre de l'Accord, des organes sont créés : le Secrétariat²² doit promouvoir et coordonner les actions entreprises notamment en facilitant les échanges d'informations

¹⁶ Ces études devraient inclure l'amélioration des méthodes actuelles et la mise au point de méthodes nouvelles pour établir l'identité des stocks, estimer les effectifs, les tendances, la structure et la dynamique des populations ainsi que les migrations (Annexe, point 2 § 2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*).

¹⁷ Les études doivent être axées sur la localisation des zones présentant une importance particulière pour la reproduction et l'alimentation des espèces concernées (Annexe, point 2 § 2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*).

¹⁸ Les études doivent inclure les exigences en matière d'habitat, sur l'écologie alimentaire, les relations trophiques, la dispersion et la biologie sensorielle. Les effets de la pollution, des nuisances, des activités humaines, particulièrement la pêche, doivent être pris en compte, ainsi que leurs interactions (Annexe, point 2 § 2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*).

¹⁹ Annexe, point 2 § 2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*.

²⁰ Les Parties devront s'efforcer de mettre en place un système efficace de signalisation des captures accessoires et des échouages, et de sauver les animaux ; les animaux morts devront être autopsiés aux fins d'études et de recherches ultérieures portant non seulement sur les causes de la mort, mais également sur la composition de leur alimentation ; les données devront être portées dans une base de données internationale.

²¹ Interdiction de la capture et de la mise à mort intentionnelle des petits cétacés et obligation de relâcher immédiatement tout animal capturé vivant et en bonne santé.

²² Article 4 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*.

entre les autorités de coordination²³, organisant des réunions et coordonnant les propositions d'amendement²⁴. Le Comité Consultatif a été mis en place par la réunion des Etats Parties²⁵ ; il est chargé de fournir au Secrétariat des avis d'expert et des informations sur la conservation et la gestion des petits cétacés ou autre matière²⁶. La réunion des Parties a lieu tous les trois ans afin d'examiner les progrès accomplis ainsi que les difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre et le fonctionnement de l'Accord. Des observateurs expressément nommés par le texte de l'Accord sont autorisés à assister à ces réunions²⁷. Parmi eux, des Secrétariats de Convention (entre autres de la CITES, de la CMS, d'OSPAR), des organismes, gouvernementaux ou non (ICES, UICN).

Si l'élaboration d'un tel accord de coopération est une innovation intéressante, puisqu'elle donne un cadre à la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord, son fonctionnement est assez décevant.

La première réunion des Parties, qui s'est tenue à Stockholm en 1994, s'est conclue sur l'adoption d'une résolution concernant la mise en œuvre du plan de conservation et de gestion des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord, ainsi que sur des lignes de conduite relatives aux rapports nationaux sur la mise en œuvre du plan. Trois autres réunions ont eu lieu depuis, la deuxième en 1997 à Bonn (RFA), la troisième à Bristol (UK.) en 2000 et la quatrième à Esbjerg (Danemark) en 2003. Au cours de ces réunions, ont été adoptées des résolutions visant à la mise en œuvre du Plan de conservation et de gestion des petits cétacés.

Le but de l'Accord, tel qu'il a été défini lors de la deuxième Conférence des Parties peut être interprété comme « restaurer

²³ Nommées par les Parties ; elles font office de « point de contact » national pour les travaux du Secrétariat et du Comité Consultatif (article 3 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*).

²⁴ Articles 4.1 et 2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*.

²⁵ Conformément à l'article 5.2 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*, le Comité Consultatif a été mis en place par la *Résolution to establish the Advisory Committee*, MOP 1, Stockholm 1994.

²⁶ Et notamment, éviter les doubles emplois avec les travaux d'autres organismes internationaux : article 5.1 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*.

²⁷ Article 6.2.1 de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*. D'une manière générale, « tout autre organisme qualifié en matière de conservation et de gestion des cétacés peut présenter au Secrétariat, au plus tard 90 jours avant la Réunion, une demande aux fins de s'y faire représenter par des observateurs ». La demande n'est pas acceptée si au moins un tiers des Parties s'y oppose : article 6.2.2. de l'*Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord*.

et/ou maintenir des stocks biologiques ou de gestion de petits cétacés au niveau qu'ils auraient atteints s'il y avait la plus faible influence anthropogénique possible ; un sous-objectif à court terme pratique et adapté est de restaurer et/ou maintenir les stocks/populations à 80% ou plus de leurs capacités »²⁸.

Afin de restaurer ou maintenir les stocks, les Parties à l'Accord entendent avant tout réduire les prises accessoires de petits cétacés. Cette réduction est considérée aujourd'hui par les Parties à ASCOBANS comme la plus importante tâche dans le cadre de l'Accord. D'après ASCOBANS et la Commission baleinière internationale, des taux de capture accessoire supérieurs à 1% de l'effectif total de la population concerné risquent de ne pas être tolérés ; des taux supérieurs à 1,7% sont intolérables et exigent des mesures immédiates de réduction des prises²⁹. Des études danoises permettent, par extrapolation, d'estimer que, en année moyenne entre 1994 et 1998, 7000 marsouins ont été capturés. Il s'agirait de prises supérieures à 2% de la population totale de marsouins en mer du Nord, et donc d'un taux inacceptable pour la survie de la population³⁰.

Les résolutions sur les prises accidentelles de petits cétacés³¹ rappellent que la réglementation communautaire impose à ses Etats membres l'établissement d'un système visant à contrôler les prises accessoires de tous les cétacés³², et les incite, à la lumière des informations recueillies grâce à ce système, à prendre des mesures de conservation supplémentaires afin de s'assurer que les prises accessoires n'auront pas d'impact significatif sur les espèces concernées³³. Elles rappellent également les conclusions de la Réunion interministérielle de Bergen, tenue dans le cadre des Conférences sur la mer du Nord, au cours de laquelle les ministres se sont engagés à prendre les mesures appropriées, dans

²⁸ « [T]o restore and/or maintain biological or management stocks of small cetaceans at the level they would reach when there is the lowest possible anthropogenic influence – a suitable short-term practical sub-objective is to restore/or maintain stocks/populations to 80% or more of the carrying capacity » : ASCOBANS/MOP/2/DOC.4.

²⁹ ASCOBANS : *Resolution on incidental take of small cetaceans*, MOP 2 Bonn 1997 : 10.

³⁰ On estime qu'en mer Celtique, au milieu des années 90, les prises accessoires ont dépassé 6% de la population de marsouins : TREGENZA (N. J. C.), BERROW (S. D.), HAMMOND (P. S.) & LEAPER (R.) : *Harbour porpoises (phocoena phocoena) by catch in set gillnets in the Celtic Sea*, ICES J. Mar. Sc. (54) 1997 : 896-904.

³¹ ASCOBANS : *Resolution on incidental take of small cetaceans*, MOP 2 Bonn 1997 et *Résolution on incidental take of small cetacean*, MOP 3 Bristol 2000.

³² Article 12.4 de la Directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, JOCE L 206 du 22 juillet 1992 (ci-après Directive Habitats).

³³ Préambule de la Résolution 1997 sur les prises accidentelles de petits cétacés d'ASCOBANS : 2.

le cadre du Code de conduite pour une pêche responsable de la FAO, pour minimiser les impacts négatifs de la pêche en mer du Nord.

La bonne volonté des Parties d'ASCOBANS se heurte malheureusement à la compétence communautaire, exclusive en matière de pêcheries³⁴. Pour cette raison, la troisième Conférence

³⁴ L'Union Européenne dispose en effet d'une compétence exclusive en matière de gestion des ressources de pêche des Etats membre dans les eaux situées au delà de leur mer territoriale et en deçà des limites des zones économiques exclusives ou des zones de pêche revendiquées conformément au droit international positif. Elle est également exclusivement compétente pour organiser l'exercice de la pêche par les navires de pêche immatriculés dans l'un de ses Etats membres. D'une manière générale, l'article 235 TUE permet de fonder l'intervention communautaire, en permettant à la Communauté d'intervenir en dehors de ses domaines de compétence lorsque son intervention apparaît nécessaire à la réalisation d'un des objectifs du Traité. L'Union Européenne tire sa compétence à définir les politiques de gestion des ressources halieutiques : des traités de Rome, qui, s'ils ne contiennent pas de dispositions spécifiques relatives à l'établissement d'une politique commune de la gestion et de la conservation des ressources de pêche, intègrent la pêche au domaine agricole, bien qu'il s'agisse d'une activité de cueillette. On considère en effet que le fondement de la compétence communautaire en la matière est issue des article 38 à 47 TUE contenus dans le titre II relatif à l'agriculture. Notamment, l'article 38 TUE énonce que « [p]ar produits agricoles, on entend les produits... de la pêche » ; et du règlement (CEE) 2141/70 du Conseil du 20 octobre 1970 portant établissement d'une politique commune des structures de la pêche, par lequel elle a affirmé sa compétence (JOCE L 236 du 27 octobre 1970). Enfin, la création d'une zone de pêche communautaire par une résolution du Conseil adoptée le 3 novembre 1976 concernant certains aspects externes de la création dans la Communauté, à compter du 1^{er} janvier 1977 d'une zone de pêche s'étendant jusqu'à 200 milles permet à la Communauté de « s'introdui[re] dans le circuit international avec la ferme intention de faire jeu égal avec les Etats reconnus comme tels (RICHARD (B.) : *La Zone Économique Exclusive dans la Communauté Européenne*, Thèse de Doctorat, Nantes, 1991, non pub. : 92). Ces lacunes normatives ont été comblées par l'interprétation dynamique du Traité réalisée par la Commission et acceptée par le Conseil. Cette interprétation a été utilement confortée par la Cour de Justice des Communautés Européennes : dans l'arrêt *Cornélis Kramer* (CJCE, 5 mai 1981, aff. 804/79, *Commission contre Royaume-Uni*, Rec. : 1045), la Cour reconnaît que l'exercice de la pêche dans la limite des zones de pêche nationales relève des objectifs définis par le Traité en matière de politique agricole. Par conséquent, la Communauté est fondée à agir dans ce domaine et sur ce fondement. Pour la Cour, la Communauté est compétente « pour prendre toute mesure tendant à la conservation des ressources biologiques de la mer » (*ibid.*).

des Parties d'ASCOBANS a exprimé le vœu que l'Union Européenne prenne l'initiative de réduire les prises accessoires de cétacés dans la région d'application d'ASCOBANS. L'Union Européenne n'y paraît pas défavorable. Lors du Conseil « pêche » du Conseil européen de Göteborg (Suède), les 15 et 16 juin 2000, les ministres ont reconnu que « [l]es questions (...) des captures accessoires sont des problèmes techniquement complexes qu'il faut résoudre pour pouvoir améliorer la conservation des écosystèmes » et que le « respect intégral » notamment d'ASCOBANS « contribuerait de manière significative à maintenir les captures accessoires de ces espèces sensibles dans des limites acceptables »³⁵. Un certain nombre de règlements communautaires – non applicables à la mer du Nord – visent d'ailleurs à limiter les prises accessoires³⁶. L'article 12-4

Elle dispose enfin de la compétence externe, c'est à dire la compétence de conclure des traités avec des Etats non membres de l'Union Européenne comme la Norvège. La compétence externe de l'Union Européenne résulte de l'article 238 TUE. Ce dernier permet la négociation des accords et la compétence exclusive de la Communauté. Il s'agit d'une compétence d'attribution limitée aux accords prévus par le traité. S'agissant de la pêche, la conclusion d'accords avec les pays tiers résulte de l'article 113-3 qui donne compétence à la Communauté pour conclure des accords concernant la politique commerciale. La Cour de Justice des Communautés Européennes confirmera là encore l'interprétation dynamique de la Commission, estimant que « chaque fois que, pour la mise en œuvre d'une politique commune prévue par le Traité, la Communauté a pris des dispositions instaurant sous quelque forme que ce soit, des règles communautaires, les Etats membres ne sont pas en droit, qu'ils agissent individuellement ou collectivement, de contracter avec les Etats tiers des obligations affectant ces règles » (CJCE, 13 mars 1971, aff. 22/70, *Commission contre Conseil*, AETR, Rec. : 263 s.). Elle ajoute que « [l]'on ne saurait, dès lors, dans la mise en œuvre des dispositions du Traité, séparer le régime des mesures internes à la Communauté de celui des relations extérieures » (ibid.). La Cour de Justice a réaffirmé ultérieurement cette interprétation en déclarant que la compétence externe « résulte non seulement d'une attribution explicite par le Traité, mais peut découler également de manière implicite d'autres dispositions du Traité, de l'acte d'adhésion et d'actes pris, dans le cadre de ces dispositions, par les institutions de la Communauté » (CJCE, 14 juillet 1976, aff. jointes 3, 4 et 6/76, *Kramer*, Rec. : 1279).

³⁵ Conclusions sur l'intégration des exigences environnementales et du développement durable dans la politique de la pêche, *Press Releases* du Conseil Européen, 26 avril 2001, n° 7885/01 : 14.

³⁶ Ces mesures consistent pour l'essentiel en une réglementation de l'utilisation des filets maillants. Citons par exemple le Règlement (CE) 88/98 du Conseil du 18 décembre 1997 *fixant certaines mesures techniques de conservation des ressources halieutiques dans les eaux de la mer Baltique, des Belts et de l'Øresund*, JOCE L 9 du 15 janvier 1998 ; le Règlement (CE) 894/97 du Conseil du 29 avril 1997 *prévoyant certaines mesures techniques de conservation des ressources de pêche*, JOCE L 132

de la directive Habitats oblige les Etats membres de l'Union Européenne à instaurer un système de contrôle des captures et mises à mort accidentelles notamment des cétacés. Plus récemment, la Commission de l'Union Européenne a adopté un projet de règlement visant à limiter les captures accessoires de cétacés³⁷.

Outre l'incitation de ses Etats Parties et, par ricochet, des organisations internationales dont ils sont membres, à la réduction drastique et sans délai des prises accessoires de mammifères marins, ASCOBANS promeut la réduction des nuisances, notamment acoustiques, occasionnées pour leur grande majorité lors d'études sismiques ou d'opérations militaires. La résolution 4 *Disturbance* adoptée lors de la troisième réunion des Parties à l'Accord invite les Etats Parties et les Etats à élaborer des lignes de conduite sur les mesures et procédures concernant par exemple la surveillance sismique afin de minimiser la durée des opérations de surveillance, réduire les niveaux sonores et éviter de débiter des opérations de surveillance lorsque des cétacés se trouvent dans les environs immédiates. Elle invite également les Etats à collaborer avec les autorités militaires afin d'élaborer des codes de conduite nationaux destinés à réduire les nuisances pour les petits cétacés. Les Etats devraient enfin conduire des recherches concernant les impacts des nuisances acoustiques sur les cétacés, qu'il s'agisse de surveillance sismique, d'activités militaires ou même de navigation, notamment concernant les navires à grande vitesse.

Cependant, pour l'essentiel, les résolutions adoptées par ASCOBANS concernent l'incitation des Etats ou du Comité Consultatif³⁸ à conduire des recherches sur les cétacés, et notamment les moins connus d'entre eux, les Lagénorhynques, qu'il s'agisse de leurs modes de vie et de reproduction, de leur

du 23 mai 1997 ; le Règlement (CE) 3071/95 du Conseil, du 22 décembre 1995, *portant dix-neuvième modification du règlement (CEE) n° 3094/86 prévoyant certaines mesures techniques de conservation des ressources de pêche*, JOCE L 329 du 30 décembre 1995. Leur utilisation pour la pêche aux thonidés en Atlantique et en Méditerranée a été interdite par le Règlement (CE) 973/2001 du Conseil du 14 mai 2001 *prévoyant des mesures techniques de conservation pour certains stocks de grands migrateurs*, JOCE L 137 du 19 mai 2001, à la suite d'études scientifiques réalisées en 1992 et 1993 par des observateurs à bord de chalutiers français pratiquant la pêche au thon germon au filet dérivant. Ces études ont enregistré la capture accessoire de 204 dauphins communs et de 573 dauphins bleus et blancs sur 1420 coups de filet.

³⁷ Proposition de Règlement du Conseil établissant des mesures relatives aux captures accidentelles de cétacés dans les pêcheries et modifiant le règlement (CE) n° 88/98, Bruxelles, le 24 juillet 2003, COM (2003) 451 final.

³⁸ ASCOBANS : *Resolution 8 : Activities of the ASCOBANS Advisory Committee 2001-2003*, MOP 3, Bristol 2000.

distribution³⁹ ou des effets des diverses activités humaines sur leur comportement⁴⁰ ou leur santé⁴¹, conformément au plan de gestion des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nord.

Le bilan de fonctionnement des premières années de l'Accord est décevant, bien que l'on puisse relever le fait qu'ASCOBANS ait posé des limites claires aux prises accessoires (pas plus de 1%), contribué à l'information sur les prises accessoires de petits cétacés et ait initié des études et des recherches scientifiques. On peut cependant déplorer qu'aucune mesure ou proposition de mesure concrète n'ait pu voir le jour sous ses auspices. Sans doute peut-on incriminer la faiblesse des moyens de fonctionnement de l'Accord⁴², et sans doute doit-on également incriminer la mainmise communautaire sur tout ce qui relève des pêcheries, limitant gravement toute possibilité de mesure applicable. Mais il convient dès lors de s'interroger sur la nécessité de cet Accord, qui aujourd'hui fonctionne à vide et ne remplit aucune fonction.

Bibliographie

- Hammond, P.S., H. Benke, P. Berggren, D.L. Borchers, S.T. Buckland, A. Collet, M.P. Heide-Jørgensen, S. Heimlich-Boran, A.R. Hiby, M.F. Leopold et N. Øien, 1995, Distribution and abundance of the harbour porpoise and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters, Life 92-2/uk/027, final report, Sea mammals research unit, national environment research council, Cambridge, 240 p.
- Tregenza, N. J. C., S.D. Berrow, P.S. Hammond et R. Leaper, 1997, Harbour porpoises (*phocoena phocoena*) by catch in set gillnets in the Celtic Sea, *ices J. Mar. Sc.*, 54, 896-904.
- ICES, 1998, Report of the working group on the ecosystem effects of fishing activities, *ices c. m.* 1998/acfm/acme : 1.
- NSTF : North Sea Quality Status Report 1993, Oslo and Paris Commission, London, 76.
- OSPAR, 2000 Quality status report 2000. Region II – Greater North Sea, ospar Commission, London, 2000 : 92-93.
- ASCOBANS, 1992, Directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, JOCE L 206 du 22 juillet 1992.
- ASCOBANS, 1994, Résolution to establish the Advisory Committee, mop 1, Stockholm.
- ASCOBANS, 1997, Résolution on incidental take of small cetaceans, mop 2 Bonn.
- ASCOBANS, 1997, Résolution on management and further research needs to address effects of pollutants on cetacean health, MOP 2, Bonn.

- ASCOBANS, 1997, Résolution on further implementation of ASCOBANS, MOP 2, Bonn.
- ASCOBANS, 200, Résolution on incidental take of small cetacean, MOP 3 Bristol.
- ASCOBANS, 2000, Résolution 1 MOP 3, Bristol.
- ASCOBANS, 2000, Résolution 5 : Monitoring, status and populations studies, Bristol.
- ASCOBANS, 2000, Résolution 7 : Further implementation of ASCOBANS, MOP 3, Bristol.
- ASCOBANS, 2000, Résolution 8 : Activities of the ASCOBANS Advisory Committee 2001-2003, MOP 3, Bristol. *monde diplomatique*, p. 71-73.

³⁹ ASCOBANS : *Résolution 5 : Monitoring, status and populations studies*, MOP 3, Bristol 2000.

⁴⁰ ASCOBANS : *Resolution on management and further research needs to address effects of pollutants on cetacean health*, MOP 2, Bonn 1997.

⁴¹ Notamment par le biais d'autopsie des cétacés échoués sur les rivages de la mer du Nord : ASCOBANS : *Resolution on further implementation of ASCOBANS*, MOP 2, Bonn 1997 ; *Resolution 7 : Further implementation of ASCOBANS*, MOP 3, Bristol 2000.

⁴² Y compris financiers. Le budget total de fonctionnement de l'ASCOBANS s'élève, pour 2003, à 191 000 USD dont 148 000 USD pour le personnel : *Resolution 2 : Financial, Budgetary and administrative matters*, MOP 3, Bristol 2000.

LA GOUVERNANCE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES : leçons ouest-africaines

Tarik DAHOU¹, Jean-Yves WEIGEL², Abdelkader Mohamed OULD SALECK³, Alfredo Simao DA SILVA⁴, Moustapha MBAYE⁵, Jean-François NOEL⁶

¹Chercheur associé au Centre d'Etudes Africaines de l'EHESS et à l'IRD, ²Directeur de recherche IRD, chercheur du C3ED, coordonnateur du Projet CONSDEV, ³Maître de conférences à l'Université de Nouakchott, ⁴Directeur de l'Institut de la Biodiversité et des Aires Protégées de Guinée Bissau, ⁵Directeur adjoint des Parcs Nationaux du Sénégal, ⁶Professeur à l'Université d'Angers, chercheur du C3ED. Courriel : tadahou@hotmail.com / Jean-Yves.Weigel@ird.sn

Résumé : Au regard des enjeux des aires marines protégées (AMP) tels qu'exprimés dans les arènes internationales qui placent la gouvernance au centre des débats, les lacunes révélées par la littérature justifiaient un effort de recherche sur un cadre d'analyse adapté aux AMP. La construction de ce cadre s'est appuyée d'une part sur les acquis conceptuels de la gouvernance des activités à risque, d'autre part sur l'application de ces acquis à la gouvernance environnementale, enfin sur la déclinaison de cette gouvernance en terme d'économie politique et de science politique.

Les AMP ouest-africaines sont apparues comme un champ d'application privilégié de ce cadre d'analyse en référence à une certaine exemplarité. L'analyse de leur mode de gouvernance a révélé des contradictions qui renvoient à l'environnement des politiques publiques dont l'analyse a mis en lumière les impasses : le rôle démesuré des groupes de pression internationaux, l'aspect trop sectoriel et technique des mesures d'aménagement des pêches, l'inachèvement de la décentralisation, la fragmentation de l'État et de la société civile. Face à ces impasses s'impose la nécessaire articulation des échelles de pouvoir et de décision ainsi que la requalification du rôle de l'État comme médiateur et arbitre. Les leçons de l'analyse de la gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines permettent de proposer quelques directives pour des modes de gouvernance : un meilleur ciblage des objectifs, une organisation juridique des droits d'accès et des délégations de pouvoirs, un financement spécifique des mesures de gouvernance, une évaluation précise des coûts et des bénéfices

Mots clefs : gouvernance, aires marines protégées, société civile, État, institutions, politique publique, décentralisation, science politique, économie politique, sociologie politique, Afrique de l'Ouest.

Abstract : On looking at the stakes involved in the marine protected areas (MPA), such as they are expressed on the international scene which places governance at the center of the debate, the gaps revealed by a bibliographic review justifies a research effort on an analysis framework of the governance for MPAS. The establishment of this framework is supported on one hand by the conceptual achievements of risk governance, and on the other by the application of these conceptual achievements to environmental governance, and endly by the declension of this governance in terms of political economy and political science.

The West African MPAs have appeared to be a privileged application of this analysis framework, in reference to a certain *exemplarité*. The analysis of their modes of governance has revealed contradictions which refer to the environment of public policy. The analysis of this has highlighted the disproportionate role of international pressure groups, the too sectoral and technical aspect of the fisheries management measures, the incompleteness of decentralization, and the fragmentation of the State and civil society. Faced with these deadlocks, the reinforcement of the connection between the levels of power and decision is essential, as well as the re-qualifying of the role of the State as mediator and arbitrator. The lessons learned from the analysis of the governance of the West African marine protected areas enable the proposition of some directives for the modes of governance, including the better targeting of objectives, the legal organization of the rights of access and the delegation of power, the specific financing of governance measures, and the precise cost and profit assessment.

Key words : governance, marine protected areas, civil society, stakeholders, State, institutions, public policy, decentralization, political science, political economy, political sociology, West Africa.

Introduction

Les groupes de pression environnementaux relayés par des responsables politiques et des écologistes militent intensivement pour la généralisation de la création d'aires marines protégées

(AMP) censées couvrir à terme 20 à 30% de la surface maritime. Ce mouvement général a trouvé son expression dans les recommandations du Sommet Mondial pour le Développement Durable de Johannesburg (2002) relayé par le Congrès sur les Parcs de Durban (2003) avec la recommandation d'établir avant

2012 un système mondial de réseaux d'aires protégées marines et côtières et celle de protéger la diversité biologique marine et les processus écosystémiques en créant des aires protégées marines au-delà de la juridiction nationale. L'expression détaillée de ces recommandations souligne la nécessaire association de tous les « porteurs d'enjeux » (*stakeholders*), y compris les communautés locales, aux différentes étapes (de la conception au partage des avantages) par des processus de participation et met ainsi en lumière la notion de gouvernance délibérative.

Or, une revue de la littérature sur les aires marines protégées a fait apparaître que les considérations sur la gouvernance sont succinctes et centrées sur la notion plus réductrice de gestion participative intégrant une approche institutionnelle simplifiée qui révèle la faiblesse du cadre d'analyse (Weigel et Sarr, 2002). Au regard des enjeux internationaux et locaux, cette lacune et la nécessaire adaptation des acquis conceptuels à la gouvernance des aires marines protégées justifiaient un effort de recherche sur le cadre d'analyse général. Pour ce faire une revue des travaux relatifs à la gouvernance des activités à risque met en exergue des paradigmes et des processus adaptés pour traiter de la gouvernance environnementale et plus particulièrement de celle des espaces littoraux protégés. L'application de ce cadre d'analyse aux aires marines protégées a permis de mettre en exergue les impasses et les nécessaires reconfigurations en vue de proposer des directives pour les modes de gouvernance délibérative de ces espaces protégés.

Les aires marines protégées ouest-africaines sont apparues comme un champ d'application privilégié de ce cadre d'analyse en référence à leur exemplarité de par leur complexité institutionnelle et sociale d'une part, de la difficulté à concilier conservation d'une biodiversité abondante (mais menacée) et développement socio-économique d'une population croissante d'autre part. Leur importance géographique militait également pour ce choix puisqu'elles représentent pas moins de quatorze parcs et deux réserves de biosphère qui couvrent deux millions sept cent mille hectares (terrestres et marins) et abritent 170 000 habitants. Au sein de ce *patchwork* ont été étudiées plus particulièrement les trois plus importantes en terme de superficie: le Parc National du Banc d'Arguin en Mauritanie, la Réserve de Biosphère de l'Archipel Bolama Bijagos en Guinée Bissau, la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum au Sénégal.

Le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) se situe entre les parallèles 19°21 et 20°50 nord, entre le méridien 16°45 ouest et une ligne éloignée de 20 à 50 kilomètres du littoral. Il couvre une superficie marine et terrestre de 1 170 000 hectares et subit un climat de type saharien. Créé en 1976, il est classé site du Patrimoine mondial et site de la Convention dite de Ramsar sur les zones humides. Il abrite une population de 1 400 personnes installées dans neuf villages connue sous le nom d'Imraguens qui sont pour la plupart inscrits dans un faisceau de relations tribales et clientélistes dont les hiérarques résident le plus souvent à l'extérieur du Parc. Depuis la fin des années 1980, les stocks de sélaciens subissent un effort de pêche trop important due à

l'intense fréquentation du Parc par des saisonniers et le développement de nouveaux types de pêche malgré une certaine réglementation de la capacité de pêche dont la plus médiatisée est l'interdiction de la motorisation.

La Réserve de Biosphère de l'Archipel Bolama Bijagos (RBABB) représente une superficie marine et terrestre de 1 046 950 hectares et se situe entre les parallèles 11° et 12° nord, les méridiens 15°30 et 16°30 ouest (figure 1). Elle est constituée de 88 îles dont 21 habitées et d'une petite partie continentale. Son climat est de type guinéen avec de fortes précipitations pendant une longue saison des pluies qui s'étage de début juin à fin octobre. Créée en 1996, elle est classée site Ramsar et englobe deux parcs nationaux. Elle abrite une population de plus de 35 000 personnes répartie dans 189 villages, population connue pour son exploitation relativement raisonnée des ressources terrestres et aquatiques grâce à la survivance et à l'adaptation de modes de régulation traditionnelle de l'accès aux ressources renouvelables. Cependant l'absence de contrôle sur les espaces marins de la Réserve, aussi bien de la part des autorités traditionnelles que de celle de l'État, permet une colonisation permanente ou saisonnière de ceux-ci par des pêcheurs étrangers qui mettent en danger la biodiversité locale.

La Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS) couvre une superficie de 230 000 hectares et se situe entre les parallèles 13°35 et 14°15 nord, les méridiens 16°03 et 16°50 ouest (figure 1). Son climat est de type sahélien au nord et sahélo-guinéen au sud. Créée en 1981, elle est également classée site Ramsar et englobe un parc national érigé en 1976. Elle est la plus peuplée des aires protégées avec 110 000 personnes inégalement réparties dans 114 villages entre une zone insulaire, une zone péninsulaire et une zone continentale. Elle subit une pression démographique sous l'effet d'une forte croissance de la population autochtone et d'une immigration saisonnière importante. Dans ces conditions, la régulation de l'accès est difficile, d'autant plus que les exploitants des ressources naturelles s'appuient sur la multiplication des réglementations et le feuilletage institutionnel qui caractérisent l'environnement législatif et réglementaire.

Les investigations nécessaires à l'élaboration du cadre d'analyse de la gouvernance, à la vérification de sa pertinence pour analyser les trois aires et à la formulation de recommandations ont été menées dans le cadre d'un programme de recherche européen, le Projet CONSDEV¹. Elles ont pris trois formes.

¹ Projet INCO CONSDEV de la Commission Européenne : *Cohérence des politiques de conservation et de développement des Aires Protégées Côtières et Marines d'Afrique de l'Ouest*. Référence du Projet CONSDEV : European Commission, Research Directorate-General, Project CONSDEV:ICA4-CT-2001-10043. www.resed.org/consdev

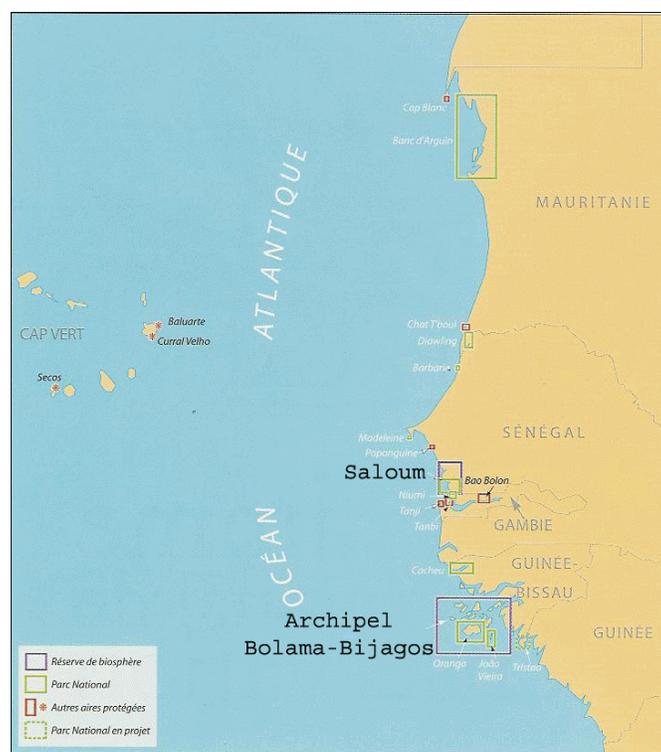


Figure 1. le système d'aires protégées en Afrique de l'Ouest

En premier lieu des monographies villageoises nécessitant des séjours relativement longs dans une quarantaine de villages, et ciblant les aspects socio-économiques des modes de production et de commercialisation des ressources renouvelables ainsi que les aspects socio-anthropologiques et géographiques des modes d'accès et de régulation de l'accès.

En deuxième lieu une soixantaine d'entrevues auprès des responsables et exécutants administratifs ou traditionnels relatives au cadre législatif et réglementaire, à l'applicabilité des normes internationales, à la sphère institutionnelle, au contenu et à la mise en œuvre des politiques publiques.

En troisième lieu une enquête par échantillonnage à passage unique auprès de chefs de village, de chefs de foyers et utilisateurs de ressources renouvelables qui ont nécessité plus de 1600 enquêtes sur les dynamiques d'exploitation et de valorisation, la régulation de l'accès, les politiques publiques relatives à ces aires (Morand et al., 2002).

Un cadre d'analyse de la gouvernance des aires marines protégées

La conception de la gouvernance délibérative qui s'impose dans les conventions internationales ne correspond pas forcément aux différentes situations sociales et institutionnelles caractérisant les espaces littoraux protégés. En effet, son caractère très général suscite une réappropriation tantôt autoritaire par les États

soucieux de conserver un contrôle politique et économique sur l'exploitation des ressources naturelles, tantôt « autochtoniste » par les sociétés locales dans l'objectif d'étendre leur contrôle territorial aux dépens d'autres groupes. Cette situation tend à créer des tensions permanentes entre modes de coordination verticaux et horizontaux.

L'élaboration de modes de gouvernance délibérative appropriés aux aires marines protégées passe par la construction d'un cadre d'analyse adéquat susceptible de s'appuyer d'une part sur les acquis conceptuels de la gouvernance des activités à risque qui mettent en exergue deux paradigmes, d'autre part sur l'application de ces acquis à la gouvernance environnementale, enfin sur la caractérisation de cette gouvernance en terme d'économie politique et de science politique.

La mise en exergue des deux paradigmes de la gouvernance et leur nécessaire complémentarité

Une réflexion portant spécifiquement sur la gouvernance des activités à risque initiée par la Commission Européenne dans le cadre du quatrième Programme Cadre de Recherche et de Développement Technologique à la fin des années 1990¹ a permis de notables progrès conceptuels (étayés par l'analyse de nombreuses études de cas), qui ont consisté pour l'essentiel à opérer une distinction entre deux modèles de gouvernance : l'un

¹ Le Programme TRUSTNET qui s'est déroulé de 1997 à 1999.

est caractérisé par le paradigme "d'autorité" et l'autre par le paradigme de "confiance mutuelle". Pour les participants à ce programme, chaque modèle est caractérisé par une "règle du jeu" implicite qui lui est particulière. Les autorités publiques, les experts et les "porteurs d'enjeux" y exercent un rôle différent. De même chaque modèle est défini par des types de réglementation, des formes de confiance sociale et des valeurs éthiques qui lui sont spécifiques.

Le premier paradigme, la traditionnelle gouvernance d'autorité, met l'accent sur le rôle central des autorités publiques dans le processus d'évaluation et de gestion des risques. Dépositaires de l'intérêt général, les autorités publiques élaborent de façon centralisée des réglementations prescriptives spécifiques pour chaque type de risque dans chaque contexte et demandent aux experts de leur fournir des solutions optimales dont la légitimité repose sur le savoir scientifique.

Le second paradigme dit de "confiance mutuelle" met en avant le rôle des porteurs d'enjeux dans la définition et la gestion du bien commun. Ceux-ci participent de façon aussi large que possible à des processus de décision décentralisés, préalablement définis par les autorités publiques mais dotés d'une dimension procédurale, où le savoir scientifique auquel a accès l'ensemble des acteurs n'est plus présenté comme le principal facteur de décision.

Pour les participants au programme précité, la complémentarité des deux approches s'impose au détriment d'une quelconque supériorité du paradigme de la "confiance mutuelle". L'approche "autoritaire" est efficace dans les contextes où le processus de décision n'est pas complexe, alors que celle en termes de "confiance mutuelle" est nécessaire pour tout contexte marqué par l'incertitude et la complexité. Enfin les études de cas dans le domaine des risques montrent que les deux formes de gouvernance sont souvent enchevêtrées.

Géraldine Froger (2001) a repris cette distinction établie dans le domaine des risques et l'a appliquée à la gouvernance environnementale. Elle insiste sur la succession chronologique des deux paradigmes, les évolutions des politiques d'environnement dans les contextes contemporains ayant montré l'incapacité du modèle de la gouvernance d'autorité à réguler de façon correcte l'accès aux ressources naturelles. C'est dans cet univers où les décisions publiques n'ont plus force de loi, étant donné l'incertitude qui caractérise les mondes contemporains (Giddens, 1996), que de nouveaux modèles de décision collective s'imposent pour guider l'action publique. La nécessité d'agir dans un temps plus rapide que celui de la recherche, nécessité parfaitement incarnée par le principe de précaution (Godard, 1998), conduit également à accorder une attention plus soutenue à des modèles de gouvernance alternatifs dans lesquels les rapports entre les différents groupes sociaux ne sont plus hiérarchisés mais basés sur une plus grande coordination horizontale afin de faire face plus rapidement et plus efficacement aux risques écologiques.

Selon Froger, le paradigme d'autorité, accordant un poids considérable à la décision publique, se justifiait dans le contexte historique de l'État providence, où ce dernier apparaissait comme le seul garant de l'intérêt général, et le seul capable de mobiliser l'expertise scientifique. En effet, l'expertise scientifique revêt une place centrale dans l'exercice de l'autorité publique, et les porteurs d'enjeux sont relégués à un rôle de groupe de pression sur les autorités qui vise à influencer les processus d'évaluation, de décision et de contrôle des enjeux environnementaux. Dans ce contexte, on attend des scientifiques qu'ils formulent une expertise qui lève les incertitudes et apaise les controverses pour faciliter la décision publique. On se trouve en quelque sorte dans un modèle itératif où la politique publique agit par à-coups, en formulant une décision, après laquelle les mesures d'impact, permises par l'expertise scientifique, viennent réajuster les politiques publiques. Il est évident que dans de tels processus les citoyens ne peuvent faire pression sur les autorités que de manière rétroactive et indirecte, l'État étant effectivement le seul habilité à formuler les arbitrages entre court terme et long terme, ce qui tend à éroder la confiance dans ses décisions.

C'est lorsque cette confiance s'érode de manière durable que tend à s'imposer le paradigme de la confiance mutuelle qui correspond à un modèle plus "horizontal" d'autorité impliquant la coordination de divers porteurs d'enjeux. L'État tend à impliquer davantage de porteurs d'enjeux dans la prise de décision publique, dont il n'a plus le monopole absolu. Dans ce modèle de définition de la politique publique, les porteurs d'enjeux participent à des processus de décision décentralisés (l'expertise scientifique doit alors se situer à distance aussi bien de l'État que des porteurs d'enjeux), et les arbitrages s'effectuent à différents niveaux de concertation. Dans ce dernier modèle, la décision n'appartient plus aux seuls pouvoirs publics à qui il revient en fin de compte de concevoir les orientations de la politique publique en fonction des arguments présentés, ce qui rend possible une décision complexe en créant un contexte de confiance sociale entre les porteurs d'enjeux. On est engagé dans des processus de décision plus procéduraux qu'itératifs pour mieux appréhender la complexité des phénomènes environnementaux et permettre à l'ensemble des acteurs sociaux de définir le risque écologique acceptable.

Un mode de gouvernance décliné en terme d'économie politique et de science politique appliqué aux aires marines protégées

La gouvernance, construite autour de ces deux paradigmes, peut être caractérisée en termes d'économie politique de manière à se rapprocher d'un modèle où la coordination entre les acteurs sociaux, les acteurs étatiques et les démembrés de l'État, constitue le champ même de l'investigation. Cette analyse n'est ainsi pas exclusivement guidée par les concepts économiques (prise en compte des coûts de transaction dans cette coordination, théorie de l'agence...). Dans cette approche d'économie politique, la science politique tient sa place en tant que telle en

problématisant les enjeux de ce type de gouvernance, sans chercher à leur trouver des réponses strictement économiques en aval d'une analyse du contexte politique, qui, en dernière analyse, détermine largement la manière dont se posent les problèmes de coordination.

Dans une telle approche, les objectifs du développement durable ne peuvent être atteints que par des actions concertées entre des porteurs d'enjeux de différents niveaux d'intérêts et de responsabilité, les normes de développement durable faisant ainsi l'objet d'un processus de légitimité sociale. Les enjeux environnementaux nécessitent la mise en œuvre d'un processus continu de négociation entre de multiples porteurs d'enjeux en interaction et situés à différents niveaux de la société. C'est la dimension procédurale des processus collectifs d'identification des problèmes environnementaux et de prise de décision qui est affirmée dans un tel schéma théorique. Or, pour rendre effectives des procédures de négociation et de coordination entre porteurs d'enjeux de différents niveaux, il est indispensable que l'État assume son rôle régulateur. En outre, la confiance mutuelle entre acteurs non étatiques n'est pas une donnée de fait ; elle suppose que l'État puisse être le garant des arbitrages qui s'opèrent entre les différents porteurs d'enjeux. Pour s'attaquer aux défis du développement durable, il est donc nécessaire de trouver des formes d'articulation entre un modèle vertical et un modèle horizontal d'autorité. Les politiques de développement durable ne peuvent être efficaces qu'en combinant ces deux paradigmes d'une manière adaptée au contexte d'exercice de la gouvernance environnementale.

Cette grille d'analyse qui combine approche verticale et horizontale, avec pour objectif de concrétiser l'articulation entre échelles de gouvernement² et de décision, paraît très pertinente pour analyser la gouvernance dans les aires marines protégées d'Afrique de l'Ouest. Elle offre en effet des opportunités intéressantes de traitement des contradictions inhérentes à la mise en œuvre d'une régulation de l'exploitation des ressources renouvelables à partir d'un modèle administré et d'un modèle plus décentralisé de gestion des aires marines protégées. On peut effectivement constater que dans les trois aires étudiées les modèles de gestion oscillent à des degrés variables entre ces deux pôles. Même si un « modèle participatif », particulièrement en vogue dans les organisations internationales s'occupant de développement, s'impose en tant que rhétorique générale, les aires marines protégées n'en sont pas moins caractérisées par cette dualité qui mène parfois à des incohérences, mais qui est aussi susceptible de mener à une gestion plus équilibrée des ressources collectives.

² Dans son sens le plus large, la notion de gouvernement englobe les actions de distribution de l'autorité et de définition des modalités de décision en vue d'atteindre un but fixé collectivement. Il concerne donc aussi bien le gouvernement d'une nation que le gouvernement d'une collectivité territoriale.

En effet, on constate souvent l'absence d'une autorité régulatrice chargée de promouvoir la cohérence dans la gestion et d'arbitrer les conflits qui apparaissent dans l'exploitation des ressources renouvelables. Le paradigme de l'autorité semble ainsi parfois être négligé, voire laminé, par les modes d'intervention des groupes de pression internationaux. En outre, on observe une réticence des institutions nationales à déléguer pleinement leurs compétences en matière de gestion des ressources naturelles aux institutions et acteurs locaux. Effectivement, le paradigme de la confiance mutuelle ne peut s'affirmer qu'à partir d'une remise en cause suffisante des pouvoirs de l'administration en matière de prise de décision et de gouvernement concernant le type d'espace que représentent les aires marines protégées. Une telle situation devrait conduire indubitablement à la difficile maturation et à la progression des mesures de gouvernance adaptées à ces aires.

Un retour sur les problèmes de gouvernance dans les diverses aires marines protégées analysés à partir des études de terrain effectuées sur les dynamiques d'exploitation et de valorisation des ressources naturelles renouvelables, des modes d'accès et de régulation de l'accès, des politiques publiques au niveau de chaque aire, permettra de mieux restituer les tensions récurrentes entre modèle vertical et modèle horizontal.

L'analyse de la gouvernance des aires marines protégées : trois cas d'étude ouest-africains

Le cadre d'analyse adopté doit permettre de rendre compte de manière appropriée des problèmes de gouvernance rencontrés dans les espaces protégés sur le littoral ouest-africain. Il peut s'appliquer à une diversité de situation en conservant sa dimension heuristique : nous avons ainsi analysé les modes de gouvernance dans trois aires marines protégées ce qui permet de saisir les déclinaisons locales de la gouvernance formulée par les conventions internationales. Cette démarche comparative conduit à analyser une large gamme de problèmes en partant de trois aires différentes, tant au plan de leur poids démographique, de leur contexte social, que de leur environnement institutionnel. La comparaison entre ces trois aires est par ailleurs très féconde dès lors qu'il s'agit de dégager les problèmes de gouvernance généraux qui se posent aux aires marines protégées ouest-africaines.

La prédominance du paradigme d'autorité : le PNBA (Mauritanie)

Dans le cadre du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA), des réunions de concertation relatives à un aménagement des pêches en vue d'une exploitation durable ont lieu annuellement entre des représentants des pêcheurs et l'administration du Parc. Il ne s'agit pas tant de définir des droits d'accès, dont la régulation demeure du ressort de l'organisation tribale ou pour le moins est inféodé au critère identitaire qu'est celui de population résidente, mais plutôt d'établir des restrictions sur les types d'équipement afin de

limiter l'effort de pêche. Cette modalité d'aménagement des pêches dans le cadre de cette aire marine protégée permet d'atténuer la pression des intérêts situés en dehors du Parc. Cette négociation peut ainsi réaliser des arbitrages entre les différents intérêts en compétition, même si les hiérarchies tribales semblent l'emporter dans la capacité d'influencer les prises de décision. Cependant l'État via l'administration du PNBA n'est pas absent. C'est bien à lui que revient, en dernier ressort, la décision finale, surtout lorsque la conciliation tribale est dans l'impasse.

La fonction de contrôle est exclusivement menée par des agents du Parc ou de l'État (Délégation de la Surveillance et de la Protection des Côtes Mauritanienes), les organisations sociales n'ayant aucune compétence, ni légale, ni tolérée, dans ce domaine. Aucune association d'usagers des ressources renouvelables du Parc ni comité villageois ne semblent en voie de formation. Seules des coopératives ont été créées, lesquelles sont essentiellement des organisations récipiendaires de l'aide internationale, qui véhiculent de manière systématique un modèle communautaire. Les coopératives sont en définitive contrôlées indirectement à travers l'emprise du pouvoir tributaire, même si la tutelle des bailleurs qui les financent perturbe un peu ces réseaux de pouvoir.

La faible représentation des groupes dépendants dans le système tributaire, lesquels sont les exploitants directs des ressources naturelles, est encore accentuée par la faible représentativité des élus de la collectivité locale, et par la faible association de la mairie de Mamghar aux institutions déconcentrées chargées de la représentation du PNBA. On retrouve ici aussi un problème d'articulation entre les processus de décentralisation et de déconcentration. Néanmoins, dans ce cas précis, cela est principalement dû à l'absence de délégation de compétences en matière de gestion des ressources naturelles et aux faibles moyens dont disposent aujourd'hui les collectivités locales dans l'exercice de leurs fonctions.

Le processus de décentralisation en Mauritanie, en est encore à ses débuts, puisqu'une loi sur la régionalisation est actuellement en cours d'élaboration, les communes ne disposant pour l'instant que de pouvoirs particulièrement modestes en matière de régulation de l'exploitation des ressources naturelles. A l'heure actuelle, elles sont seulement censées participer au processus de développement local, mais elles ne peuvent s'y engager qu'avec des moyens légaux et financiers présentement quasiment inexistantes. Au delà de la rhétorique participative, laquelle émaille les conventions internationales et caractérise les interventions des bailleurs dans le Parc, le processus de décentralisation dans la mise en œuvre d'une gouvernance adaptée aux aires marines protégées bute aujourd'hui sur des contraintes institutionnelles majeures.

On peut se poser la question de savoir si ce fossé institutionnel entre les populations et l'État central ne renforce pas une représentation communautaire des populations de l'aire protégée,

et une représentation sous forme de groupe de pression vis-à-vis de l'État. L'État central opère en partie sa régulation en se déchargeant de certaines de ses fonctions de contrôle sur les hiérarchies historiques de la zone. Cette représentation tronquée tend à marginaliser beaucoup d'acteurs, qui ne sont visibles ni dans l'organisation tributaire, ni dans les modes de représentation auxquels donnent naissance les groupes de pression internationaux. Ainsi les méthodes participatives promues par les bailleurs n'ont pas donné naissance à un mouvement associatif dans le Parc. Cette faiblesse de la visibilité des populations résidentes peut contribuer à terme à renforcer la pression exercée sur les ressources par les acteurs situés à la périphérie du Parc, notamment ceux de la pêche artisanale qui revendiquent de pouvoir pêcher dans les eaux du Parc, dans la mesure où aucune mobilisation ne vient s'opposer à ces velléités de prédation.

La production de normes de gestion émane des autorités du Parc qui relaient les ONG internationales concernées et dans une moindre mesure des autorités centrales ou de leurs services déconcentrés (Direction de l'Aménagement des Pêches, Délégation de la Surveillance et de la Protection des Côtes Mauritanienes, Direction de l'Environnement). Il existe une relative unicité de la production de normes, même si des concurrences se développent entre les ministères sur la gestion du Parc. Il apparaît que la régulation de l'accès aux ressources naturelles est beaucoup plus administrée par l'État, via le PNBA, que concédée avec des mécanismes de contrôle sur une telle délégation. Cela se traduit d'ailleurs par le fait que les activités de police relèvent des seules autorités de l'État ; même si les différents démembrements de l'État sont impliqués dans les fonctions de contrôle des activités dans le Parc, on peut là aussi relever un manque de coordination entre ces différentes entités, notamment entre les services du Ministère de la Pêche et ceux de l'Environnement.

C'est sans doute cette unicité de production de normes, conjuguée à des mécanismes de délibération instrumentalisés par les hiérarchies tribales, qui est à l'origine d'un rapport ambigu entre populations du Parc et État mauritanien. Cette situation tend d'une certaine manière à renforcer une représentation clientélaire des populations du Parc, et ainsi à placer au centre des décisions les hiérarchies tribales, dont l'influence en fait les premiers bénéficiaires des interventions extérieures. Malgré leurs attentes divergentes, toutes les parties coopèrent dans le cadre des projets initiés au sein du PNBA. Le contexte contemporain est marqué par une recomposition des modes de territorialité tributaire, même si ces interventions extérieures créent parfois des opportunités d'émancipation pour les catégories tribales, en particulier avec la création de nouveaux établissements humains. Cependant, si l'autorité s'exprime par la forte présence de l'État à tous les paliers de la gouvernance, elle émane également des partenaires extérieurs qui profitent de l'insuffisance des moyens de l'État pour accentuer la dépendance des populations à leur égard

La prégnance du paradigme de la confiance mutuelle : la RBABB (Guinée-Bissau)

Dans la Réserve de Biosphère de l'Archipel Bolama-Bijagos, la régulation de l'accès aux ressources demeure très largement basée sur un modèle communautaire, étant donné que ce sont principalement les institutions sociales autochtones de la RBABB qui sont chargées de la gestion des ressources renouvelables ; ces dernières fonctionnent sur le principe de la séniorité, en accordant un poids déterminant aux conseils des anciens et aux classes d'âge dans les décisions concernant l'exploitation des ressources. Cette régulation coutumière est d'ailleurs encouragée par les dispositifs normatifs publics, dans la mesure où une loi foncière reconnaît et entérine l'ensemble des droits coutumiers : la loi protège ainsi les droits d'usage existants en leur donnant un statut perpétuel et en les rendant transmissibles gratuitement ou par succession. On constate en revanche l'absence quasi-complète de régulation étatique dans l'Archipel : les administrations déconcentrées apparaissent largement absentes des territoires insulaires et des zones maritimes.

Il s'agit en quelque sorte d'une reconnaissance des régulations de l'accès communautaires, étant donné la faiblesse de l'État bissau guinéen. En effet, si un dispositif de déconcentration a vu le jour en Guinée Bissau, l'administration des citoyens reste assez lâche sur l'ensemble du territoire guinéen et l'encadrement des populations répond davantage à une logique populiste de participation des populations locales à la vie publique héritée de la période de l'Indépendance. On est donc bien confronté au principe de dévolution aux populations locales des droits d'accès aux territoires et aux ressources, mais sans qu'aucune autorité supérieure n'en garantisse le caractère public. Ceci est d'autant plus dommageable que, en l'absence de loi de décentralisation, les collectivités représentant les populations ne sont pas élues et ne sont pas sous la tutelle de l'État. Ce processus est d'ailleurs accentué par les nombreuses interventions des ONG nationales et internationales, lesquelles sont très engagées dans les processus de planification et de gestion des ressources renouvelables dans le cadre de la RBABB et financent directement certaines communautés de l'Archipel.

Cette prédominance des régulations communautaires sur le territoire et sur les ressources est assez ambiguë dans le cas de la pêche, dans la mesure où ces dernières ne parviennent pas à contrôler de manière efficiente l'ensemble des modes d'exploitation. Un phénomène de coexistence d'une pêche autochtone et allochtone peut être observé dans le cas des Bijagos : ces deux formes d'exploitation des ressources s'avèrent tantôt imbriquées et tantôt séparées, selon les lieux d'exploitation. Ce contexte tend à aviver les tensions, surtout lorsque l'État n'est pas présent pour faire appliquer le droit et garantir les installations permises par la loi ou remettre en cause les installations illicites. Il en est ainsi de certains campements de pêche qui conduisent à une proto-urbanisation menaçante pour l'environnement au sein de la réserve. Et lorsque ces tensions ne

sont pas vives, notamment dans le cas d'une pêche off shore qui se déploie en l'absence de toute forme de contrôle communautaire à partir du Sénégal, la faiblesse des moyens de l'État conduit à une absence totale de régulation et à l'essor d'une pêche prédatrice.

On peut dès lors questionner l'intérêt de la gestion communautaire lorsque cette dernière ne dispose pas d'assez de moyens pour exercer son activité de contrôle sur le territoire maritime, et qu'en même temps elle est promue comme un principe incontournable par les groupes de pression internationaux et leurs relais locaux. En vertu de la loi, il appartient toutefois aux communautés de demander l'intervention de la force publique pour faire accepter certains principes de gestion propres à la Réserve. Il serait ainsi stratégiquement important, dans le cas de la régulation de la ressource halieutique, de mieux articuler les deux niveaux de pouvoir en termes normatifs. Il est décisif, étant donné les modes d'exploitation identifiés en Guinée Bissau, que soient conjointement élaborées avec l'État et les populations des normes de gestion et de contrôle de la ressource halieutique. Ceci peut devenir effectif au moyen d'une meilleure coopération, laquelle pourrait être appuyée par les groupes de pression internationaux qui disposent des moyens pour générer des dispositifs permettant de mieux intégrer les modes de gouvernance basés sur l'autorité et sur la confiance mutuelle.

La difficile articulation de l'autorité et de la confiance mutuelle : la RBDS (Sénégal)

La gestion des ressources naturelles dans la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS) se caractérise par une multiplicité d'instances de normes et de réglementations qui tend à annihiler tout pouvoir de régulation sur l'accès aux ressources naturelles renouvelables.

En ce qui concerne la régulation de l'accès aux ressources renouvelables dans la RBDS, les institutions chargées de définir et de contrôler l'accès sont nombreuses et ont découlé au cours des dernières années principalement de la double intervention de l'État et de l'UICN (Union Mondiale pour la Nature). L'État agit à partir de règlements normatifs par l'intermédiaire de ses corps et services déconcentrés, tandis que l'UICN agit directement avec les représentants des populations au niveau local, qu'il s'agisse de leurs représentants communautaires ou des élus. L'État et l'UICN interviennent dans la régulation des ressources renouvelables en s'appuyant sur des instances de production de normes et sur des organisations de police différentes, dans un contexte marqué par une coordination relativement faible.

La multiplicité des organes chargés des tâches de police (Direction des Parcs nationaux ou DPN, Direction des Eaux et Forêts de la Chasse et de la Conservation des Sols ou DEFCCS, Direction de la Pêche Maritime ou DPM, collectivités locales) conduit à une confusion des rôles de production de normes et de

police. Une telle confusion aboutit à la remise en question de la légitimité des deux sources principales de production de normes et à des conflits de normes récurrents.

Jusqu'à aujourd'hui, la prédilection de ces groupes de pression à encourager l'organisation des populations de la Réserve pour pousser l'État à prendre certaines mesures de régulation, telle que la mise en repos biologique de certains *bolongs* (chenaux naturels entre la mangrove), a des effets induits sur les rapports entre autochtones et allochtones. Cette approche, que certains qualifient de lobbyiste, tend à renforcer le clivage entre autochtones et allochtones, alors que les tensions sur l'appropriation des espaces et des ressources sont déjà nombreuses. Cette tendance à vouloir contourner la régulation étatique risque de porter atteinte à l'objectif de promotion d'une gestion à caractère public des ressources renouvelables dans le cadre de cette aire protégée.

Néanmoins, l'inachèvement du processus de décentralisation et de déconcentration qui s'exprime notamment par la faible réallocation des ressources fiscales du niveau central vers le niveau local, participe des difficultés constatées dans la gestion de l'aire marine protégée. Une des difficultés majeures est le faible rapprochement entre collectivités locales et autorités déconcentrées, aussi bien dans le domaine de la régulation de l'accès aux territoires et ressources halieutiques que dans celui de l'accès aux territoires et ressources forestières. Dans ce dernier cas, la fragmentation de l'État en deux corps parfois concurrents (DPN, DEFCCS), se partageant les secteurs d'intervention au sein de la RBDS, n'est pas faite pour faciliter une telle coordination ; le deuxième problème de coordination se posant au sein des collectivités locales. Il est à noter que les fonds des projets environnementaux, destinés à aller directement aux populations, ne contribuent guère à l'atténuation de tels problèmes de coordination.

Dans le cas du Sénégal, la multiplicité des acteurs intervenants dans cette aire protégée semble plaider pour une prédominance du paradigme de la confiance mutuelle sur celui du paradigme de l'autorité. Ce dernier paradigme apparaît délaissé au point qu'on ne voit pas comment une règle de gestion cohérente des ressources pourrait s'imposer. La coordination entre les différents acteurs institutionnels en lice est si faible qu'elle suscite une concurrence permanente sur la production de normes, laquelle affaiblit considérablement leur légitimité. Tant que la puissance publique ne viendra pas faciliter et valider la production de normes collectives, il y a peu de chance de voir s'affirmer une gouvernance délibérative et de retrouver une efficacité de la préservation des ressources naturelles (on constate cela à différents niveaux, notamment à propos des restrictions afférentes à l'exploitation des produits halieutiques, mais aussi à l'exploitation du bois de mangrove). L'inefficacité de la concertation collective rend improbable la naissance d'un contrôle collectif sur l'exploitation des ressources renouvelables,

objectif qui n'est pas facilité par l'inefficacité des recours pour arbitrer les conflits d'accès aux espaces et aux ressources.

Dans le cas de la RBDS, la difficulté d'établir une limite au « système de régulation » aussi bien spatialement qu'en matière de nombre de porteurs d'enjeux concernés (l'idée d'un système de régulation se justifie dans une conception pluricentrique du pouvoir de contrôle sur les groupes sociaux qui exploitent les ressources naturelles) rend difficile toute application des principes de gouvernance. Qui doit définir les normes environnementales et sociales pour assurer la durabilité de ces aires ? Qui est habilité à en assurer la police ? La migration se pose comme un point d'achoppement à la définition d'une clôture du système. La concession territoriale, qui émane du modèle des droits d'usage territoriaux en matière de pêche (TURF) et qui repose sur le principe qu'à une communauté correspond un territoire d'exploitation, pourrait être assimilée à la définition d'une limite. Or celle-ci bute sur la réalité de la déterritorialisation de l'activité dans et autour de la RBDS qui est concrétisée par une immigration intense et une forte émigration dans et en dehors de cette aire protégée, y compris vers des territoires lointains. Le phénomène migratoire rend difficile une régulation de la pêche par exemple à partir des seuls comités de plage, lesquels sont organisés sur une base villageoise sans moyens de contrôle sur un vaste « territoire de parcours ».

Leçons de l'analyse de la gouvernance : la nécessaire reconfiguration de la politique publique

Afin de proposer quelques directives pour des modes de gouvernance d'aires marines protégées, il est évidemment nécessaire de tirer les leçons de l'analyse de la gouvernance des espaces littoraux et côtiers ouest-africains pris en considération. D'une manière générale, les modes de gouvernance, même s'ils doivent être spécifiques aux aires marines protégées concernées étant donné la particularité des enjeux du développement durable dans ces espaces, ne peuvent être déployés sans tenir compte de l'environnement des politiques publiques dont l'analyse doit mettre en lumière les réformes indispensables.

Ainsi dans un premier temps, cette analyse révèle les impasses actuelles des modes de gouvernance des trois aires qui renvoient au rôle des groupes de pression internationaux, aux formulations en termes d'aménagement des pêches, au processus de décentralisation et de fragmentation tant de l'État que de la société civile. Dans un deuxième temps, la question de l'articulation des échelles de pouvoir et de décision aussi bien que celle du rôle de l'État comme médiateur et arbitre sont posées.

Les impasses actuelles des modes de gouvernance

Le rôle démesuré des groupes de pression internationaux

La logique qui guide les activités de développement des groupes de pression internationaux suscitent plus fréquemment des « arènes civiles » que des « arènes publiques » (Leclerc-Olive 2004). L'auteur désigne par le terme d'« arènes civiles » les instances de délibération dont l'objectif est la promotion d'un intérêt particulier d'un groupe qui recourt aux pratiques de lobbying. Ces groupes de pression internationaux encouragent souvent la représentation de groupes particuliers au lieu de renforcer une allocation des ressources à caractère public. En matière environnementale et plus précisément de gestion des aires marines protégées, cette logique est également mise en oeuvre par les groupes de pression internationaux, tels que les ONG internationales (UICN, WWF, Wetlands International etc...) ou les institutions internationales (Banque Mondiale, PNUE etc...) à travers les programmes qu'ils financent.

L'analyse des modes de gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines a révélé le rôle démesuré des groupes de pression dans les dispositifs de gestion, ce qui empêche souvent l'essor d'une gestion à caractère public (et non pas administré) sur de tels espaces. Ces derniers se constituent effectivement comme un troisième pôle de pouvoir, ce qui ne renforce pas le pôle étatique. Ils essaient de limiter le poids de la gouvernance basée sur le paradigme de l'autorité en employant toutes leurs ressources à organiser les populations locales. Si ce dernier objectif est stratégique, étant donné les trajectoires de l'État post-colonial en Afrique de l'Ouest, l'affaiblissement du pôle étatique est également dommageable.

Ce n'est sans doute que par une combinaison des paradigmes de l'autorité et de la confiance mutuelle qu'il est possible d'atteindre une gestion à caractère public dans la transparence et l'équité de la délibération sur les normes et la gestion des aires marines protégées. Les actions des groupes de pression ont en effet tendance à éroder le pouvoir de régulation de l'État, et notamment sa fonction arbitrale, de même qu'en renforçant les instances communautaires ils sont peu soucieux d'équilibrer les rapports de force au sein des communautés ou entre les communautés. Il en découle un déficit de régulation des conflits d'accès aux ressources et des incohérences de gestion des aires protégées. De la sorte, ils ne contribuent guère à une possible articulation entre les deux paradigmes de gouvernance (autorité et confiance mutuelle), et tendent parfois à privilégier une approche conservacionniste au détriment d'une conception plus large du développement durable en n'apportant pas les moyens nécessaires à des compensations aux restrictions.

L'impasse des formulations en terme d'aménagement des pêches

La prédominance du modèle d'aménagement des pêches pose également un problème à la mise en oeuvre d'une gouvernance cohérente, dans la mesure où ce modèle limite l'enjeu de la gouvernance à un mécanisme fonctionnel ayant pour objectif de préserver la ressource halieutique (Hatcher and Robinson, 1999).

Les analyses en terme d'aménagement des pêches n'apportent le plus souvent que des solutions techniques ou économiques à des problèmes qui mettent en jeu des rapports de pouvoir entre acteurs ; ceux-ci restent négligés à l'inverse d'une approche d'économie politique ou de science politique plus soucieuse d'englober des affrontements entre intérêts divergents.

Les aménagistes des pêches tendent à considérer les résultats des aires marines protégées uniquement en termes d'incitations économiques appropriées ou inappropriées, et n'accordent pas une attention suffisante aux rapports de pouvoir qui déterminent pour une grande part la manière dont sont appropriés les enjeux sociaux-économiques et dont sont appliquées les normes. Par exemple le faible impact des restrictions liées à l'aménagement des pêches concrétisé par leur faible degré d'application s'explique souvent par le fait que les intérêts transversaux, basés sur de fortes collusions entre pêcheurs, mareyeurs et agents de l'État et matérialisés par des transactions officielles ou officieuses avec l'État, ne sont pas considérés.

En outre, la déterritorialisation de l'activité de pêche se pose comme un défi à ces formulations d'aménagement, dont les plans de gestion n'englobent que rarement les chevauchements des différents « territoires » ou parcours d'exploitation. Les limites fluctuantes en termes physiques et humains qui s'imposent dans l'exploitation des ressources des aires marines protégées rendent difficile le contrôle dans le cadre d'un modèle fixiste et circonscrit dans l'espace de la gestion territoriale ; en particulier, les migrations et interactions entre les aires marines protégées montrent la difficulté d'établir des limites territoriales. Or, la gestion de telles interactions développées dans le cadre des activités humaines représente un des enjeux essentiels de la gouvernance qui doit articuler les échelles et gérer les interactions entre groupes.

La gestion publique d'une aire marine protégée n'est analysée le plus souvent qu'à l'aune de l'aménagement des pêches. De tels modèles se focalisent sur la compréhension de l'impact biologique voire bio-économique ou écosystémique des mesures propres à ces aires, ce qui tend à limiter l'incorporation de phénomènes autres que la dimension « capture » dans l'analyse. Cette approche restrictive a du mal à intégrer les conséquences du commerce en terme de prélèvements, en termes sociaux, économiques ou politiques (accroissement des inégalités, redistribution de la valeur ajoutée etc...). Le modèle d'aménagement s'avère trop sectoriel et ne saisit pas bien la nature des frontières (au sens du terme *frontier* anglo-saxon) qui entourent ce type d'espace.

En modélisant essentiellement les prélèvements sur les écosystèmes, les approches aménagistes des pêches promeuvent des fonctions de contrôle sur ces espaces principalement fondées sur les quantités prélevées. En ne caractérisant pas ou trop schématiquement les modes d'exploitation, cette perspective empêche de saisir les pratiques des groupes d'acteurs et

finalement le niveau d'équité des systèmes d'exploitation ; de ce fait cette perspective ne propose pas de modalités d'atteinte des objectifs de la durabilité dans ses trois composantes (environnementale, économique et sociale).

L'inachèvement de la décentralisation et la fragmentation de l'État et de la société civile

La gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines est fortement influencée par le contexte institutionnel général de la décentralisation. Initiée par les institutions internationales puis relayée par les coopérations bilatérales, la politique de décentralisation s'est imposée pratiquement à tous les États ouest-africains dans la foulée des Plans d'Ajustement Structurel (PAS) depuis une vingtaine d'années puis de la construction d'un État de droit au cours de la transition démocratique en Afrique durant la décennie 1990. Cependant, on peut parler de décentralisation instrumentalisée et réduite (Galetti 2003) dans la mesure où la libre administration des collectivités territoriales n'a pas été engagée globalement et que la décentralisation n'existe que sur des points de compétence réduits, au sein d'un schéma de relations avec le pouvoir central dominé par la déconcentration, quand ce n'est pas par la centralisation pure et simple.

Une gouvernance des aires marines protégées qui s'appuierait sur les paradigmes d'autorité et de la confiance mutuelle bute donc d'une part sur l'absence de décentralisation (à l'image de la Mauritanie) ou son inachèvement, (à l'image du Sénégal) matérialisés par le manque ou l'insuffisance des prérogatives fiscales des collectivités locales, et, d'autre part, sur l'insuffisance des processus de déconcentration puisque l'État central tend à polariser l'ensemble des décisions stratégiques, aidé en cela par la mainmise sur la majorité des ressources fiscales. Dans le cas extrême de la Guinée Bissau, pour des raisons historiques, l'État a des velléités d'encadrement des populations à partir d'organes militants et se soucie peu de faire progresser les processus de déconcentration et de décentralisation. On identifie ainsi mal, dans un contexte de centralisation des pouvoirs comme dans un contexte de « décharge » compris comme le processus par lequel l'État délègue une partie de ses pouvoirs de régulation à des groupes privés clients de l'administration centrale (Hibou, 1999) comment les mécanismes fiscaux pourraient être à l'origine de mesures de compensation adaptées pour les populations subissant des restrictions importantes quant à l'exploitation des ressources renouvelables.

Mais une gouvernance des aires marines protégées s'appuyant sur les paradigmes d'autorité et de la confiance mutuelle bute également sur une fragmentation excessive de l'État et de la société civile représentée par les associations et les ONG locales.

La fragmentation de l'État s'exprime de trois manières : premièrement par la défense de normes contradictoires comme

dans les processus de planification mis en œuvre dans les Cadres Stratégiques de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) de la sous-région, deuxièmement dans une concurrence au niveau national entre ministères qui aboutit à un cloisonnement des projets en vue de capter les fonds de l'aide internationale, et, troisièmement, dans les difficultés de coordination au niveau local entre services administratifs décentralisés qui tissent peu de complémentarités entre eux. Cette fragmentation de l'État est un sérieux obstacle quant à la concrétisation d'un schéma d'application de la gouvernance verticale (paradigme d'autorité). On retrouve cet obstacle dans la promotion d'une politique de développement durable, les administrations oscillant en permanence entre une approche conservacionniste et une approche guidée par l'objectif de croissance de revenu.

La fragmentation de la société civile s'exprime par la multiplication des ONG locales voire des associations. La diversité de leurs objectifs, ainsi que leurs difficultés chroniques à se coordonner, hypothèquent sérieusement la gouvernance horizontale (paradigme de confiance mutuelle). On peut identifier dans les trois aires des difficultés de coordination au sein même de ces deux pôles de pouvoir qui remettent en cause l'efficacité des mécanismes de concertation avec les populations promues jusque là.

L'indispensable reconfiguration de la politique publique

La nécessaire articulation des échelles de pouvoir et de décision

C'est non seulement à une gestion cohérente des variations d'échelles que doit s'atteler la gouvernance des aires côtières et marines protégées, mais aussi à la prise en compte de variations spatiales, étant donné les interactions entre aires marines protégées contiguës d'Afrique de l'Ouest. En effet, la relative déterritorialisation de certaines activités des populations de ces aires suppose l'application d'une notion de gouvernance qui dépasse le cadre étroit de l'État nation. On en saisit mieux l'importance avec l'analyse de la déterritorialisation des activités de pêche et des échanges qu'elle entraîne entre aires marines protégées, par exemple entre la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum et celle de l'Archipel Bolama Bijagos. Cela implique nécessairement d'élargir le champ de la gouvernance aux interactions entre les aires (élargissement de l'échelle vers le bas et vers le haut, du local au sous régional).

Cette gouvernance articulant les pouvoirs et les processus de décision des différents niveaux bute également sur les problèmes d'intégration régionale qui se posent aux États de la sous-région. La mise en évidence des échanges et interactions entre les populations de pêcheurs des aires marines protégées nécessite que soient mis en œuvre des dispositifs de concertation et des réglementations de nature sous-régionale. Cependant, des difficultés de diverse nature s'opposent à une intégration régionale des politiques publiques : ces difficultés tiennent aussi

bien au caractère non abouti de l'harmonisation ou à la disparité des cadres institutionnels (CEDEAO et UEMOA), à la non application des textes, voire à l'inefficacité de certaines commissions spécifiques (Dahou et al, 2003).

La requalification du rôle de l'État comme médiateur et arbitre

La nécessaire articulation des échelles, entendue dans sa dimension prospective, amène à requalifier le rôle de l'État dans la gouvernance des aires marines protégées. L'État est en effet l'instance chargée de créer les institutions médiatrices non seulement en termes d'échelles mais également en termes de temporalités. La notion de durabilité issue des conventions internationales repose précisément sur cette articulation du court terme et du long terme, car il s'agit de pouvoir pérenniser dans le court et moyen terme les moyens d'existence des populations qui reposent sur l'exploitation des ressources renouvelables, tout en assurant la reproduction de celles-ci dans le long terme. Cette idée véhicule également un principe d'équité dans la répartition des ressources entre les générations successives. C'est l'État, après avoir engagé un processus de négociation, qui semble le plus légitime pour réaliser ces arbitrages dans le temps et qui peut en assurer l'efficacité à travers la planification budgétaire. C'est grâce à ces mécanismes pluri-annuels de planification qu'il est en effet possible d'articuler correctement la gestion du court terme telle que l'atténuation de la pauvreté, et celle du long terme telle que l'atténuation de la dégradation des ressources.

L'État reste également incontournable, non seulement dans le rôle qu'il assume en matière de prospective, mais aussi dans la mise en œuvre des arbitrages sectoriels, de manière à limiter la concurrence entre administrations dans un contexte de fragmentation de l'État. Les politiques propres aux aires marines protégées doivent d'ailleurs être mises en cohérence avec les CSLP destinés à succéder aux PAS. Les politiques nationales entreprises dans le cadre des CSLP sont censées assurer la complémentarité entre politiques sectorielles, et détermineront en grande partie les orientations des politiques de développement durable des États africains. Il est donc indispensable que les régulations des aires protégées y soient articulées au niveau national. Tant que ces arbitrages ne seront pas effectués par l'État, on voit mal comment les aires marines protégées pourraient résister à la pression sur les ressources environnementales.

Néanmoins, pour que ces arbitrages puissent être effectifs, ils doivent nécessairement reposer sur des mécanismes de concertation, étant donné les impasses avérées de la seule planification se référant au paradigme d'autorité dans la gestion durable des ressources. Cet échec a été diagnostiqué aussi bien dans l'aménagement des pêches, où les organismes centraux des États européens n'ont pas réussi à préserver les ressources halieutiques (Hatcher and Robinson 1999), que dans la gestion des aires marines protégées (Hilborn and al. 2004). Il devient

alors essentiel de s'appuyer sur des procédures de planification se référant au paradigme de confiance mutuelle susceptibles de relégitimer l'action publique et de renforcer la cohérence des politiques publiques.

Les éléments d'une gouvernance délibérative, plutôt que participative, sont à construire. En effet les modèles de développement participatif ont tendance à limiter la participation des porteurs d'enjeux sociaux à de simples mécanismes de consultation et ne peuvent ainsi atteindre les objectifs d'une véritable négociation entre des intérêts divergents. Il en découle une absence de mécanismes d'arbitrage et de compensation à même de stabiliser les luttes d'intérêts sur les ressources. Les modèles participatifs ont une fâcheuse tendance à occulter les rapports de pouvoir au profit d'une communication entre différents porteurs d'enjeux qui se révèle parfaitement idéalisée, et suscite davantage de débats sur les points consensuels que sur des enjeux conflictuels concrets. Le repositionnement de l'État en tant qu'arbitre de la régulation de l'accès aux territoires et aux ressources peut être une étape indispensable pour faire appliquer la régulation de l'accès à des groupes extérieurs aux aires marines protégées dont l'activité détermine fortement la question de la gestion des ressources renouvelables au sein de ces espaces (notables, mareyeurs, commerçants allochtones etc).

Conclusion : propositions de directives pour des modes de gouvernance des aires marines protégées

Préalable à l'analyse de la gouvernance des aires marines protégées, l'élaboration d'un cadre d'analyse s'est appuyé tout d'abord sur les acquis conceptuels de la gouvernance des activités à risque qui mettent en exergue deux paradigmes de la gouvernance : le paradigme d'autorité et celui de la confiance mutuelle. L'application de ces acquis à la gouvernance environnementale souligne la nécessaire complémentarité de ces deux paradigmes. Enfin, cette application mène à la déclinaison d'un mode de gouvernance appropriée aux aires marines protégées en termes d'économie politique et de science politique au sein duquel la coordination entre acteurs sociaux, acteurs étatiques et démembrements de l'État, constitue le champ même de l'investigation.

Quant à l'analyse des modes de gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines, elle a révélé un certain nombre de contradictions. Celles-ci se résument essentiellement à l'absence d'un leadership affirmé dans la gestion ainsi qu'à une faible coordination entre les niveaux de décision et d'une manière plus générale entre les institutions (traditionnelles, étatiques, ONG etc...) qui assument des tâches de régulation d'accès aux ressources naturelles renouvelables ou qui mettent en œuvre les politiques publiques. Ces contradictions se traduisent soit par une faible légitimité des règles en vigueur (RBDS), soit par leur instrumentalisation par les hiérarchies traditionnelles (PNBA), ou bien encore par une application localisée de ces règles (RBABB). Ces contradictions renvoient à l'environnement des politiques

publiques dont l'analyse a mis en lumière les impasses : le rôle démesuré des groupes de pression internationaux, l'aspect trop sectoriel et technique des mesures d'aménagement des pêches, l'inachèvement de la décentralisation, la fragmentation de l'État et de la société civile. Face à ces impasses s'imposent la nécessaire articulation des échelles de pouvoir et de décision ainsi que la requalification du rôle de l'État comme médiateur et arbitre.

Les leçons de l'analyse de la gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines permettent de proposer quelques directives pour des modes de gouvernance. Ces directives sont au nombre de quatre : un meilleur ciblage des objectifs, une organisation juridique des droits d'accès et des délégations de pouvoirs, un financement spécifique des mesures de gouvernance, une évaluation précise des coûts et des bénéfices.

En référence aux principes de légitimité et de direction, il est nécessaire de mieux cibler les objectifs assignés aux aires marines protégées, notamment à travers la production de normes spécifiques et négociées. Il est particulièrement important dans une démarche de gouvernance délibérative, d'accorder dans ce processus de négociation entre porteurs d'enjeux un maximum d'attention aux rapports de force, afin d'atteindre des arbitrages pérennes. Pour être acceptés, ces derniers doivent nécessairement s'appuyer sur des mécanismes de compensation et aboutir à des normes de développement durable applicables. Si le dispositif de mise en œuvre de la négociation ne repose pas sur une analyse pertinente des rapports de force entre porteurs d'enjeux, y compris au sein des communautés, les mécanismes de compensation opératoires ne pourront se concrétiser et les normes censées en découler ne pourront être appropriées.

En référence au principe d'impartialité, une proposition de politique publique concerne l'organisation juridique des droits d'accès et des délégations de pouvoirs. En effet, concernant les droits d'accès, aucune tentative de recension n'a jusqu'à présent eu lieu ni en amont ni en aval du processus de création des aires marines protégées. Une nomenclature des droits d'accès pourrait être un préalable et à partir de cet exercice reposant sur des processus négociés un ensemble de droits d'usage pourrait être reconnu. À partir du travail réalisé dans le cadre des aires marines protégées, il serait plus aisé de définir juridiquement des droits d'accès reposant sur les pratiques socio-économiques réelles. On pourrait aussi avoir pour objectif de formuler le droit positif de manière plus flexible afin qu'il englobe, à titre de possibles exceptions, un certain nombre de régulations communautaires conservant leur efficacité. Le principe de subsidiarité pourrait guider cette convergence entre les deux sources de droits. Concernant l'organisation juridique des délégations de pouvoirs, il est décisif de promouvoir une articulation cohérente entre services administratifs déconcentrés et collectivités locales. Néanmoins, cet objectif réclame que l'État mette en pratique une dévolution des pouvoirs institutionnels et financiers aussi bien en direction des services déconcentrés que des collectivités locales. Il lui appartient

également d'organiser légalement les modalités de leur coopération dans le cadre précis des aires marines protégées. La promotion de mécanismes de gestion des conflits sur les normes préalablement définies pour la gestion de ces aires est indispensable, car elle doit permettre de stabiliser les conflits de normes, lesquels accroissent les prélèvements de ressources renouvelables. Il est dans ce cadre indispensable de créer des instances de recours proches des populations pour rompre avec le vide institutionnel actuel.

Également en référence au principe d'impartialité, un financement spécifique des mesures de gouvernance des aires marines protégées doit être envisagé de manière à améliorer la gestion. Les concertations pour produire les normes à travers des mécanismes de décision procéduraux ont un coût qui doit être budgétisé à l'avance dans le fonctionnement des aires marines protégées. Le financement de la gestion doit également inclure les compensations économiques pour répondre aux restrictions définies dans le cadre de ces aires, dans la mesure où l'application de ces normes présente un coût d'opportunité pour les groupes sociaux et un coût social direct élevé pour certaines populations. Il est par ailleurs crucial d'inclure dans les financements destinés à la gouvernance des aires marines protégées les coûts de police, qui peuvent être élevés dans des situations où les moyens de production en vue de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables sont à relativement forte intensité capitalistique.

En référence aux principes de performance et de responsabilité, une évaluation économique précise des coûts (directs et d'opportunité) liés aux normes de préservation dans l'aire marine protégée ainsi que des bénéfices obtenus en terme de durabilité s'impose, car elle permet de guider les mécanismes de compensation essentiels aux initiatives de régulation de l'exploitation et de valorisation des ressources renouvelables. Sans ces évaluations, il est en effet difficile de faire prévaloir des mécanismes de compensation adaptés et d'évaluer l'efficacité des normes de gestion. Plus précisément, il semble indispensable de mettre en place des procédures d'évaluation périodique qui associent les différentes organisations publiques et non publiques chargées de mettre en œuvre les régulations de l'accès aux espaces et aux ressources dans les aires marines protégées. Cet exercice de planification doit permettre de générer des mécanismes de décision collective et des réajustements permanents pour concrétiser les objectifs de durabilité dans le long terme. Ces évaluations des coûts et bénéfices effectuées avec un suivi collectif doivent également permettre d'assurer la transparence budgétaire de la gestion en faisant le bilan des sommes investies, de leur utilisation et de leur impact.

Bibliographie

Cazalet B., 2004. *Genèse conceptuelle et analyse des politiques de gestion des aires protégées côtières et marines d'Afrique de l'Ouest (PNBA, RBDS, RBABB)*. Université de Perpignan. Juillet 2004. Ref : CONSDEV Working Document/WP5/01, 61 p.

- Cormier Salem M.C, 2000. « Appropriation des ressources, enjeu foncier et espace halieutique sur le littoral ouest-africain ». In J.P. Chauveau et al., *Les pêches piroguières en Afrique de l'Ouest*. Ed L'Harmattan. Paris
- Dahou T., 2003. « Les CSLP en Afrique de l'Ouest : de la pauvreté au politique », in *Afrique contemporaine* n°208.
- Dahou T. et al., 2003, *La Sénégambie méridionale, dynamique d'un espace d'intégration partagé entre trois États*, ENDA/OXFAM.
- Feral F. et al., 2004, *Analyse des politiques publiques des aires marines protégées ouest-africaines. Synthèse régionale (PNBA, RBDS, RBABB)*. Université de Perpignan/PNBA/UICN/DPN. Perpignan. Février 2004. Ref : CONSDEV Synthèse/WP4. 20p.
- Froger G, 2001. « De l'usage de la gouvernance en matière de développement durable », in Froger. G. (ed.) *Gouvernance et développement durable*, Helbing et Lichtenhahn 2001
- Galetti F. « Les transformations de l'État et du droit public en Afrique francophone » Thèse de Doctorat. Université de Perpignan 2002
- Giddens A., 1996. *Les conséquences de la modernité*. Ed L'Harmattan. Paris.
- Godard O, 1998. « Le principe de précaution: renégocier les conditions de l'agir en univers controversé. » *Nature, Science, Sociétés*, 6(1), pp.41-45
- Hatcher A. and Robinson K., 1999. *Management institutions and governance systems in European fisheries*, CEMARE 1999.
- Hibou B., 1999. "Introduction au thème : la décharge, nouvel interventionnisme", *Politique africaine* n°73
- Hilborn R. and al., 2004. "When can marine reserves improve fisheries management?", *Ocean and Coastal Management* 47 (2004) 197-205.
- Leclerc-Olive M., 2004. « Arènes sahéliennes », in Cefai Daniel et Pasquier Dominique, *Les sens du public*, PUF, 2004.
- Morand P et al. 2002. *Stratégie d'échantillonnage et méthode d'enquête*. IRD/Université de Perpignan/UICN/PNBA/DPN. Novembre 2002 2004. Ref : CONSDEV Document de travail/Enquête transmodule/01.11 pages
- Weigel JY et al., 2004. *Modes d'accès et de régulation de l'accès aux ressources naturelles renouvelables des aires marines protégées ouest-africaines. Synthèse régionale (PNBA, RBDS, RBABB)*. IRD/PNBA/UICN/DPN. Dakar. Mars 2004. Ref: CONSDEV Synthèse/WP3. 28p.
- Weigel JY, Sarr O. 2002. *Analyse bibliographique des aires marines protégées. Références générales et régionales*. IRD. Dakar. Juillet 2002. Ref. : CONSDEV Synthèse/WP1/02. 21 pages

RÔLE DE LA GLACE SAISONNIÈRE DANS LA DYNAMIQUE DE L'ÉCOSYSTÈME MARIN DE L'ANTARCTIQUE: impact potentiel du changement climatique global

Gustavo Ferreyra^{1,2}, Irene Schloss²⁻³ et Serge Demers¹

¹ Institut des sciences de la mer de Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski (Québec) G5L 3A1, Canada. Tel: 418-724-1651 . Courriel: gustavo_ferreyra@uqar.qc.ca

² Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248 (1010) Buenos Aires, Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y técnicas, Argentina

Résumé : La présence de la glace de mer entraîne une intense activité biologique dans les régions polaires. Chaque année, la fonte saisonnière du couvert de glace produit une forte stabilisation de la colonne d'eau qui peut être observée jusqu'à plus de 150 km de la zone marginale des glaces, produisant d'intenses floraisons phytoplanctoniques. Dans le cas de l'Antarctique, le cycle de vie des espèces clés de cet écosystème, notamment le krill *Euphausia superba*, dépend étroitement de la dynamique des glaces. Cette espèce est considérée comme le principal lien entre le phytoplancton et les niveaux supérieurs du réseau trophique marin (poissons, oiseaux et mammifères). Toutes les observations et les modèles suggèrent le remplacement du krill par un autre groupe d'organismes : les salpes (notamment *Salpa thompsoni*). Ce remplacement est expliqué par une tendance qui montre une diminution de l'extension et de la durée du couvert de glace saisonnier depuis les dernières décennies. Cette diminution est en forte corrélation avec l'augmentation de la température de l'air décrite pour certaines zones de la région Antarctique (mers d'Amundsen – Bellingshausen et Péninsule Antarctique). Ceci pourrait entraîner des conséquences significatives pour la biodiversité ainsi que pour la structure et le fonctionnement de l'écosystème Antarctique puisque les salpes ne représentent pas une source d'énergie de qualité pour les prédateurs supérieurs. L'importance de ces changements sur la dynamique de l'écosystème Antarctique est analysée dans le présent article.

Mots clés : glace saisonnière, glace marginale, phytoplancton, krill, salpes, changement global, biodiversité.

Abstract : Seasonal ice cover is linked to an intense biological activity in polar regions. Every year, ice melting induces the stabilisation of the water column which can be observed until 150 km from the margin of seasonal ice, favoring the development of profuse phytoplankton blooms. For the case of Antarctica, life cycles of key species in the ecosystem, particularly the krill *Euphausia superba*, strongly depends on ice dynamics. This species has been considered as the main link between phytoplankton and higher trophic levels in the food web (fishes, birds and mammals). Several field observations as well as models suggest a replacement of krill by another group of organisms: the salps (particularly *Salpa thompsoni*). Such replacement has been related to the decrease in duration and extent of seasonal ice during the last decades, which in turn shows a strong correlation with the air temperature increase in some areas of Antarctica (Amundsen – Bellingshausen seas and Antarctic Peninsula). These changes could have significant consequences for both the biodiversity and the functioning of the Antarctic ecosystem, since salps represent a low energy source for high predators. The potential significance of the above processes on Antarctic ecosystem dynamics is analysed in the present paper.

key words: seasonal ice, marginal ice, phytoplankton, krill, salps, global change.

Resumen : La presencia de la cubierta de hielo estacional en las regiones polares se encuentra relacionada con una intensa actividad biológica. Cada año el derretimiento de la cubierta de hielo produce una fuerte estabilización de la columna de agua, la que puede ser observada hasta distancias mayores de 150 km del límite del hielo, lo que provoca la formación de intensas floraciones de fitoplancton. En lo que respecta a la Antártida, el ciclo de vida de especies clave de este ecosistema, en particular el krill *Euphausia superba*, depende estrechamente de la dinámica de los hielos. Esta especie es considerada como el nexo principal entre el fitoplancton y los niveles superiores de la trama trófica marina (peces, aves y mamíferos). Una serie de observaciones y de modelos sugieren el reemplazo del krill por otro grupo de organismos: las salpas (particularmente *Salpa thompsoni*). Este reemplazo es explicado por una tendencia a la reducción en la extensión y en la duración de la capa de hielo estacional observada durante las últimas décadas. Dicha disminución presenta una fuerte correlación con el aumento de la temperatura de aire descrito para ciertas zonas de la región Antártica (mares de Amundsen – Bellingshausen y Península Antártica). Esto podría tener consecuencias significativas tanto sobre la biodiversidad como así también sobre la estructura y el funcionamiento del ecosistema Antártico, ya que las salpas representan una fuente de energía de baja calidad para los predadores superiores. En el presente artículo se analiza la importancia potencial de estos cambios sobre la dinámica del ecosistema Antártico.

Palabras clave: hielo estacional, hielo marginal, fitoplancton, krill, salpas, cambio global.

La glace saisonnière.

Une des caractéristiques étonnantes des écosystèmes marins polaires est la présence de glaces marines saisonnières. Ce système est hautement dynamique et très variable. Il couvre approximativement 7 % de la surface de la planète (Dieckmann et Hellmer, 2003) et comporte un des biomes les plus importants de la terre (Comiso, 2003). Cette masse d'eau gelée est un facteur déterminant pour la structure des communautés polaires, pour leur bilan d'énergie, ainsi que pour les flux de carbone entre l'atmosphère et l'océan, la circulation océanique et le climat de la planète. Son extension montre une fluctuation saisonnière marquée avec des valeurs maximales à la fin de l'hiver, sur laquelle se superposent des cycles inter-annuels. Pour l'Antarctique, il a été décrit une oscillation d'environ 4-5 ans de l'extension de la glace, de même que dans la pression atmosphérique de surface, dans les vents et dans la température. Cette oscillation a été nommée Onde Circumpolaire Antarctique (White et Peterson, 1996; Comiso, 2003). Ce groupe couplé d'anomalies se propage d'Ouest en Est et prends entre 8 à 10 ans pour faire le tour du continent Antarctique. Par ailleurs, des tendances à plus long terme dans la réduction de l'extension de la glace marine ont été observées dans l'Arctique au cours des 20 dernières années (Comiso, 2003). Ce phénomène reste cependant moins évident pour l'Antarctique. On observe même pour l'Antarctique une tendance positive dans le couvert global de glace (Comiso, 2003). Il faut cependant noter que certaines zones, notamment la mer de Bellingshausen et la mer d'Amundsen, en incluant la Péninsule Antarctique, montrent une tendance négative de l'extension de la glace ($-8,1 \pm 1,4$ % par décade) (King, 1994; Jacobs et Comiso, 1997). Le présent article traitera des conséquences potentielles de ces changements, apparemment liés au réchauffement global, sur l'écosystème marin de l'Antarctique et ce, malgré le fait que pour la région Antarctique, les effets du changement global ne soient pas concluant (voir Dierssen et al., 2002).

À la différence de l'Arctique, l'Antarctique est constituée par un continent entouré de masses d'eau avec des caractéristiques physiques et chimiques plus ou moins homogènes par rapport aux masses d'eau adjacentes. Ces masses d'eau se trouvent séparées entre elles par des zones frontales, à l'intérieur desquelles des gradients de propriétés physico-chimiques sont observés (Frontier, 1986; Rudnick et Davis, 1988; Franks, 1992). Pour cet article, l'Océan Austral est considéré comme la totalité des masses d'eau présentes entre le 50° S et le continent Antarctique tel que défini par Arrigo et al. (1998). Plusieurs fronts se trouvent à l'intérieur de ces limites, notamment le front Sub-Antarctique, le front polaire Antarctique, la divergence circumpolaire Antarctique et le front du courant circumpolaire Antarctique (Orsi et al., 1995) (Fig. 1). Le front polaire Antarctique représente la partie nord de l'Océan Antarctique, et il est plutôt défini comme une zone, fréquemment nommée zone du front polaire Antarctique, avec une surface approximative de 4,9 millions de Km² (Moore et Abbott, 2000). Autour du continent

Antarctique se trouve la zone de glace saisonnière (ZGS), avec une surface minimale en février (~4 millions de Km²) et une surface maximale autour du mois de septembre pouvant atteindre une extension d'environ 19 millions de Km² (Gloersen et al., 1992). Cette surface est similaire à celle du continent Antarctique (14 millions de Km²), et elle montre une cyclicité annuelle très marquée. La région comprise entre la zone du front polaire Antarctique et la limite nord de la ZGS est appelée zone océanique ouverte en permanence, et elle est caractérisée par l'absence d'un couvert de glace pendant la totalité du cycle annuel.

À micro-échelle, la ZGS montre une structure interne bien définie dans laquelle se trouve un réseau de chenaux inondés avec de l'eau saturée en sel (Eicken, 2003). Ce type de micro-environnement est cependant un habitat adéquat pour le développement de plusieurs micro-communautés assez complexes, adaptées, dans certains cas, à des conditions hypersalines et hyperosmotiques (Garrison et al., 1986; Lizotte, 2003). Ces communautés sont constituées d'une variété d'organismes autotrophes avec les diatomées comme groupe dominant suivi par les phytoflagellés, et des organismes hétérotrophes comme les bactéries, les flagellés hétérotrophes, les ciliés, etc. (voir la revue de Lizotte, 2003). Même si ces communautés sont très diversifiées, la plupart de la biomasse est constituée par des algues (notamment les diatomées et les phytoflagellés) durant la période d'éclairement.

Pendant le printemps austral, la partie externe de la ZGS commence à fondre, ce qui donne lieu à une sous-région présentant des particularités tant physiques que biologiques. La combinaison entre de faibles vitesses de vent dues à la présence de la glace et une diminution de la salinité de surface causée par sa fonte, conduit à la stabilisation de la colonne d'eau entourant la totalité du plateau formé par la ZGS (Smith et Nelson, 1986; Buesseler et al., 2003). Par exemple, durant la période du 17 septembre au 15 décembre 1983, Comiso et Sullivan (1986) ont estimé un apport d'eau douce de ~9700 Km³ provenant de la fonte de la glace dans la périphérie de la ZGS pour la totalité de la région Antarctique. Cette arrivée massive d'eau douce conduit à la formation d'une couche de mélange relativement peu profonde (20-50 m), se prolongeant vers le nord de la ZGS jusqu'à ~200 Km (Sullivan et al., 1988; Comiso et al., 1990; Park et al. 1999). Cet «anneau» formé par un faible couvert de glace dans la partie sud et une colonne d'eau stabilisée est nommée zone de glace marginale (ZGM). La ZGM est considérée comme étant un sous-système de la ZGS, et elle se comporte comme un front en mouvement se déplaçant vers le sud durant la période estivale et en direction opposée pendant l'hiver (Fig. 1).

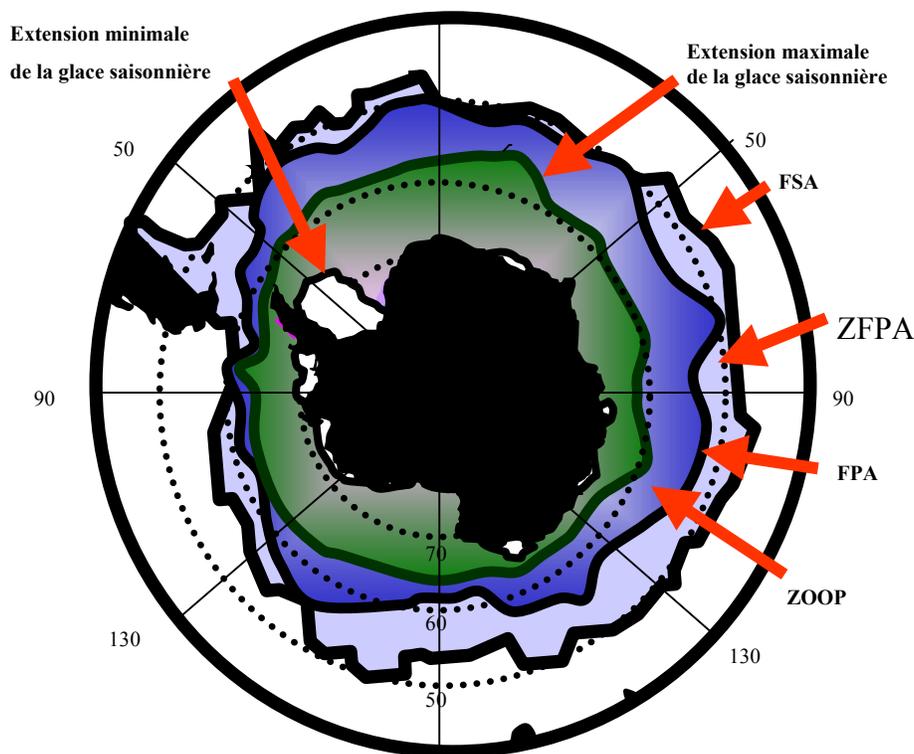


Figure 1. Distribution des principaux fronts et des zones décrites dans le texte : FSA (Front Sub-Antarctique), FPA (Front Polaire Antarctique), ZFPA (Zone du Front Polaire Antarctique), ZOOP (Zone Océanique Ouverte en Permanence) (d'après Orsi et al., 1995). Les limites correspondant à l'extension maximale et minimale de la glace saisonnière (octobre et février, respectivement) sont aussi montrées (d'après Nimbus 7 Scanning Multichannel Multiwave Radiometer; Credit : NASA).

La distribution de la chlorophylle *a* et le bilan de la production primaire dans les différentes zones de l'Océan Austral.

L'Océan Antarctique présente des teneurs élevées des principaux éléments nutritifs (32,5 μM en nitrate, 2,5 μM en phosphate et 100 μM en silicate). Ces fortes valeurs sont dues à une remontée d'eau riche en éléments nutritifs au niveau de la divergence circumpolaire Antarctique (Bainbridge, 1980).

Il existe cependant une grande hétérogénéité spatiale dans la consommation de ces éléments, avec de grandes surfaces où un faible taux d'utilisation de ces éléments nutritifs est observé. Ces aires ont été définies en anglais comme des zones de « High Nutrient – Low Chlorophyll » (HNLC), et elles sont caractérisées par une faible production primaire ainsi que par des concentrations réduites en chlorophylle *a* malgré les fortes concentrations en éléments nutritifs et une disponibilité appropriée de lumière pendant la période estivale (voir la revue de littérature dans *Limnology and Oceanography* 36(8) 1991 : « What controls phytoplankton in nutrient-rich areas of the open ocean? »). Il existe un consensus de la communauté scientifique voulant que la production primaire et l'accumulation de la

biomasse dans la région Antarctique soient contrôlées par trois facteurs principaux: 1) la disponibilité de la lumière pour les cellules phytoplanctoniques qui dépend de l'intensité incidente et des processus de mélange induits par les vents, 2) les teneurs en éléments nutritifs et en éléments traces, notamment le Fer, et 3) le broutage par le zooplancton (Lancelot *et al.*, 1997). Cependant, le poids relatif de chacun de ces facteurs présente une grande variabilité géographique et il est très difficile de le prédire. Sur la base du contrôle de la production primaire par la dynamique des éléments nutritifs, Tréguer et Jacques (1992) ont identifié quatre régions majeures, trois d'entre elles coïncident avec les régions déjà décrites plus haut : 1) la zone du front polaire Antarctique, 2) la zone océanique ouverte en permanence, 3) la ZGS (incluant la ZGM), et 4) la zone du plateau côtier et continental (Fig. 1). À l'intérieur de chacune de ces régions, la productivité primaire et la biomasse du phytoplancton varient de façon bien définie.

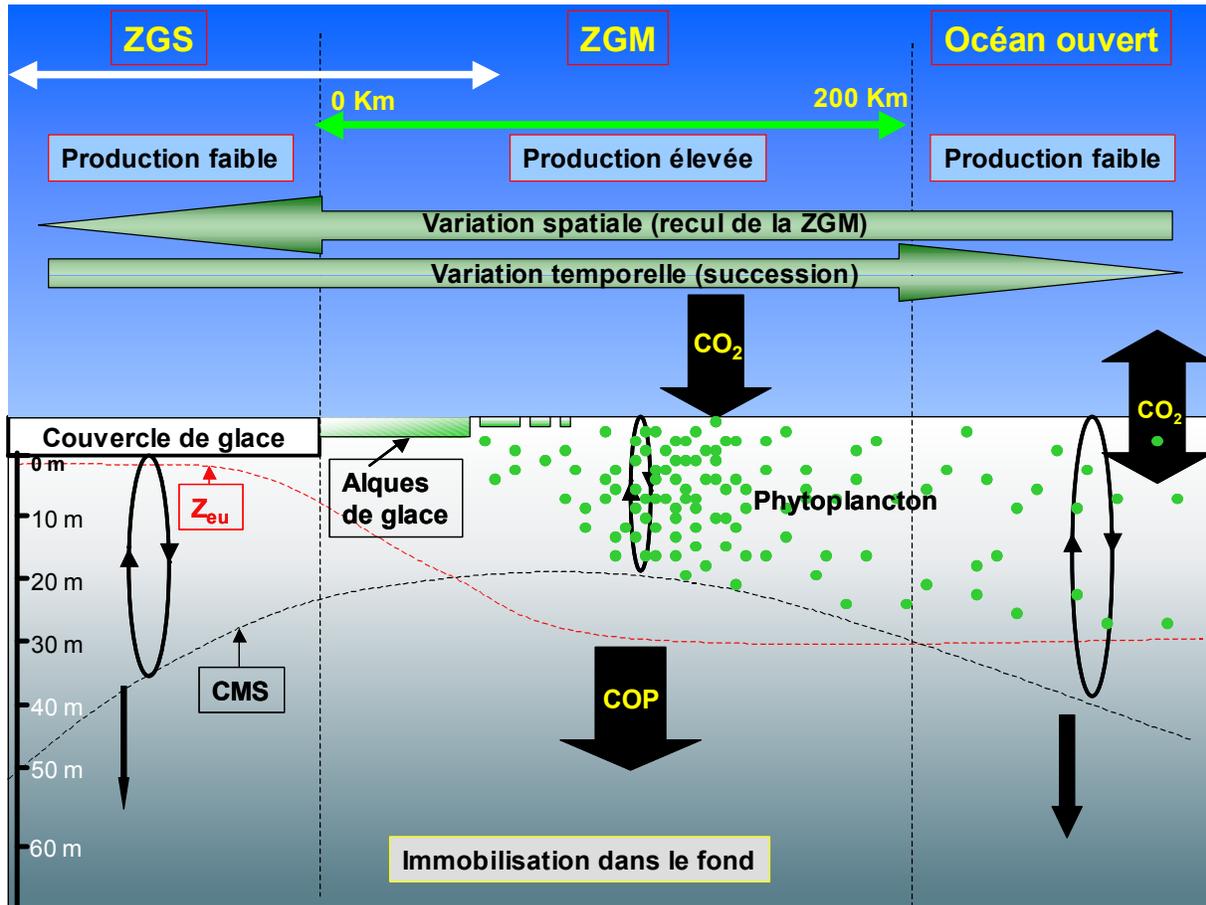


Figure 2 : Schéma montrant les différents processus qui ont lieu dans la ZGM. COP : carbone organique particulaire, CMS : couche de mélange de surface; Z_{eu} : zone euphotique (1 % de la lumière incidente); ZGS : zone de glace saisonnière; ZGM : zone de glace marginale. L'épaisseur des flèches verticales dénote l'intensité des flux en COP.

Zone du front polaire Antarctique

Cette zone, d'une surface de $\sim 4,9 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$ (Moore et Abbott, 2000), se caractérise par des concentrations en chlorophylle *a* de l'ordre de $< 1 - 2 \mu\text{g L}^{-1}$ pendant la période de floraison (décembre) (Tréguer et Jacques, 1992; Moore et Abbott, 2002). Dans cette zone, les facteurs principaux limitant la croissance du phytoplancton durant presque toute l'année sont la lumière incidente et le mélange vertical de la colonne d'eau, et durant la période de floraison estivale, la disponibilité en silicate et en fer. Le fer dans sa forme réduite est un élément trace essentiel pour la croissance du phytoplancton. Il intervient dans la chaîne respiratoire (Raven, 1988), dans la synthèse de la chlorophylle (Chereskin et Castelfranco, 1982), et joue un rôle essentiel dans le processus de réduction enzymatique du nitrate (Timmermans *et al.*, 1994; van Leeuwe *et al.*, 1997; de Baar *et al.*, 1997). Compte tenu des faibles concentrations de cet élément dans la

colonne d'eau de la région Antarctique (Löscher *et al.*, 1997), il a été suggéré que le fer constitue l'élément limitant le développement phytoplanctonique de cette région (Martin, 1992; de Baar, 1994). Les principales sources de fer sont la poussière provenant des masses d'eau continentale, des rivières et de la resuspension des sédiments dans l'océan. La topographie du fond joue donc un rôle important dans la dynamique du phytoplancton présent dans la zone du front polaire Antarctique. Sur certains sites, où le front touche des profondeurs $< 500 \text{ m}$, il se produit un pompage du fer vers la surface, ce qui favorise le développement des micro-algues. Ce type de processus a été décrit par Blain *et al.* (2001) pour la zone de l'Archipel de Kerguelen, et a été aussi observé au nord de la mer de Scotia. La production primaire dans la zone du front polaire Antarctique a été calculée à environ 385 à 392 Tg C an^{-1} (Wefer et Fischer, 1991; Moore et Abbott, 2000).

Zone océanique ouverte en permanence

La zone océanique ouverte en permanence présente une surface d'environ $8,7$ à $14 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$ (Tréguer et Jacques, 1992; Moore et Abbot, 2000) et les concentrations en chlorophylle *a* sont toujours inférieures à $1 \mu\text{g L}^{-1}$, ce qui coïncide avec le concept de zone « HNLC » déjà décrit plus haut. La profondeur de la couche de mélange et la profondeur de la zone euphotique sont similaires (60 - 120 m, Tréguer et Jacques, 1992), et les facteurs les plus importants qui contrôlent l'accumulation de la biomasse sont la lumière, les concentrations en silicate (Tréguer et Jacques, 1992), les faibles concentrations en fer (Löscher *et al.*, 1997) et le broutage par le zooplancton. Il s'agit d'une « Nitrate Excess Area » (d'après Dehairs *et al.*, 1997). Le type de communauté dominante dans cette zone correspond au concept de « réseau microbien » (Legendre et Rassoulzadegan, 1995). Ce type de réseau est caractérisé par la dominance de cellules de petite taille ($< 5 \mu\text{m}$). Ce réseau trophique est bien développé, équilibré et constitué de bactéries et de protozoaires, avec une production primaire basée sur l'incorporation d'azote régénéré (ammonium) et un faible taux d'exportation de carbone vers le fond de l'océan. La production annuelle dans la zone océanique ouverte en permanence a été estimée à 509 Tg C (Moore et Abbot, 2000).

Zone du plateau côtier et continental

Malgré sa surface réduite par rapport aux autres zones ($0,4 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$), la zone du plateau côtier et continental est considérée comme l'une des plus productives de l'Océan Antarctique, avec une production annuelle estimée à 81 Tg C an^{-1} (Arrigo *et al.*, 1998). Dans cette zone se développe un réseau herbivore (Legendre et Rassoulzadegan, 1995), dont la production est basée sur la consommation d'azote sous la forme de nitrate (production nouvelle), et présente une forte exportation de carbone organique vers le fond des océans. Dans ce type de système, les nitrates sont généralement complètement utilisés et deviennent le facteur limitant la croissance phytoplanctonique.

Zone des glaces saisonnières et le sous-système des glaces marginales

La ZGS et la ZGM constituent, dans l'ensemble, un des systèmes les plus dynamiques de l'Océan Austral. Ce système présente une grande variabilité tant spatiale que temporelle, ce qui influence de façon importante les cycles bio-géochimiques et le fonctionnement de l'écosystème marin en général. La ZGM représente de 14 à 34 % de la surface de la ZGS (Arrigo *et al.*, 1998 ; Moore et Abbott, 2000). Au fur et à mesure que la saison froide s'installe, le couvert de glace se développe vers le nord, en incorporant dans sa masse une quantité importante de micro-organismes qui donneront lieu à des microcommunautés typiques de glace assez bien définies. Lors de la fonte printanière du couvert de glace et de la formation d'une masse d'eau stable, ces micro-algues de glace sont libérées dans la colonne d'eau et peuvent agir comme mécanisme d'inoculation (« seeding ») de la colonne d'eau (Garrison *et al.*, 1986 , 1987), et donner lieu aux

floraisons phytoplanctoniques printanières (« blooms »). Le retrait de la ZGM atteint $\sim 500 \text{ Km mois}^{-1}$ pendant la période du printemps-été (Comiso et Zwally, 1984), et l'extension horizontale ainsi que la durée des floraisons phytoplanctoniques sont de $\sim 250 \text{ Km}$ et de ~ 60 jours, respectivement (Smith et Nelson, 1986). Dans la mesure où le front se déplace vers le sud, la stabilité verticale de la colonne d'eau au-delà de cette distance est érodée par l'action des vents et, par conséquent, la biomasse phytoplanctonique diminue. D'après le modèle conceptuel de Sullivan *et al.* (1988), la dynamique des floraisons dans la ZGM a deux composantes ayant des distributions temporelles et spatiales différentes : une composante Lagrangienne et une autre Eulérienne. La composante Lagrangienne comprend la croissance du phytoplancton (contrôlée par la lumière et par la stabilité verticale), et le déclin du phytoplancton dans la ZGM (pertes contrôlées par le broutage, la sédimentation, le mélange vertical et les processus d'advection). Pour sa part, la composante Eulérienne est constituée d'un déplacement géographique de la floraison à l'intérieur de l'échelle mensuelle, ce qui en grande partie est contrôlé par la dynamique de la glace. Par conséquent, la variabilité spatiale et temporelle des floraisons dans la ZGM sera contrôlée par les taux relatifs de chacune de ces composantes. Un schéma de cette dynamique, basé sur le modèle de Sullivan *et al.* (1988) est présenté à la Figure 2. Bien que le modèle bi-dimensionnel de Sullivan *et al.* (1988) soit en général valable, dans le monde réel, une grande variabilité horizontale de la distribution et de l'intensité des floraisons du phytoplancton (croissance et accumulation de biomasse) est observée tout au long de la ZGM. La présence de cette variabilité a été expliquée par des différences dans l'environnement lumineux et par l'histoire des masses d'eau (Nelson *et al.*, 1987), ainsi que par des variations dans les taux d'incorporation d'eau douce provenant de la fonte de la glace (Sullivan *et al.*, 1988). Cette variabilité donne comme résultat une distribution hétérogène des floraisons de phytoplancton dans la ZGM.

La production primaire estimée pour la ZGM est de 422 Tg C an^{-1} , répartie dans une aire couvrant de $0,05$ à $5,98 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$ tout au long de la période de croissance (Arrigo *et al.*, 1998). D'après ces mêmes auteurs, cette valeur est clairement inférieure à celle correspondant à la province pélagique de l'Océan Austral ($3912 \text{ Tg C an}^{-1}$), mais elle est supérieure à la production annuelle de la zone du plateau côtier continental (81 Tg C an^{-1}) (Fig. 3 a). Ces différences s'expliquent en grande partie par l'inégalité dans la surface totale de chaque région ($29,8 \cdot 10^6$ et $0,4 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$ pour la province pélagique de l'Océan Austral et la zone du plateau côtier continental, respectivement). Cependant, ces relations s'inversent si l'on considère la production primaire normalisée par la surface (Fig. 3 b). Dans ce cas, la province pélagique de l'Océan Austral montre des valeurs plus faibles mais réparties tout au long du cycle annuel, contrastant avec une forte augmentation dans la ZGM et dans la zone du plateau côtier continental pendant la période de printemps-été. À la différence de la zone du plateau côtier continental, dans la ZGM l'accumulation de biomasse phytoplanctonique ne dépasse pas les $10 \mu\text{g chl a L}^{-1}$, il n'y a donc pas un épuisement des nitrates.

Ce type de zone a été défini par Dehairs *et al.* (1997) comme étant une « Silicate Excess Area ». Dans ce cas, le développement du phytoplancton est favorisé par une forte stabilité verticale de la colonne d'eau ainsi que par une bonne illumination des eaux de surface (zone euphotique > couche de mélange), de fortes concentrations d'éléments nutritifs et en fer. Plusieurs facteurs semblent être impliqués dans le contrôle de l'accumulation de la biomasse phytoplanctonique dans cette zone. Les premières étapes de la succession se caractérisent par le développement d'un réseau trophique herbivore (Legendre et Rassoulzadegan, 1995), généralement constitué par des cellules de taille supérieure à 20 µm, particulièrement des diatomées. Ce type de réseau est basé sur la consommation d'azote sous sa forme oxydée (nitrate), et il est associé avec une forte exportation de carbone vers le fond. Lorsque la floraison du phytoplancton progresse, il se produit une augmentation de la concentration en ammonium, résultat de la forte activité hétérotrophique au sein de la communauté (Dehairs *et al.*, 1997). Étant donné que l'ammonium prévient l'incorporation du nitrate par le phytoplancton > 20 µm (Dortch, 1990), il ne peut pas y avoir une déplétion de cet élément comme celle observée dans la zone du plateau côtier continental. Cependant, au fur et à mesure que la succession évolue, il y a une possibilité d'une co-limitation du fer. Ceci est expliqué par le fait que les algues > 20 µm, telles que les diatomées, ont besoin de cet élément pour accomplir le processus de réduction du nitrate par l'intermédiaire des enzymes nitrate et nitrite réductases (Price *et al.*, 1994; Timmermans *et al.*, 1994). L'ensemble de ces processus peut donner lieu à un contrôle de type « bottom up » sur l'accumulation de la biomasse du phytoplancton (Dehairs *et al.*, 1997). Outre ce type de contrôle, dans la ZGM, le phytoplancton est fortement exploité par le zooplancton et en particulier, par le krill (*Euphausia superba*) (contrôle du type « top down », Lancelot *et al.*, 1997). Donc, l'action combinée de ces différents types de contrôle (« bottom up » et « top down ») dans la ZGM, couplée aux facteurs physiques dans la colonne d'eau, est responsable des concentrations en chlorophylle-*a* inférieures à celles observées dans la zone du plateau côtier continental. Dans les étapes subséquentes de la succession dans la ZGM, la communauté phytoplanctonique est dominée par un réseau du type microbien, dont les besoins en fer sont inférieurs lorsqu'ils sont basés sur la consommation d'ammonium. Cependant, le contrôle de la variabilité de son abondance est plutôt lié aux facteurs physiques et au broutage par le microzooplancton (principalement flagellés hétérotrophes et ciliés).

Des floraisons de la prymnesiophycée *Phaeocystis antarctica* ont également été décrites dans la ZGM pour des couches de mélange plus profondes et moins stables (20 – 50 m) que celles favorisant le développement des diatomées (< 20 m). Les floraisons de cette espèce, une des plus importantes en Antarctique, sont caractérisées par une incorporation intense du nitrate et des flux verticaux de carbone organique importants (Arrigo *et al.*, 1999; Di Tullio *et al.*, 2000).

L'exportation de carbone vers le fond de l'océan.

Par exportation nous considérons les transferts de carbone vers les niveaux supérieurs du réseau trophique, ainsi que les flux verticaux de matière organique provenant de l'agrégation de particules planctoniques sous forme de pelotes fécales ayant de forts taux de sédimentation. Quatre modes d'exportation du carbone ont été identifiés à partir de l'activité de broutage des organismes zooplanctoniques suivants : le microzooplancton, les copépodes, les salpes (notamment *Salpa thompsoni*) et le krill (principalement *Euphausia superba*) (Le Fèvre *et al.*, 1998). Chacun de ces groupes est impliqué dans le transfert de carbone avec des modalités différentes :

- 1) Le **microzooplancton**, composante clé de la boucle microbienne et du réseau microbien (Legendre et Rassoulzadegan, 1995), est constitué de flagellés hétérotrophes (2 - 20 µm) ainsi que de ciliés et de dinoflagellés également hétérotrophes (20-200 µm). Ce groupe incorpore des cellules algales de petites tailles (< 2 - 20 µm) et des bactéries, et il est lié à un intense recyclage de la matière organique. Sous ces conditions, il y a une exportation modérée vers des niveaux trophiques supérieurs et des flux verticaux pratiquement nuls.
- 2) Les **copépodes** peuvent occasionnellement représenter jusqu'à 70% de la biomasse zooplanctonique dans la région Antarctique (Pakhomov et Proneman, 2004). Les espèces de copépodes les plus importantes dans ces eaux sont : *Calanus propinquus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas* et *Metridia gerlachei*, avec des espèces du genre *Oithona* qui peuvent être bien représentées. Les plus grands d'entre eux (*C. propinquus*, *Cal. Acutus* et *R. gigas*) ont été rapportés comme formant une partie seulement de la diète d'une espèce de baleine (*Balaenoptera borealis*; Kawamura, 1980) et d'une espèce d'oiseau (*Pachyptila salvini*; Ridoux, 1994). Il semble donc n'avoir qu'un faible transfert de carbone vers les niveaux trophiques supérieurs. D'autre part, les pelotes fécales de copépodes contribuent très peu aux flux verticaux de carbone puisqu'il existe une grande rétention des pelotes fécales de copépodes dans les eaux de surface à cause de leur faible taux de sédimentation ainsi qu'à l'existence de coprophagie (Le Fèvre *et al.*, 1998; Bathmann *et al.*, 1987; Lampitt *et al.*, 1990; Ayukai et Hattori, 1992). Ces processus représentent une contribution significative au recyclage du carbone dans les eaux de surface de l'Océan Austral. De plus, compte tenu que les copépodes ne mangent pas efficacement des cellules de la taille du micro-phytoplancton, dans les régions où ces organismes dominent la communauté du zooplancton il se produit une sédimentation plus intense du phytoplancton > 20 µm (Pakhomov et Froneman, 2004). Dans ce type de situation la plupart des puits de carbone organique vers l'océan profond se produisent par sédimentation des cellules phytoplanctonique

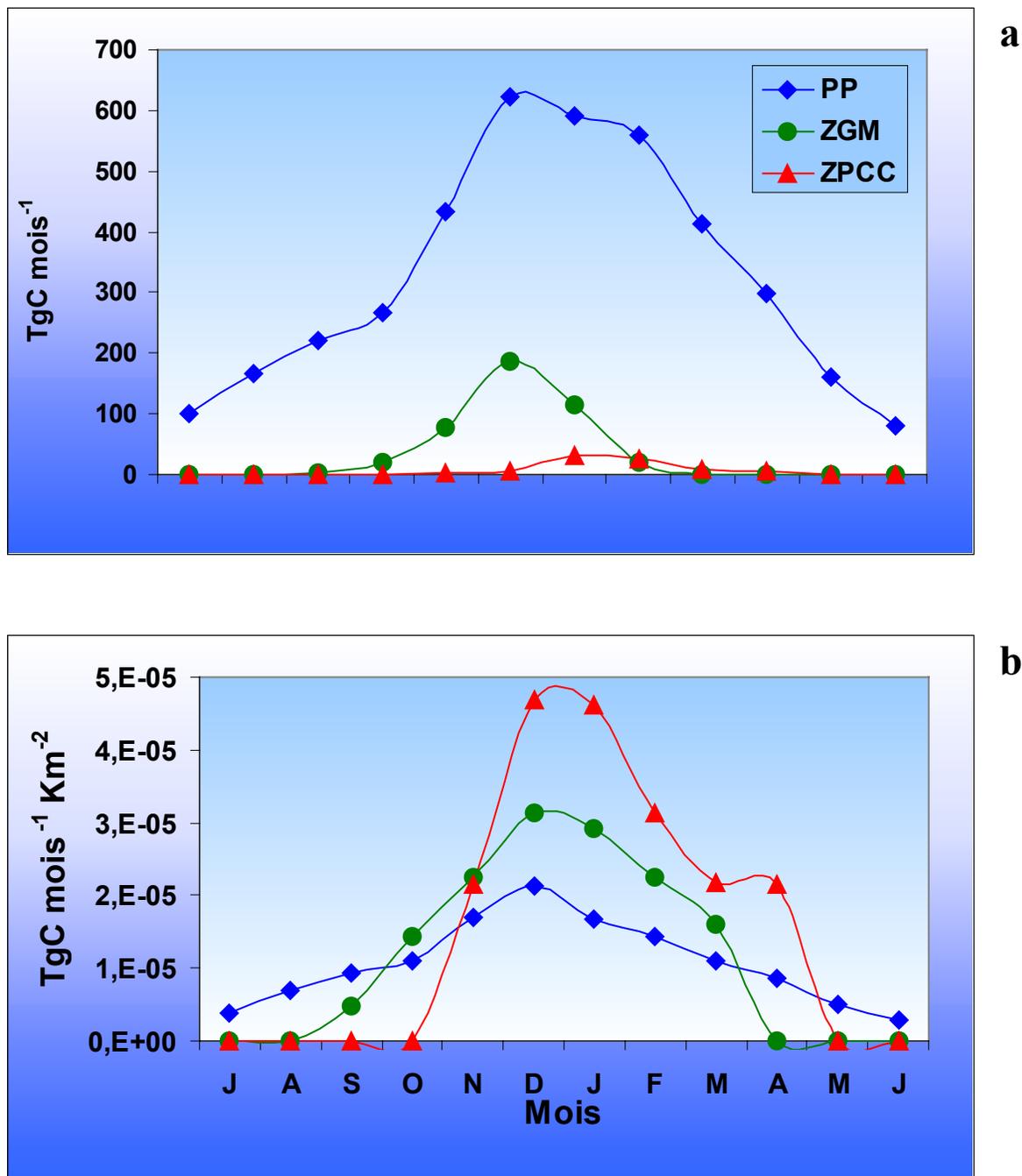


Figure 3. Variation saisonnière de la production primaire dans l’Océan Austral pour la Province Pélagique (PP) (en bleu), la Zone de Glace Marginale (ZGM) (en vert) et la zone du plateau côtier et continental (ZPCC) (en rouge): (a) Valeurs mensuelles (Tg C mois⁻¹) et (b) valeurs mensuelles par unité de surface (Tg C mois⁻¹ Km⁻²) (Modifié d’après les données des Tableaux 1 et 4 présentés par Arrigo et al., 1998).

- 3) Les **salpes** possèdent un système de filtration non-régulé, avec une efficacité de 100% dans la rétention des particules de taille variant de 4 à 1000 μm (Perissinotto et Pakhomov, 1998). Cependant, leurs proies principales semblent être les petites cellules ainsi que les bactéries et le microzooplancton (Le Fèvre *et al.*, 1998). Il s'agit d'organismes adaptés à se nourrir dans des milieux présentant de faibles concentrations en particules de petite taille ayant une distribution spatiale homogène. Ceci est lié au fait que dans les cas où il y a de fortes concentrations de diatomées $> 20 \mu\text{m}$, il peut se produire un blocage des muqueuses (« mucous web ») et de l'œsophage, pouvant provoquer la mort de ces animaux par inanition (Pakhomov *et al.*, 2003). Le carbone retenu par ces organismes est seulement transféré vers quelques poissons (*Bathylagus antarcticus*, *Electrona antarctica*, *Gymnoscopelus braueri*, *Notolepis coatsi*; Hopkins *et al.*, 1993). Par ailleurs, il a été suggéré que les prédateurs ciblent la biomasse du phytoplancton et du microzooplancton retenue dans l'appareil de filtration des salpes, plutôt que les salpes elles-mêmes (Fortier *et al.*, 1994) ceci dû au fait que 96 % du tissu de *S. thompsoni* est constitué d'eau et seulement 1 % de matière organique (Hopkins *et al.*, 1993). Bien que certains poissons puissent se nourrir des salpes (Le Fèvre *et al.*, 1998), ils ne sont pas, en général, une composante importante de la diète des prédateurs vertébrés (Loeb *et al.*, 1997). Par conséquent, le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs est très limité. Pour les flux verticaux de carbone, les salpes produisent des pelotes fécales ayant des taux de sédimentation très élevés ($> 2700 \text{ m d}^{-1}$; Fortier *et al.*, 1994) et une grande résistance à la dégradation bactérienne. Pour ces raisons, les salpes représentent le groupe zooplanctonique le plus important en terme de transport vertical de carbone biogénique dans les eaux ouvertes de l'Océan Austral (Alcaraz *et al.*, 1998).
- 4) Le **krill** Antarctique est représenté par deux espèces : *Euphausia superba* et *E. crystallorophias*, avec des caractéristiques trophiques différentes. Tandis que *E. superba* broute sur le phytoplancton durant la période de croissance des algues et change vers une diète omnivore/carnivore pendant le reste du temps, *E. crystallorophias* se nourrit principalement de débris organique et de petits organismes zooplanctoniques (Schnack-Schiel, 2003). Ceci résulte en une séparation de niche qui empêche la compétition entre les deux espèces. *E. superba* présente, pendant la période estivale, une distribution liée à la ZGM pour son alimentation, ainsi que des adaptations physiologiques et du comportement qui lui permettent de tolérer la période hivernale (voir la revue de Schnack-Schiel, 2003). Ce crustacé est considéré depuis longtemps comme étant un organisme clé dans l'Océan Austral, puisqu'il représente le lien principal entre les niveaux inférieurs du réseau trophique marin et les prédateurs supérieurs (poissons, oiseaux et mammifères marins) (Fraser et Ainley, 1986; Ainley *et al.*, 1991; Joiris, 2000; Ainley *et al.*, 2003). Ceci contraste avec sa

contribution au flux vertical de carbone vers le fond, puisque ses pelotes fécales varient en stabilité et en composition dû à la grande variabilité des sources alimentaires que cette espèce incorpore. D'un côté, des épisodes de taux de sédimentation très élevés ont été décrits dûs à la formation des pelotes fécales (von Bodungen, 1987; Bathmann *et al.*, 1991), mais en général une bonne partie de ces particules est recyclée dans les eaux de surface (González, 1992).

Ces résultats suggèrent l'existence d'une grande variabilité dans les transferts de carbone vers les niveaux trophiques supérieurs, pouvant être faibles, modérés ou forts selon que l'on soit en présence de microzooplancton, de copépodes/salpes et de krill, respectivement. Pour les flux verticaux de carbone, ils varient de nuls à modérés pour le microzooplancton/copépodes, et pour le krill/salpes, respectivement. Ces différentes dynamiques au sein de l'écosystème Antarctique peuvent déclencher des réponses variées par rapport au stress environnemental.

La distribution krill/salpes dans l'Océan Austral.

E. superba et *S. thompsoni* ont été décrits comme étant les organismes filtreurs planctoniques les plus importants de l'Océan Austral (Voronina, 1998; Pakhomov, 2004). Une bonne partie des études développées dans l'Océan Austral montre qu'en général il existe une séparation spatiale entre ces deux espèces (Pakhomov *et al.*, 1994; Hosie, 1994; Voronina, 1998), avec *S. thompsoni* occupant les zones présentant des températures relativement plus élevées (Nast, 1986; Siegel *et al.*, 1992; Park et Wormuth, 1993; Kawamura *et al.*, 1994; Nishikawa *et al.*, 1995). Tel que mentionné précédemment, cette séparation a été également mise en évidence du point de vue trophique. Il y a cependant certaines exceptions, où une superposition géographique a été observée, comme dans la région de la Péninsule Antarctique et de la mer de Lazarev (Loeb *et al.*, 1997; Perissinotto and Pakhomov, 1998). Il a été suggéré pour ce dernier cas une compétition pour l'exploitation des ressources communes, notamment le phytoplancton, ainsi que des effets négatifs des salpes sur le recrutement des larves de krill (Loeb *et al.*, 1997). D'autre part, les salpes ont des avantages quant à leur cycle de vie, dûs à leur vitesse de croissance élevée et à leur grande capacité de production de stolons asexuels. Ces stolons leur permettent de générer des quantités importantes de blastozooids (forme sexuelle) à l'intérieur de périodes très courtes (Perissinotto et Pakhomov, 1998). Ceci contraste avec *E. superba*, qui possède un cycle de vie plus étendu et étroitement lié à la dynamique de la glace de mer (Murphy *et al.*, 2004). La maturation et la production des œufs par les femelles sont contrôlées par la qualité et la quantité de nourriture (Hagen *et al.*, 1996). Par ailleurs, la disponibilité de nourriture est étroitement liée à la période du retrait de la ZGM ainsi qu'à l'extension du couvert de glace au printemps (septembre - novembre) (Quetin et Ross, 1991). Le succès du recrutement est donc fonction de l'effet combiné de la production des œufs et de la survie de stades primaires du cycle de vie pendant leur premier hiver (Ross et Quetin, 1991), ce qui montre l'importante dépendance de la

dynamique du krill Antarctique à la glace saisonnière. Il a été suggéré que la production primaire de l'Océan Austral, estimée à partir d'information satellitaire (4400 – 6450 Tg C an⁻¹), soit supérieure à celle calculée à partir des données de terrain. Cette production pourrait être suffisante pour soutenir les stocks de krill dans la région (Arrigo *et al.*, 1998). Il faut cependant noter que la source alimentaire critique pour le développement normal du cycle de vie et de la survie de ce crustacé ne se trouve pas dans les eaux ouvertes mais plutôt dans la ZGM.

Les conséquences du changement climatique global et de la glace saisonnière pour l'écosystème marin Antarctique.

Les considérations formulées dans les sections antérieures ont des implications importantes pour la dynamique de l'écosystème Antarctique en général. Bien que des estimations indirectes montrent que la limite de la glace s'est déplacée de 3 degrés vers le sud entre les années 1950 et 1970 dans la région Antarctique (de la Mare, 1997), il n'a été pas encore observé une diminution du couvert de glace comme celle décrite pour l'Arctique (Comiso, 2003). Seul un secteur, où d'importantes augmentations de température ont été observées, semble avoir été affecté significativement par ce type de processus (Péninsule Antarctique, Amundsen - Bellingshausen seas; King, 1994; Jacobs et Comiso, 1997; Comiso, 2003). Néanmoins, si la réduction de l'extension de la ZGM limite la prolifération de diatomées, en favorisant le développement des communautés dominées par des phytoflagellés, cela pourrait représenter un changement significatif pour l'écosystème. Il a d'ailleurs été montré que les diatomées sont incorporées préférentiellement par le krill, tandis que les salpes sont adaptées pour incorporer des particules de taille plus petite.

Bien que le réseau trophique marin soit perçu comme étant beaucoup plus complexe, il existe un consensus voulant que le krill joue un rôle central dans les transferts de carbone vers les niveaux trophiques supérieurs. Des résultats récents montrent clairement que la réduction de la glace saisonnière est corrélée avec l'effondrement dramatique des stocks de *E. superba*, ainsi qu'avec l'occupation de l'espace libre par *S. thompsoni* (Loeb *et al.*, 1997; Atkinson *et al.*, 2004). Même si ce type de phénomène n'a été observé jusqu'à présent que dans un secteur limité, il est possible que si les tendances climatiques globales observées sur la planète se manifestent pleinement en Antarctique, comme le prédisent les modèles les plus récents (Stainforth *et al.*, 2005), ces phénomènes isolés pourraient se généraliser. Il est donc possible d'imaginer que dans le futur, on assiste à un remplacement du krill par les salpes, ce qui pourrait conduire à une diminution des stocks des prédateurs pélagiques supérieurs, avec des conséquences inévitables sur la biodiversité de la région. Bien qu'il ne s'agisse que d'hypothèses, les importants changements qui ont présentement lieu dans ces zones donnent une opportunité unique pour développer un programme international de recherche concertée, orientée vers la compréhension des processus impliqués. L'Année Polaire Internationale en 2007 représente

donc une occasion extraordinaire pour développer un tel programme de recherche.

Biographie : Dr Gustavo Ferreyra est un océanographe biologiste spécialisé dans le domaine de l'écologie marine côtière de l'Antarctique. Il s'intéresse aux effets du rayonnement UVB sur le phytoplancton et le bactérioplancton des régions froides. Il est détenteur d'une Licence en Écologie de l'Université de La Plata (Argentine) et d'un doctorat en Océanographie de l'Université du Québec à Rimouski. Il travaille depuis plusieurs années à l'Instituto Antártico Argentino. Il est présentement attaché de recherche à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski.

Bibliographie

- Ainley, D.G., C.T. Tynan et I. Stirling (2003). Sea ice : A critical habitat for polar marine mammals and birds. In: Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 8:240-266.
- Ainley, D.G., W.R. Fraser, W.O. Smith, Jr., T.L. Hopkins et J.J. Torres (1991). The structure of upper level pelagic food webs in the Antarctic: Effect of phytoplankton distribution. *Journal of Marine Systems* 2(1-2):111-122.
- Alcaraz, M., E. Saiz, J.A. Fernandez, I. Trepa, F. Figueiras, A. Calbet et B. Bautista (1998). Antarctic zooplankton metabolism: carbon requirements and ammonium excretion of salps and crustacean zooplankton in the vicinity of the Bransfield Strait during January 1994. *Journal of Marine Systems* 17: 347-359.
- Arrigo, K.R., D. Worthen, A. Schnell et M.P. Lizotte (1998). Primary production in the Southern Ocean waters. *Journal of Geophysical Research* 103(C8):15587-15600.
- Arrigo, K.R., D.H. Robinson, D.L. Worthen, R.B. Dunbar, G.R. DiTullio, M. VanWoert et M.P. Lizotte (1999). Phytoplankton community structure and the drawdown of nutrients and CO₂ in the Southern Ocean. *Science* 283 (5400):365-367.
- Atkinson, A., V. Siegel, E. Pakhomov et P. Rothery (2004). Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* 432:100-103.
- Ayukai, T. et H. Hattori (1992). Production and downward flux of zooplankton fecal pellets in the anticyclonic gyre off Shikoku. *Japan. Oceanol. Acta* 15:163-172.
- Bainbridge A.E. (1980): Atlantic GEOSECS Expedition, Vol.2, Sections and Profiles. International Decade of Ocean Exploration, National Science Foundation, Washington, D.C., 198 pp.
- Bathmann, U.V., G. Fischer, P.J. Müller et D. Gerdes (1991). Short-term variations in particulate matter sedimentation off Kapp Norvegia, Weddell Sea, Antarctica: Relation to water mass advection, plankton biomass and feeding activity. *Polar Biology* 11:185-195.
- Bathmann, U.V., T.T. Noji, M. Voss et R. Peinert (1987). Copepod faecal pellets : Abundance, sedimentation and content at a permanent station in the Norwegian Sea in May/June 1986. *Marine Ecology Progress Series* 38:45-51.
- Blain, S., P. Tréguer, S. Belviso, E. Bucciarelli, M. Denis, S. Desabre, M. Fiala, V.M. Jézéquel, J. Le Fèvre, P. Mayzaud, J.C. Marty et S. Razouls (2001). A biogeochemical study of the island mass effect in the context of the iron hypothesis: Kerguelen Islands, Southern Ocean. *Deep-Sea Res., Part I* 48, 163-187.
- Buesseler, K.O., R.T. Barber, M.-L. Dickson, M.R. Hiscock, J.K. Moore et R. Sambrotto (2003). The effect of marginal ice-edge dynamics on production and export in the Southern Ocean along 170°W. *Deep-Sea Research II* 50:579-603.
- Chereskin B. M. et P. A. Castelfranco (1982). Effects of iron and oxygen on chlorophyll biosynthesis. *Plant Physiology*, 68, 112-116.
- Comiso, J.C. (2003). Large-scale characteristics and variability of the global sea ice cover. In: Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology

- and Geology. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 4:112-142.
- Comiso, J.C. et C.W. Sullivan (1986). Satellite microwave and in situ observations of the Weddell Sea ice cover and its marginal ice zone. *Journal of Geophysical Research* 91:9663-9681.
- Comiso, J.C. et H.J. Zwally (1984). Concentration gradients and growth and decay characteristics of the seasonal sea ice cover. *Journal of Geophysical Research* 89:8081-8103.
- Comiso, J.C., N.G. Maynard, W.O. Smith Jr. et C.W. Sullivan (1990). Satellite ocean color studies of Antarctic ice edges in summer and autumn. *Journal of Geophysical Research* 95(C6):9481-9496.
- de Baar H. J. W. (1994). von Liebig's Law of the minimum and plankton ecology (1899-1991). *Progress in Oceanography*, 33, 341-386.
- de Baar H. J. W., M. A. van Leeuwe, R. Scharek, L. Goeyens, K. M. J. Bakker et P. Fritsche (1997). Nutrient anomalies in *Fragilariopsis kerguelensis* blooms. Iron deficiency and the nitrate/phosphate ratio (A. C. Redfield) of the Antarctic Ocean. *Deep-Sea Research II*, 44, 229-260.
- de la Mare, W. K. 1997. Abrupt mid-twentieth Century decline in Antarctic sea-ice extent from whaling records. *Nature* 389:57-60.
- Dehairs, F., M. Semeneh, M. Elskens et L. Goeyens (1997). Spatial and seasonal variability of new production and export production in the Southern Ocean. *Belgian Research Programme on the Antarctic. Scientific Results of Phase III (1992-1996). Marine Biogeochemistry and Ecodynamics*, Vol. 1(1):1-83.
- Di Tullio, G.R., J.M. Grebmeier, K.R. Arrigo, M.P. Lizotte, D.H. Robinson, A. Leventer, J.P. Barry, M.L. VanWoert et R.B. Dunbar (2000). Rapid and early export of *Phaeocystis antarctica* blooms in the Ross Sea, Antarctica. *Nature* 404:595-598.
- Dieckmann, G.S. et Hellmer, H.H. (2003). The importance of sea ice: An overview. In: *Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology*. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 1:1-21.
- Dierssen, H.M., R.C. Smith et M. Vernet (2004). Glacial meltwater dynamics in coastal waters west of the Antarctic peninsula. *PNAS* 99(4):1790-1795.
- Dortch, Q. (1990). The interaction between ammonium and nitrate uptake in phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 61:183-201.
- Eicken, H. (2003). From the microscopic, to the macroscopic, to the regional scale: Growth, microstructure and properties of sea ice. In: *Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology*. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 2:22-81.
- Fortier, L., J. Le Fèvre et L. Legendre (1994). Export of biogenic carbon to fish and to the deep ocean: The role of large planktonic microphages. *Journal of Plankton Research* 16:809-839.
- Franks, P.J.S. (1992). Phytoplankton blooms at fronts: Patterns, scales and physical forcing mechanisms. *Reviews in Aquatic Sciences*, 6(2):121-137.
- Fraser, W.R. et D.G. Ainley (1986). Ice edges and seabird occurrence in Antarctica. *BioScience* 36(4):258-263.
- Frontier, S. (1986). Studying fronts as contact ecosystems. *Marine Interfaces Ecohydrodynamics*, 42:55-66.
- Garrison, D.L., C.W. Sullivan et S.F. Ackley (1986). Sea ice microbial communities in Antarctica. *BioScience* 36(4):243-250.
- Garrison, D.L., K.R. Buck et G. Fryxell (1987). Algal assemblages in Antarctic pack ice and ice-edge plankton. *Journal of Phycology* 23:564-572.
- Gloersen, P., W.J. Campbell, D.J. Cavalieri, J.C. Comiso, C.L. Parkinson et H.J. Zwally (1992). Arctic and Antarctic Sea Ice, 1978-1987: Satellite Passive-Microwave Observations and Analysis, NASA Spec. Publ. SP-511, National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, 290 pp.
- González, H.E. (1992). The distribution and abundance of krill faecal material and oval pellets in the Scotia and Weddell Seas (Antarctica) and their role in particle flux. *Polar Biology* 12:81-91.
- Hagen, W., E.S. Van Vleet et G. Kattner (1996). Seasonal lipid storage as overwintering strategy of Antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series* 134:85-89.
- Hopkins, T.L., D.G. Ainley, J.J. Torres et J. Donnelly (1993). Trophic structure in open waters of the marginal ice zone in the Scotia-Weddell confluence region during spring (1983). *Polar Biology* 13:389-397.
- Hosie, G.W. (1994). The macrozooplankton communities in the Prydz Bay region, Antarctica. In: *Southern Ocean Ecology: the BIOMASS Perspective*. El-Sayed, S.Z. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 93-123.
- Jacobs, S.S. et J.C. Comiso (1997). A climate anomaly in the Amundsen and Bellingshausen Seas. *Journal of Climate* 10:697-709.
- Joiris, C.R. (2000). Summer at-sea distribution of seabirds and marine mammals in polar ecosystems: A comparison between the European Arctic seas and the Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Marine Systems* 27:267-276.
- Kawamura, A. (1980). A review of food of balaenopterid whales. *Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo* 32:155-197.
- Kawamura, A., K. Michimori et J. Moto (1994). Marked inverse distribution of salps to other macrozooplankton in waters adjacent to the South Shetland Islands. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology* 7:70-81.
- King, J.C. (1994). Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic peninsula. *International Journal of Climatology* 14:357-369.
- Lampitt, R., T.T. Noji et B. von Bodungen (1990). What happens to zooplankton faecal pellets? Implications for material flux. *Marine Biology* 104:15-23.
- Lancelot, Ch., S. Becquevort, P. Menon, S. Mathot et J.-M. Dandois. 1997. Ecological modeling of the planktonic microbial food-web. *Belgian Research Programme on the Antarctic. Scientific Results of Phase III (1992-1996). Marine Biogeochemistry and Ecodynamics*, Vol. 1(2):3-78.
- Le Fèvre, J., L. Legendre et R.B. Rivkin (1998). Fluxes of biogenic carbon in the Southern Ocean: Roles of large microphagous zooplankton. *Journal of Marine Systems* 17:325-345.
- Legendre, L. et F. Rassoulzadegan (1995). Plankton and nutrient dynamics in marine waters. *Ophelia* 41:153-172.
- Lizotte, M.P. (2003). The microbiology of sea ice. In: *Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology*. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 6:184-210.
- Loeb, V., V. Siegel, O. Holm-Hansen, R. Hewitt, W. Fraser, W. Trivelpiece et S. Trivelpiece (1997). Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature* 387:897-900.
- Löscher, B.M, H.J.W. de Baar, J.T.M. de Jong, C. Veth et F. Dehairs (1997). The distribution of Fe in the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research II*, Vol. 44, No. 1-2, pp. 143-187.
- Martin J. H. (1992). Iron as a limiting factor in oceanic productivity. In: *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*, P. G. Falkowski and A. D. Woodhead, editors, Environmental Science Research, Plenum Press, New York, 43, pp. 123-137.
- Moore, J.K. et M.R. Abbott (2000). Phytoplankton chlorophyll distributions and primary production in the Southern Ocean. *Journal of Geophysical Research* 105(C12): 28709-28722.
- Moore, J.K. et M.R. Abbott (2002). Surface chlorophyll concentrations in relation to the Antarctic Polar Front: seasonal and spatial patterns from satellite observations. *Journal of Marine Systems* 37: 69- 86.
- Murphy, E.J, S.E. Thorpe, J.L. Watkins et R. Hewitt (2004). Modeling the krill transport pathways in the Scotia Sea: spatial and environmental connections generating the seasonal distribution of krill. *Deep-Sea Research II* 51:1435-1456.
- Nast, F. (1986). Changes in krill abundance and in other zooplankton relative to the Weddell-Scotia Confluence around Elephant Island in November 1983, November 1984 and March 1985. *Archiv für Fischereiwissenschaft* 37:73-94.
- Nelson, D.M., W.O. Smith Jr., L.I. Gordon et B.A. Huber (1987). Spring distributions of density, nutrients and phytoplankton biomass in the ice-edge zone of the Weddell/Scotia Sea. *Journal of Geophysical Research* 92:7181-7190.
- Nishikawa, J., M. Naganobu, T. Ichii, H. Ishii, M. Terazaki et K. Kawaguchi (1995). Distribution of salps near the South Shetland Islands during austral summer, 1990-1991 with special reference to krill distribution. *Polar Biology* 15:31-39.
- Orsi, A.H., T. Withworth III et W.D. Nowlin Jr. (1995). On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep Sea Research, Part I* 42:641-673.**
- Pakhomov, E., V. Fuentes, I. Schloss, A. Atencio et G. B. Esnal (2003). Beaching of the tunicate *Salpa thompsoni* at high levels of suspended particulate matter in the Southern Ocean. *Polar Biology* 26: 427-431.
- Pakhomov, E.A. (2004). Salp/krill interactions in the eastern Atlantic sector of the Southern Ocean. *Deep-Sea Research II* 51:2645-2660.

- Pakhomov, E.A., D.G. Grachev et B.G. Trotsenko (1994). Distribution and composition of macroplankton communities in the Lazarev Sea (Antarctic). *Oceanology* 33:635–642.
- Pakhomov, E.A. et P.W. Froneman (2004). Zooplankton dynamics in the eastern Atlantic sector of the Southern Ocean during the austral summer 1997/1998 - Part 1: Community structure. *Deep-Sea Research II* 51:2599–2616.
- Park, C. et J.H. Wormuth (1993). Distribution of Antarctic zooplankton around Elephant Island during the austral summers of 1988, 1989, and 1990. *Polar Biology* 13:215–225.
- Park, M.G., S.R. Yang, S.-H. Kang, K.H. Chung et J.H. Shim (1999). Phytoplankton biomass and primary production in the marginal ice zone of the northwestern Weddell Sea during austral summer. *Polar Biology* 21:251-261.
- Perissinotto, R. et E.A. Pakhomov (1998). Contribution of salps to carbon flux of marginal ice zone of the Lazarev Sea, Southern Ocean. *Marine Biology* 131:25–32.
- Price N. M., B. A. Ahner et F. M. M. Morel (1994). The equatorial Pacific Ocean: Grazer-controlled phytoplankton populations in an iron-limited ecosystem. *Limnology and Oceanography*, 39, 520-534.
- Quetin, L.B. et R.M. ROSS (2001). Environmental Variability and Its Impact on the Reproductive Cycle of Antarctic Krill. *Aer. Zool.* 41:74–89.
- Raven J. (1988). The iron and molybdenum use efficiencies of plant growth with different energy, carbon and nitrogen sources. *New Phytology*, 109, 279-287.
- Ridoux, V. (1994). The diets and dietary segregation of seabirds at the subantarctic Crozet Islands. *Marine Ornithology* 22:1-192.
- Ross, R. M. et L. B. Quetin (1991). Ecological physiology of larval euphausiids, *Euphausia superba* (Euphausiacea). *Mem. Queensland Mus.* 31:321–333.
- Rudnick, D.L. et R.E. Davis (1988). Frontogenesis in mixed layers. *Journal of Physical Oceanography* 18(3):434-457.
- Schnack-Schiel, S.B. (2003) The macrobiology of sea ice. In: *Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology*. Thomas, D.N. et G.S. Dieckmann (eds.). Blackwell Science. Chapter 7:211-239.
- Siegel, V., A. Skibowski, et U. Harm (1992). Community structure of the epipelagic zooplankton community under the sea-ice of the northern Weddell Sea. *Polar Biology* 12:15–24.
- Smith Jr., W.O. et D.M. Nelson (1986). Importance of ice edge phytoplankton production in the Southern Ocean. *BioScience* 36(4):251-257.
- Stainforth, D.A., T. Aina, C. Christensen, M. Collins, N. Faull, D.J. Frame, J.A. Kettleborough, S. Knight, A. Martin, J.M. Murphy, C. Piani, D. Sexton, L.A. Smith, R.A. Spicer, A.J. Thorpe, M.R. Allen (2005). Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. *Nature* 433:403-6.
- Sullivan, C.W., C.R. McClain, J.C. Comiso et W.O. Smith Jr. (1988). Phytoplankton standing crops within an Antarctic ice edge assessed by satellite remote sensing. *Journal of Geophysical Research* 93(C10):12487-12498.
- Timmermans K. R., W. Stolte et H. J. W. de Baar (1994). Iron-mediated effects on nitrate reductase in marine phytoplankton. *Marine Biology*, 121, 389-396.
- Tréguer, P. et G. Jacques (1992). Dynamics of nutrients and phytoplankton, and fluxes of carbon, nitrogen and silicon in the Antarctic Ocean. *Polar Biology* 12:149-162.
- van Leeuwe M. A., R. Scharek, H. J. W. de Baar, J. T. M. de Jong et L. Goeyens (1997). Iron enrichment experiments in the Southern Ocean: physiological responses of plankton communities. *Deep-Sea Research II*, 44, 189-207.
- Von Bodungen, B., G. Fischer, E.M. Nöthig et G. Wefer (1987). Sedimentation of krill faeces during spring development of phytoplankton in Bransfield Strait, Antarctica. In: *Particle Flux in the Ocean*. Degens, E.T., S. Honjo, E. Izdar (eds.). *Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Inst. Univ.Hamburg, SCOPE UNEP* 62 :243-257.
- Voronina, N.M. (1998). Comparative abundance and distribution of major filter-feeders in the Antarctic pelagic zone. *Journal of Marine Systems* 17:375–390.
- Wefer, G. et G. Fischer (1991). Annual primary production and export flux in the Southern Ocean from sediment trap data. *Marine Chemistry* 35:597-613.
- White, W.B. et R.G. Peterson (1996). An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea ice extent. *Nature* 380:699-702.

REGARDS SUR LE MONDE

À LA DÉCOUVERTE DE L'EMPIRE DU MILIEU EN SAC-À-DOS (1^{ÈRE} PARTIE DE 2)

Par Mathieu St-Onge, diplômé de la maîtrise en sciences de l'environnement de l'UQAM

La fin de nos études nous semblait, pour ma copine et moi, un moment tout désigné pour s'expatrier quelques temps en quête d'un dépaysement total. La Chine nous apparaissait être une destination des plus appropriée pour se sentir vraiment loin de chez soi ! C'est ainsi, qu'après plusieurs heures de vol, nous atterrissions à Hong Kong à la fin du mois de mai 2004 pour débiter un périple de deux mois qui nous mena du sud de la Chine au Tibet, du Sichuan à Shanghai, de Xi'an à la frontière sibérienne, pour finalement revenir chez soi, à Québec, à partir de Beijing.

Une grande partie de la superficie de la Chine est occupée par les montagnes. Un voyage dans l'empire du milieu se fait donc rarement sans chausser à quelques reprises ses souliers de randonnée. Au cours de notre voyage, nous avons eu la chance de découvrir les magnifiques montagnes du nord du Sichuan, de gravir le massif du Huangshan dans la province de l'Anhui et de se ressourcer sur le Toit du monde, le Tibet. Un deuxième article traitera de nos impressions du paysage urbain et rural de la Chine, de notre descente du fleuve Yangste, à travers les Trois Gorges et leur gigantesque centrale hydroélectrique, et de notre excursion dans le désert de Tengri, en Mongolie Intérieure.



Carte des provinces et régions autonomes de la Chine

Tiré de <http://www.cnto.org>

Huangshan

Situé dans l'est du pays, à 11h de bus de Shanghai; le Huangshan désigne un massif de 72 sommets. Ce dernier est célèbre à travers le pays, car il rassemble toutes les caractéristiques d'un fabuleux paysage montagneux : des pics escarpés spectaculaires, des arbres alpins aux formes singulières, des cascades d'eau cristalline et la brume qui enlace chacun des pics au lever du jour.



Localisation du Huangshan dans la province de l'Anhui
Tiré de <http://www.travelchinaguide.com/>

Malheureusement, la popularité de ce site porte atteinte à la tranquillité des lieux. En effet, la montagne a été aménagée pour accommoder un flot grandissant de touristes locaux et internationaux. Deux téléphériques atteignent différentes altitudes dans la montagne, déjà chargée de plusieurs escaliers qui rejoignent les différents pics. Chaque jour, des milliers de touristes, principalement chinois, dévalent ces escaliers, parfois confortablement assis sur une chaise pourvue de perches de bambous que transportent deux porteurs. On reconnaît les touristes qui viennent en groupe (c.a.d la grande majorité des visiteurs) par leurs casquettes de couleur identique et assorties au petit drapeau qu'agite leur guide pour ne pas les perdre parmi les cent autres groupes de la journée. Pour bien se faire comprendre de leur groupe, tous les guides crient leurs informations à travers un petit haut-parleur. En ajoutant à cela les nombreux touristes qui semblent découvrir leurs échos pour la première fois en circulant dans la montagne, on obtient une cacophonie incroyable qui vient sérieusement nuire à l'ambiance sereine que dégagent les lieux.

Cette expérience au cœur du tourisme chinois en pleine croissance soulève un sérieux doute sur le réalisme de l'écotourisme, c.a.d respectueux de l'intégrité écologique du milieu, dans un pays de plus d'un milliard d'habitants, qui ont de plus en plus les moyens de voyager. En effet, la Chine aurait connu une croissance économique annuelle moyenne de 9% au cours des 15 dernières années¹. Les sites naturels situés près des grandes métropoles, comme le Huangshan à l'est de Shanghai, sont donc en proie à une pression touristique considérable. Plusieurs hôtels de luxe étaient déjà construits sur la montagne lors de notre passage et je ne saurais dire si le gouvernement a la ferme intention de limiter le développement hôtelier sur ce site très lucratif. De plus, un aéroport, situé à une heure et demi de Huangshan, reçoit chaque jour des vols en provenance de grandes métropoles tel que Beijing, Shanghai et Hong Kong. Cette pression croissante du tourisme chinois, mais également

¹ "Des clés pour la Chine", site internet d'informations diverses sur la Chine : <http://www.chinois.org/>

internationale, conjuguée à une immense pression démographique me laisse très perplexe sur l'avenir des derniers refuges naturels de la Chine.

Le Sichuan

Cette province du centre, située au pied du plateau tibétain, est reconnue pour sa délicieuse cuisine et ses épices plutôt décapantes. Cette province est également l'hôte des dernières populations du panda géant, retranchées dans quelques forêts de bambou situées en altitude. Plusieurs parcs et réserves naturelles nationales du Sichuan tentent de protéger les derniers habitats naturels de cette espèce au bord de l'extinction. C'est le cas de la réserve naturelle de Jiuzhaigou et du parc national de Huanglong que nous avons pu visiter.



Localisation du parc de Jiuzhaigou dans la province du Sichuan
Tiré de <http://www.travelchinaguide.com/>

En partant de Chengdu, la capitale du Sichuan, il faut une douzaine d'heures d'autobus sur une route montagnarde escarpée, sinueuse et dangereuse avant de pénétrer dans la somptueuse vallée alpine de Jiuzhaigou. Avec ses pics enneigés, ses cascades et ses lacs turquoises entourés d'une dense forêt de conifère, ce paysage enchanteur me rappelait curieusement celui des montagnes rocheuses canadiennes. On pourrait pratiquement s'y méprendre si ce n'était des nombreux temples bouddhistes colorés et petits villages tibétains que l'on croise sur la route. En effet, la culture tibétaine s'étend bien au-delà de ses frontières actuelles. Malheureusement, le tourisme se développe très rapidement ici aussi, mais pas encore assez pour sursaturer le parc en touristes². Il y est encore possible de jouir de la beauté fantastique des lieux dans une paisible tranquillité.

² Pour en savoir plus sur le tourisme dans la réserve naturelle de Jiuzhaigou, veuillez consulter le communiqué du WWF sur l'élaboration d'un plan d'écotourisme spécifiquement pour cette réserve : <http://www.wfchina.org/english/loca.php?loca=192>

À une centaine de kilomètres au sud-ouest de la réserve, et en passant par delà un col de plus de 4000m, on retrouve le parc national de Huanglong et sa vallée du Dragon jaune. Cette vallée est caractérisée par une cascade longue de 3.5 km et très riche en carbonate de calcium. Ceci a amené la formation d'étranges étangs de calcaire aux couleurs très variées (rouge, bleu, vert, jaune, etc.) et étagés en terrasse tout au long de la cascade. L'abondance de minéraux dans l'eau et le substrat en calcaire a permis à de nombreuses plantes et arbres de pousser directement dans la cascade. Ce paysage hors du commun est vraiment spectaculaire. Malheureusement, aucun panda géant sauvage ne s'est miraculeusement montré pour le plaisir des visiteurs ! Nous nous sommes donc repris à notre retour à Chengdu pour visiter le plus gros centre de recherche et d'élevage du panda géant en Chine. Ce centre, qui couvre un territoire d'environ 150 hectares, abrite une vingtaine de pandas dans des enclos bien aménagés, mais tout de même exigus³. Les visites se font surtout pendant l'heure de déjeuner des pensionnaires. On les regarderait pendant des heures mâchouiller leurs tiges de bambou, assis sur leur arrière-train. Le centre sert également de musée sur l'habitat, les mœurs du panda et des mesures adoptées pour le préserver. Toutefois, il ne semblait pas être question de réhabiliter ces pandas dans la nature pour l'instant, probablement dû au manque d'habitats naturels disponibles ...

Le Tibet

Aujourd'hui facilement accessible par avion en ayant payer un permis touristique de visite, qu'on obtient aisément sur place auprès d'une agence de voyage locale, le Tibet n'est plus cette région mystique et interdite que décrivait les premiers voyageurs. Toutefois, la beauté de ses paysages et de la culture de son peuple subjugué encore et toujours.



Les deux principales villes du circuit touristique tibétain

Tiré de <http://www.travelchinaguide.com/>

³ Pour en savoir plus sur le centre de recherche et d'élevage du panda géant de Chengdu : <http://www.travelchinaguide.com/attraction/sichuan/chengdu/panda-breeding-and-research-center.htm>

En survolant l'est du Tibet à partir de Chengdu au Sichuan, on ne peut que s'émerveiller devant les montagnes enneigées qui s'étendent à l'infini. Un sentiment de joie intense nous envahi et l'on sent une certaine fébrilité chez les passagers de l'avion à l'approche de Lhasa, l'une des villes les plus élevées au monde. Sis à 3600m d'altitude, l'aéroport de Lhasa accueille la majorité des voyageurs qui comptent s'aventurer au Tibet. Après 1h30 d'autobus à partir de l'aéroport, on pénètre enfin dans Lhasa et on aperçoit au loin le palais du Potala. On oublie rapidement le manque d'oxygène qui commence à se faire sentir lorsqu'on admire cette immense forteresse blanche et ocre, au milieu des montagnes et des nuages. Il fut jadis le siège du gouvernement tibétain et la résidence d'hiver du Dalai-Lama, il représente maintenant le symbole des espoirs d'autonomie des Tibétains et Tibétaines. Du haut de ces treize étages (environ 118m) et pourvue de milliers de fenêtres, cette merveille architecturale domine majestueusement la ville. Chaque jour, de longues files de pèlerins viennent se prosterner devant le palais dans un mouvement unique où le païen touche successivement de ses mains son front, sa gorge et son cœur avant de s'allonger sur le sol et de recommencer à nouveau, et ce de manière presque incessante. Cette scène splendide de dévotion démontre la foi immense des Tibétains envers leur religion.

Cette ferveur religieuse se remarque également dans les nombreux monastères que l'on retrouve encore partout sur le territoire, malgré une destruction massive de ceux-ci par l'armée chinoise. Les monastères tibétains sont tous caractérisés par leurs nombreux moulins de prière qui contiennent des mantras. Tourner ces rouleaux signifie que l'on est en accord avec les lois bouddhistes. Les monastères sont également caractérisés par leur odeur, parfois étouffante, d'encens et de beurre de yak qui s'imprègne aux vêtements. Ces lieux, propices à la méditation, sont peints de couleurs éclatantes qui représentent bien la passion de vivre et l'optimisme de ce peuple. Les monastères sont également remplis de mille et une sculptures de Bouddha, de d'autres personnages divins ou représentations d'animaux mythiques qui proviennent d'un imaginaire très riche. Certains de ces monastères, tel que celui de Shigatse, sont tellement vastes que l'on croirait déambuler dans une ville, à l'intérieur d'une ville. Lorsqu'on est chanceux, on assiste par hasard à des prières, des chants ou des danses monastiques, des moments privilégiés que l'on n'oublie pas facilement.

Et que dire des paysages incroyables que l'on découvre après chaque col montagneux. On devient rapidement envoûté par le panorama qui s'offre à nous : d'imposantes montagnes à l'infini, de vastes lacs d'eaux claires, des fleuves et rivières aux eaux tumultueuses, le plateau et ces immenses plaines, avec ses quelques arbres, où se côtoient les nombreux pâturages de yacks ou de moutons avec parfois des champs agricoles où l'on cultive par exemple l'orge, qui servira entre autres à produire la bière tibétaine. On croise également sur la route énormément de drapeaux de prière et quelques villages avec leurs petites maisons

en pierre aux décorations resplendissantes qui ressortent beaucoup dans un paysage aussi aride. Les drapeaux de prière sont un signe de victoire et servent à remercier les divinités, le vent étant le messenger. Je n'oublierai pas non plus le souvenir des moutons et des vaches qui se reposaient paisiblement aux détours d'une ruelle, des aînés aux sourires édentés et aux visages très plissés et ridés dus à des années d'exposition au soleil, plus intense en altitude, des sourires d'espoir malgré les conditions difficiles et des visages qui s'illuminent lorsqu'on leur dit que le Dalaï-Lama est venu livrer leur message d'espoir au Canada en avril 2004.

Ce peuple, isolé du reste du monde pendant des siècles à cause de l'inaccessibilité de son territoire, a pu ainsi préserver des coutumes, une culture et une religion singulière, maintenant menacées par l'arrivée massive de colons chinois qui profitent d'incitatifs financiers de leur gouvernement pour s'installer au Tibet. La sinisation opérée par le gouvernement chinois a mis en minorité les tibétains sur leur propre territoire⁴. La construction du train, prévu pour 2007, reliant Golmud, dans la province du Qinghai, à Lhasa augmentera encore plus la transmigration de chinois vers le Tibet⁵. L'avenir de la culture tibétaine est incertaine et j'espère de tout mon cœur que le vent portera leur message de paix, d'espoir et de liberté à la terre entière et jusqu'aux grands décideurs de ce monde ...

Références complémentaires

Bureau touristique national de la Chine : <http://www.cnto.org>

Dossier spécial sur la Chine dans l'EnviroBref (bulletin électronique de l'Institut des Sciences de l'Environnement à l'Université du Québec à Montréal) de novembre 2004, vol 16, no 1 : <http://www.ise.uqam.ca/enviro/archives.html>

Li, Wenjun (2004). *Environmental management indicators for ecotourism in China's nature reserve : A case study in Tianmushan Nature Reserve*. Tourism Management, Volume 25, Issue 5. pages 559-564

Liste des aires protégées et des sites de patrimoine mondial par l'organisation des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE): http://www.unep-wcmc.org/index.html?http://www.unep-wcmc.org/protected_areas/UN_list/index.htm~main

⁴ La sinisation peut se définir comme l'assimilation des minorités chinoises par l'ethnie majoritaire Han.

⁵ Pour en savoir plus sur le projet de lien ferroviaire entre Golmud et Lhasa :

- <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/c/a/2005/02/24/MNG7FBG71U1.DTL>
- <http://www.studentsforafreetibet.org/article.php?id=461>

Projet d'ouvrage sur le bouddhisme tibétain et développement durable : <http://ecospiritualite.metawiki.com/news>

Van der Molen, R. (1999) *Carnet de voyage : Le Tibet*. Éditions France Delory : Paris, 175 pages

Wen, J.J. et C.A. Tisdell (2001) *Tourism and China's development: Policies, regional economic growth and ecotourism*. World Scientific: Singapore, 399pages.

Les Éditions en Environnement VertigO

La revue électronique en sciences de l'environnement VertigO

La revue électronique **VertigO**, fondé en avril 2000, s'est donnée pour mandat la promotion et la diffusion, au sein de la francophonie, de recherches et d'opinions scientifiques sur les problématiques environnementales. **VertigO** privilégie la diffusion de savoirs critiques, de travaux et résultats de recherche et de dossiers d'actualité. La revue rejoint une grande diversité d'acteurs sociaux au sein de la francophonie qui oeuvrent en environnement.

La revue électronique en sciences de l'environnement VertigO désire répondre à quatre objectifs principaux : éduquer, former, informer et communiquer.

Éduquer en créant des liens avec les institutions d'éducation et de formation.

En collaboration avec les programmes universitaires, la revue permet la diffusion de travaux de recherche d'étudiants universitaires tout en offrant un support à la rédaction scientifique. Les publications étudiantes sont soutenues par des articles provenant de chercheurs seniors.

Former en offrant des stages d'immersion et une littérature scientifique francophone

La revue accueille des stagiaires dans le cadre de ses activités afin d'offrir une immersion dans le domaine de l'édition scientifique électronique. Les articles publiés servent de support académique. Enfin, VertigO désire, en partageant son expertise, favoriser la création de revues électroniques autonomes au sein de la francophonie.

Informer en diffusant des articles scientifiques et d'information

La revue accueille, sans barrière disciplinaire, des travaux provenant d'une grande variété de disciplines notamment des sciences sociales et de la nature, du droit, de la philosophie et des sciences de la santé. Ces travaux proviennent d'une grande diversité d'auteurs (universitaires, organismes non gouvernementaux en environnement, instituts de recherche indépendants, consultants privés) oeuvrant en sciences de l'environnement.

Communiquer en créant un lieu d'échanges accessible au plus grand nombre.

La revue travaille à l'émergence d'un réseau de revues électroniques en environnement afin de favoriser la rencontre d'un bassin critique de lecteurs, la création de forums et autres activités à caractère scientifique (séminaires électroniques, colloques, etc.).