



IV<sup>èmes</sup> RENCONTRES INTERNATIONALES  
MONACO ET LA MÉDITERRANÉE

*Le patrimoine méditerranéen*

PATRIMOINE CULTUREL  
NATUREL ET SUBAQUATIQUE  
POUR UN DÉVELOPPMENT DURABLE  
EN MÉDITERRANÉE

ACTES

MONACO 2007

Association Monégasque pour la Connaissance des Arts



## QUEL AVENIR POUR LA BIODIVERSITÉ EN MÉDITERRANÉE ?

### Qu'est-ce que la biodiversité ?

Le mot « biodiversité » (en anglais, *biodiversity*), contraction de « diversité biologique », a été créé en 1985. Ce terme est d'abord assimilé à la diversité spécifique, c'est-à-dire l'ensemble des espèces vivantes, bactéries, protistes (unicellulaires), *fungi* (champignons), végétaux et animaux d'un milieu ; par exemple, en environnement marin, un morceau de fond vaseux, un mètre cube d'eau de mer au large ou encore un fragment de plage ou de calanque côtière... Mais en fait, la biodiversité est bien plus que la seule diversité spécifique, incluant à la fois les espèces et leur abondance relative. Cependant, en pratique, l'espèce est commode : elle peut être assimilée à une sorte « d'unité de monnaie » identifiable et comptabilisable et donc aisée à utiliser (Boeuf, 2008).

Pour le biologiste, la biodiversité se définit sur trois niveaux : les diversités génétique, organismique et écologique, ou encore les gènes, les espèces, les écosystèmes (Blondel, 2005, 2007 ; Boeuf, 2008). Si l'espèce est le niveau taxinomique privilégié pour la description et la reconnaissance, la biodiversité correspond en fait à toute l'information génétique que contient chaque unité élémentaire de diversité, qu'il s'agisse d'un individu, d'une espèce ou d'une population. Lévêque et Mounolou (2001) reconnaissent quatre grandes problématiques autour du terme « biodiversité » :

- l'étude des mécanismes biologiques fondamentaux permettant d'expliquer la diversité des espèces et leurs spécificités et nous obligeant à « décortiquer » davantage les mécanismes de la spéciation et de l'évolution,
- les approches plus récentes et prometteuses en matière d'écologie fonctionnelle et de biocomplexité, incluant l'étude des flux de matière et d'énergie et les grands cycles biogéochimiques,
- les travaux sur la nature « utile » pour l'humanité, dans ses capacités à fournir des aliments ou éléments nutritionnels, des substances à haute valeur ajoutée pour des médicaments, produits

cosmétiques, ou encore à offrir des modèles plus simples et originaux pour la recherche fondamentale et finalisée, afin de résoudre des questions agronomiques ou biomédicales (Boeuf, 2007),

- la mise en place de stratégies de conservation pour préserver et maintenir un patrimoine naturel constituant un héritage naturellement attendu pour les générations futures.

C'est à partir du « Sommet de la Terre », organisé par les Nations Unies sur l'environnement et le développement, à Rio de Janeiro au Brésil, en juin 1992, que le terme « biodiversité » est sorti des laboratoires du vivant et du sésail des biologistes pour partir à la conquête des sciences humaines et sociales, des médias, des politiques et du grand public. C'était la signature d'un engagement historique : la première Convention Internationale sur la diversité biologique, un traité conclu au niveau mondial (ratifié aujourd'hui par 188 pays), non seulement assurant la protection des espèces, mais aussi prenant en compte les écosystèmes, le patrimoine génétique et l'utilisation durable des ressources naturelles. Le débat se déplaçait ainsi des sciences biologiques vers les politiques.

### **Estimation de la biodiversité**

A l'heure actuelle, plus de 70 % de la surface du globe sont recouverts par les mers et océans, qui représentent en surface 361 millions de km<sup>2</sup> (2,42 fois plus de mer que de terre). Ces masses océaniques développent un volume total de 1 370 millions de km<sup>3</sup> pour une profondeur moyenne de 3 800 m (> 90 % du volume disponible pour le vivant). Et pourtant, la diversité spécifique reconnue dans les océans ne dépasse pas 15 % (environ 274 000 espèces, dont 93 000 pour les seuls écosystèmes coralliens) de l'ensemble des espèces vivantes actuelles décrites. Même si ce milieu est moins connu (nous sous-estimons donc la diversité marine), les écosystèmes marins et le mode de vie dans un milieu continu (à travers la dispersion des gamètes et des stades larvaires) des espèces qui les peuplent, prédisposent moins à l'endémisme strict (espèces très localisées et vivant exclusivement en un lieu limité) que dans les biotopes terrestres. La formation de la Terre est datée à 4 600 millions d'années (MA) et la Vie est apparue dans l'océan ancestral, finalement assez rapidement, après le refroidissement initial et la condensation des masses d'eau, vers 3 800 MA. Nous renvoyons le lecteur à la revue de Boeuf (en 2008) pour suivre l'histoire et l'évolution de la vie. La sortie de l'eau fut un événement réellement déterminant dans l'his-

toire du Vivant, elle se produit pour la vie métazoaire organisée, vers 400 MA.

L'une des questions essentielles aujourd'hui est de parvenir à une estimation objective de la diversité spécifique. Ce n'est pas un défi simple car tout évolue très vite et la destruction massive des milieux entraîne la disparition d'un nombre inconnu d'espèces. K. Von Linné, le père de la systématique « binominale » (nom latin en deux mots, le genre et l'espèce) dénombrait au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, environ 12 000 espèces vivantes, végétaux et animaux. Aujourd'hui, en ce début du XXI<sup>e</sup> siècle, nous en sommes entre 1,75 et 1,8 millions d'espèces recensées et décrites. Et nous savons bien que nous sommes très loin du compte ! On décrit actuellement environ 16 000 nouvelles espèces par an (dont 10 % issues du milieu marin). Le tableau 1 (tiré de Boeuf, 2007a) fournit une estimation des espèces encore présentes, que nous avons reprise de différents auteurs. La fourchette peut être gigantesque : entre 7 et 30 millions ? Gordon et Spicer en 2004 disaient 13,5 millions. R. May (1992) évoque 7 millions sans les procaryotes. C'est, bien entendu, l'ordre de grandeur qui est intéressant. Si nous estimons que vivent aujourd'hui entre 1,5 et 2 % de toutes les espèces qui ont peuplé la planète depuis les toutes premières origines, la Vie aurait ainsi pu diversifier largement plus d'un milliard d'espèces sur 4 milliards d'années !

Pour la Méditerranée, Bianchi et Morri en 2000 donnent une estimation d'environ 8 500 espèces (macroscopiques, hors procaryotes et petits eucaryotes), ce qui représenterait quelque 6 % de la diversité équivalente dans l'Océan mondial ; en fait, précisent-ils, entre 4 et 18 % selon les groupes floristiques ou faunistiques. Cela est considérable si l'on tient compte de la faible surface relative (environ 0,82 %) de cette mer ou encore de son volume relatif (environ 0,32 % du volume marin total). Même si l'on tient compte du fait que la Méditerranée est très probablement le fragment d'océan étudié durant la plus longue période et le plus intensément, c'est impressionnant. Beaucoup des grandes stations marines historiques sont situées sur ses rives, Napoli, Villefranche-sur Mer, Marseille-Endoume, Banyuls-sur-mer, Barcelona, Valencia, Heraklion... Par exemple, 18 % des algues vertes et algues brunes, 17 % des algues rouges, 18 % des tuniciers et des mammifères marins, 11 % des éponges et 10 % des bryozoaires y sont présents. La répartition de la biodiversité est très hétérogène sur la planète (Myers *et al.*, 2000 ; Lévêque et Mounolou, 2001 ; Dubois, 2004 ; Barbault, 2006 ; Barbault *et al.*, 2006) et les premiers auteurs ont précisé la notion de *hot spot*. A partir des grands biomes retenus (entre 10 et 100 selon les auteurs), il apparaît bien que

TABLEAU 1. — Espèces recensées et « probables » (Boeuf, 2008).

Groupe taxinomique	N espèces recensées	N espèces estimées	
<b>Virus</b>	4 000	500 000 ?	
<b>Bactéries</b>	4 000	1 000 000 ?	
<b>Champignons</b>	72 000	1 à 2000 000 ?	
<b>Protozoaires</b>	40 000	200 000	
<b>« Algues » unicellulaires</b>	40 000	400 000 ?	
<b>Plantes</b>	288 000	320 000	
<b>Invertébrés</b>		10 000 000	
	éponges	10 000	
	cnidaires	10 000	
	plathelminthes	20 000	
	nématodes	25 000	400 000
	arachnides	75 000	750 000
	crustacés	40 000	150 000
	insectes	950 000	8 000 000
	mollusques	117 500	200 000
	annélides	12 000	
	échinodermes	6 100	
<b>Vertébrés</b>			
	poissons	25 600	27 000
	amphibiens	4 200	5 000
	reptiles	7 200	7 400
	oiseaux	9 672	9 700
Entre 1,75 et 1,8 M sp	mammifères	4 327	4 400

la diversité biologique est très inégalement répartie et, selon les zones géographiques, elle est plus ou moins abondante. C'est à partir de 14 biomes retenus que Gaston et Spicer proposaient en 2004 le chiffre de 13,5 millions d'espèces actuellement présentes sur Terre. Aujourd'hui, la moitié des espèces vivantes se répartissent sur 7 % des terres émergées, près de 90 % sur 10 %. Douze zones ont été qualifiées de *megadivers*, abritant plus de 70 % de la diversité mondiale.

Et la Méditerranée et son pourtour apparaissent bien comme l'un des grands « points chauds » de la planète. La surface originale est estimée à plus de 2 millions de km<sup>2</sup> et contient plus de 50 % de plantes endémiques. Pour la partie marine, ce fait lié à de très originaux écosystèmes, la Méditerranée regroupe plus de 25 % d'espèces marines endémiques. Ceci souligne très clairement les impérieux besoins de travaux de recherche et de mise en protection de cette zone du monde, au passé historique exceptionnel et largement démontré par ailleurs, lors de cette session de conférences à Monaco. En matière de diversité procaryotique, la Méditerranée apparaît aussi comme très particulière, probablement par ses grandes profondeurs, en relation avec la température élevée qui y prévaut (Zaballos *et al.*, 2006).

L'histoire géologique de la Méditerranée et son régime microtidal expliquent l'existence d'écosystèmes uniques sur la planète, tous, sources d'extraordinaire diversité biologique. Ils ont en commun cette exigence : le maintien permanent du niveau de la mer, par exemple en ce qui concerne les côtes françaises, le trottoir à *Lithophyllum lichenoides* (en milieu médiolittoral), l'herbier de posidonies (*Posidonia oceanica*, phanérogame marine) qui constitue des prairies sous le niveau de l'eau en milieu infralittoral, le coralligène, formation exclusive du milieu circalittoral et enfin les étangs littoraux, typiques dans la zone Languedoc-Roussillon.

L'influence du régime microtidal méditerranéen sur les étages divers peut être brièvement résumée ainsi :

- pour l'étage supralittoral, peu de différences avec le régime macrotidal,
- pour l'étage médiolittoral, très restreint en Méditerranée, à quelques dizaines de centimètres au maximum, les ceintures existent, mais avec une faible amplitude verticale, et « télescopées » les unes contre les autres ; c'est l'étage le plus modifié par la faiblesse des marées et il ne faut jamais oublier que c'est une zone remarquable de l'écosystème marin avec la convergence des trois éléments, terre, air et eau de mer,
- pour l'étage infralittoral, la hauteur de la colonne d'eau est constante, donc l'éclairement aussi au niveau du fond ; il n'y a pas de courants de marée, la sédimentation est régulière avec une granulométrie de plus en plus fine du littoral vers le large (quand il existe un plateau continental) ; les fonds de vase commencent vers 35 m de profondeur dans le golfe du Lion,
- pour l'étage circalittoral, la hauteur d'eau est constante mais, surtout, en l'absence de courants de marée, la sédimentation fine est très importante.

Chaque étage du système phytal méditerranéen présente au moins un biotope particulier :

- dans le médiolittoral : le trottoir à *Lithophyllum lichenoides*, positionné dans l'infralittoral inférieur et seulement en mode battu. Il s'agit d'un encorbellement constitué d'un bioconcrétionnement d'origine végétale, de structure poreuse, à l'intérieur duquel on note une convergence de faune terrestre (l'araignée *Desidiopsis*, Myriapodes...) et de faune marine. C'est un milieu beaucoup plus tamponné que le milieu ambiant en raison de l'humectation permanente du substrat à sa partie inférieure, engendrant un mouvement d'eau qui traverse le trottoir de bas en haut pour s'évaporer

à sa partie supérieure. Comme ce trottoir bénéficie d'une humectation constante, il est totalement dépendant d'un régime microtidal.

- dans l'infralittoral : l'herbier de posidonies occupe, quand il est présent, la totalité de l'étage puisque c'est sa répartition qui en définit l'amplitude. Il se présente sous la forme de prairies sous-marines posées au-dessus d'une matre constituée par son rhizome qui le remonte progressivement vers la surface en raison d'une très grande longévité. La posidonie a besoin de lumière, d'où sa localisation littorale mais elle évite les apports d'eau douce (on ne la trouve pas aux abords des estuaires et elle est absente des étangs saumâtres). Après une floraison automnale (c'est une phanérogame), ses graines s'installent sur les fonds sableux légèrement envasés, mais la multiplication végétative est très importante. Son intérêt écologique est grand pour deux raisons principales : (1) Il s'agit de deux biotopes superposés, avec des peuplements photophiles au niveau des feuilles et des peuplements sciaphiles (enclave circalittorale à affinité coralligène) au niveau des rhizomes. Cela entraîne une très grande richesse biologique spécifique car les feuilles qui servent de refuge à de nombreuses espèces offrent aux organismes sessiles une très grande surface disponible pour leur fixation. (2) L'herbier de posidonies constitue un très gros apport de production primaire, même quand le plateau continental est réduit ou absent. La dégradation des feuilles est très lente en raison de la présence de phénols dans leurs tissus, et la nécromasse des feuilles détachées qui sédimente en période calme est ensuite exportée par les tempêtes vers les étages profonds du système aphytal. C'est donc un milieu fondamental dans l'écosystème littoral de la Méditerranée, par sa richesse spécifique et par la production primaire qu'il apporte. Mais c'est aussi un biotope très fragile en raison de ses exigences écologiques très strictes qui le rendent très vulnérable aux impacts anthropiques. Les mêmes exigences le rendent indissociable d'un régime microtidal.
- dans le circalittoral : le coralligène est une formation exclusive de l'étage circalittoral où elle se présente sous forme de terrasses sous-marines. Comme le trottoir, c'est un bioconcrétionnement d'origine végétale avec une structure très poreuse qui permet la vie à l'intérieur du substrat et offre des refuges pour de très nombreuses espèces, à toutes les échelles de taille. Les massifs de coralligène sont des îlots de très haute diversité spécifique, qui peuvent alimenter en larves et en juvéniles les biotopes alentour. Les contingents faunistiques sont très nombreux, en relation avec la multi-



tude des niches écologiques offertes : faune sessile de fond dur, faune liée au calcaire, aux cavités, broûteurs, prédateurs, suspensivores, dépositivores. La forme en terrasses est générée par la présence des algues calcaires constructrices à la face supérieure des blocs car c'est là qu'elles reçoivent au mieux la lumière tamisée qui leur est nécessaire. En dehors de la lumière atténuée du circalittoral, le coralligène a besoin de l'existence d'un courant faible et constant pour alimenter les suspensivores et les dépositivores et pour oxygéner le milieu poreux. C'est donc un écosystème très important par sa diversité spécifique, il est capable de rassembler un grand nombre de contingents faunistiques, ce qui l'a fait qualifier de carrefour bio-éthologique par certains auteurs. Ses exigences écologiques le rendent tout à fait inadapté à un régime macrotidal générant de forts courants régulièrement alternés de marée, synonymes d'un déficit de sédimentation fine.

Quant aux étangs littoraux languedociens, leur origine est très récente, la dernière régression (glaciation du Würmien) a généré l'existence d'immenses plages de sable dans le golfe du Lion et les apports éoliens ont engendré la construction de cordons littoraux importants qui ont retenu l'eau des fleuves côtiers. Cela a donné des milieux saumâtres, communiquant avec la mer par des passages étroits (graus), toujours très peu profonds, géologiquement très éphémères et donc particulièrement menacés par les activités humaines. La bande de terre entre la mer et l'étang est appelée lido. Elle est constituée d'une dune mobile peuplée de plantes colonisatrices (comme l'oyat, *Ammophila arenaria*) qui retiennent le sédiment, et d'une dune fixe avec des plantes qui stabilisent le substrat (*Ephedra*) se terminant par une sansouire (peuplement de salicornes) en arrivant à l'étang. La position littorale de ce lido en fait un biotope de plus en plus agressé par l'expansion du tourisme. Quant à la gestion des étangs, elle est tout aussi catastrophique, allant de la fermeture des graus, qui asphyxie l'étang (Canet-en-Roussillon par exemple) à l'ouverture de passage pour les bateaux de plaisance avec une marinisation de l'étang (Salces-Leucate par exemple). Ces biotopes particuliers sont liés aux caractéristiques de la Méditerranée et n'auraient pas pu se développer dans des mers à fort marnage.

Ces milieux particuliers, spécifiques de la Méditerranée, sont extrêmement riches, en terme de diversité biologique, et ils ont en commun leur exigence pour la stabilité permanente du niveau de la mer. Ce phénomène lié à la morphologie de la Méditerranée n'est pas menacé, mais d'autres facteurs d'origine anthropique pèsent très sérieusement sur la frange littorale, le moindre n'étant pas un relève-

ment du niveau de la mer en liaison avec le réchauffement de la planète et la fonte des grands glaciers. Quelques dizaines de centimètres seraient peut-être supportés par l'herbier et le coralligène, mais seraient fatals au trottoir.

### **Vers la sixième grande crise d'extinction ?**

En fait, depuis ses origines, l'histoire de la Vie a déjà connu des événements d'extinction dramatiques (mais totalement naturels !). Si nous prenons en compte les 600 derniers millions d'années, depuis « l'explosion cambrienne de la Vie », époque durant laquelle une part importante des grands *phyla* s'est diversifiée dans l'océan, on peut aujourd'hui retrouver des traces géologiques et paléontologiques de cinq grandes vagues d'extinction massive. Il est clair que ces phases, plus ou moins « violentes », ont joué un rôle déterminant dans l'histoire de la Vie, les biodiversités et les répartitions actuelles (voir Lévêque et Mounolou, 2001 ; Benton et Twitchett, 2003 ; Dubois, 2004 ; Barbault, 2006 et Boeuf, 2008).

Mais aujourd'hui, la situation est différente. Le principal responsable de la dégradation catastrophique des milieux (surtout changement climatique et destruction de la biodiversité) est une espèce vivante, l'humain, qui a explosé en démographie et en impact environnemental (Blondel, 2007) à tel point que l'on parle d'anthropocène (Barbault, 2006). Les rythmes de disparition s'affolent : l'extinction de routine (*background extinction*) est de l'ordre d'une espèce sur mille par millénaire alors que le taux actuel serait 1 000 fois plus élevé (Raven, 2002 ; *Millenium Ecosystem Assessment*, 2005 ; Blondel, 2007, Boeuf, 2008). A ce rythme, les 2/3 de toutes les espèces de la Terre auront disparu avant la fin du *xxi*<sup>e</sup> siècle (Blondel, 2005). Différents scénarios ont été avancés pour prévoir, à l'horizon 2100, les rythmes d'extinction ou les modifications prévisibles des écosystèmes sur terre, en eau douce ou en mer, en fonction des fluctuations de divers facteurs comme la température, l'usage des terres, la quantité présente d'azote, le CO<sub>2</sub> atmosphérique et l'échange biotique selon les types de biomes (Sala *et al.*, 2000) : ils sont tous très alarmistes, y compris pour la Méditerranée. On vient juste d'annoncer la disparition totale du dauphin de Chine qui vivait dans le Yang Tsé et était un champion de l'écholocation, évoluant dans des eaux très turbides. Un grand mammifère qui s'en va, c'est dur ! Pourquoi n'a-t-on pas tenté de le sauver en *marineland* ? Sera-t-il le premier d'une longue liste durant le *xxi*<sup>e</sup> siècle ?



FIG. 1. — Vue du littoral méditerranéen roussillonnais, à Argelès-plage (G. Boeuf).



FIG. 2. — Pêche au chalut sur les bancs de petits pélagiques en Golfe du Lion (G. Boeuf).



FIG. 3. — Larve de squille dans le plancton en Méditerranée (photothèque du Laboratoire Arago, CNRS/UPMC, cliché J. Lecomte).



FIG. 4. — Vue de l'aquaculture méditerranéenne, élevage de daurades en Corse (G. Boeuf).

Les estimations de l'UICN sont de 3 600 espèces de végétaux supérieurs et 3 500 espèces de vertébrés (25 % de mammifères) menacées dans le monde, aujourd'hui. Et quelles estimations avons-nous pour les invertébrés marins, les nématodes ou encore les insectes ? Les activités anthropiques n'ont jamais été aussi désastreuses et destructrices sur la biodiversité : la question posée est alors « ...Allons-nous vers la sixième grande extinction ? », cette fois-ci, causée par l'homme et son cortège d'activités, et en très peu de temps.

#### **Pourquoi cette érosion de la biodiversité ?**

En fait, notre perception du Vivant et de la nature a considérablement évolué depuis un siècle et demi. D'une situation de nature hostile, agressive, dangereuse, menaçante pour l'humanité, nous sommes passés à une situation de nature dégradée et détruite par l'homme. L'érosion de la biodiversité « non naturelle » — méfions-nous quand même de ce terme, il ne faudrait pas qu'à ce prix, l'on sorte l'homme de la nature, il en fait partie intégrante — a explosé avec deux facteurs, la démographie humaine et le cortège des activités

anthropiques associées. Et tout suit, du changement climatique à la dégradation de l'environnement et à l'urbanisation sauvage, en passant par l'effondrement de la biodiversité. L'homme est devenu la plus grande force évolutive de la planète (Palumbi, 2001) : les changements évolutifs accélérés dérivent de la forte pression de sélection exercée par la technologie humaine.

Tous les auteurs s'accordent pour reconnaître quatre grandes causes à la situation actuelle et aux atteintes à la biodiversité :

- la disparition et la dégradation des milieux naturels,
- la prédation excessive d'espèces, exploitées ou non, et la surexploitation des ressources naturelles,
- l'introduction d'espèces de façon anarchique (la « roulette écologique »),
- le changement climatique si rapide provoqué par l'homme (Nicolas, 2004 ; Bergé, 2008). Les effets du réchauffement sont de plus en plus discernables tant sur les végétaux que sur les animaux et, bien que nous n'en soyons encore qu'aux prémices, les réponses écologiques sont déjà clairement visibles. C'est aussi le cas en Méditerranée (Bianchi et Morri, 2000 ; Morri et Bianchi, 2001 ; Zenetos *et al.*, 2002 ; Garrabou, 2003). A partir de crustacés mysidacés de grottes sous-marines, Chevaldonné et Lejeusne (2003) et Lejeusne *et al.* (2006) ont démontré l'influence importante de l'augmentation de la température sur les remplacements potentiels d'espèces et risques d'extinction réels, et sur la plasticité d'adaptation, au travers des modifications affectant les protéines de choc chaud (HSPs).

Au cours du siècle dernier, 1700 espèces animales et végétales se sont ainsi déplacées dans l'hémisphère nord d'environ 6 km par décennie vers le nord et de 6 m en altitude en réponse au réchauffement planétaire (Parmesan et Yohe, 2003), et ce, accompagné d'un avancement des comportements de printemps. Pour survivre au réchauffement, les espèces seront contraintes de pratiquer une véritable « traque à l'habitat » (Blondel, 2005). Pour un réchauffement moyen de 1°C, si nous prenons l'exemple de la France, les espèces « courront contre le réchauffement » et devront parcourir 180 km vers le nord et 150 m en altitude : les espèces moins rapides changeront leur calendrier ou disparaîtront (Abbadie et Lateltin, 2004). Et comment les coraux s'adapteront-ils à la remontée (trop rapide) du niveau des océans, liée à la fonte inéluctable des grands glaciers et de la banquise ? Ils sont très menacés par l'acidification généralisée des océans, causée par la présence accrue du CO<sup>2</sup>. Un article, publié par

Thomas *et al.* dans *Nature* en janvier 2004, avance qu'un million d'espèces vont disparaître à l'horizon 2050 (nous n'en connaissons pas encore 2 millions aujourd'hui !) uniquement à cause de l'augmentation de la température globale et de ses effets associés. Dans un article remarqué en 1997, Vitousek et ses collaborateurs démontraient la domination des humains sur les écosystèmes tant océaniques que terrestres et concluaient que nous changions plus vite la Terre que nous ne la comprenions et la découvrons. Jamais l'emprise n'a été aussi forte. Barbault (2006) et Barbault *et al.* (2006) décrivent cinq actions majeures de l'homme sur l'environnement et la biodiversité :

- sur les cycles biogéochimiques planétaires ;
- sur la structure, la stabilité et la productivité des écosystèmes ;
- sur la composition des faunes et des flores ;
- sur la physiologie, la démographie et la génétique des espèces vivantes ;
- sur la santé et la qualité de la vie.

Les espèces invasives posent de redoutables problèmes. L'ouverture du canal de Suez a permis l'entrée de plus de 300 espèces de la mer Rouge en Méditerranée ; les eaux de ballastage des grands *tankers* (estimées à 12 milliards de tonnes par an pour un transfert journalier d'au moins 3 000 espèces !) disséminent partout des milliers d'espèces de phyto- et zooplancton, certaines très toxiques et dangereuses pour l'environnement... Un cténophore de la côte est des États-Unis, *Mnemiopsis leidyi*, a été ainsi introduit incidemment en mer Noire au début des années 80 et s'est mis à proliférer pour atteindre un million de tonnes en 1990 : la compétition indirecte avec les anchois a sapé la pêche (CSPNB, 2007). On tente aujourd'hui de le combattre grâce à d'autres cténaïres (*Beroe*). Deux espèces de caulerpe (au moins) se sont installées en Méditerranée. La perte de diversité biologique rend les écosystèmes beaucoup plus fragiles face aux invasions biologiques : une biodiversité maintenue est la meilleure ligne de défense contre les espèces invasives (Kennedy *et al.*, 2002), ceci est maintenant très bien documenté.

Un autre aspect « édifiant » en mer est la surexploitation des ressources vivantes renouvelables (Jackson *et al.*, 2001 ; Pauly *et al.*, 2002). Les pêches mondiales permettent le débarquement annuel d'environ 90 à 95 millions de tonnes mais, quand on regarde une courbe de l'évolution des captures, on voit qu'elles sont en totale stagnation depuis une quinzaine d'années, malgré des moyens de plus en plus sophistiqués pour la détection et la capture. Beaucoup de

pêches (crevettes en Indonésie, crabes, serranidés et congres...) sont très destructrices sur l'ensemble des stocks, ne permettant qu'une faible proportion de produits ciblés débarqués, le reste étant abandonné et perdu. Les fonds marins et leur biodiversité sont très abîmés par les contraintes mécaniques répétées des engins traînants, chaluts et dragues : la surface des océans affectée par les chalutages (surtout sur les plateaux si riches en biodiversité) est 150 fois supérieure à l'aire annuelle subissant la déforestation (Cury et Morand, 2004). On estime aujourd'hui les stocks halieutiques pleinement exploités et surexploités, à 76 % (FAO, 2004). Les chiffres de débarquements enregistrés ne tiennent bien sûr pas compte des captures illégales, des « hors-quotas » ou « hors-tailles » vendus « au noir », ni des rejets en mer : ceci pourrait représenter 40 à 50 millions de tonnes par année en plus. 50 à 90 % des grands poissons prédateurs ont disparu en 15 ans (Cury et Morand, 2004). Toutes les tailles « record » des grandes espèces marines ont été enregistrées il y a plus de 50 ans : ces animaux grandissent durant toute leur vie et la pression actuelle de pêche leur interdit de ...vieillir ! Les débarquements (alors que les méthodes de capture actuelles ciblent tous les gros animaux) se font avec des animaux de plus en plus petits, ce qui est très inquiétant. Les structures de populations changent, les poissons se reproduisent plus jeunes et plus petits. Se repose alors la question lancinante de la ressource renouvelable ; l'animal capturé s'est-il, au moins une fois, reproduit auparavant ? Dans ce contexte, seule l'aquaculture peut apporter des sources de protéines d'origine aquatique supplémentaires pour faire face aux besoins croissants, issus à la fois de l'augmentation de la population mondiale et d'une demande accrue pour ce type de produits (qualité nutritionnelle) : mais quel type d'aquaculture (Boeuf, 2003) ? Le grand thon rouge est très menacé en Méditerranée, les quotas fixés, déjà trop hauts, n'étant pas respectés et les poissons, capturés en pleine période de reproduction. Et nous savons maintenant que les thons méditerranéens peuvent venir de l'ouest Atlantique (Block *et al.*, 2005). Pour la pêche en général en Europe, dans un contexte où le potentiel de capture des flottilles excède largement le niveau de capture autorisé, un système de gestion, basé sur le contrôle des sorties (Totaux Autorisés Capturables, TAC) plutôt que des entrées (l'accès à la ressource), stimule de fait une rentabilisation à court terme de l'outil de production (Gros, 2006). Un article, paru en novembre 2006 dans la revue *Science*, insiste sur le fait que la perte de biodiversité marine s'accélère, ce qui diminue les capacités de production en nourriture pour l'humanité, la qualité de l'eau et les possibilités de régénération des stocks. Mais ces auteurs (Worm *et al.*, 2006) pensent que la tendance est encore réversible si l'on prend rapidement



les bonnes mesures. Nous les suivrons volontiers sur ce terrain, mais il ne faut plus tergiverser.

### Quelles solutions ?

En fait, le développement durable, si annoncé et discuté, l'est-il pour longtemps (Trommetter et Weber, 2005) ? Et pourquoi protéger la diversité biologique ? Nous n'allons pas revenir ici sur la durabilité d'un développement, cela a été amplement débattu par ailleurs, et il est extrêmement difficile aujourd'hui de préciser quel est le meilleur équilibre pour un milieu. Le fonctionnement optimal des écosystèmes nécessite-t-il la biodiversité actuelle ? La question est d'importance (Chapin III *et al.*, 2000). Certains précisent qu'ils « tourneront » aussi bien avec beaucoup moins d'espèces mais alors, lesquelles sont « importantes » et comment les choisir ? Et saurons-nous faire cela ? La biodiversité augmente la productivité et préserve les écosystèmes à long terme : une diminution de la diversité végétale entraîne une réduction de la productivité (Gaston et Spicer, 1998 ; Purvis et Hector, 2000). Une grande biodiversité aide à réduire la variabilité temporelle des écosystèmes en environnements fluctuants (Loreau *et al.*, 2001).

Il est fort probable que la solution viendra d'un rapprochement harmonieux entre économie et écologie ; R. Barbault (2006) parle de « réconciliation ». Quel est le coût économique de la pollution, de la destruction des milieux, de leur remise en état (quand cela est encore possible), de l'éradication de stocks vivants (normalement renouvelables, mais trop sollicités, bien au-delà de leurs capacités de régénération), de la dissémination anarchique des espèces ? La nature a-t-elle un prix ? Quelle est la valeur économique de la diversité biologique, des biotechnologies associées, des ressources agrosylvopastorales, des produits naturels en matière de cosmétiques, de pharmacie... ? Toute hiérarchie altérée des écosystèmes marins conduit à une catastrophe, l'exemple antérieurement cité de ce cténaire en mer Noire est édifiant !

Aujourd'hui, 40 % de l'économie mondiale reposent sur les produits biologiques et les processus écologiques : comment négliger cela ? De plus, la biodiversité joue un rôle fondamental dans les grands équilibres de la biosphère en matière de grands cycles biogéochimiques, et le risque de dysfonctionnement est important.

Pour les ressources vivantes de l'océan, et tout particulièrement de la Méditerranée, des mesures comme un effort de pêche raisonné et bien organisé, éventuellement appuyé par des libérations de juvéniles

issus d'écloseries (mollusques, crevettes, poissons pour le repeuplement), des engins de pêche moins agressifs (dragues, chaluts...) et plus sélectifs, l'arrêt du gaspillage et des méthodes de capture destructrices, des zones de cantonnement, des arrêts biologiques, des récifs artificiels bien conçus et bien positionnés, une forte diminution de productions des farines, une aquaculture soucieuse des lendemains (Boeuf, 2003), sans destruction massive d'écosystèmes côtiers, le choix des protéines et lipides d'origine végétale dans l'alimentation des carnivores, un contrôle strict des échanges et introductions ... peuvent conduire à des ressources aquatiques durables dans un respect de la qualité du produit mis sur le marché à un coût acceptable, et du maintien des écosystèmes et de la biodiversité. Ce n'est pas gagné, nous avons encore eu, durant l'été 2006 en Méditerranée, un exemple de conflit violent entre écologistes et pêcheurs de thon rouge. De toute façon, nous n'échapperons pas à une gestion raisonnée des ressources pour un développement durable, et ceci dans tous les domaines. Notre survie en dépend.

Des questions récurrentes se posent : conserver *in situ* (le site où l'espèce vit naturellement) ou *ex situ* (dans des zones protégées en dehors) ? Comment utiliser les réserves ? Faut-il préserver des espèces ou des écosystèmes ? Que mettre en priorité ? Actuellement, les aires protégées représentent environ 10 % des terres et 0,5 % des mers, de la réserve intégrale à la réserve de biosphère de l'UNESCO (dans laquelle les activités humaines se déroulent « quasi normalement »). La gestion de la biodiversité est une gestion de conflits d'intérêts ou de cultures (Weber *et al.*, 2006). Un très fort conflit Nord-Sud s'est dégagé lors de l'élaboration de la Convention internationale sur la diversité biologique en 1992, et les débats ont été tout aussi vifs lors de la dernière réunion en 2006. Il faut renforcer les zones protégées mais ensuite, en s'étant ainsi donné bonne conscience, ne pas laisser faire n'importe quoi ailleurs. Il faut une autre stratégie, intégrant la conservation de la biodiversité au sein de la « nature ordinaire », et donc des interactions avec les autres activités humaines (Chevassus-au-Louis, 2006). Les zones protégées sont irremplaçables mais ne doivent pas non plus être trop éloignées les unes des autres, sinon, la communication entre elles n'est pas possible et leur capacité à régénérer des ressources, bien moindre.

Par ailleurs, environ 50 % des molécules actives aujourd'hui utilisées en pharmacie sont issues ou synthétisées à partir de produits naturels. Toutes ces considérations sont essentielles pour ne pas nous priver de substances vitales pour l'humanité : et si l'espèce qui s'est éteinte hier soir dans l'indifférence générale contenait une molécule-clé anticancéreuse, antifongique ou antivirale ? En matière d'océan,

plus de 5000 produits ont été isolés d'organismes marins (Fenical *et al.*, 1999) et certains sont passés en utilisation courante : anticancer Ara-C (leucémie myélocytique aiguë et lymphome non-Hodgkin), antiviral Ara-A (herpès), nucléosides isolés d'éponges, bryostatine (de bryozoaire), antiviraux bactériens (anti-HIV)... 30 % des substances ont été trouvées chez les éponges.

Un autre aspect non négligeable (pourtant complètement ignoré) dont nous ne pouvons pas nous priver, et un autre argument pour sauver la biodiversité sont l'utilisation d'espèces vivantes très variées, non seulement pour en tirer des molécules à haute valeur ajoutée, mais aussi en tant que modèles biologiques. La biodiversité maintenue offre tout cela (Boeuf, 2006, 2007) et les retombées en sont incalculables. Citons, pour ne parler que du milieu marin et de Prix Nobel, la découverte de la phagocytose chez l'étoile de mer (E. Metchnikoff en 1908), du choc anaphylactique à partir de venin de méduse sur des chiens (C. Richet en 1913) à l'issue de campagnes océanographiques du Prince Albert 1<sup>er</sup>, des mécanismes fondamentaux de la transmission de l'influx nerveux à partir du gigantesque axone du calmar (A. L. Hodgkin et A F Huxley en 1963), des bases moléculaires de la mémoire grâce à une limace de mer (E. Kandel en 2000), de la molécule-clé de la prolifération cellulaire (et donc les applications en cancérologie) à partir de l'étoile de mer (T. Hunt en 2001)...

L'écologie a été revisitée à travers des modèles économiques (Costanza *et al.*, dans *Nature* en 1997) : les « services rendus » chaque année à l'humanité par divers écosystèmes ont été évalués à 33 000 milliards de dollars US, soit près de deux fois les PIB de toutes les nations réunies, par an. La conservation, couplée à des pratiques d'utilisation durable, apparaît économiquement préférable à l'exploitation intense, les rapports consentis coût/bénéfice passent de 1 à 100 entre la « stratégie écologique » et celle d'« exploitation intensive ».

Un autre aspect, trop souvent négligé, correspond à la perception esthétique et éthique de la nature : R. Barbault la pose dans son récent ouvrage (2006) sur une image : « ...*Pourquoi sauver l'éléphant d'Afrique ?* ». Comment passer de la vision utilitariste actuelle à des considérations si différentes ? Quel humain peut et pourra vivre, aujourd'hui et demain, sans ces fabuleux ensembles (paysages et êtres vivants associés) encore présents aujourd'hui ; mais pour combien de temps encore ? La conclusion de la Conférence mondiale de Johannesburg en 2002 stipulait de « ralentir l'érosion de la biodiversité pour 2010 » (et l'Union Européenne avait surenchéri avec « stopper »). Nous en sommes loin !

Les apports touristiques, avec la démocratisation récente des grands voyages internationaux, liée à la fois à des moyens financiers accrus, des possibilités de congés et des facilités de déplacement des individus de pays développés vers des pays en voie de développement, n'ont pas forcément arrangé les choses. La venue en masse, à certains moments précis de l'année, n'est pas compatible avec un maintien harmonieux des écosystèmes ciblés. Les responsables de réserves naturelles sont d'ailleurs constamment « écartelés » entre un attrait et un partage de la « ressource naturelle » (et donc des visites de leur site protégé) et un afflux par trop fort qui risquerait de tout déséquilibrer (et qui, à terme, ferait disparaître l'intérêt du site). En ce sens, l'écotourisme bien géré peut s'avérer très intéressant. Mais il faut rester extrêmement vigilant et bien contrôler les flux acceptables pour le milieu et les habitants ; de nombreux contre-exemples sont connus. Des réserves marines « intégrales » sont maintenues en Méditerranée et jamais visitées.

En conclusion, les moyens analytiques modernes nous ont très récemment permis de mettre en évidence une extraordinaire diversité biologique dans tous les sens du terme, tout à fait sous-estimée, surtout en ce qui concerne les micro-organismes pro- et eucaryotes, les champignons et les invertébrés. Mais il faut ne plus détruire, pour ensuite éventuellement tenter de réparer à des coûts astronomiques, et bien sûr éviter l'irréversible ! Encore une fois, mieux vaut prévenir que guérir ! L'un des mécanismes d'expertise les plus connus est le *Millenium Ecosystem Assessment* (Compte-rendu 2005) pour lequel ont travaillé 1 320 chercheurs à travers le monde. Une consultation internationale est en cours, lancée par la conférence « Biodiversité, science et gouvernance » qui a réuni 1 500 personnes à Paris en janvier 2005, à l'instigation de la présidence française. IMOSEB (*International Mechanism of Scientific Expertise on Biodiversity*), dont la première réunion s'est tenue à Paris en février 2006, a été créé pour mieux organiser les travaux sur l'évolution de la biodiversité : nous devons alerter l'opinion publique internationale et fournir aux dirigeants mondiaux une expertise scientifique exacte, unitaire et fiable, destinée à aider leurs décisions. Les chercheurs, organisés et unis, doivent faire entendre les risques avec la même insistance et produire des résultats « contre-intuitifs » qui orientent et orienteront les débats internationaux (Weber *et al.*, 2006).

L'enjeu est grand pour faire prendre conscience, aux opinions publiques et aux hommes politiques, que le sujet est grave et qu'il est urgent de prendre des mesures concrètes et efficaces. Les aspects liés à la formation sont essentiels et l'enseignement, surtout auprès des

jeunes, est déterminant : il faut très sérieusement les informer, sans pour autant les désespérer !

En fait, l'une des actions fondamentales correspond à la mise en place d'une gouvernance mondiale, pour beaucoup d'aspects qui dépassent largement les régions ou les frontières. Quel cadre politique local, régional, national, international ou mondial instaurer ? Le cas de la Méditerranée est particulier avec ses 23 pays riverains qui doivent parvenir à s'entendre. En matière de protection de l'environnement et des espèces qui le peuplent, de développement durable et de gestion raisonnée et durable des ressources, sans gaspillages inutiles et sans l'égoïsme prédominant actuel, il faut tendre à une gouvernance supranationale : établir un véritable droit de la conservation de la Nature, dans le système actuel de compétitions internationales exacerbées. La Conférence et l'Appel de Paris de février 2007 vont dans ce sens : saurons-nous créer et animer des nations unies pour la protection de l'environnement ? Ce n'est pas facile, mais c'est vital si nous voulons continuer à vivre en harmonie.

Gilles BOEUF et Jean-Yves BODIOL

Université Pierre et Marie Curie-Paris 6 / CNRS,  
Laboratoire Arago,  
Observatoire Océanologique de Banyuls, France.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABBADIE, L. et LATELTIN, E. 2004. Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et changements globaux. Biodiversité et changements globaux, Adpfe, Ministère des Affaires Etrangères, 80-99.
- BARBAULT, R. 2006. Un éléphant dans un jeu de quilles. L'homme dans la biodiversité. Seuil, Science ouverte, 266 pages.
- BARBAULT, R. *et al.* 2006. Comprendre la biodiversité. La biodiversité. Focus du CNRS, 12-17.
- BERGÉ, A. 2008. Le réchauffement global et Kyoto en Europe. Dans « Un monde meilleur pour tous », sous la direction de J.P. Changeux et J. Reisse, Collège de France/Odile Jacob éditeurs, pp. 15-46.
- BENTON, M.J. and TWITCHETT, R.J. 2003. How to kill (almost) all life : the end-Permian extinction event. Trends in Ecology and Evolution, 18 (7), 358-365.
- BIANCHI, C.N. and MORRI, C. 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean sea : situation, problems and prospects for future research. Marine Pollution Bulletin, 40, 367-376.
- BLOCK, B., TEO, S.L.H., WALLI, A., BOUSTANY, A., STOKESBURY, M.J.W., FARWELL, C.J., WENG, K.C. DEWAR, H. and WILLIAMS, T.D. 2005.

- Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, 434, 1121-1127.
- BLONDEL, J. 2005. Biodiversité et sciences de la nature. Les biodiversités, objets, théories, pratiques. CNRS Editions, 23-36.
- BLONDEL, J. 2007. La biodiversité, le point de vue d'un scientifique. Dans « La biodiversité à travers des exemples ». CSPNB, MEDD/D4E, 4-5.
- BOEUF, G. 2003. L'aquaculture dans le monde : quel avenir ? Série *Perspectives, Conférences et débats de l'Université de Perpignan*, vol 2, 91-104.
- BOEUF, G. 2006. La richesse naturelle de l'*Albera* : patrimoine et biodiversité, ses modèles biologiques. Dans « *L'Albera, terra de pas, de memòries i d'identitats* », sous la direction de M. Camiade, Collection Etudes, Institut franco-catalan transfrontalier, Presses Universitaires de Perpignan, pp 205-220.
- BOEUF, G. 2007. Océan et recherche biomédicale. *Journal de la Société de Biologie*, 201 (1), 5-12.
- BOEUF, G. 2008. Quel avenir pour la biodiversité ? Dans « Un monde meilleur pour tous », sous la direction de J.P. Changeux et J. Reisse, Collège de France/Odile Jacob, éditeurs, pp. 46-98.
- CHAPIN III, F.S. *et al.* 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405, 234-242.
- CHEVALDONNÉ, P. and LEJEUSNE, C. 2003. Regional warming-induced species shift in north-west Mediterranean marine caves. *Ecology Letters*, 6, 371-379.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, B. 2006. Biodiversité, un nouveau regard. Dans « Les leçons inaugurales du Groupe ESA », Leçon inaugurale 2006, pages 9-54.
- COSTANZA, R. *et al.* 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- CSPNB. 2007. La biodiversité à travers des exemples. MEDD/D4E, 104 pages.
- CURY, P. et MORAND, S. 2004. Biodiversité marine et changements globaux : une dynamique d'interactions où l'humain est partie prenante. Biodiversité et changements globaux, Adpfe, Ministère des Affaires Etrangères, 50-79.
- DUBOIS, P.J. 2004. Vers l'ultime extinction, la biodiversité en danger. La Martinière, 191 p.
- FAO. 2004. The state of world fisheries and aquaculture. FAO fisheries Department, 153 p.
- FENICAL, W. *et al.* 1999. Marine-derived pharmaceuticals and related bioactive agents. In « From monsoons to microbes, understanding the ocean's role in human health ». Committee on the Ocean's Role in Human Health, Ocean Studies Board, Commission on Geosciences, Environment and Resources, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., pages 73-82.
- GARRABOU, J. 2003. Is global change a real threat for conservation of the North West Mediterranean marine biodiversity ? EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, 6-11 April 2003, abstract 10522.

- GASTON, J.J. and SPICER, J.I. 1998 et 2004. Biodiversity, an introduction. Oxford, Blackwell Science, 1st and 2<sup>nd</sup> editions, 191 pages.
- GROS, P. 2006. Quelles réponses à la raréfaction des ressources vivantes marines ? Quatrièmes Assises Nationales du Développement Durable, Nantes, 12 octobre, 2006, 18 pages.
- JACKSON, J.B.C. *et al.* Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293, 629-638.
- KENNEDY, T.A. *et al.* 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*, 417, 636-638.
- LEJEUSNE, C., PÉREZ, T., SARRAZIN, V. and CHEVALDONNÉ, P. 2006. Baseline expression of heat-shock proteins (HSPs) of a « thermotolerant » Mediterranean marine species largely influenced by natural temperature fluctuations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 63, 2028-2037.
- LÉVÊQUE, C. et MOUNOLOU, J.C. 2001. Biodiversité. Dynamique biologique et conservation. Dunod, 248 pages.
- LOREAU, M. *et al.* 2003. Biodiversity and ecosystem functioning : current knowledge and future challenges. *Science*, 294, 804-808.
- MAY, R. M. 1992. How many species inhabit the Earth ? *Scientific American* 267, 42-48.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being : synthesis. WashingtonDC, Island Press, 137 p.
- MORRI, C. and BIANCHI, C.N. 2001. Recent changes in biodiversity in the Ligurian Sea (NW Mediterranean) : is there a climatic forcing ? In *Structure and Processes in the Mediterranean ecosystems*, eds F. M. Faranda, L. Guglielmo and G. Spezic, Springer, Milano.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. and KENTS, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- NICOLAS, A. 2004. 2050, Rendez-vous à risques. *Pour la Science*, Belin, 191 pages.
- PALUMBI, S.R. 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science*, 293, 1786-1790.
- PARMESAN, C. and YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impact across natural systems. *Nature*, 421, 37-42.
- PAULY, D. *et al.* 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418, 689-695.
- PURVIS, A. and HECTOR, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 405, 212-219.
- RAVEN, P.H. 2002. Science, sustainability and the human prospect. *Science*, 297, 954-958.
- SALA, O.E. *et al.* 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.
- THOMAS, C.D. *et al.* 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145-148.
- TROMMETER, M. et WEBER, J. 2004. Développement durable et changements globaux : le développement durable l'est-il encore pour longtemps ?

- Biodiversité et changements globaux, Adpfe, Ministère des Affaires Etrangères, 136-161.
- VITOUSEK, P.M. *et al.*, 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277, 494-499.
- WEBER, J. *et al.* 2006. Gestion durable. La biodiversité. Focus du CNRS, 36-42.
- WORM, B. *et al.* 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314, 787-790.
- ZABALLOS, M., LOPEZ-LOPEZ, A., OVREAS, L., BARTUAL, S.G., D'AURIA, G., ALBA, J.C., LEGAULT, B., PUSHKER, R., DAAE, F.L. and RODRIGUEZ-VALERA, F. 2006. Comparison of prokaryotic diversity at offshore oceanic locations reveals a different microbiota in the Mediterranean Sea. *FEMS Microbiol Ecol.*, 56, 389-405.
- ZENETOS, A., TODOROVA, V. and ALEXANDROV, B. 2002. Marine biodiversity changes in Mediterranean and Black Sea regions. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 1100-1114



## TABLE DES MATIÈRES \*

Allocution de bienvenue par Elisabeth BRÉAUD.....	11
Allocution d'ouverture par Robert CALCAGNO .....	15
Ouverture du colloque par Mounir BOUCHENAKI.....	19
Abdelaziz TOURI, Pour une Méditerranée plus équitable .....	25
Marie-Françoise COUREL, La Planète bleue.....	35
Maria Teresa VERDA SCAJOLA, Introduction à la première table ronde .....	47
Youssef BENCHEQROUN, Le Projet Tanger Med .....	51
Naguib AMIN et Bernard SALOMÉ, Intégration des projets de gestion archéologique sous-marine dans le cadre d'un développement culturel de la ville d'Alexandrie .....	61
Marc MAYER OLIVE, Le port de Barcelone entre la ville et la mer .....	67
Marie-Paule ROUDIL, L'activité de l'UNESCO face au « problème Venise » : fragilité de la lagune, équilibre éco- logique menacé, patrimoine culturel en péril.....	77
Pascal ARNAUD, Le paysage culturel maritime antique : pro- blèmes d'exploration et de valorisation d'un patrimoine complexe .....	87
Roberto PETRIAGGI et Barbara DAVIDDE, Restauration sub- aquatique : le bilan de cinq années de travaux expérimen- taux de l'Institut central pour la restauration dans le parc archéologique de Baïa (Naples).....	105

---

\* Nous n'avons pu recevoir à temps les textes de la conférence de Monsieur Mohammed Béji BEN MAMI « La mise en valeur des sites archéologiques côtiers de Tunisie » et de Monsieur Mustafa El TAYEB «Connaissances pour un Développement durable ».

S.E.M. Emilio MARIN, La préservation et la conservation de la zone archéologique côtière de Split. Deux expériences personnelles : Salona et Naronna .....	117
Alain d'IRIBARNE, Favoriser une appropriation du patrimoine à travers des sites WEB : l'exemple du projet Strabon ...	127
S.E.M. Bernard FAUTRIER, Monaco, un exemple pratique : la réserve sous-marine et sa préservation dans le cadre des projets d'urbanisation en mer .....	141
Lucien CHABASON, La protection de la biodiversité marine et côtière en Méditerranée .....	149
Gabi KHALAF, L'impact de la marée noire sur l'écosystème marin et côtier au Liban .....	153
Paula MOSCHELLA, Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM) : à l'œuvre pour la conservation de la biodiversité .....	167
Gilles BOEUF, Quel avenir pour la biodiversité en Méditerranée ? .....	181
Yasar YILDIZ, Le patrimoine culturel sous-marin de la Turquie .....	205
Katerina DELLAPORTA, La préservation des Antiquités subaquatiques en Grèce : mesures législatives et problèmes de protection .....	211
Jean-Luc MASSY, Soixante années d'archéologie sous-marine en Corse .....	221
Jasen MESIC, Le patrimoine culturel sous-marin en république de Croatie : protection, gestion et perspectives ...	233
André LARONDE, Le patrimoine archéologique sous-marin en Libye .....	247
Ismail SERAGELDIN, Villes, patrimoine et développement durable en Méditerranée .....	259
Synthèse du colloque par Mounir BOUCHENAKI .....	269
Allocution de clôture par Élisabeth BRÉAUD .....	277
Les participants .....	279
Remerciements .....	283
Table des Matières .....	285