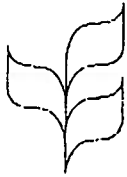




CBD



CONVENTION SUR
LA DIVERSITE BIOLOGIQUE

Distr.
GENERALE

UNEP/CBD/SBSTTA/2/15
24 juillet 1996

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

ORGANE SUBSIDIAIRE CHARGE DE FOURNIR DES
AVIS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES ET
TECHNOLOGIQUES

Deuxième réunion
Montréal, 2-6 septembre 1996

PROSPECTION BIOLOGIQUE DES RESSOURCES GENETIQUES
DES GRANDS FONDS MARINS

Note du Secrétariat

1. HISTORIQUE

1. Il y a eu, ces dernières années, une prise de conscience sans cesse croissante à l'échelle mondiale, des avantages tirés de la diversité biologique marine et côtière et de ses éléments constitutifs, sur les plans économique, social, environnemental et culturel, ainsi que dans d'autres domaines tels que les loisirs. Comme pour confirmer la priorité que les Etats accordent à cette question à l'heure actuelle, la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique a, lors de sa première réunion, retenu la diversité marine et côtière comme premier grand "thème" sur les écosystèmes à étudier dans le cadre du processus de la Convention, au titre de son programme de travail à moyen terme.

2. Le rapport établi par le Secrétariat sur l'accès aux ressources génétiques pour la deuxième réunion de la Conférence des Parties (document UNEP/CBD/COP/2/13) signale que l'article 15 de la Convention (sur laquelle est basée l'approche de la Convention sur la réglementation de l'utilisation des ressources génétiques) ne s'applique pas aux zones situées au-delà des limites de la juridiction nationale, et qu'il est nécessaire de ce fait, puisqu'il n'est pas clairement indiqué si, ni comment la Convention sur le droit de la mer ou le principe du patrimoine commun s'applique aux ressources génétiques des grands fonds marins, d'entreprendre une étude poussée sur la meilleure façon d'aborder la question de l'utilisation des ressources.

3. La Conférence des Parties, à sa deuxième réunion, a demandé au Secrétaire exécutif, conformément au paragraphe 10 de sa décision II/10, de procéder, en consultation avec le Bureau des affaires maritimes et du droit de la mer (Secrétariat de l'ONU), à une étude sur les liens existant entre la Convention sur la diversité biologique et la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, en ce qui concerne la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques des grands fonds océaniques, de façon à permettre à l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques d'examiner lors de prochaines réunions, selon le cas, les questions scientifiques, techniques et technologiques liées à la prospection biologique des ressources génétiques des grands fonds marins.

4. La présente note est un bref survol des questions qui se posent en matière de prospection biologique des ressources génétiques des grands fonds marins, au regard des dispositions des deux conventions. Elle devrait permettre à l'Organe subsidiaire, d'une part, de réaliser une évaluation préliminaire des aspects sur lesquels il estime être en mesure d'apporter une contribution efficace pour ce qui est des liens entre les deux conventions et, d'autre part, d'envisager les voies et moyens de faire une telle contribution en temps opportun. Il y a lieu de préciser toutefois que ni le Bureau des affaires maritimes et du droit de la mer, ni le Bureau des affaires juridiques du Secrétariat de l'ONU ne se sont penchés sur les principes du droit international applicables en la matière.

5. La note a été présentée au Bureau des affaires maritimes et du droit de la mer en guise d'étude préliminaire de la nature des liens entre les deux conventions, en ce qui concerne la prospection biologique des ressources génétiques des grands fonds marins. Dans ce sens, elle ne saurait être autre chose qu'une étape préparatoire de l'étude prescrite par la Conférence des Parties lors de sa deuxième réunion.

2. REGIMES JURIDIQUES INTERNATIONAUX REGISSANT L'UTILISATION DES RESSOURCES GENETIQUES MARINES DES GRANDS FONDS MARINS

6. Les ressources génétiques marines sont soumises à un ensemble de principes juridiques découlant essentiellement de la Convention sur le droit de la mer, du droit international coutumier et de la Convention sur la diversité biologique. Dans l'ensemble, en vertu de ces principes, trois régimes différents s'appliquent aux ressources génétiques marines, selon leur emplacement.

7. Les ressources génétiques marines situées en deçà des limites de la "juridiction nationale" (ce qui correspond en réalité à la zone économique exclusive) sont mentionnées à l'article 22.2 de la Convention sur la diversité biologique et sont soumises à ses principes, à condition qu'un tel traitement ne soit pas en contradiction avec le "droit de la mer". La Convention sur le droit de la mer, qui consacre le "droit de la mer", reconnaît des droits de souveraineté aux Etats côtiers en ce qui concerne l'exploration et l'exploitation des ressources naturelles dans toute l'étendue de la zone économique exclusive. Cependant, pour ce qui est de l'exploitation des ressources minérales du plateau continental, les Etats côtiers sont obligés de faire des contributions en espèces ou en nature au profit des parties à la Convention sur le droit de la mer, par

l'intermédiaire de l'Autorité internationale des fonds marins, si l'exploitation a lieu au-delà de 200 milles marins'. S'agissant des ressources biologiques marines de la zone économique exclusive, les Etats côtiers sont liés par certaines obligations en matière de conservation et de gestion², y compris l'obligation, en principe, de partager les ressources sous-utilisées avec d'autres Etats³. Dans le cas des espèces sédentaires⁴, le régime juridique du plateau continental est distinct des dispositions prévues à l'article 68 pour la conservation des ressources biologiques de la zone économique exclusive. Dans les deux cas cependant, l'obligation vise principalement à prévenir la surexploitation. L'utilisation des ressources génétiques ne se faisant pas sous forme de consommation directe, ces obligations générales n'ont que peu d'effet ou de pertinence. Par conséquent, la plupart des obligations et droits se rapportant à l'utilisation de ces types de ressources génétiques marines découlent de la Convention sur la diversité biologique.

8. Au-delà des limites de la juridiction nationale, la Convention sur la diversité biologique s'applique seulement aux "processus et activités", le principal instrument applicable ici étant la Convention sur le droit de la mer. Les questions non réglées par celle-ci continuent d'être régies par les principes généraux du droit international⁵. Cette convention prévoit des régimes différents pour la colonne d'eau et le sol sous-marin. Pour la colonne d'eau, elle dispose que la pêche et la recherche scientifique sont des libertés de la haute mer⁶. La liberté de la pêche est limitée par les droits, les devoirs et les intérêts des Etats côtiers⁷, ainsi que par le devoir pour les Etats de prendre des mesures, applicables à leurs ressortissants, pour assurer la conservation des ressources biologiques de la haute mer⁸, et de coopérer à la conservation et à la gestion de ces ressources⁹. Ces devoirs prennent des contours de plus en plus précis et se transforment progressivement de principes généraux en obligations juridiques à caractère contraignant. Par exemple, l'accord des Nations Unies concernant les stocks de poissons chevauchants et les stocks de poissons grands migrateurs apporte d'importants éclaircissements sur ces libertés et ces devoirs. Bien que le régime soit de plus en plus normatif, à l'instar de celui de la zone économique exclusive, la plupart de ces obligations et devoirs sont destinés en général à prévenir la surexploitation des stocks de poissons et sont peu liés à l'utilisation des ressources génétiques. Il en résulte essentiellement une absence de contrôle de l'usage des ressources génétiques de la colonne d'eau.

9. Les fonds des mers et des océans et leurs sous-sols au-delà des limites de la juridiction nationale sont dénommés "la Zone"¹⁰ dans la Convention sur le droit de la mer, qui déclare que la Zone et ses ressources sont le patrimoine commun de l'humanité¹¹. Cette Convention prévoit un régime spécial et une structure institutionnelle pour réguler la prospection, l'exploitation et l'exploration des ressources minérales de la Zone. Le régime spécial ne s'étend pas aux ressources non minérales de la Zone, ni à la colonne d'eau surjacente à la Zone¹².

10. Tous les droits sur les ressources minérales de la Zone sont conférés à l'humanité tout entière¹³. En effet, les ressources minérales de la Zone sont devenues un bien international à exploiter dans l'intérêt de l'humanité. Aucun Etat ni aucune entité privée ne peut exercer de souveraineté ni de

droits souverains sur une partie quelconque de la Zone ou de ses ressources minérales¹⁴. Le transfert des droits sur les minéraux intervient seulement au moment de l'extraction de ceux-ci conformément à la Convention sur le droit de la mer¹⁵. L'Autorité internationale des fonds marins est créée pour veiller à une utilisation judicieuse et équitable des ressources minérales de la Zone.

11. Le régime de la Zone ne comporte aucune référence aux ressources génétiques. En conséquence, il n'est pas certain que la Convention sur le droit de la mer puisse s'appliquer aux ressources génétiques de la Zone. L'interprétation la plus plausible serait que, comme toutes les ressources de la haute mer autres que les ressources minérales, ce sont des ressources librement accessibles¹⁶ que peut s'approprier toute personne qui les recueille. Ces types de ressources sont régis par un certain nombre de principes généraux énoncés dans le cadre de la liberté de la pêche.¹⁷

12. L'article 22.2 de la Convention sur la diversité biologique tend à montrer qu'en dépit de l'apparente contradiction entre son approche générale qui confère des droits de souveraineté sur les ressources génétiques et les nationalise de ce fait, et celle de la Convention sur le droit de la mer consistant à internationaliser la Zone selon la thèse du patrimoine commun de l'humanité, c'est cette dernière qui prime, et les ressources génétiques marines situées au-delà des limites de la juridiction nationale peuvent à juste titre être considérées comme étant non réglementées. C'est une situation fortuite qui ne résulte d'aucune intention délibérée. La valeur potentielle des ressources génétiques marines et leur importance dans la répartition des avantages n'ont pas été perçues lors de la négociation de la Convention sur le droit de la mer. En conséquence, puisque ces ressources génétiques semblent recéler une valeur économique considérable, la situation actuelle soulève la question de savoir si cette approche est convenable pour ces ressources quant à leur exploitation rationnelle, mais aussi, dans un sens plus large, au regard du précédent que cela constitue pour d'autres cas éventuels.

13. Les ressources génétiques marines situées hors des limites de la juridiction nationale et notamment celles de la Zone représentent à la fois une opportunité et un défi. Si elle est bien conçue, l'utilisation de ces ressources pourrait offrir la possibilité d'appliquer l'article 15 et servir d'exemple pour montrer aux pays qu'un partage judicieux et équitable des avantages est réalisable. Il existe d'importantes analogies entre les circonstances qui entourent l'utilisation de ces ressources à l'heure actuelle et le contexte dans lequel s'élabore le régime juridique de l'Antarctique. L'expérience de l'Antarctique tend à prouver qu'il est tout à fait possible d'établir un régime dans un délai relativement bref, selon les normes internationales. Des facteurs tels que l'absence d'un intérêt économique direct, le non exercice de droits souverains par des entités privées ou publiques et le fait que la Zone soit sous l'empire de deux régimes nouvellement créés sont importants et favorables quant à l'établissement effectif d'un régime international. Cependant, ce sont des facteurs qui ne dureront pas très longtemps. Il y a en revanche le risque

que toute tentative d'établissement d'un tel régime suive le même cheminement que les ressources minérales des grands fonds marins, ce qui pourrait non seulement nuire à l'utilisation équitable des ressources, mais aussi avoir de sérieuses répercussions sur l'ensemble de la Convention.

14. Il existe plusieurs façons d'exercer un contrôle sur la prospection biologique de ces ressources. L'on peut envisager, entre autres options :

a) De laisser les ressources génétiques marines sans contrôle, de sorte qu'elles soient librement disponibles à ceux qui consentiraient des investissements pour les collecter;

b) De les placer sous le régime de la Zone et de la compétence de l'Autorité des fonds marins;

c) De les placer sous le régime de la Convention sur la diversité biologique; ou

d) De créer un régime totalement nouveau pour ces ressources spéciales et nouvelles.

15. Chacune de ces options comporte des avantages et des inconvénients. La première, par exemple, est une approche pragmatique fondée sur l'idée qu'il serait probablement prématuré de chercher à réglementer l'exploitation de ces ressources génétiques. La plupart des entités privées qui souhaiteraient étudier le potentiel de ces ressources partageront ce point de vue. L'on ne peut s'empêcher d'établir une comparaison avec le gigantesque effort englouti dans le contrôle de l'exploitation des ressources minérales de la Zone. Cette comparaison pourrait aussi bien se faire avec la Convention sur la réglementation des activités relatives aux ressources minérales de l'Antarctique (CRAMRA), pour ce qui est des richesses minérales de l'Antarctique. De toute évidence, l'absence de contrôle a l'avantage d'offrir la meilleure incitation à la valorisation de la richesse de ces ressources. Il convient de noter cependant que le coût élevé de la mise en valeur de ces ressources les destine en réalité aux grandes sociétés internationales ou aux programmes nationaux dotés de moyens importants, autrement dit aux pays développés. L'exercice d'un certain contrôle international avant l'émergence de pressions commerciales pour l'exploitation de ces ressources permettrait qu'un tel régime soit établi plus facilement sur une base juste et équitable, plutôt que d'attendre le début de l'exploitation, lorsque le régime risquera d'être davantage l'expression des intérêts en présence, sans aucun égard pour les préoccupations de justice et d'équité. Une telle initiative permettrait du coup de contourner le problème d'équité lié à l'exploitation non contrôlée, mais elle engendrerait peut-être des lourdeurs bureaucratiques que l'industrie supporte mal, et aboutirait probablement à une situation où les ressources ne seront pas mises en valeur. Cela, en soi, pourrait être une issue souhaitable dans la mesure où les ressources devraient être protégées en tant que patrimoine commun, jusqu'à ce que toutes les parties prenantes soient en mesure de participer effectivement et également à leur exploitation.

16. Les arguments en faveur d'un régime entièrement nouveau s'appuient surtout sur la nature fondamentalement différente des exigences et des pressions liées à l'utilisation des ressources génétiques, qui tient au fait que leur exploitation est un processus non consommateur et clairement distinct des utilisations plus classiques et consommatrices des ressources marines telles que la pêche et l'exploitation minière. Ces distinctions mettent en question l'applicabilité même de la Convention sur le droit de la mer. Qui plus est, les ressources minérales ayant été traitées séparément dans le cadre de cette convention, pourquoi n'en serait-il pas de même des ressources génétiques? Enfin, le fait que le régime préconisé initialement par cette convention en 1982 n'ait jamais été accepté ni appliqué dans la pratique est un mauvais présage pour le cas des ressources génétiques.

17. D'un autre côté, les difficultés liées à la création d'une nouvelle autorité internationale, ajoutées aux conséquences, sur le plan de l'équité, de la libre accessibilité des ressources, et à l'intérêt qu'il y aurait à s'inspirer autant que possible des structures et régimes existants, militent en faveur d'une approche tirée des deux conventions. De ce point de vue, même l'établissement d'un nouveau régime se ferait au mieux dans le cadre des structures existantes telles que la FAO, la Convention sur la diversité biologique ou la Convention sur le droit de la mer. Une approche pragmatique ou organique consisterait à se concentrer sur la réglementation des utilisations actuelles et prévisibles, sans se soucier outre mesure des utilisations futures, qui pourraient ne pas avoir lieu. Actuellement, les ressources génétiques marines sont essentiellement utilisées dans le domaine de la recherche scientifique. La Convention sur le droit de la mer contient un certain nombre de dispositions traitant de la recherche scientifique marine, qui s'étendent à l'utilisation des ressources génétiques des mers et des océans¹¹. L'approche organique s'appuierait donc sur ce régime qui existe, en prenant en compte les systèmes de contrôle et de partage équitable prévus par la Convention sur le droit de la mer. Ce principe de partage équitable des avantages est garanti dans cette convention à travers l'exigence selon laquelle toute recherche doit se faire dans "l'intérêt de l'humanité". Les modalités de mise en pratique de cette exigence restent à définir, mais il est probable qu'elles s'inspirent des dispositions de la Convention sur le droit de la mer relatives au transfert de technologie, à l'échange d'informations, à la recherche et à la formation, dispositions analogues à celles de la Convention sur la diversité biologique contre lesquelles elles prévalent systématiquement en cas de divergence. Cependant, ces dispositions n'abordent pas convenablement la question des résultats de la recherche scientifique marine, ni la manière dont doit s'effectuer le partage équitable des avantages découlant de l'usage commercial des ressources génétiques marines.

18. Quelle que soit l'approche retenue, un certain nombre de préoccupations juridiques courantes et habituelles devront être prises en compte pour veiller à ce que le régime adopté en fin de compte régitte l'utilisation des ressources génétiques marines en conformité avec les principes de la Convention sur la diversité biologique. Des questions telles que la rétention du droit d'accès pour la recherche scientifique, le besoin d'éliminer les obstacles inutiles à l'exploitation commerciale tout en étant en mesure de

contrôler ce qui paraît peu raisonnable, le souci d'éviter les problèmes politiques qui se sont posés lors de l'établissement du régime des ressources minérales de la Zone et l'identification des bénéficiaires doivent être réglées préalablement à la mise en oeuvre d'un régime efficace qui garantisse le partage équitable des avantages.

19. A l'heure actuelle, toute analyse de ces préoccupations à long terme se heurte au manque d'informations et de connaissances sur l'utilisation des ressources génétiques des grands fonds marins. Sans ces connaissances de base, des décisions ne peuvent être prises au sujet du type de réglementation qui serait préférable, viable ou même pratique. Le reste du présent rapport consistera en une brève revue des informations disponibles sur ces activités, destinée à fournir à l'Organe subsidiaire des éléments indicatifs sur les types de recherche à entreprendre en vue de réaliser l'étude sur les liens existant dans ce domaine entre la Convention sur la diversité biologique et la Convention sur le droit de la mer.

3. RESSOURCES GENETIQUES MARINES

20. Les ressources biologiques marines sont bien connues pour leur extraordinaire diversité au niveau des phylums ou de la configuration de base du corps des organismes. Des 33 phylums connus, 32 se trouvent dans les mers -dont 15 exclusivement et 5 autres constitués à plus de 95% d'espèces marines (Ray, 1988). Les estimations des diverses espèces présentes dans les mers sont en augmentation, et une récente étude sur les grands fonds marins situe leur nombre autour de 10 millions, chiffre comparable à celui de la diversité des espèces terrestres (Grassle, 1992). Il est de plus en plus évident que les mers renferment aussi une très grande diversité chimique.

21. La diversité moléculaire des ressources génétiques est immense. Il n'existe pas d'estimations fiables de la quantité des ressources génétiques marines recensées à ce jour. Les invertébrés marins, essentiellement sessiles et/ou au corps mou, ont intrigué les spécialistes des produits naturels marins pendant des décennies. Les chercheurs ont suivi l'approche dite "bio-rationnelle" pour l'étude de ces espèces, arguant que ces invertébrés qui sont apparemment vulnérables de par leur structure anatomique ont dû développer des mécanismes de défense chimiques comme stratégie de survie (Scheuer, 1990). L'on sait, en effet, que les produits naturels marins, et singulièrement les toxines, présentent des structures chimiques des plus complexes.

22. Le potentiel de diversité moléculaire est élevé chez les organismes marins, mais il l'est probablement davantage encore chez les microbes, tant terrestres que marins, sans doute proportionnellement (Paleroni, 1994). De nombreux microbes, y compris les dinoflagellés, peuvent être cultivés directement à partir de la colonne d'eau. Il existe aussi un large éventail de techniques qui sont disponibles pour la culture des microbes symbiotes ou commensaux tels que les bactéries, les cyanophycées et les algues, à partir des tissus du poisson ou d'autres macro-organismes.

23. Il est maintenant établi, par des preuves indirectes, que des substances naturelles d'intérêt chimique dont la production a été initialement attribuée aux invertébrés marins sont en réalité produites par la microflore étroitement associée aux espèces hôtes. Par exemple, un groupe collaborant avec des chercheurs au Scripps Institute of Oceanography a récemment découvert un nouvel antibiotique produit par une espèce marine de streptomycètes (Trischman, 1994). La bactérie a été initialement isolée chez une méduse.

24. A mesure que se développe la technologie de la culture des microbes marins, il est probable que des organismes intéressants soient découverts chez un grand nombre d'hôtes marins. Ainsi, les supputations habituelles au sujet de la production de substances chimiques d'importance économique par les espèces marines n'auront plus de valeur. S'il est établi que la plupart sinon l'ensemble des espèces marines offrent des micro-habitats essentiels aux micro-organismes qui produisent des composés essentiellement importants, cela accroîtra la valeur de l'ensemble des espèces marines en termes de diversité biologique, de même que l'importance des écosystèmes de grande diversité tels que les récifs de corail.

3.1 Ressources génétiques présentes dans les eaux internationales

25. Les grands fonds marins, obscurs et par conséquent dénués de toute activité photosynthétique, ont été comparés à un désert en termes de diversité des espèces. Ne disposant d'aucune source d'énergie ni de carbone en dehors d'une mince couche de détritiques provenant de la surface, le sol sous-marin, en tant qu'écosystème, a essentiellement une production primaire nulle (Norse, 1993). Il y a deux exceptions connues à cette règle générale, qui sont toutes deux des écosystèmes benthiques caractérisés par la présence de sources d'énergie autres que la lumière.

26. Les sources hydrothermales sont des zones des fonds marins situés au-delà du plateau continental. Les sources de grands fonds se trouvent à des profondeurs de 1800 à 3700 mètres et se caractérisent par l'éjection d'une eau surchauffée et saturée en minéraux, du fait de la présence du magma sous-jacent. Au nombre de ces minéraux figure le sulfure d'hydrogène qui est une source d'énergie. Il s'est développé un écosystème inhabituel, appelé peuplement de source hydrothermale, qui exploite cette source d'énergie et qui, pour la production primaire, est tributaire des bactéries chimiolithotrophiques spécialisées et d'autres organismes semblables aux bactéries parmi les archéens du règne. Les archéens constituent un règne biologique très ancien et sont probablement des descendants des cellules originelles ayant existé sur terre (Woese et coll., 1990). Aujourd'hui, on les trouve uniquement dans des niches hautement spécialisées, comme les peuplements de source hydrothermale qui constituent de minces écheveaux de vie parcourant le sol sous-marin.

27. La seule autre exception connue à cette pauvreté de la diversité biologique benthique concerne les colonies de bactéries et d'archéens présentes dans les sédiments des grands fonds marins associés aux infiltrations de pétrole (Rueter et coll., 1994). Des forages de recherche ont permis de découvrir à une profondeur de 5000 mètres la présence de micro-

organismes chimiolithotrophiques vivant des sources de carbone et d'énergie fournies par le pétrole. Il se pourrait bien que ces microbes qui vivent dans les sédiments benthiques soient cosmopolites, mais il faudra des recherches poussées pour l'établir.

28. Ces deux écosystèmes benthiques offrent une bonne illustration de la riche diversité des écosystèmes marins, mais aucun d'eux n'est aussi riche en espèces que les écosystèmes côtiers. Les peuplements de source hydrothermale comprennent des "nappes" de bactéries engagées dans une production primaire autotrophe, ainsi qu'un nombre limité d'espèces hétérotrophes composées de zooplanctons tels que les crustacés et les siphonophores, de phytophages tels que les crevettes et de mollusques ciliés comme les moules et les vers tubicoles (Jannasch, 1995).

3.2 Ressources génétiques côtières

29. Les écosystèmes côtiers recèlent une plus grande diversité d'espèces marines, et la variabilité de loin la plus élevée se trouve dans les régions tropicales, notamment l'Asie du Sud-Est, le Pacifique Sud, l'océan Indien et la mer des Caraïbes, ce qui fait des eaux entourant les pays en développement des régions tropicales la source marine la plus riche, au niveau mondial, de la diversité moléculaire (Norse, 1993). Les écosystèmes côtiers comprennent les récifs de corail (avec la plus grande diversité des espèces), les verrières, les bancs d'huîtres, les mangroves, les marais salants et le plateau continental.

30. Les organismes marins des côtes préférés pour l'étude et la mise en valeur des ressources génétiques sont en général des invertébrés sessiles et/ou au corps mou tels que les coelentérés (coraux), les tuniciers, les mollusques tels que les prosobranches et les nudibranches, les bryozoaires, les spongiaires et les échinodermes (holothuries et astéries). Il est probable que ces organismes utilisent des moyens de défense chimiques comme stratégie de survie du fait des pressions hautement sélectives de la prédation dans les écosystèmes côtiers. En outre, des travaux effectués récemment sur la culture de micro-organismes isolés de la colonne d'eau, des sédiments marins des eaux peu profondes, y compris les infiltrations de pétrole semblables à celles que l'on trouve dans les grands fonds, ainsi que de divers animaux hôtes marins, ont abouti à la découverte d'une gamme intéressante de produits chimiques nouveaux (Fenical, 1993). Malgré leur prédominance au sein des peuplements de source hydrothermale, les microbes liés aux archéens du règne ont été découverts dans des eaux froides à des profondeurs de 100 à 500 mètres (DeLong, 1992). Il est également probable que de nouveaux produits chimiques intéressants soient obtenus de ces microbes, avec l'évolution des techniques employées pour leur culture.

4. PROSPECTION BIOLOGIQUE DES RESSOURCES GENETIQUES MARINES

31. La recherche-développement sur les ressources génétiques, appelée aussi "prospection de la diversité biologique" ou "prospection biologique" peut se définir comme le processus de recueil de renseignements dans la biosphère sur la composition moléculaire des ressources génétiques, pour la mise au point de nouveaux produits commerciaux. Les ressources génétiques, connues aussi sous le nom de substances naturelles, constituent la diversité biologique,

mesurée à la plus petite échelle qui soit (les grandes échelles étant les espèces et les écosystèmes). Les ressources génétiques peuvent produire soit de petites quantités de molécules organiques appelées métabolites secondaires, soit des protéines de codage de gène telles que les enzymes, soit encore des passerelles métaboliques reliant les réactions enzymatiques dans un processus appelé fermentation microbienne. Bien qu'il se pose encore la question de savoir pourquoi des organismes produisent des métabolites secondaires, il est bien connu que ces substances chimiques peuvent avoir des vertus bienfaisantes, qui sont exploitées par l'homme depuis des milliers d'années pour la fabrication de médicaments, de pesticides, de produits de beauté etc..

32. Il est établi que les ressources génétiques secrètent des substances chimiques ayant une diversité structurelle inhabituelle ou hautement complexe (Scheuer, 1994). Les récifs coralliens abritent la plus grande diversité d'espèces marines et, vraisemblablement, la plus grande diversité chimique aussi (Norse, 1993). De plus, les environnements marins rigoureux tels que les sources hydrothermales des grands fonds marins et les océans polaires sont de nature à produire d'intéressants micro-organismes dits "extrémophiles", qui sont adaptés à la vie dans des conditions extrêmes de chaleur, de froid, de pression, d'acidité ou de salinité.

33. L'utilisation de gènes d'origine naturelle par les industries biotechniques peut procurer un certain nombre d'avantages aux pays en développement. La prospection biologique des ressources génétiques offre à ces pays la possibilité de tirer des revenus du processus de recherche-développement sur les substances naturelles, ce qui crée des incitations économiques pour la conservation de la diversité biologique. Ce processus nécessite l'extraction de données d'intérêt économique (sous forme de structures chimiques, de séquences de gènes, d'informations sur l'activité biologique tels que les propriétés catalytiques ou les processus de fermentation dans le cas des isolats microbiens) des ressources génétiques d'origine naturelle. La valeur économique potentielle de ces processus pour les pays en développement est examinée plus en détail dans le document préparé pour la présente réunion de l'Organe subsidiaire, par le Secrétariat, sur l'évaluation économique de la diversité biologique (cf. document UNEP/CBD/SBSTTA/2/15).

34. Les ressources génétiques peuvent aussi s'échanger contre des avantages non monétaires telle que la biotechnologie qui est utile au développement économique. La contrepartie monétaire versée pour les ressources génétiques étant habituellement modique, l'échange contre la technologie pourrait être une stratégie potentiellement plus rémunératrice. Etant donné que les utilisations futures des renseignements relatifs aux ressources génétiques ne peuvent pas être connues à l'avance, la "valeur d'option" de ces informations, comme diraient les économistes, est probablement élevée. La valeur d'option correspond au prix que l'on serait disposé à payer pour conserver une ressource en vue d'une utilisation future éventuelle. L'échange de ressources génétiques contre la biotechnologie pourrait

permettre d'intensifier en particulier la recherche sur les maladies infectieuses tropicales, domaine qui de manière systématique ne reçoit pas suffisamment de fonds au niveau international, bien que quelque 600 millions de personnes souffrent de ces infections dans les pays en développement (OMS, 1992).

5. AVANTAGES DE L'UTILISATION BIOTECHNOLOGIQUE DES RESSOURCES GENETIQUES

5.1 Valeur de la collaboration en matière de recherche-développement sur les ressources génétiques

35. La recherche-développement sur les ressources génétiques peut se décomposer en une série de processus de valorisation, en commençant par l'inventaire biologique qui nécessite une identification taxonomique. Cette opération de recueil de données en elle-même accroît la valeur des ressources génétiques. L'inventaire taxonomique des organismes marins diffère de celui des organismes terrestres du fait que les expéditions de collecte sont plus coûteuses, et que les échantillons prélevés doivent être immédiatement congelés, à l'exception des micro-organismes marins qui sont souvent cultivés. Après l'inventaire, les substances chimiques ou les gènes sont extraits de la ressource génétique, et la matière extraite est soumise à des essais pour rechercher l'activité biologique souhaitée. Ces tests de bioactivité requièrent souvent une analyse de la manière dont l'échantillon affecte les systèmes vivants tels que les animaux, les cellules provenant de ces systèmes vivants ou les biomolécules isolées de ces cellules.

36. Dans le cas des applications biotechnologiques nécessitant l'isolement d'un composé chimique pur, d'une enzyme ou d'une souche microbienne, ces tests appelés "titrages biologiques" sont utilisés pour orienter le processus d'épuration. L'échantillon de ressource génétique est fractionné en plusieurs composantes dont chacune est soumise à un test pour déceler toute présence d'activité biologique, et la composante active fait l'objet de nouveaux tests, jusqu'à ce qu'un principe pur et biologiquement actif soit isolé. La transformation ultérieure du principe biologiquement actif en un produit commercial est habituellement le processus le plus coûteux et le plus long. L'exploitation commerciale nécessite souvent un essai extensif du produit sur les animaux et ou chez l'homme, notamment lorsque le produit est destiné à la consommation humaine.

37. La recherche-développement sur les ressources génétiques représente un risque financier important pour les entités privées désireuses de mettre au point des produits commerciaux. Pour cette raison, bon nombre de sociétés commerciales sollicitent notre collaboration dans le domaine de la recherche comme stratégie de réduction des risques, pour optimiser les chances de découvrir de nouvelles substances chimiques ou gènes intéressants. A ce niveau, deux stratégies sont appliquées.

38. La première stratégie consiste à s'approvisionner à l'extérieur à travers la passation de marchés avec des sociétés privées pour la prestation de certains services valorisants tels que le prélèvement d'échantillons, l'extraction, le diagnostic biologique, etc. A cet égard, une importante industrie s'est développée pour assurer l'approvisionnement des grandes sociétés menant des activités de recherche-développement sur les ressources

génétiques, avec l'intervention de fournisseurs tels que les bibliothèques ou courtiers de substances naturelles, ainsi que des sociétés spécialisées offrant des services de diagnostic biologique ou d'épuration chimique. Ces sociétés ont développé un créneau pour tirer profit du processus de recherche-développement. Plusieurs des marchés de prospection biologique négociés à grand renfort de publicité ces derniers temps entre des sociétés privées et des instituts de recherche ou des ONG dans certains pays en développement dotés d'une riche diversité biologique constituent de bons exemples d'approvisionnement à l'extérieur par les grandes sociétés de recherche-développement. Les sociétés qui obtiennent discrètement certains services de recherche-développement de l'extérieur espèrent pouvoir amortir la totalité des dépenses occasionnées par de tels services.

39. A l'inverse, la deuxième stratégie consiste à acquérir des droits sur les substances chimiques, gènes ou microbes intéressants, découverts au préalable de manière autonome par un autre groupe de recherche. Les grandes sociétés de recherche-développement peuvent obtenir des droits sur des résultats de recherche provenant d'autres sociétés, ou, de plus en plus, des instituts de recherche à but non lucratif, y compris des universités. Cette pratique est très courante aux Etats-Unis et dans les pays de l'Union européenne en ce qui concerne les ressources génétiques marines, en raison du coût élevé des expéditions de collecte. Dans ces pays, les expéditions de collecte en mer sont habituellement financées à l'aide de subventions publiques, de même que la recherche ultérieure sur les propriétés moléculaires des organismes marins ramenés au laboratoire. Toutefois, il arrive parfois que des sociétés privées financent une part du coût de la recherche de base (mais non pas le coût des expéditions de collecte en mer) en échange de droits sur les découvertes intéressantes.

40. Les résultats d'une enquête réalisée aux Etats-Unis en 1991 par le Maryland Biotechnology Institute ont montré que plus de 95% des financements accordés à la recherche effectuée sur la biotechnologie marine par les universités et les instituts de recherche sont fournis non pas par le secteur privé, mais par le secteur étatique (Zilinskas et coll., 1995). Cependant, 52% des universitaires sondés ont affirmé avoir certains liens de collaboration avec le secteur privé.

41. Au Japon par contre, il existe un niveau exceptionnellement élevé de coopération entre les entreprises, l'Etat et les milieux universitaires. Il n'est pas rare que des sociétés privées joignent leurs ressources à celles de l'Etat pour financer des expéditions de collecte ou des travaux de recherche de base (Sochaczewski, 1995; Zilinskas, 1995). De fait, le secteur privé japonais finance la recherche sur la biotechnologie marine à hauteur de 80%.

42. La contrepartie octroyée aux sociétés privées de recherche-développement pour la valorisation des résultats de recherche est une combinaison entre une compensation payée d'avance et des parts de marché (redevances représentant un pourcentage des ventes du produit mis sur le marché). Tout comme la compensation, les parts de marché augmentent en proportion de la valeur ajoutée par le prestataire. Il y a lieu de noter qu'aux Etats-Unis et au sein de la Communauté européenne en particulier, il est rare qu'une société qui acquiert des droits sur une découverte intéressante faite par un institut de recherche à but non lucratif accepte de supporter la totalité du coût des

travaux de recherche ayant conduit à la découverte. Il apparaît donc que dans l'ensemble ce sont les gouvernements des pays développés qui subventionnent le coût de la recherche-développement de leurs propres industries biotechnologiques en accordant des aides publiques aux instituts de recherche à but non lucratif, y compris les universités, pour leur permettre de produire des résultats de recherche qui sont par la suite exploités sur le plan commercial par les industries.

5.2 Collecte de ressources génétiques marines

43. De toute évidence, l'accès aux ressources génétiques marines, notamment dans les grands fonds marins, pose quelques sérieux problèmes qui ont jusqu'ici limité l'utilisation de ces ressources par la biotechnologie. A l'heure actuelle, peu de renseignements sont disponibles sur ces ressources et ceux qui existent ne sont pas, pour la plupart, corroborés par des données scientifiques.

44. L'échantillonnage des écosystèmes benthiques et sédimentaires des grands fonds marins est extrêmement coûteux. Les inventaires taxonomiques des colonies de source hydrothermale doivent être effectués par des chercheurs enfermés dans des submersibles de plongée sous-marine dont il n'existe probablement que cinq dans le monde entier qui soient capables d'atteindre ces écosystèmes (Walsh, 1990). Cependant, certains chercheurs commencent actuellement à expérimenter l'utilisation de submersibles télécommandés (Norman Wainwright, communication individuelle). Les expéditions scientifiques dans les grands fonds marins peuvent coûter jusqu'à 30 000 dollars par jour, et elles durent habituellement une ou deux semaines. De nombreux micro-organismes benthiques prélevés de cette manière peuvent être cultivés au laboratoire, souvent à la pression atmosphérique (Jannasch et coll., 1996). Les microbes provenant d'endroits particulièrement profonds sont parfois ramenés à la surface dans des cellules à vide et conservés sous haute pression pour l'analyse au laboratoire (Jannasch et coll., 1996). Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, les gouvernements des nations industrialisées subventionnent de manière substantielle les expéditions de collecte sous-marines, en octroyant des aides pour la recherche marine de base. Par exemple, la Communauté européenne finance les activités de recherche-développement sur les ressources génétiques benthiques à travers son Programme d'étude biotechnologique des extrémophiles.

45. Un certain nombre de sociétés pharmaceutiques et biotechnologiques privées du Japon coopèrent étroitement avec les pouvoirs publics au financement d'expéditions internationales de collecte de ressources marines. Aux Etats-Unis et dans les pays de la Communauté européenne, les entreprises commerciales privées seraient plus disposées à financer l'isolement et la culture de micro-organismes collectés auparavant par des expéditions financées par le biais de l'aide publique à la recherche. Dans certains cas, les entreprises participantes ont conclu des accords formels avec des instituts de recherche biologique marine et ont fourni des fonds couvrant le coût de la culture des microbes marins ou de l'isolement d'enzymes utiles, mais ne couvrant pas le coût, plus élevé, de leur collecte. Les accords d'octroi de parts de marché font habituellement partie de ces contrats

(rapports F-D-C, 1995). Le risque financier élevé lié à la mise au point de produits biotechnologiques nouveaux, notamment les produits pharmaceutiques, dissuade les entreprises commerciales privées qui voudraient financer leurs propres expéditions de collecte dans les grands fonds marins.

46. Les ressources génétiques côtières sont de loin plus accessibles que les ressources génétiques benthiques et sont en général collectées par des scaphandriers qui plongent à des profondeurs ne dépassant guère 100 mètres, ou par des opérations de dragage à des profondeurs de 500 à 1000 mètres sur le plateau continental (D'Auria et coll., 1993). Les méthodes utilisées pour les prises d'échantillons sont relativement-peu coûteuses, et en y ajoutant la grande diversité des espèces des écosystèmes côtiers, l'on comprend qu'un plus grand nombre de collecteurs soient engagés dans la prospection biologique côtière. Presque tous les gouvernements des pays industrialisés financent la collecte des ressources génétiques côtières, que ce soit en subventionnant la recherche fondamentale ou en passant des marchés avec des instituts océanographiques pour la réalisation de collectes au profit des programmes nationaux. De même, il s'est révélé plus économique pour les entreprises privées d'utiliser des plongeurs comme collecteurs, soit en mettant à contribution les compétences internes en matière de biologie marine, soit en passant des marchés avec des entrepreneurs.

47. Le Japon vient en tête de tous les pays industrialisés en ce qui concerne l'investissement dans la biotechnologie marine. En 1992, le budget total consacré à la science et à la technologie marines s'est élevé à 457 millions de dollars, dont environ 80% provenant du secteur industriel japonais (Zilinskas et coll., 1995). Au Japon, les partenariats Etat-secteur privé financent des expéditions internationales de collecte de ressources génétiques marines effectuées par les instituts de recherche japonais (Sochaczewski, 1995). A titre de comparaison, le gouvernement des Etats-Unis a consacré quelque 45 millions de dollars à la biotechnologie marine en 1992 (Zilinskas et coll., 1995). Le National Cancer Institute des Etats-Unis fait appel à un institut de recherche marine privé pour les collectes de ressources génétiques marines, même dans les régions tropicales. La Communauté européenne finance elle aussi la recherche internationale sur les ressources génétiques marines.

48. La liste des molécules provenant des ressources génétiques côtières et ayant des propriétés pharmaceutiques intéressantes est trop longue pour être présentée dans la présente étude. L'on peut citer à titre d'exemples des composés anticancéreux (didemnino, halichondrine B, halomone, dolastatine 10, ectéinascidine 743 et bryostatine 1; voir Flam 1994 pour liste), des antiviraux (macrolactines), des antibiotiques (istamycines A et B, mimosamycine), des antifongiques (swinholide A), des agents anti-inflammatoires (monoalide), et des régulateurs hormonaux (Sternberg, 1994). Les ressources génétiques côtières ont produit des enzymes industrielles telles que les protéases et les collagénases secrétées par plusieurs espèces de vibrions (Deane et coll., 1987); elles sont étudiées pour rechercher des éléments pouvant permettre de mettre au point de nouveaux produits agrochimiques (Cardellina, 1986). Les ressources génétiques côtières sont également la source de toutes les substances biologiques marines étudiées jusqu'à présent, et de toxines extrêmement puissantes dont certaines pourraient trouver des applications comme médicaments anticancéreux ou comme

outils de diagnostic et de recherche (tétrodoxotine, palytoxine, ciguatoxine, saxitoxine; Swift et Swift, 1993). De plus, ces ressources présentent un intérêt pour l'industrie des cosmétiques et pourraient un jour servir à la fabrication de nouveaux écrans solaires et d'autres produits de soins de la peau. Par exemple, un agent anti-inflammatoire tiré d'un corail tropical est en cours d'élaboration chez un grand fabricant de produits de beauté pour servir à l'entretien de la peau (Jacob, 1996). Enfin, même les animaux marins supérieurs ont fourni des filons intéressants pour la mise au point de formules médicamenteuses nouvelles. Un bon exemple en est la squalamine, antibiotique extrait du cartilage de la roussette *Squalus acanthias* (Moore et coll., 1993).

5.3 Utilisation biotechnologique des ressources génétiques marines

49. Les utilisations des ressources génétiques marines dans l'industrie biotechnologique sont nombreuses et variées. Bien qu'il n'y ait pas eu d'enquête exhaustive sur la portée de l'utilisation des ressources génétiques par l'industrie pour la conception de nouveaux produits, des études menées sur d'autres aspects de cette utilisation permettent d'avoir une idée de la taille et du potentiel du marché. De plus amples détails sur la contribution globale des ressources d'origine naturelle à ces applications industrielles sont fournis dans la note préparée à l'intention de la présente réunion de l'Organe subsidiaire par le Secrétariat, sur l'évaluation économique de la diversité biologique (cf. document UNEP/CBD/SBSTTA/2/15).

1. Enzymes industrielles

50. Outre l'analyse des petits composés chimiques, les sociétés biotechnologiques étudient aussi les protéines complexes, appelées enzymes, qui agissent comme catalyseurs dans les réactions chimiques. La recherche-développement sur les enzymes industrielles a pour but d'identifier des enzymes dont les propriétés présentent un intérêt commercial. Les ventes d'enzymes industrielles au niveau mondial sont supérieures à 1 milliard de dollars (Kelly, 1996).

51. Les enzymes industrielles sont utilisées par une multitude d'industries comme substituts économiques et écologiques du traitement chimique. Certaines sont utilisées dans la formulation des détergents, dans la transformation des aliments et dans la fabrication des produits pharmaceutiques, de même que pour le traitement des textiles, de la pâte de bois ou du papier, et pour l'obtention de produits chimiques fins ou élaborés. Les protéases par exemple sont des enzymes qui décomposent les protéines et qui sont particulièrement utiles dans les lessives commerciales pour enlever les souillures contenant des protéines (Deane, 1987). L'industrie textile emploie des onzymes appelées cellulases pour dégrader les fibres de coton afin qu'elles puissent subir des opérations tels que le "délavage à la pierre", le polissage des surfaces et l'assouplissement.

52. Les enzymes industrielles doivent demeurer stables à des niveaux extrêmes de température, d'acidité et de salinité. Pour cette raison, l'isolement et la caractérisation des enzymes d'une classe spéciale de micro-organismes dits "extrémophiles" peut permettre d'obtenir de nouveaux produits

pour cette industrie. Les grands fonds marins abritent plusieurs types de ces extrémophiles et peuvent par conséquent intéresser les entreprises qui préparent des enzymes pour ce secteur.

2. Enzymes utilisables en biotechnologie

53. Une application connexe des enzymes industrielles concerne leur utilisation comme outils de recherche en biotechnologie. La recherche-développement sur ces enzymes a pour but d'identifier des enzymes capables d'accomplir des tâches moléculaires très spécifiques, habituellement liées à la modification de l'ADN ou de l'ARN, pour la création d'organismes génétiquement modifiés ou pour la réalisation de diagnostics. Ces enzymes portent des noms très variés comme endonucléase, polymérase d'ARN et d'ADN, phosphatase alcaline, kinase, transcriptase reverse, ligase, etc. Le marché de ces enzymes est estimé à 600 millions de dollars au minimum (New York Times, 1993).

54. L'isolement d'enzymes des extrémophiles, bactéries ou microbes semblables aux bactéries adaptés à la vie dans des milieux particulièrement chauds, froids, acides, basaux, salins, sous pression ou riches en minéraux, présente un intérêt particulier pour les sociétés biotechnologiques désireuses de commercialiser de nouveaux outils de recherche. Par exemple, il existe un procédé biotechnologique puissant et courant appelé "réaction de polymérisation en chaîne" (PCR), qui repose sur l'utilisation d'une enzyme, exceptionnellement thermostable, la polymérase d'ADN Taq, pour reproduire l'ADN dans un tube à essai. L'enzyme doit être capable de supporter les cycles alternatifs de chaleur et de froid inhérents au procédé PCR.

55. La polymérase d'ADN Taq est tirée d'une espèce de bactérie thermophile, *Thermus aquaticus*, isolée initialement d'une source hydrothermale à l'ouest des Etats-Unis. En 1991, Hoffman-Laroche, un groupe pharmaceutique suisse a versé plus de 300 millions de dollars à Cetus Corporation, la société de biotechnologie innovatrice qui a inventé le procédé PCR et la nouvelle application de la polymérase d'ADN Taq, pour l'acquisition de droits exclusifs sur le procédé. Les ventes de polymérase d'ADN Taq en Europe seulement ont atteint 26 millions de dollars en 1991 (Roberts, 1992). Les ventes d'enzymes PCR se situent entre 50 et 100 millions de dollars, et le marché des enzymes biotechnologiques tirées des extrémophiles devraient enregistrer une croissance de l'ordre de 15 à 20% par an (Frank Robb, communication individuelle, et New England Biolabs, Inc. Beverly, Massachusetts, Etats-Unis).

56. Les environnements marins rigoureux tels que les sources hydrothermales des grands fonds marins, les océans polaires et les plans d'eau d'une salinité extrême ont aussi produit des micro-organismes extrémophiles intéressants pour ce procédé et pour d'autres applications biotechnologiques. La découverte de nouveaux "hyperthermophiles" dans les sources hydrothermales des grands fonds marins a reçu une certaine publicité dans la presse récemment (voir, par exemple, New York Times 1993, Financial Times 1995, Nikkei Weekly 1995). En raison des pressions élevées de l'eau à la profondeur où se trouvent les sources hydrothermales, les températures de l'eau peuvent dépasser celle du point d'ébullition au niveau de la mer. Cet environnement a engendré quelques uns des micro-organismes les plus rares de

la planète, capables de croître à des températures supérieures à 100° Celsius. Des enzymes isolées des hyperthermophiles présentent un même degré de tolérance des températures élevées (Jannasch, 1995).

57. Il est également nécessaire d'avoir des enzymes extrêmement sensibles à la chaleur, comme outils de recherche biotechnologique. La conduite des réactions biotechnologiques avec des enzymes sensibles à la chaleur permet un meilleur contrôle du processus de réaction, puisque les réactions peuvent être interrompues en augmentant la chaleur pour détruire les enzymes. Etant donné que le chauffage du mélange de la réaction peut influencer sur le produit de la réaction, l'utilisation d'enzymes sensibles à la chaleur permet aux chercheurs d'interrompre les réactions à des températures faibles. Les enzymes sensibles à la chaleur proviennent des cryophiles, organismes vivant dans les milieux froids. Il existe au moins un produit sensible à la chaleur, la phosphatase alcaline des crevettes, qui provient d'une espèce de crevettes antarctiques vivant dans les eaux extrêmement froides des régions polaires (Olsen, 1991).

58. La prospection biologique des enzymes biotechnologiques commence non pas par les protéines, mais par l'ADN cellulaire. L'ADN est extrait des organismes présentant un intérêt, en général des microbes de culture (parfois il est simplement isolé comme "ADN du milieu" d'un échantillon d'eau de mer contenant des organismes récalcitrants difficiles à cultiver), et amplifié par PCR pour obtenir plusieurs exemplaires de l'ADN. Puis l'ADN purifié est transcrit en ARN et exprimé sous forme de protéines. Les protéines sont ensuite soumises à un titrage biologique pour rechercher la présence de l'activité voulue, par exemple l'aptitude à polymériser l'ADN ou à le différencier selon le site.

59. Outre les enzymes industrielles décrites dans la section qui précède, les chercheurs étudient les relations structure-fonction qui déterminent les propriétés catalytiques des enzymes, dans l'espoir de comprendre ces phénomènes et de pouvoir un jour assigner des propriétés spécifiques à ces enzymes (Borges et coll., 1996). En isolant et en identifiant des enzymes tirées d'organismes vivant dans divers milieux, les chercheurs tentent aussi de mettre au point des gammes d'enzymes pour diverses applications industrielles, avec une température et un profil d'activité différents pour chacune d'elles.

3. Microbes industriels

60. La recherche-développement sur les microbes industriels a pour but d'identifier des micro-organismes dotés de processus métaboliques intéressants, pouvant être exploités à des fins industrielles, et faisant intervenir en général la décomposition biologique. Les microbes extrémophiles sont également jugés utiles à cette industrie, après qu'il ait été constaté que certains d'entre eux vivent de sources de carbone et d'énergie comme le pétrole. Les utilisations industrielles des microbes comprennent le traitement des effluents industriels, le traitement des eaux d'égouts urbains, l'épuration biologique des sols contaminés, le lessivage

biologique des minerais riches et le traitement des aliments, ainsi que des services institutionnels tels que les services d'entretien et de nettoyage. Les ventes de microbes industriels à l'échelle mondiale sont estimées à environ 680 millions de dollars (Perez, 1995).

61. La biotechnologie environnementale requiert des microbes capables de décomposer ou de séquestrer les composés synthétiques ou les métaux lourds, pour l'épuration biologique des sols contaminés, ou encore le pétrole, pour l'absorption biologique des marées noires (Leahy et Colwell, 1990). Une application connexe concerne le lessivage biologique du cuivre, de l'uranium et des minerais aurifères, qui permet d'utiliser les microbes pour solubiliser les ions métalliques présents dans les roches extraites (Rawlings et Silver, 1995).

4. Produits pharmaceutiques

62. La recherche-développement dans le domaine pharmaceutique a pour but d'identifier de petits composés chimiques qui soient non toxiques pour le patient, mais efficace contre la maladie. De tous les marchés mondiaux des produits commerciaux provenant des ressources génétiques, celui des produits pharmaceutiques est le plus grand, avec des ventes de 256,2 milliards de dollars en 1994 (Scrip, 1996). Certaines études ont montré que près de 40% des médicaments proviennent de sources naturelles, bien qu'il ne soit pas clairement établi que ces produits sont tirés de sources microbiennes plutôt que botaniques, ou d'autres organismes marins. Par exemple, les actinomycètes terrestres, classe de bactéries de gram positif, ont fourni la majorité des antibiotiques découverts au cours des cinquante dernières années (Okami, 1988). Le bouillon de fermentation destiné à la culture des microbes dans différents milieux, pour les amener à produire des métabolites secondaires rares, constitue le principal élément de départ dans le processus de découverte des médicaments antibiotiques. Il se confirme de plus en plus qu'il existe une diversité considérable d'actinomycètes dans les milieux marins (Takizawa, 1993). Un autre domaine d'exploitation commerciale des ressources génétiques marines concerne l'utilisation éventuelle des toxines bien connues, tirées des ressources génétiques marines, pour des applications pharmaceutiques (Zilinskas et coll., 1995).

5. Substances biologiques

63. L'on peut citer parmi les autres débouchés des substances naturelles marines la fabrication de produits industriels et biotechnologiques à partir des polymères marins tels que la chitine, le chondrus et d'autres polysaccharides. (Harvey, 1988; Abu, 1992; Singleton, 1988). Les produits naturels marins peuvent aussi fournir des indications pour le traitement biologique des surfaces en vue de limiter ou de prévenir l'encrassement biologique des coques de navires et d'autres ouvrages submergés par des organismes sessiles (Curtin, 1985).

5. CONCLUSION

64. Il apparaît à l'heure actuelle que le potentiel commercial des ressources génétiques côtières est plus élevé que celui des ressources génétiques benthiques et polaires. De plus, l'échantillonnage des ressources génétiques benthiques et polaires est bien plus coûteux, ce qui augmente le risque lié à leur développement commercial. Sans subventions publiques importantes, il est peu probable que ces ressources génétiques soient mises en valeur par le secteur privé. A l'inverse, le financement de la recherche-développement sur les ressources génétiques côtières représente un risque acceptable pour les investisseurs du secteur privé.

65. La recherche sur les écosystèmes caractérisés par des conditions extrêmes a permis de découvrir de nouveaux extrémophiles intéressants, capables de supporter des températures et des pressions variées et vivant de certaines sources de carbone et d'énergie. L'importance des extrémophiles d'intérêt commercial pouvant provenir des grands fonds marins demeure inconnue. Par conséquent, la valeur économique de ce marché est une simple supputation non vérifiée à l'heure actuelle.

66. Bien que l'accent ait été mis sur la contribution des ressources génétiques benthiques et polaires dans ce domaine, les extrémophiles proviennent aussi des écosystèmes côtiers et terrestres. Les pays en développement sont dotés d'un certain nombre d'habitats rares et aux conditions extrêmes, y compris les régions d'intense activité volcanique caractérisées par une température élevée, des valeurs extrêmes d'acidité et de salinité, des conditions anaérobies ou des solutions minérales saturées. Il existe d'autres habitats inhabituels telles que les nappes de pétrole souterraines qui peuvent abriter des microbes métabolisant les hydrocarbures, ou des régions alpines susceptibles d'abriter des organismes cryophiles. La recherche sur les extrémophiles est encore à ses débuts. A cet égard les chercheurs des pays en développement sont en mesure d'apprendre beaucoup de leurs homologues des pays développés. En effet, le partage équitable de cet avantage pourrait être le seul profit à attendre raisonnablement des ressources génétiques des grands fonds marins pendant de nombreuses années encore.

67. La présente étude montre clairement que la collecte, l'utilisation et le contrôle des ressources génétiques des grands fonds marins diffèrent du régime des ressources génétiques situées dans les zones relevant de la juridiction des Etats. Les leçons tirées de l'application d'autres régimes comme celui de l'Antarctique font comprendre l'avantage d'examiner ces types de questions avant le développement de puissants intérêts commerciaux, et surtout de les examiner sur la base des meilleures connaissances disponibles. D'un autre côté, l'établissement de régimes internationaux complexes pour réglementer l'utilisation de ressources potentiellement "intéressantes" s'est rarement révélé efficace comme stratégie d'utilisation équitable et judicieuse des ressources internationales. Qui plus est, il n'existe pratiquement pas de base de connaissances pouvant permettre de prendre des décisions rationnelles et appropriées sur la manière d'exercer un contrôle dans ce domaine. Une telle situation laisse entrevoir clairement la nécessité pour toutes les parties intéressées d'entreprendre des recherches poussées. L'Organe subsidiaire, qui est la seule autorité scientifique,

technique et technologique prévue par la Convention pour fournir des avis à la Conférence des Parties, a manifestement un important rôle à jouer pour faciliter la compréhension de ce domaine, afin que les décisions à ce sujet soient prises en connaissance de cause.

Sources

- Abu, GO. 1992. Marine biotechnology: a viable and feasible bioindustry for Nigeria and other developing countries. *MTS Journal* 26(3):20-25.
- Borges, AIKM, SR Brummet, A Bogert, MC Davis, KM Hujer, ST Domke, J. Szasz, J. Ravel, J. DiRuggiero, C. Fuller, JW Chase & FT Robb. 1996. A survey of the genome of the hyperthermophilic archaeon, *Pyrococcus furiosus*. *Genome Sci. & Tech.* 1(2):37-46.
- Cardellina, JH. 1986. Marine natural products as leads to new pharmaceutical and agrochemical agents. *Pure and Appl. Chem.* 58:365-374.
- Curtin, ME. 1985. Trying to solve the biofouling problem. *Bio/Technology* 3:38.
- D'Auria, MV, LG Paloma, L Minale, R. Riccio, A. Zampella & C Debitus. 1993. Metabolites of the New Caledonian sponge *Cladocroce incurvata*. *J Natural Products* 56(3):418-423.
- Deane, SM, FT Robb & DR Woods. 1987. Production and activation of an SDS-resistant alkaline serine protease of *Vibrio alginolyticus*. *J Gen Microbiol.* 133:391-398.
- DeLong, EF. 1992. Archaea in coastal marine environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 89:5685-5689.
- Farnsworth, N.R & R.W. Morris. 1976. *Am. J. Pharm. Educ.* 148:46-52.
- F-D-C Reports. 1995, édition du 28 août, page 15.
- Fenical, W. 1993. Chemical studies of marine bacteria: developing a new resource. *Chemical Reviews* 93(5):1673-1683.
- Financial Times. 1995. The nature of things: a use for the freaks, by Clive Cookson (20 May).
- Grassle, JF & NJ Maciolek. 1992. Deep-sea species richness: Regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *American Naturalist* 139(2):313-41.
- Harvey, W. 1988. Cracking open marine algae's biological treasure chest. *Bio/Technology* 6:486-92.
- Jacob, M. 1996. Marine organisms yield new cytotoxic agents, nutrients. *Genetic Engineering News* 16(3):1-9.
- Jannasch, HW. 1995. Deep-sea hot vents as sources of biotechnologically relevant microorganisms. *J. Mar Biotechnol* 3:5-8.
- Jannasch, HW, CO Wirsen & T Hoaki. 1995. Isolation and cultivation of heterotrophic hyperthermophiles from deep-sea hydrothermal vents. In: *Archaea: A Laboratory Manual. Thermophiles*, pp 9-13, FT Robb, K Soward, AR

Place, HJ Schreier, SD Sarma & E Fleischman, eds (Cold Spring Harbor Press, Cold Spring Harbor, New York, Etats-Unis).

Kelly, EB. 1996. Biotechnology Scientists Modify Enzymes for Cost-Effective Industrial Applications. Genetic Engineering News 16(5):1.

Leahy, JG & RR Colwell. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. Microbiological Rev. 54:305-315.

Moore, KS, S Wehrli, H Roder, M Rogers, JN Forrest, D McCrimmon & M Zasloff. 1993. Squalamine: an aminosterol antibiotic from the shark. Proc. Natl. Acad. Sci. 90:1354-1358.

New York Times. 1993. Strange oases in sea depths offer map to riches, par William J. Broad (16 novembre).

Nikkei Weekly. 1995. Tapping bacterial pioneer spirit: Microbes' ability to live in extreme conditions has wide implications, par Shigehiko Nakajima (11 décembre).

Norse, EA, ed. 1993. Global Marine Biological Diversity, A Strategy for Building Conservation into Decision Making (Island Press, Washington, DC, Etats-Unis).

Okami, Y & K Hotta. 1988. Search and discovery of new antibiotics. In: Actinomycetes in biotechnology, pp 33-67, Goodfellow, M, Williams, ST & M. Mordarski, eds (Academic press, San Diego).

Olsen, RL. 1991. Alkaline phosphatase from the hepatopancreas of shrimp (*Pandalus borealis*): a dimeric enzyme with catalytically active subunits. Comparative Biochemical Physiology 99B:755-761.

Paleroni, NJ. 1994. ASM News 60(10):537-540.

Perez, P. 1995. Environmental Biotechnology--Business Opportunities for the Next Five Years. Ninth International Biotechnology Meeting and Exhibition (Biotechnology Industry Organization, San Francisco, Etats-Unis).

Rawlings, DE & S Silver. 1995. Mining with microbes. Bio/Technology 13:773-778.

Ray, GC. 1988. Ecological Diversity in Coastal Zones and Oceans. In: Biodiversity, pp 36-50, E.O Wilson, ed. (National Academy Press, Washington, DC).

Roberts, L. 1992. Roche Gets Tough on Illicit Sales of PCR Reagent. Science 258:1572-3.

Rueter, P, R Rabus, H Wilkes, F Aekersberg, F Rainey, HW Jannasch & F Widdel. 1994. Anaerobic oxidation of hydrocarbons from crude oil by new types of sulfate-reducing bacteria. Nature 372:455-458.

- Scheuer, PJ. 1990. Some marine ecological phenomena: chemical basis and biomedical potential. *Science* 248:173-7.
- Scheuer, PJ. 1994. Marine natural products research: a look into the dive bag. International congress on Natural Products Research. Annual meeting of the American Society of Pharmacognosy. World Trade and Convention Centre, Halifax.
- Scrip magazine, janvier 1996, p. 37.
- Singleton, FL & JG Kramer. 1988. Biotechnology of marine algae: opportunities for developing countries. *Genetics Engineering and Biotechnology Monitor* 25:84-90.
- Sochaczewski, PS. 1995. Marine biodiversity: who benefits, who pays? *Global Biodiversity* 5(1):2-5.
- Sternberg, S. 1994. The emerging fungal threat. *Science* 266:1632-4.
- Swift, AEB & TR Swift. 1993. Ciguatera. *J. Toxicol. - Clin. Toxicol.* 31:1-29.
- Takizawa, M, Colwell, RR & RT Hill. 1993. Isolation and diversity of actinomycetes in the Chesapeake Bay. *Applied and Environmental Microbiology* 59:997-1002.
- Trischman, J, DM Tapiolas, PR Jensen, R Dwight, W Fenical, TC McKee, CM Ireland, TJ Stout & J Clardy. 1994. Salinamides A and B: Anti-inflammatory depsipeptides from a marine Streptomyces. *Journal of the American Chemical Society* 116:757-758.
- Walsh, D. 1990. Thirty thousand feet and thirty years later: some thoughts on the Deepest Presence concept. *Marine Tech. Society J.* 24(2):7-8.
- Woese, CR, O Kandler & ML Wheelis. 1990. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 87:4576-4579.
- Organisation mondiale de la santé. 1992. Global health situation and projections, estimates 1992. OMS, Genève.
- Wright, AE & PJ McCarthy. 1994. Drugs from the sea at Harbor Branch. *Sea Technology* 35(8):10-18.
- Zilinskas, RA, RR Colwell, DW Lipton & RT Hill. The Global Challenge of Marine Biotechnology: A Status Report on the United States, Japan, Australia and Norway (Maryland Sea Grant Publication, College Park, Wright, AE & PJ McCarthy. 1994. Drugs from the sea at Harbor Branch. *Sea Technology* 35(8):10-18.
- Zilinskas, RA, RR Colwell, DW Lipton & RT Hill. The Global Challenge of Marine Biotechnology: A Status Report on the United States, Japan, Australia and Norway (Maryland Sea Grant Publication, College Park, Maryland, Etats-Unis, 1995).

Notes

1. Article 82.
2. Article 61 qui, par exemple, impose l'obligation de "prendre des mesures appropriées de conservation et de gestion pour éviter que le maintien des ressources biologiques de la zone économique exclusive ne soit compromis par une surexploitation". Les Etats doivent aussi coopérer entre eux pour la conservation et la gestion des stocks partagés (article 61(2)).
3. Article 62.
4. Définies à l'article 77(4) comme des organismes qui, "au stade où ils peuvent être pêchés, sont soit immobiles sur le fond ou au-dessous du fond, soit incapables de se déplacer autrement qu'en restant constamment en contact avec le fond ou le sous-sol".
5. Paragraphe 6 du préambule de la Convention sur le droit de la mer.
6. Article 87(1)(e) et (f).
7. Article 116.
8. Article 117.
9. Article 118.
10. Article 1(1).
11. Articles 133(a) et 136.
12. Article 135.
13. Article 137(2).
14. Article 137(1).
15. Annexe III, article 1.
16. Une autre interprétation basée sur la même conclusion consisterait à considérer que ces ressources font partie des "ressources biologiques" qui sont définies de manière à englober les ressources génétiques. Ainsi, elles échapperaient aux conditions spéciales applicables aux ressources minérales et seraient librement accessibles.
17. Article 87(1)(e).
18. Article 143(1) (Promouvoir la coopération internationale en matière de recherche scientifique marine dans la Zone) et article 242 (Promouvoir la coopération internationale en matière de recherche scientifique marine).