

L'ÉVOLUTION



Sous la direction de Patrick Blandin

BORDAS

Muséum National d'Histoire Naturelle





COMPRENDRE L'ÉVOLUTION DE LA VIE

Il y a 3,8 milliards d'années, la vie apparaît sur Terre,
et depuis, ne cesse d'évoluer.

Parcourant les milieux marins et terrestres d'aujourd'hui,
la première partie de cet ouvrage met en scène
la diversité des espèces actuelles, fruit de l'évolution.

Multiple, la vie est néanmoins une : tous les êtres vivants
sont construits à partir d'une même unité structurale, la cellule.
Interpréter ce paradoxe en cherchant à comprendre l'évolution
est l'objet de la deuxième partie.

Aujourd'hui n'est qu'une étape dans l'évolution.
Parce que l'homme interfère de plus en plus sur le cours de la vie,
la dernière partie s'interroge sur son rôle comme facteur d'évolution.
L'interrogation éthique est à l'horizon.

Code : 019964

ISBN : 2-04-019964-0

Couverture : Patrick Blandin et Anne Fleming

Fonds : fossile de *Pecopecteris*, ph. © MNHN, Paléontologie, D. Serette

Encart premier plat : *Dendrobates pumilio* du Costa Rica, ph. © Yves-Lefevre/Bios

Encart second plat : main de la grotte de Gargas (France), ph. © D. R.



Cet ouvrage a été dirigé par Patrick Blandin

Conception et rédaction

Acte I : Patrick Blandin, Jacques Maïgret, Geneviève Meurgues

Acte II : Jean Générmont

Acte III : Patrick Blandin, Claudine Friedberg, Fabienne Galangau-Quérat, Geneviève Humbert, Jacqueline Olivieri, Francis Petter, Florence Raulin-Cerceau, Jean Servan

Annexes : Hervé Lelièvre, Michel Van Praët

Orientations iconographiques

Patrick Blandin, Jean Générmont, Hervé Lelièvre, Jacques Maïgret, Geneviève Meurgues

Ce livre est adapté du propos scientifique de la Grande Galerie de l'évolution du Muséum national d'histoire naturelle, inaugurée à Paris le 21 juin 1994. La conception scientifique et muséologique de la Grande Galerie a été élaborée au Muséum par une Cellule de préfiguration, dirigée par Michel Van Praët, avec l'appui d'un Comité scientifique présidé par Jean Guerdoux. Elle a mobilisé de très nombreux scientifiques du Muséum, d'universités et d'établissements de recherche, en France et à l'étranger.

Maquette et mise en pages : Abigail Nunes, Sylvain Soussan, Ines Bastos

Conception de maquette intérieure : Jean Castel

Dessins : Sandra Smith, Doris Smith, Bruno Congar, Patrick Morin

Cartographie : Gilles Alkan/Cartographisme, Jean-Marc Trimouille

Recherche iconographique : Nathalie L'Hopitault

Corrections : Christian Oster

Photogravure : Nord Compo, Villeneuve d'Ascq

Fabrication : Ingrid Bœringér

Édition : Mathilde Majorel, Jeanne Videau

Responsable d'édition : Jean Arbeille

« Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droits, ou ayants cause, est illicite » (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par l'article L.335-2 du Code de la propriété intellectuelle. Le Code de la propriété intellectuelle n'autorise, aux termes de l'article L.122-5, que les copies ou les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

© Bordas 1996

Imprimé en Italie par New Interlitho en mars 1996

Dépôt légal : avril 1996

ISBN : 2-04-019964-0

Introduction

L'évolution est un fait. Les résultats qu'accumulent les sciences de la Terre, les sciences de la vie et les sciences de l'homme depuis deux siècles n'ont cessé d'en renforcer l'évidence. L'histoire de l'Univers est le cadre immense de

celle du système solaire, dans laquelle s'inscrit, depuis quelque quatre milliards cinq cents millions d'années, celle de la Terre. Très tôt, dans l'environnement physique et chimique particulier de cette planète, la vie est apparue. Archivées dans les roches sédimentaires, des traces fossilisées en révèlent l'histoire. Ce sont par exemple des restes d'organismes, parfois très incomplets, parfois extraordinairement bien conservés, ou des empreintes que laisse un organisme en se déplaçant sur un substrat meuble. Qui ne serait profondément ému en contemplant sur le sol le cheminement d'un dinosaure qui passait là il y a quelques dizaines de millions d'années ? Ou, plus encore, par les pas de deux bipèdes adultes, l'un marchant dans les traces de l'autre, tandis qu'un petit chemine à leur côté ? Témoins lointains — trois millions six cents mille ans — de l'émergence de la lignée des humains...

Comme les pages d'un livre, mais incomplètes, souvent bousculées, renversées, transformées par les mouvements de la croûte terrestre, les couches géologiques narrent en pointillé l'histoire mouvementée de la vie. Des formes nouvelles apparaissent, d'autres disparaissent, ballet au tempo inconstant. Diversification des espèces, conquête de nouveaux espaces, organisation de nouveaux écosystèmes, extinctions affectant dans le même temps des catégories aussi différentes que de puissants vertébrés terrestres et des mollusques céphalopodes marins, emprise croissante, depuis peu, d'une espèce — la nôtre —, qui étend ses influences jusqu'aux extrémités de la Terre : les événements se succèdent et la biosphère, fine pellicule vivante, change continuellement de physionomie.

La nature offre aujourd'hui le spectacle fascinant d'une immense diversité d'espèces formant de multiples communautés. Pour ouvrir son propos, en un premier acte, le présent ouvrage propose un parcours à travers cette

diversité. Au gré de l'exploration des milieux, il est possible de s'interroger sur les processus qui ont conduit chaque fois à la formation d'une communauté particulière, dont les espèces montrent souvent d'extraordinaires adaptations aux conditions actuelles de leur environnement, parfois aussi des adaptations mutuelles les rendant étroitement interdépendantes. Ainsi l'observation curieuse de la diversité actuelle du monde vivant renvoie-t-elle à l'interrogation de l'histoire passée de la vie : de quels longs cheminements la nature présente est-elle l'aboutissement provisoire ?

Comprendre comment l'on reconstitue l'histoire de la vie, la succession des êtres vivants, comment l'on tente d'expliquer les faits observés, tel est le propos du deuxième acte. La mobilisation de multiples techniques permet de reconstituer de mieux en mieux, cependant de façon toujours fragmentaire, la succession des principaux écosystèmes du passé. Mais les événements s'inscrivent dans la trame continue de la reproduction des êtres vivants. De génération en génération, les généalogies se construisent, les filiations se dessinent. Tout organisme, aujourd'hui, est relié au premier système vivant par cette chaîne ininterrompue. La vie est une. La découverte de la cellule et la mise en évidence de ses constituants fondamentaux, la compréhension des lois de la génétique, la découverte des molécules chimiques porteuses des caractères héréditaires et l'explication de leurs propriétés, tout prouve l'unité profonde du vivant. Celle-ci n'a pas empêché la transformation des êtres, qui se sont diversifiés dans l'espace et dans le temps : aujourd'hui, les espèces se comptent par millions, voire par

dizaines de millions. L'évolution pourrait donc être figurée sous la forme d'un immense arbre généalogique, dont les ramifications représenteraient les lignées différenciées au fil du temps. Construire cet arbre, en reconstituant les lignées, en situant précisément leurs points de divergence, tel est, pour une large part, le long et patient travail des naturalistes. Il leur faut à cette fin étudier les espèces actuelles et fossiles de façon comparative, en analyser les caractéristiques morphologiques et anatomiques aussi finement que possible, situer les espèces fossiles les unes par rapport aux autres dans le temps et dans l'espace, et tenter ainsi de définir les filiations de façon logique, en distinguant, pour déterminer les points de divergence, les caractéristiques anciennement acquises et celles qui le sont nouvellement. Ces méthodes sont aujourd'hui complétées par l'analyse comparative de la structure intime des gènes, grâce aux techniques de la biologie moléculaire. Peu à peu, les généalogies se précisent, parfois non sans surprise.

Décrire les événements, retracer les généalogies, ce sont là deux objectifs majeurs de l'étude de l'évolution. Mais la description ne suffit pas : il faut aussi expliquer. La question fondamentale, en effet, est de comprendre comment les organismes vivants se sont diversifiés, alors même que la propriété fondamentale de la vie est la reproduction, c'est-à-dire un processus éminemment conservateur. Lamarck avait saisi l'importance du phénomène de la transformation progressive, au fil des générations : c'était là une avancée conceptuelle majeure. Mais c'est Darwin qui sut dégager les bases d'une interprétation logique, en reconnaissant l'existence de la variabilité des individus au sein d'une espèce et en avançant l'idée qu'il s'opère un tri entre ces individus : les plus aptes à vivre dans un environnement donné ont plus de chances que les autres de pouvoir se reproduire et donc de transmettre leurs propres caractéristiques aux générations suivantes. La variabilité au sein de l'espèce, ou polymorphisme, et la sélection naturelle, tels sont les concepts clés sur lesquels s'appuie toujours, pour l'essentiel, l'explication de

l'évolution, même si les connaissances ont progressé de façon fantastique depuis Darwin.

Comprendre l'origine de la variabilité : c'était là un enjeu majeur. De Mendel, le découvreur discret des lois fondamentales de la génétique, jusqu'aux apports de la biologie moléculaire qui expliquent les propriétés des molécules déterminant les caractères héréditaires, un long chemin a été parcouru en un peu plus d'un siècle. L'on comprend aujourd'hui comment des mécanismes fondamentalement conservateurs peuvent en même temps être générateurs de nouveautés. D'une certaine façon, la vie bricole sans arrêt, ne cessant de produire des organismes présentant toujours entre eux quelques différences.

Les systèmes vivants n'auraient cependant point changé, si leur environnement lui-même n'avait été changeant : la sélection naturelle, dans des conditions stables, ne retient que les individus qui leurs sont adaptés. La géologie a progressivement mis en évidence la dynamique incessante de la planète, et l'on connaît aujourd'hui les mouvements des continents, leurs cassures, leurs séparations, leurs collisions. On détecte de mieux en mieux les changements climatiques du passé, et l'on commence même à comprendre comment les déplacements des continents ont modifié le fonctionnement de l'immense machine thermique qu'est la Terre. L'on s'achemine ainsi vers une connaissance générale de l'évolution physique de la planète, qui a été le moteur d'ensemble de l'évolution de la vie. À son tour, celle-ci a influencé l'évolution chimique des eaux et de l'atmosphère, contribué à la formation des roches sédimentaires, régulé les processus d'érosion...

Aujourd'hui, l'évolution doit être saisie dans sa globalité, physique, chimique et biologique. L'on prend alors conscience que l'espèce humaine elle-même interfère avec la dynamique évolutive spontanée de la planète, par l'importance numérique qu'elle prend, par les modifications multiples de l'environnement qu'elle provoque : l'homme ne deviendrait-il pas facteur d'évolution ? Telle est la question qu'aborde le troisième acte, ouvrant la voie aux interrogations d'ordre éthique.

La biodiversité et son devenir

La biodiversité, ou diversité du monde vivant, est le résultat de l'évolution qui s'est manifestée dès les premières formes de vie.

Au cours des temps, d'innombrables espèces sont apparues pendant que d'autres disparaissaient.

Depuis plus de 10 000 ans, aux processus naturels de l'évolution se sont ajoutés des processus résultant de l'activité des hommes, processus qui provoquent la raréfaction et la disparition d'un nombre d'espèces de plus en plus important.

■ La biodiversité, une notion complexe

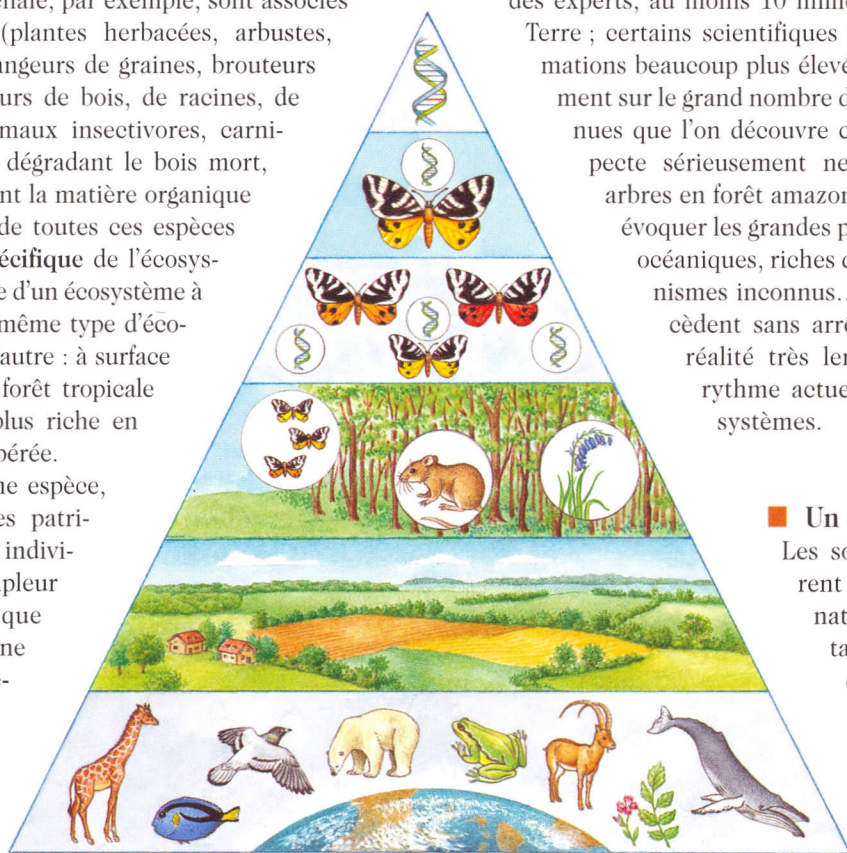
Les divers milieux de la planète (déserts, savanes, forêts, zones humides, cours d'eau, milieux littoraux, pélagiques ou abyssaux) sont constitués d'un plus ou moins grand nombre d'unités fonctionnelles différentes, appelées écosystèmes. Par exemple, le massif forestier de Fontainebleau est constitué de chênaies, de hêtraies, de pinèdes, de landes, de pelouses, de mares... Ce massif est donc un milieu complexe qui présente de nombreux écosystèmes, c'est-à-dire une importante **diversité écologique**.

Chaque écosystème est lui-même constitué d'une communauté d'espèces différentes, qui jouent chacune un rôle particulier. Dans une chênaie, par exemple, sont associés de multiples végétaux (plantes herbacées, arbustes, arbres), des animaux mangeurs de graines, brouteurs de feuilles, consommateurs de bois, de racines, de feuilles mortes, des animaux insectivores, carnivores, des champignons dégradant le bois mort, des bactéries décomposant la matière organique dans le sol. Le nombre de toutes ces espèces constitue la **diversité spécifique** de l'écosystème. Cette diversité varie d'un écosystème à l'autre et aussi, pour un même type d'écosystème, d'une région à l'autre : à surface égale, par exemple, une forêt tropicale est extraordinairement plus riche en espèces qu'une forêt tempérée.

Au sein d'une même espèce, enfin, il existe entre les patrimoines génétiques des individus des différences d'ampleur variable, de sorte que chaque espèce possède une certaine **diversité génétique**. C'est pourquoi les individus n'ont pas tous la même capacité d'adaptation aux conditions du milieu, les plus aptes ayant une plus grande probabilité que

les autres de transmettre leurs propres caractères aux générations suivantes.

Diversité écologique, diversité spécifique et diversité génétique correspondent à des niveaux d'organisation du monde vivant différents. Elles constituent ensemble ce que les scientifiques appellent la **biodiversité**. Cependant, ce terme évoque aussi, couramment, de façon plus restrictive, l'ensemble des espèces vivant aujourd'hui à la surface de la planète, en formant cette mince « pellicule vivante » nommée biosphère. Actuellement, environ 1 500 000 espèces sont connues, dont 750 000 insectes, 200 000 plantes à fleur, 5 000 mammifères... C'est peu, car, d'après les estimations des experts, au moins 10 millions d'espèces peuplent la Terre ; certains scientifiques avancent même des estimations beaucoup plus élevées, en s'appuyant notamment sur le grand nombre d'espèces d'insectes inconnues que l'on découvre chaque fois que l'on prospecte sérieusement ne serait-ce que quelques arbres en forêt amazonienne. Et il faudrait aussi évoquer les grandes plaines abyssales des fonds océaniques, riches de quantité de micro-organismes inconnus... Les découvertes se succèdent sans arrêt, mais à un rythme en réalité très lent, si on le compare au rythme actuel des destructions d'écosystèmes.



Les différentes facettes de la biodiversité : diversité génétique des individus au sein d'une espèce, diversité des espèces au sein d'un écosystème, diversité des écosystèmes dans un paysage, diversité du monde vivant à l'échelle de la planète.

■ Un devenir incertain

Les sociétés humaines interfèrent depuis longtemps avec la nature, tantôt respectueuses, tantôt créatrices de formes domestiques, tantôt brutalement destructrices. Au cours des trois derniers siècles, 500 espèces de vertébrés se sont éteintes du fait de l'homme, et aujourd'hui 4 500



Les grands félins (ici le tigre de Sibérie, Panthera tigris altaica) font partie des espèces en grand danger de disparition.



Un petit volume de sol de forêt contient une diversité spécifique insoupçonnée : y coexistent, outre de nombreuses espèces microscopiques, de multiples espèces d'invertébrés aux rôles écologiques variés.



Une réserve biologique domaniale en forêt de Fontainebleau. La protection intégrale de certaines zones contribue à la conservation d'une partie de la diversité spécifique dépendante du fonctionnement naturel de l'écosystème forestier, tandis que cette diversité régresse dans les secteurs exploités.

espèces de ce groupe (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons) sont menacées. Chaque année, des millions d'hectares de forêts tropicales sont détruits, et avec eux peut-être des centaines ou des milliers d'espèces, disparues avant même d'avoir été inventoriées... À cela s'ajoutent les effets de pollutions de plus en plus fréquentes et diverses qui perturbent les processus écologiques naturels et qui font régresser de nombreuses espèces. Des phénomènes de grande ampleur comme l'effet de serre pourraient à plus ou moins long terme transformer les conditions de vie sur la planète, et modifier considérablement la composition en espèces des écosystèmes adaptés à cette nouvelle donne.

L'avenir de la biodiversité est incertain. Les mesures de protection des espèces et des espaces naturels, actuellement mises en œuvre où à l'étude, ne suffiront pas à préserver le monde vivant dans sa composition présente. Le problème est politique, au sens le plus noble du terme. Les idées émises par les scientifiques qui étudient la biodiversité, passée et présente, et les processus écologiques dont elle dépend doivent constituer un élément de notre réflexion. Celle-ci doit nous amener à peser les conséquences de nos choix pour les générations futures, pour la biodiversité et pour l'évolution du monde vivant.

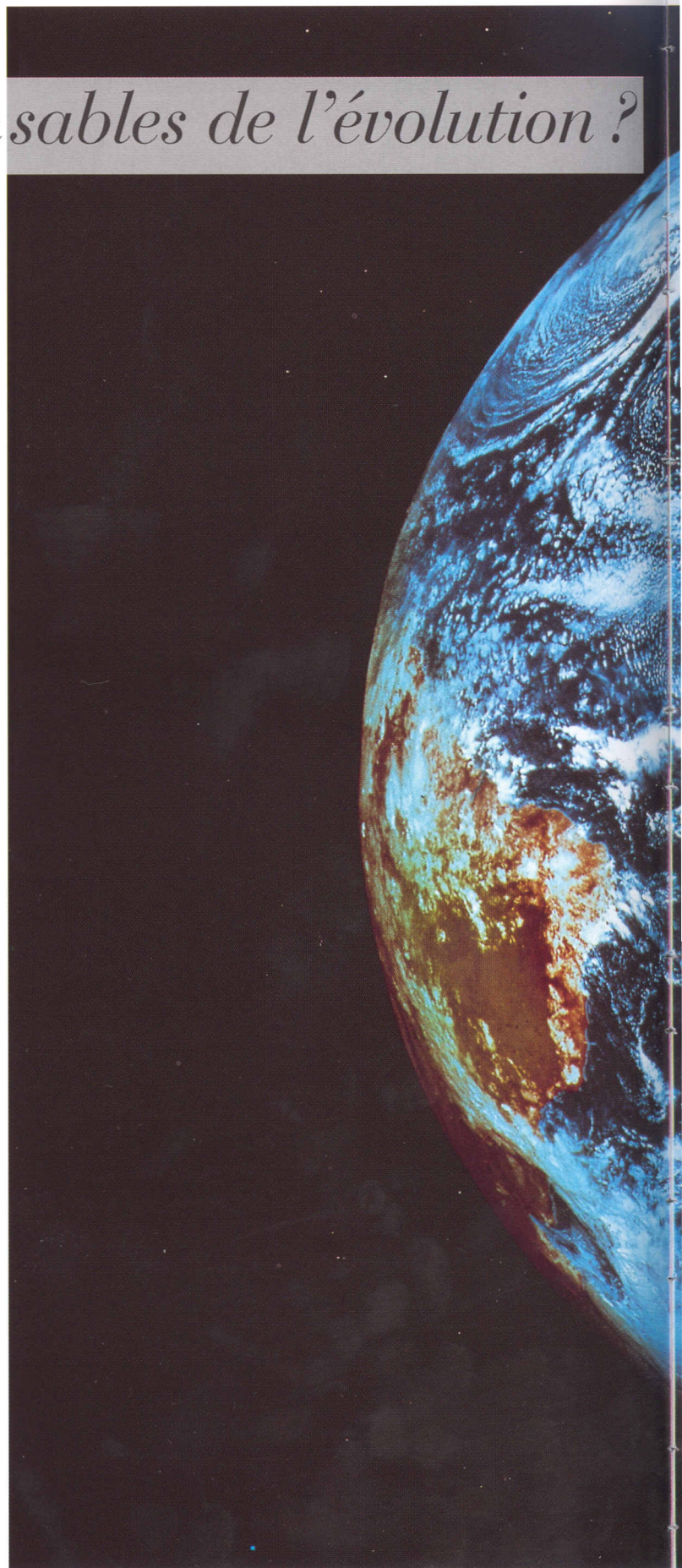
Les hommes, responsables de l'évolution ?

■ Le paradoxe de la vie

L'émergence du vivant, phénomène majeur dans l'histoire de la Terre, crée une situation paradoxale. Les mécanismes fondamentaux de la vie sont avant tout conservateurs : ils assurent la **reproduction**. Tout être vivant provient, par filiation, d'autres êtres vivants et l'histoire de la vie aurait pu n'être que celle d'une succession monotone d'organismes conçus sur le même modèle. Mais il n'en est pas ainsi : la trame de cette histoire est faite d'apparitions de nouvelles formes, tandis que d'autres disparaissent. La vie, conservatrice, est en incessante **transformation** ; son unité fondamentale est paradoxalement transgressée par une extraordinaire **diversification**, par une ramification foisonnante en lignées dont les différences feraient oublier qu'elles ne sont que variations sur un thème unique.

La vie s'est formée, s'est développée, s'est transformée dans une interdépendance permanente avec son environnement physique et chimique. Cette interdépendance s'est manifestée au travers des phénomènes de sélection naturelle, triant en permanence les organismes en fonction de leurs possibilités d'adaptation aux conditions du moment ; réciproquement, elle s'est traduite par la transformation de l'environnement physique et chimique sous l'effet de l'activité des organismes. La vie n'a cessé de modifier les conditions de la sélection naturelle, contribuant

*La petite planète bleue, porteuse d'une
mince pellicule de vie, façonnée par
plus de trois milliards d'années d'évolution.
Quelle sera l'évolution à venir ?*



ainsi à sa propre transformation. Cela dans un cadre géologique changeant en permanence sous l'influence des phénomènes tectoniques. Cela, enfin, dans un environnement climatique variant en fonction de divers processus périodiques à déterminisme cosmique. Paradoxe, l'évolution du vivant n'a cessé d'être la condition de sa conservation.

Et voilà que, dans le foisonnement des ramifications de la vie, se forme une lignée parmi d'autres, celle des hommes. Un événement évolutif ordinaire, mais une lignée qui se singularise radicalement parce que les hommes se révèlent « doués de culture ». Cette singularité va influencer le cours de l'évolution.

■ L'influence grandissante des hommes

Les hommes provoquent la régression de certaines espèces, en font disparaître des sous-espèces locales, ou même les éradiquent. Ils en domestiquent d'autres, dont ils modifient peu à peu les patrimoines génétiques par la sélection, multipliant les variétés en fonction des besoins. Volontairement ou par inadvertance, des espèces sont transférées d'une région à une autre, d'un continent à l'autre. Parfois, ces espèces introduites modifient profondément les équilibres écologiques et entraînent l'extinction d'espèces indigènes. En organisant les parcours de pâturage, en installant des cultures, en construisant des habitations, des voies de communication, bref, en aménageant les territoires, les hommes transforment les écosystèmes, et donc les conditions locales de la sélection naturelle. Enfin, ils polluent, de façon toujours plus diversifiée. Les polluants font régresser les espèces les moins résistantes, modifiant ainsi la composition des communautés et les rapports entre espèces ; en même temps, ils peuvent sélectionner des variétés résistantes. De façon globale, la diversification des activités humaines et leur amplification, liée à la croissance démographique, ont pour conséquences de profondes modifications des milieux naturels et une réduction de la diversité biologique, phénomène dont la rapidité est aujourd'hui sans commune mesure avec celle des grands phénomènes d'extinction mis en évidence par les recherches paléontologiques.

■ La prise de conscience

Aujourd'hui, ce rôle des hommes dans la transformation de la nature, et donc dans la modification du cours de l'évolution, fait l'objet d'une prise de conscience de plus en plus large. En même temps, les progrès scientifiques

permettent une meilleure connaissance de l'histoire de la vie, une compréhension plus profonde des mécanismes de l'évolution, une meilleure perception des processus écologiques qui rendent la vie possible. Plus de conscience, plus de science : une véritable révolution culturelle devient possible, et nécessaire.

La nature, trop longtemps imaginée comme une ressource indéfiniment exploitable, devient un patrimoine précieux, un héritage fragile, une potentialité pour l'avenir, qu'il convient de transmettre dans les meilleures conditions aux générations futures. Scientifiques, philosophes, représentants des religions, hommes politiques en débattent. Bien plus largement, chaque citoyen de la planète est interpellé. Comment chacun d'entre nous évalue-t-il sa responsabilité personnelle vis-à-vis du devenir de la biodiversité, de l'évolution ? Comment conçoit-il les responsabilités collectives de chaque société locale, de la communauté humaine tout entière ?

Visions pessimistes et optimistes s'affrontent. Il est vrai que la dégradation de la nature s'accélère, tandis que la population humaine ne cesse de s'accroître. Quantité de données objectives, réunies avec sérieux par les scientifiques, nourrissent des inquiétudes légitimes. Mais elles peuvent engendrer un catastrophisme démobilisateur. Il est vrai aussi que sciences et techniques apportent de plus en plus de moyens de résoudre de nombreux problèmes d'environnement. De remarquables exemples de gestion rationnelle, voire de restauration, de milieux naturels peuvent porter à l'optimisme. Mais un optimisme excessif peut engendrer un nouveau scientisme anesthésiant la vigilance : « Citoyens, ne vous inquiétez pas, la science veille pour vous et résoudra toujours les problèmes qui pourraient survenir. »

■ Appel à la réflexion éthique

Aujourd'hui, le développement des sciences et des techniques, qui caractérise une culture occidentale uniformisante, pose de façon explicite le problème des relations des hommes avec leur propre nature – de plus en plus « manipulable » – et avec la « Nature », amoindrie et fragilisée. Quels hommes demain, en interdépendance avec quelle nature ? Faut-il conserver un maximum de possibilités d'évolution différentes ? Faut-il privilégier une évolution particulière ? Faut-il figer une situation qui aujourd'hui nous semblerait satisfaisante pour demain ? Ces questions appellent à la réflexion éthique, car l'homme est en question. Chacun doit se risquer à cette réflexion, élaborer ses réponses, et prendre ses responsabilités.