

## **Pierre-Henri Gouyon**

### **La biodiversité dans sa perspective historique**

Le centre INRA de Versailles a organisé, en collaboration avec le rectorat de Versailles, des journées d'information pour les enseignants de sciences naturelles et de biologie. Celle du 6 avril 1994 était consacrée au thème de la biodiversité. P.-H. Gouyon, professeur et responsable du laboratoire « Evolution et systématique des végétaux » à l'université de Paris-Sud Orsay, intervenait en introduction de la journée pour replacer la biodiversité dans une perspective historique. Voici la presque totalité de son intervention, retranscrite d'après un enregistrement magnétique par Brigitte Cauvin.

#### **La Nature créée par Dieu est bien faite**

Essayons de vous présenter un panorama de la biodiversité telle qu'on peut la percevoir dans la nature et de vous montrer la façon dont la diversité du vivant a été perçue par notre culture.

La biodiversité a été remarquée dès l'Antiquité. Lorsqu'on observe le monde vivant, on constate que les êtres sont différents les uns des autres. On a commencé par interpréter cette diversité dans une vision « harmonieuse » du monde. Cette idée que le monde était fait d'harmonie a été formalisée dans notre société - disons française - en un Créateur tout puissant et bienveillant qui aurait inventé la Nature pour le plus grand bien-être des organismes, et bien sûr de l'organisme suprême qu'est l'humain. Nous ne partageons plus totalement cette vision mais il reste une forte impression que la Nature est bien faite. Les racines de cette pensée, qu'on les cherche dans l'Antiquité ou dans une vision « créationniste » de la nature, sont encore présentes dans notre société et il ne faut pas négliger cette composante de notre pensée.

#### **De Linné...**

La première classification formelle et régulière du monde vivant est due aux grands systématiciens du XVIII<sup>e</sup> siècle et en particulier à Linné : il a classé les espèces, les a rassemblées en genres, en familles, etc., chaque espèce étant produite par ordre du Tout-Puissant. Linné, qui n'était pas idiot, voyait bien qu'au sein des espèces il y avait une certaine variabilité. Il voyait même que les horticulteurs étaient capables par sélection de fabriquer des formes qui étaient différentes des formes sauvages. Mais Linné réfutait tout intérêt à ces variations : les espèces étaient les formes issues de la Création et devaient être respectées du fait qu'elles reflétaient la volonté du Créateur. Les variations autour de la forme ou du type dans l'espèce étaient le produit d'accidents ou éventuellement celui de la malice des horticulteurs qui avaient fabriqué des formes tératologiques à partir des superbes formes sauvages du Créateur... mais sans intérêt. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, quand la nature est enfin à peu près classée par Linné, cette vision, qu'on appelle typologique, des espèces revient à dire que la vraie diversité du vivant, c'est la diversité entre les espèces, et que la diversité à l'intérieur des espèces est une diversité inintéressante. Même si nos idées ont évolué par rapport à cela, c'est encore une manière de voir la diversité du vivant. Le pas suivant sera à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup>, l'arrivée de Lamarck et de Cuvier, qui, après Buffon, vont introduire le temps en biologie. Au fond, Linné s'accommodait très bien des 4 000 ans avant Jésus-Christ, date de la Création du monde, puisque, de toute façon, rien n'avait changé depuis ! Buffon introduira l'idée que la période a pu être beaucoup plus longue. Puis Cuvier apportera celle d'extinction régulière, mais aussi de « re-création » de nouvelles espèces. Pour Cuvier, la diversité est entièrement née du Créateur, avec des créations successives. Avec Lamarck, les espèces se transforment les unes dans les autres. Cependant, notre vision actuelle de la biodiversité est issue de Darwin qui, en 1859, propose l'idée de sélection naturelle.

#### **...à Darwin**

Ses travaux sont bien connus, mais je voudrais insister sur un point : Darwin propose que la sélection naturelle par le tri des individus les plus capables de vivre dans leur milieu est à la base de l'adaptation. Ce qui implique qu'il existe à l'intérieur des espèces une variabilité héréditaire. Et ce fut le

point central des interrogations de Darwin et même son obsession. D'ailleurs, c'est le seul point sur lequel il va se tromper. En revanche, il n'a pas fait d'erreur lorsqu'il a dit que l'essentiel pour comprendre la biologie, c'était de comprendre ce qu'est cette variabilité héréditable ; en quelque sorte, il pose la génétique comme programme de recherche pour le siècle suivant. A l'époque, il s'agissait bien d'une révolution sur le plan conceptuel : l'idée de transmission héréditaire existait déjà, bien sûr, mais il y avait toutes sortes de théories. Ce qu'on cherchait quand on regardait l'hérédité, c'était comment des parents fabriquaient un descendant ; ainsi, la science de l'hérédité, c'était l'embryologie. L'idée de chercher comment sont transmises des variations, et non plus comment sont transmises des formes, était complètement nouvelle. Il fallait avoir compris Darwin pour comprendre en quoi la génétique pouvait être intéressante, ce qui explique d'ailleurs sans doute pourquoi les Français n'ont pas compris jusqu'aux années 1950 !

A partir de Darwin, la variation intraspécifique devient un phénomène important, alors que jusque-là, tant qu'on vivait sur une vision typologique des espèces, la variation autour du type était inintéressante. C'est la première révolution, du point de vue qui nous concerne, en dehors d'autres effets du darwinisme. Par ailleurs, étant donné que cette variation intraspécifique alliée à la sélection naturelle (et à autre chose) explique l'existence d'espèces différentes - Darwin a écrit *L'origine des espèces* -, il n'y a pas de différence de nature entre variabilité intraspécifique et interspécifique. La variabilité entre espèces n'est que le fruit d'une accumulation de variabilités intraspécifiques. Cela non plus n'est pas complètement digéré dans notre culture, même chez les scientifiques dont c'est la matière. On ne sait pas encore faire « un vrai tout » avec cet ensemble.

Parlons des deux aspects. Je voudrais pouvoir vous donner une vision plus intégrée de tout cela et ne pourrai le faire. Je prendrai quelques minutes pour parler d'une des conséquences de la découverte de la génétique après Darwin : l'eugénisme. C'est un thème qui revient à la mode et tout le monde ne sait pas de quoi il s'agit ; en outre, il concerne les problèmes de biodiversité, on va voir pourquoi.

### De l'eugénique à l'eugénisme

L'eugénique est une discipline qui apparaît dans les années 1920, dans les pays anglo-saxons essentiellement, mais la France n'en sera malheureusement pas exempte, et l'Allemagne non plus. Il s'agit de faire diriger l'évolution de l'espèce humaine par les humains de façon consciente. L'eugénique est alors présentée comme une espèce d'arbre qui organise en une entité harmonieuse de nombreuses sciences dont la génétique, la statistique, etc. L'eugénique a été créée par l'ensemble de la communauté des généticiens. Ils ont montré que la sélection naturelle pouvait expliquer l'adaptation des espèces et ont découvert avec horreur que l'espèce humaine devait évoluer aussi ; cette évolution était complètement incontrôlée et pourtant, d'une certaine façon, on agissait dessus avec les lois sociales, avec la médecine, etc. Ils se sont dit qu'ils avaient un devoir urgent d'y faire attention. Même si, par la suite, il y a eu des dérives politiques très graves qui n'ont concerné qu'une petite fraction des généticiens, au début de l'eugénique tous les scientifiques étaient d'accord et tous étaient de bonne foi, j'en suis absolument convaincu. Aujourd'hui, on réprovoce ce qu'ils ont fait à cette époque-là. Avec les meilleures intentions du monde, ces personnes ont été mêlées à des choses que nous trouvons absolument inadmissibles aujourd'hui.

La première a été de laisser sortir dans la presse toute une série de données et voici des photographies de journaux de l'époque, les années 30 aux Etats-Unis. Des généalogistes ont retrouvé la descendance d'une dénommée Ada Jukes qui avait vécu en 1740. Voyez ! Ada Jukes, ce n'est vraiment pas quelqu'un de bien ! Si vous regardez ses descendants, vous trouvez 64 débiles mentaux, 174 pervers sexuels, 196 illégitimes (on se demande d'ailleurs même si ce sont ses descendants !), 142 pauvres (ce qui est tout à fait inadmissible !), et 77 criminels et meurtriers. Donc, ce n'était vraiment pas bien de laisser se reproduire cette personne ! Voyez le *Sunday Oregonian*, qui n'est pas un journal pour scientifiques : en 1937, voici la descendance de Cari et Anna, en rouge ce sont les faibles d'esprit mis en hôpital psychiatrique et en bleu les faibles d'esprit pas internés ; leurs enfants n'ont pas vraiment été une réussite ! Celui que je préfère est extrait d'un petit journal local américain : c'est un pedigree montrant la disjonction d'un gène de la pauvreté. Maria est la grand-mère, Ruth la mère, Lena, la fille, et Lena vient d'avoir un enfant, William, deux semaines, qui montre déjà qu'il a le gène de la pauvreté ! La Société américaine d'eugénique elle-même présentait régulièrement des stands dans lesquels elle expliquait que l'Amérique avait besoin de plus de gens « bien » mais qu'il n'en naissait pas beaucoup, et de moins de gens « pas bien » et que malheureusement il en naissait beaucoup. Le

résultat, que tout le monde ne connaît pas, est qu'au 1<sup>er</sup> janvier 1935, 21 539 personnes avaient été stérilisées parce qu'elles avaient de « mauvais » gènes. En 1935, sur l'ensemble du territoire américain, ce n'était pas la fin, puisque je crois que les lois sur l'eugénisme ont été abrogées totalement en 1972.

Bien entendu les scientifiques se sont assez rapidement retirés du système. Il faut également dire que les eugénistes durs américains ont rapidement été copiés par les Allemands dans les années 30. Très vite, ces derniers ont stérilisé beaucoup plus de monde que les Américains, extrêmement vexés de cette situation. Mais le choc de la guerre et de l'extermination tentée par les Nazis a certainement amené les généticiens à revenir sur leurs positions, à faire plus attention à ce qu'ils racontaient. Il y a plusieurs leçons à tirer de cette affaire et nous commenterons deux erreurs.

## Deux erreurs

La première était celle d'être tellement persuadé qu'il était bon de faire attention à l'évolution de l'espèce humaine qu'on a laissé sortir ces imbécillités dans les journaux sans qu'immédiatement il y ait un tollé absolu de la part de l'ensemble de la communauté scientifique pour dire : « c'est idiot, arrêtez, ce n'est pas sérieux sur le plan scientifique ». On ressent très souvent ce genre de problèmes y compris dans les domaines de la biodiversité. Par exemple, je suis moi-même convaincu qu'il faut faire quelque chose pour la biodiversité ; mais si un de mes collègues dit dans un journal : « C'est une catastrophe quand une espèce s'éteint, ça va conduire à l'extinction de l'espèce humaine », personnellement, je pense que ce n'est pas vrai. Ce dont je suis sûr, c'est qu'il n'y a aucune preuve scientifique que cela soit vrai. Si jamais je réagis en disant : « Ce qu'a dit mon cher collègue est faux : le fait qu'une espèce s'éteigne n'a pas forcément pour conséquence que l'espèce humaine s'éteigne », les journalistes vont traduire : « Il est *contre* la biodiversité, il est *pour* que les espèces s'éteignent ».

Il y a donc là une très grosse difficulté. C'est pour cela qu'il est très important de vous informer, vous, enseignants, pour que vous puissiez donner une vision raisonnable à vos élèves. Car, à l'heure actuelle, on se retrouve dans des situations analogues, où l'ensemble de la communauté scientifique a décidé que quelque chose était important. Il est alors très difficile d'empêcher les idées fausses d'être diffusées. Je voulais juste signaler ce problème qui peut être sujet à débat. J'ai également été frappé, quand j'ai étudié l'eugénisme, de la ressemblance entre le discours eugéniste et certains discours écologistes dits un peu « intégristes ». Les eugénistes parlaient d'un patrimoine de l'humanité à transmettre : ils disaient travailler pour les générations futures et assuraient qu'elles reprocheraient à l'humanité de ne pas avoir fait attention à ce patrimoine. C'est un discours qu'on entend tous les jours, simplement il ne s'agit plus des gènes de l'espèce humaine. C'était donc la première erreur qu'ont faite ces scientifiques, d'avoir laissé passer des informations fausses et, personnellement, je trouve qu'elle est vraiment inadmissible. Au fond, on est toujours capable de dire : « Ca, c'est faux sur le plan scientifique » ; je peux toujours m'exprimer pour dire cela.

La deuxième erreur, plus difficile à détecter à l'avance, est qu'ils se sont trompés sur ce que les générations suivantes leur demanderaient. Tout compte fait, nous leur reprochons d'avoir fait ce qu'ils ont fait, et pas ce qu'ils avaient peur qu'on leur reproche, c'est-à-dire d'avoir laissé le génome humain évoluer sans le contrôler. Les gens qui savent ce que les générations futures voudront qu'on ait fait m'inquiètent toujours. Je préfère que les gens décident ce qu'ils veulent faire aujourd'hui, et qu'ils le fassent. Pour les générations futures, ils feront ce qu'ils voudront. Là aussi, le sujet prête à discussion.

## La sélection optimise le monde vivant...

Après cette parenthèse sur l'eugénisme, je reviens à la vision de la biologie qu'on a pu avoir à la suite des travaux de Darwin et de la redécouverte de la génétique. Que s'est-il passé ? On avait, grâce à la sélection naturelle, l'explication de l'adaptation. On pouvait enfin accepter l'idée que les organes, par exemple, avaient une fonction dans l'organisme, fonction favorisée par la sélection naturelle. Il y eut donc toute une période d'euphorie en biologie, dans laquelle il était clair que les organismes étaient optimisés par la sélection naturelle. Dès qu'on voulait comprendre un organisme, ou même comprendre la Nature en général, il suffisait de se demander comment celle-ci avait optimisé son propre fonctionnement. C'est le principe de la médecine expérimentale de Claude Bernard. Si l'on veut savoir ce qu'est un foie, on cherche à quoi ça sert. On verra qu'en ont découlé quelques excès. Les choses ont commencé à bouger un petit peu dans les années 60, quand Dawkins a publié un livre *Le*

*gène égoïste*, dans lequel l'idée exprimée très crûment - donc de façon exagérée - est que ni la Nature, ni les individus ne sont optimisés ; la seule force qui existe dans la théorie néo-darwinienne pour expliquer l'évolution, l'adaptation, l'origine des espèces, c'est la sélection naturelle, favorisant les gènes qui se reproduisent le plus, même si c'est au détriment du bon fonctionnement des autres. L'idée que ce sont les gènes qui sont sélectionnés et non pas les écosystèmes, les organismes, etc., apparaît dans les années 60 et va s'imposer pour certains évolutionnistes, ceux qui s'occupent essentiellement de génétique. Elle aboutira à une vision de plus en plus pessimiste de l'évolution.

### **...pas si bien que cela**

Dès les années 1930, Wright avait insisté sur le fait que l'évolution, de toute façon, ne pouvait peut-être pas toujours optimiser les choses autant qu'on pourrait l'imaginer dans une lecture simpliste de Darwin. Sur un schéma, si on représente horizontalement l'espace de tous les génotypes possibles pour une population, l'idée de Wright est qu'il existe des « pics adaptatifs ». Ce seraient des zones dans lesquelles les espèces seraient piégées, avec un certain génotype. Elles seraient incapables d'aller rejoindre des zones encore mieux adaptées si jamais il faut passer, pour aller de l'un à l'autre, par une zone de moins bonne adaptation. L'exemple qu'il avait pris est très simple : avec deux gènes *Aa* à un locus et *Bb* à l'autre, si *ab* donne une configuration qui fonctionne à peu près mais *AB* encore mieux, on ne peut pas passer de *ab* à *AB* puisque, si par mutation apparaît *A*, il se retrouve avec *b* et ça ne fonctionne pas, et si par mutation apparaît *B*, il se retrouve avec *a* et il en est de même. L'idée de Wright était donc qu'il y avait déjà là un très fort frein à l'optimisation dans la nature, et qu'il ne fallait peut-être pas être si optimiste que cela sur l'adaptation. Signe des temps dans les années 80, la vision de la nature par les écologistes et les évolutionnistes devient de plus en plus pessimiste.

### **Les formes obligées**

En 1980, Harper propose de reprendre le schéma de Wright mais simplement en le retournant, le haut vers le bas, pour bien dire que les choses vont toujours vers le bas, vers le moins bien, si vous voulez. Il décrit le système en disant que les espèces ne grimpent pas vers des « pics adaptatifs », mais que les espèces sont piégées dans des « puits adaptatifs », dans leur voie vers l'extinction. La vision de la nature par les évolutionnistes et écologistes à cette époque-là se dégrade, c'est indéniable. Elle aboutira à une série d'articles dont le plus célèbre sûrement, traduit en Français dans la revue *La Recherche*, a été écrit par Gould, paléontologue célèbre, et Lewontin, l'un des plus grands généticiens actuels américains, tous deux à Harvard : *Les trompes de l'Eglise Saint-Marc et le paradigme panglossien, une critique du programme adaptationniste*.

Les trompes de l'église Saint-Marc, à Venise, sont ces structures triangulaires qui se trouvent en haut des piliers, en dessous du dôme, et dans lesquelles il y a de superbes mosaïques qui représentent pour chacune un évêque et un fleuve biblique. On a l'impression que ça coule vers le fleuve, c'est très beau. Gould est donc arrivé à la Royal Society, pour présenter ce papier. Pendant vingt minutes, il leur a expliqué à quel point l'architecte qui avait fabriqué l'église Saint-Marc était intelligent d'avoir conçu ces trompes triangulaires. Les auditeurs ont commencé à se demander s'il se moquait d'eux - ce qui était bien sûr le cas - ou s'il s'était trompé de colloque. A la fin, il leur a expliqué qu'il n'y avait aucun moyen de mettre un dôme rond sur quatre piliers sans qu'apparaissent des structures triangulaires en haut, et qu'il n'y avait donc aucune raison de féliciter l'architecte car il n'y pouvait rien ! Dans la nature, c'était souvent comme cela : certaines constructions apparaissaient sous forme de contraintes et le biologiste a tort de s'extasier devant la beauté de ces caractères, alors qu'en fait la Nature les avait fabriqués sans pouvoir faire autrement. Le titre est intéressant : paradigme, c'est-à-dire une manière de voir les choses ; panglossienne, c'est hérité bien sûr du Pangloss de Voltaire qui enseignait la « métaphysico-théologo-cosmolo-nigologie » et qui disait que « les choses ne peuvent être autrement : car, tout étant fait pour une fin, tout est nécessairement pour la meilleure fin. Remarquez bien que les nez ont été faits pour porter des lunettes, aussi avons-nous des lunettes ». Je vous signale au passage que Voltaire a écrit cela plusieurs années avant que Bernardin-de-Saint-Pierre ne dise que le melon avait des dessins de tranches pour être mangé en famille !

### De Voltaire à Jacob

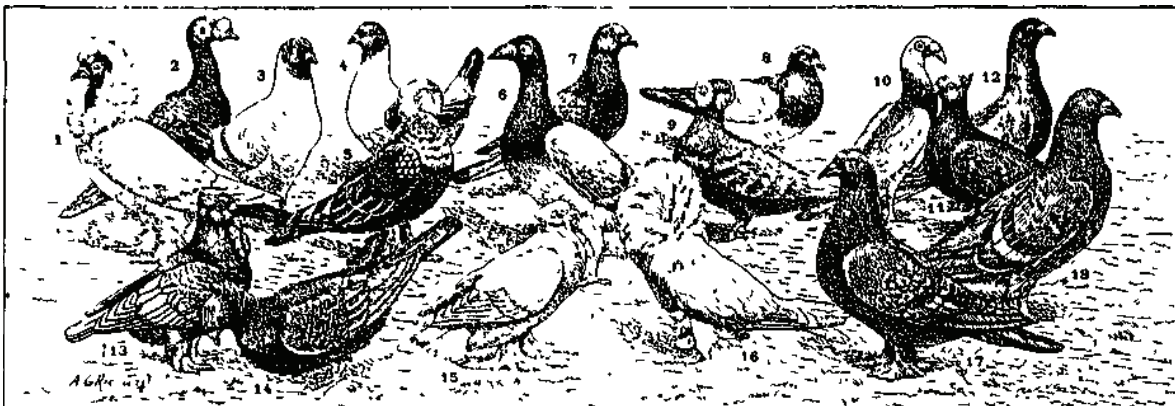
Si l'on veut expliquer quelque chose, il suffit de dire que c'est bon. Cette vision panglossienne de la nature est extrêmement présente dans notre culture. Les biologistes, les évolutionnistes et les écologistes ont réagi contre cela : « La Nature n'est ni bonne ni mauvaise ». Il y a longtemps que cela avait été dit : Thomas Huxley, ami de Darwin, avait dit que la Nature n'était ni morale ni immorale, mais amoral. L'idée que les choses sont bonnes, empreinte probablement héritée du fond des temps, est bien ancrée et les biologistes essaient de la contrer. Ils n'y arrivent pas toujours. Il y a quelques temps, c'était le grand jeu chez les évolutionnistes de traquer ce genre d'erreur, l'erreur étant d'expliquer le caractère X dans une espèce en disant que c'est bon pour l'espèce. La question est de savoir si la sélection naturelle peut réellement favoriser ce caractère.

L'exemple le plus célèbre récemment développé est celui du sexe : vous avez tous appris - et vous répétez sûrement tous à vos élèves avec une grande constance - que le sexe c'est bien parce que « ça fait de la recombinaison ». La mitose, c'est embêtant, ça fait toujours pareil ; mais la méiose, ça permet de faire de la diversité, c'est pour cela qu'il y a la méiose ! C'est bien, donc c'est comme ça ! Mais s'est-on posé la question de savoir si un gène qui ne ferait pas de méiose serait vraiment perdant ? Or on a trouvé, qu'a *priori*, il serait gagnant. Il y a de nombreux problèmes comme celui-là en biologie.

Voici un autre type de vision beaucoup plus chaotique de la biologie dont un bon exemple est *Le jeu des possibles* de François Jacob. On y voit l'évolution présentée, non plus comme un ingénieur qui fabriquerait des choses bien faites, mais comme un bricoleur qui ferait des « machins » avec des bouts de ficelle partout. Et ça ne marche pas toujours très bien. Enfin, dans la revue *Nature*, vers 1990, un article défend l'idée que la théorie de l'optimisation peut encore être utilisée en biologie mais à condition qu'elle ne serve pas à voir si les choses sont optimales, mais au contraire à voir pourquoi elles ne le sont pas. Ainsi, la communauté des évolutionnistes et des écologistes est de moins en moins confiante dans le fait que la Nature soit bonne. Dans le même temps, la communauté de nos concitoyens attend de plus en plus d'elle une vision d'harmonie qu'on ne trouve peut-être plus dans nos sociétés humaines.

### Une course éperdue

Autre fonctionnement dysharmonieux de la Nature, découvert récemment : les extinctions en masse. On s'est longtemps posé la question de savoir pourquoi les dinosaures avaient disparu. Maintenant, c'est une question qui n'a plus de sens, car les dinosaures n'ont pas disparu tout seuls ; ils ont disparu avec probablement 70% des espèces qui existaient à l'époque. La question devient alors de savoir pourquoi beaucoup d'espèces se sont éteintes en même temps. Aujourd'hui, l'hypothèse majeure est



celle d'une météorite suivie d'un scénario postnucléaire d'obscurcissement de l'atmosphère. Ce genre d'événement a dû se produire plusieurs fois dans l'histoire de la vie : on voit des pics d'extinction à plusieurs périodes mais aussi une très grande régularité d'extinction à d'autres moments. Par exemple, pour un groupe d'espèces de mammifères qui se ressemblent suffisamment, on trouve que le taux d'extinction est extrêmement constant dans le temps. Les paléontologues se sont demandés pourquoi.

Van Valen a fourni comme hypothèse, dans les années 1970, que les espèces s'éteignent à cause d'un mouvement interne à la biologie et non pas pour des causes externes, cette fois-ci : c'est l'hypothèse de la Reine rouge empruntée à *Alice, de l'autre côté du miroir* de Lewis Carroll. La Reine rouge prend Alice par la main et la fait courir extrêmement vite et au bout d'un certain temps, complètement exténuées, elles s'arrêtent. Alice est très étonnée de voir que le paysage n'a pas bougé autour d'elle. La Reine lui répond que c'est normal. Alice lui explique que, chez elle, « si l'on court vite et longtemps, on arrive ailleurs que là d'où on est parti » et la reine dit « vous êtes dans un pays très lent ; dans mon pays, il faut courir vite et longtemps pour rester à la même place, sinon, c'est la catastrophe »... d'où la vision de l'évolution des espèces que Van Valen nous propose. Toutes les espèces sont en train de courir une course définitive, aussi rapide que possible et celles qui n'arrivent pas à tenir le rythme s'éteignent. Ceci expliquerait peut-être un taux d'extinction plus constant que si l'on devait se baser sur des effets climatiques. La vision du monde devient de moins en moins harmonieuse, il y a des contraintes, il y a des énergies qui se battent les unes contre les autres, et certaines espèces ne réussissent pas à tenir la course.

### **Un monde complexe...**

Au cours de ces dernières années, des connaissances nouvelles apparaissent, par exemple un petit élément sur les chromosomes de drosophile, un transposon, pour lequel on s'est posé la question classique « à quoi ça sert ? ». Ce sont des petits bouts d'ADN qui se reproduisent dans le génome et qui sont souvent capables de le perturber. Ils n'ont pas besoin de servir à quelque chose mais ils sont là, ils infectent le génome en quelque sorte. On a découvert que notre génome était truffé de parasites internes. Et il y a des transposons qui ressemblent tellement à des virus qu'on n'est pas sûr que ce ne soit pas la même chose... Génome, espèces, ce sont des ensembles d'informations qui ont l'air de lutter pour leur survie. En même temps, la société observe la déforestation de la forêt amazonienne, des phénomènes d'eutrophisation des eaux, les pluies acides en Forêt-Noire... Elle perd confiance en la capacité de l'humain à gérer son propre environnement, en même temps que les scientifiques perdent confiance en la faculté de la Nature à s'optimiser elle-même. Voilà un peu la situation actuelle.

Que peut dire le scientifique sur ce sujet ? D'abord, la biodiversité est effectivement un ensemble de phénomènes qui évoque la complexité. Je ne crois pas qu'on puisse compter à égalité dans la biodiversité de la biosphère un éléphant et une bactérie. Un éléphant à lui tout seul « ça fait plus de biodiversité » qu'une bactérie car ce sont de nombreuses lignées cellulaires... Il y a un concept en développement qui s'appelle la complexité, cela fait partie de la diversité du vivant. Un même organisme peut produire plusieurs formes en fonction de l'environnement, c'est la plasticité et c'est aussi une composante de la biodiversité. Ensuite, la composante génétique, c'est-à-dire l'existence de génotypes différents, puis la richesse spécifique qu'on étudie en écologie. Voilà quatre niveaux de diversité dont l'ensemble peut être appelé la biodiversité.

### **...largement inexplicé**

Regardons les causes de l'existence de cette biodiversité, de son origine, de son maintien, et les conséquences qu'a cette diversité sur le fonctionnement du monde vivant. Voici en deux mots ce qu'on sait. La cause première de l'existence de la diversité génétique, donc de la variabilité à l'intérieur d'une espèce, c'est nécessairement la mutation. Mais depuis les années 70, on a pris l'habitude de considérer qu'une grande partie des mutations observées étaient des mutations dites neutres, c'est-à-dire qui ne changent à peu près rien au fonctionnement de l'organisme. Le problème essentiel est qu'on sait très bien révéler les polymorphismes neutres. On identifie des gènes dont on est presque sûr qu'ils sont dépourvus d'incidence sélective. En revanche, pour ce qui concerne la variabilité soumise à sélection, il n'y a pas beaucoup de cas où l'on dispose des gènes eux-mêmes. Par ailleurs, il y a une seule manière d'être neutre, il suffit de ne rien changer, alors qu'il y a de nombreuses manières d'être sélectionné.

Comment progresser ? Les études expérimentales sur la diversité génétique du monde vivant s'intéressent presque toutes à la variabilité neutre, et savent actuellement bien l'étudier et la révéler. Mais il faudrait pouvoir réfléchir à la diversité des gènes qui changent quelque chose et pas seulement à la diversité des gènes qui ne changent rien. Ce qui constitue un premier problème méthodologique. Le second problème est que, comme je l'ai dit, il n'y a qu'une seule manière d'être neutre et plusieurs manières d'être sélectionné : ainsi, il existe dans la littérature de nombreux modèles théoriques qui décrivent la façon dont peut être générée et conservée la variabilité neutre, mais il n'y a presque pas de modèles qui vous disent comment conserver la variabilité adaptative. Pour chaque cas, cela va être différent. C'est une difficulté du moment pour les chercheurs.

Pour créer la richesse spécifique, l'équivalent de la mutation pour augmenter la diversité génétique, c'est la spéciation, autrement dit la production de nouvelles espèces. Comment des espèces différentes vont-elles se maintenir, les unes et les autres ? En occupant des niches ou des habitats différents. Là aussi le problème est que le nombre de cas de figures est tellement grand qu'on ne sait pas vraiment trouver de règles générales. Pourquoi un certain type d'environnement contiendrait-il beaucoup d'espèces ou au contraire serait-il pauvre ? On en connaît encore bien peu sur ce sujet et il y a des idées fausses.

### **Doit-on avoir confiance ?**

Prenons par exemple, l'idée que « c'est mieux quand il y a plus d'espèces ». C'est en effet mieux si *vous*, vous considérez que « c'est mieux ». Définition tautologique. Mais on a montré, en cherchant à fabriquer des écosystèmes les plus stables possibles, que ce ne sont pas ceux qui ont le plus d'espèces. On a pu également penser qu'il suffisait de ne pas toucher à un endroit pour qu'il y ait le plus de diversité possible : c'est faux également. Actuellement, les parcs naturels français sont les endroits où il y a les records d'extinction. On ne sait pas comment gérer un espace naturel pour qu'il conserve beaucoup de diversité ; on ne sait pas gérer la diversité. Plusieurs types d'attitude existent aujourd'hui. Certains disent « il faut faire confiance à la Nature ». Ils ont émis l'hypothèse Gaïa, idée que la Terre est un super-organisme. Or un organisme est nécessairement issu de la sélection naturelle, ce qui est bien sûr faux pour la Terre. Si vous considérez que la Terre est un super-organisme et qu'on doit faire confiance à la Nature, vous pouvez avoir deux attitudes : vous pouvez vous dire qu'en tant que super-organisme la Nature est bonne, elle va faire ce qu'il faut mais on doit la laisser tranquille. Vous allez aboutir à l'écologisme intégriste comme on l'a vu à certaines périodes. Vous pouvez aussi vous dire que puisque c'est un super-organisme, on peut faire ce qu'on veut, la Nature sait ce qu'il faut faire, et elle se débrouillera. L'homme est pourtant bien obligé de gérer, qu'il le veuille ou non. Pour ma part, j'ai tendance à préférer la dernière vision. Tout le monde ne la partage pas. Je ne peux même pas affirmer que ce soit la bonne manière de voir parce que ce n'est pas un problème scientifique.

### **Pratiquement, finalement...**

En résumé de cet exposé, je souhaiterais que vous reteniez ces deux notions essentielles : la vision idéale de la Nature, toujours capable de s'optimiser elle-même, a été plus ou moins abandonnée ; pour le maintien du polymorphisme génétique dans une espèce ou pour la multiplicité des espèces dans un même environnement, il existe des éléments de réponse scientifique mais pas de réponse générale. On n'en sait pas tout à fait assez pour dire ce qu'il faut faire. A l'heure actuelle, si les responsables d'un parc régional vient nous demander comment conserver sa diversité, on n'a pas de réponse à leur fournir. C'est d'ailleurs un enjeu pour la recherche. Le problème peut être abordé de deux manières : comprendre comment ça marche pour être capable d'agir intelligemment et ne pas continuer à voir les espèces s'éteindre dans les parcs ; on peut aussi se dépêcher de décrire toutes les espèces avant que certaines ne s'éteignent. Avons-nous les moyens de réaliser les deux ? Voilà l'enjeu des choix à faire aujourd'hui sur le plan scientifique. Pour ma part, j'ai effectivement choisi de laisser des espèces s'éteindre sans les connaître et de travailler sur les autres pour comprendre le fonctionnement du système...