

L'apparition des espèces nouvelles, un volet mal connu de la biodiversité

Entretien avec JEAN ROBERT DAVID

Propos recueillis par JEAN-MARIE LEGAY

Dans le domaine de l'évolution, l'apparition d'espèces nouvelles est très peu étudiée par rapport à la disparition de certaines espèces existantes. C'est sur cette question que l'entretien avec J.R. David permet de faire le point et par conséquent d'éclairer la question de la biodiversité, même si, dans une brève intervention, tous les problèmes ne pouvaient être abordés.

JEAN ROBERT DAVID
Directeur de recherche
émérite au CNRS
UPR 9034

• Populations, génétique et
évolution • CNRS,
avenue de la Terrasse,
bât. 13 – PB 1,
91198 Gif-sur-Yvette cedex, France

JEAN-MARIE LEGAY
Professeur émérite à l'université
Claude-Bernard-Lyon-1

NSS – Tout le monde sait que la situation actuelle du monde vivant est le résultat d'une évolution et que celle-ci a dû commencer il y a trois milliards d'années. Ce monde est fragmenté en espèces, c'est-à-dire, de façon simplifiée, en ensembles d'individus qui peuvent se reproduire entre eux à l'intérieur d'une espèce, mais pas entre individus d'espèces différentes (on ne peut croiser un chat et un lapin, ni un doryphore et un scarabée). Bien qu'il s'agisse d'une hypothèse, on pense qu'il y a aujourd'hui sur cette Terre de l'ordre de 30 millions d'espèces (entre 10 et 80 millions selon les évaluations). On en a identifié environ 1,4 million. Non seulement cette liste est donc loin d'être complète, mais elle se modifie chaque jour, il en disparaît et il en apparaît sans cesse. C'est le bilan de ces deux mouvements qui constitue le fait d'évolution. Or si l'on entend beaucoup parler des disparitions, on est très avare sur les apparitions. Qu'en pensez-vous ?

J.R.D. – Je suis frappé, depuis longtemps, par le fait que l'on se préoccupe de la disparition probable de nombreuses espèces sous l'influence de l'homme. Pour essayer de remédier, de façon très partielle, à ce problème, on cherche à développer une nouvelle discipline, la «biologie de la conservation». L'avenir nous dira s'il s'agit d'une vraie préoccupation scientifique ou seulement d'un effet de mode temporaire. Je regrette en fait que l'on néglige, ou écarte, un problème scientifique majeur, la genèse des espèces. L'histoire de notre planète nous a révélé plusieurs phases d'extinction massive : la disparition des espèces est un phénomène inévitable, quoique irrégulier. Cela n'est possible que parce que des espèces nouvelles apparaissent régulièrement tous les jours. Or on ne se préoccupe pas de ce problème. Chaque fois que l'on m'interroge sur le futur de la recherche biologique, je répète que l'origine des espèces, la spéciation, reste une inconnue majeure. Les systématiciens prônent des inventaires exhaustifs pour essayer de savoir combien d'espèces existent dans le monde actuel. Les écologues cherchent à comprendre comment les espèces interagissent et peuvent coexister. Dans toutes les disciplines biologiques, il est absolument fondamental de savoir sur quelle espèce on travaille exactement. Quant aux généticiens évolu-

tionnistes, ils ne se préoccupent guère, malheureusement, de spéciation.

NSS – Comment expliquez-vous cette dissymétrie dans la réflexion et dans l'opinion des gens, et même cette distorsion dans l'activité de recherche ?

J.R.D. – Je pense qu'il y a là plusieurs questions et bien sûr plusieurs réponses. Un premier point est que nous disposons de documents historiques récents sur des extinctions provoquées par l'homme. Citons par exemple le dodo de l'île Maurice ou bien les oiseaux géants de Madagascar et de la Nouvelle-Zélande. Il est intéressant de constater que les premiers exemples qui me viennent à l'esprit concernent des oiseaux, des animaux de grande taille, faciles à observer.

La disparition d'une espèce, surtout si celle-ci est intéressante, agréable, non nuisible, suscite légitimement un sentiment de perte, de regret. Chacun préférerait regarder vivre un dodo dans une réserve plutôt que de contempler un spécimen empaillé. Nous regrettons la disparition d'une espèce comme nous regrettons la mort d'un être cher.

Pour ce qui concerne la naissance des espèces, il s'agit d'un problème ardu, mal compris par le public. On peut faire à ce propos deux remarques. En premier lieu « la division » d'une espèce en deux entités produira deux espèces sœurs qui seront obligatoirement très proches, très semblables et donc peu spectaculaires. En second lieu, la naissance des espèces, et leur évolution ultérieure, est un phénomène lent. Il a certainement fallu plusieurs millions d'années pour produire le dodo à partir d'un ancêtre volant. Le public n'est pas prêt à attendre aussi longtemps.

En ce qui concerne les scientifiques, on a beaucoup plus de mal à comprendre leur manque d'intérêt. Qu'il existe des espèces différentes est probablement le plus ancien problème, le point de départ de toute la biologie et peut-être beaucoup de biologistes actuels pensent que tout a été dit, que tout est connu sur le sujet. D'un autre côté, ceux qui comprennent l'importance du problème savent aussi qu'il s'agit d'un sujet très difficile. Ajoutons que si la spéciation est la clé de

voûte de la compréhension de l'évolution des êtres vivants, ce thème n'a guère d'applications immédiates. Vous savez comme moi combien il est difficile d'obtenir un financement pour des recherches scientifiques fondamentales.

NSS – Vous avez parlé tout à l'heure d'inventaires exhaustifs. Considérez-vous ce travail comme nécessaire ? Il n'y a pas unanimité sur ce point. Peut-on en attendre certaines surprises ?

J.R.D. – Une façon d'obtenir un financement est d'intéresser l'opinion publique, une autre façon est de proposer un projet très ambitieux. Il est également souhaitable de suggérer des possibilités de profits financiers. Ces trois aspects ont été développés, il y a plusieurs années, par les systématiciens. On a proposé un inventaire détaillé de notre planète « avant que la plupart des espèces n'aient disparu », faisant jouer un aspect sentimental. On a dit qu'il fallait recruter au moins 10 000 systématiciens. On a enfin suggéré qu'il y aurait des retombées appliquées, en particulier la découverte de nombreuses substances chimiques d'origine biologique, encore inconnues mais utilisables.

Vous me demandez ce que je pense de ce projet d'inventaire. C'est une question délicate. En tant que scientifique, je suis favorable à tout ce qui peut développer nos connaissances, et donc à un inventaire plus détaillé des êtres vivants. Mais il faut reconnaître que les espèces spectaculaires (exemple oiseaux ou mammifères) sont déjà bien connues. Les lacunes concernent des espèces de petite taille. Pratiquement il y a trois grands groupes qui sont mal connus : les Insectes, les Acariens, les Nématodes. Avoir une connaissance exhaustive des Nématodes existants n'a rien d'excitant, au moins pour le public. Et puis il y a le problème des Bactéries ! On compte environ 5 000 espèces reconnues et cataloguées par les spécialistes, ce qui est très peu, comparé à plusieurs millions d'insectes. Le problème avec les bactéries est que l'on ne reconnaît et n'identifie que les espèces que l'on peut cultiver. Or les méthodes de la biologie moléculaire permettent maintenant un accès direct aux génomes¹. Et l'on s'est aperçu, lorsque l'on étudie les génomes existant dans un milieu quelconque, que la plupart sont inconnus, non répertoriés. Certains microbiologistes pensent maintenant que le nombre d'espèces bactériennes pourrait dépasser le million. Il convient donc de rester très ouvert en ce qui concerne les inventaires. Des bactéries encore inconnues pourraient être à l'origine d'applications nombreuses dans un avenir à moyen terme.

NSS – L'enjeu culturel et commercial de la systématique semble être reconnu comme important. Le programme Agenda 2000² annonce trois milliards de dollars dans ce domaine : à titre de comparaison, on prévoit quinze milliards de dollars pour le télescope spatial Hubble. Avez-vous réfléchi à cet aspect des choses ?

J.R.D. – J'ai effectivement entendu parler d'Agenda 2000 mais je ne suis pas bien informé de ce projet. Par ailleurs je dois dire que je suis assez sceptique quant à ses chances de réussite, pour diverses raisons. Il est

vrai que des scientifiques, bien organisés en groupes de pression, peuvent réussir à obtenir des financements énormes sur un projet précis. Les astronomes ont obtenu le télescope Hubble, les biologistes le séquençage du génome humain. Il y aurait beaucoup de choses à dire sur de tels projets et sur les comportements sociaux. Chaque fois qu'un projet est accepté, il se concrétise de façon précise et, on l'espère, médiatique. Pour les inventaires, ce n'est pas le cas comme on vient de le voir. Par ailleurs, ces inventaires doivent se faire sur toute la terre, de façon dispersée, l'aspect biogéographique étant très important. Il y aura toujours une impression de dispersion, voire de saupoudrage. Enfin je crains que les systématiciens eux-mêmes ne soient pas d'accord entre eux. À mon avis, il serait urgent de faire l'inventaire de ce qui existe dans les musées du monde et qui est à la fois très dispersé et mal répertorié. Les moyens informatiques modernes le permettraient sans doute, mais ce n'est pas une mince tâche. J'ai peur que, sous prétexte d'inventaire, on cherche à multiplier les expéditions de collecte vers des pays exotiques et que l'on augmente

¹ Ensembles des déterminants héréditaires qui sont portés, chez la plupart des espèces, par l'ADN, et qui passent d'une génération à la suivante.

² Programme de recherches souhaitables, identifiées à la suite de la Conférence de Rio.



Jean Robert David a d'abord été universitaire et a été professeur à l'université Claude-Bernard. Il a voulu se consacrer plus complètement à la recherche et a été accepté comme directeur de recherche au CNRS. Il a alors dirigé pendant quinze ans le laboratoire propre de biologie et génétique évolutives. Spécialiste des drosophiles, dont il connaît bien la biologie et la génétique, il a porté toute son attention à l'étude et à la comparaison des nombreuses formes d'espèces, de races géographiques et de populations de drosophiles. Il a parcouru le monde à la recherche de nouvelles souches, dont il a minutieusement étudié les caractéristiques sur le terrain et au laboratoire, une fois rentré à Gif. Il était donc particulièrement armé pour aborder des problèmes d'évolution à partir d'un matériel de choix qui est sans doute l'un des mieux connus des êtres vivants actuels.

NSS le remercie vivement de mettre l'expérience ainsi acquise au service d'un entretien sur une question difficile, et d'exprimer parfois des idées non conventionnelles.

ainsi le fonds des collections non étudiées. Je crains aussi que l'on se concentre sur quelques groupes spectaculaires, déjà bien connus, comme les papillons. Mais bien sûr je souhaite vivement me tromper.

NSS – Peut-on hésiter aujourd'hui sur la détermination d'une espèce ? Il y a eu, même dans l'histoire récente de la biologie, des erreurs ou des confusions célèbres, bien intéressantes d'ailleurs sur le plan méthodologique. Par exemple la conclusion à deux espèces là où il n'y avait que deux phases d'un cycle. Ou encore, la conclusion à une espèce parthénogénétique là où on n'avait pas découvert de mâles, parce qu'ils ne vivent qu'une heure et de façon très isolée.

J.R.D. – Nous touchons là au problème de la définition de l'espèce, vieux problème et qui n'est pas, à mon sens, résolu. Je lisais récemment dans *Le Monde* que les tigres de Sumatra constituent une autre espèce parce qu'ils n'ont pas exactement la même mitochondrie³ que ceux du reste du monde. Il s'agit là d'une erreur : il ne suffit pas d'avoir une mitochondrie un peu spéciale pour être reconnu comme espèce. À la limite, on pourrait parler de race géographique.

Deux espèces sont reconnues comme distinctes lorsque leurs génomes ne se mélangent pas et sont plus ou moins incompatibles. Encore faut-il que les individus puissent se rencontrer et vivent au même endroit. La séparation géographique ne suffit pas à faire apparaître une espèce nouvelle. Cela dit, reconnaissons que presque toutes les espèces sont définies par des critères morphologiques. Et puis intervient également la compétence, souvent intuitive, du systématien. Comme vous le faites remarquer, il y a eu des cas, célèbres mais peu nombreux, où l'on a pris pour des espèces différentes des formes différentes. Le cas inverse est beaucoup plus fréquent, à mon avis. Des individus, apparemment identiques, peuvent se révéler appartenir à deux ou plusieurs espèces différentes. Ce phénomène est fréquent chez les parasites qui exigent souvent des hôtes assez spécifiques, mais dont la morphologie est peu discriminante. Ce sont généralement des marqueurs moléculaires qui ont permis de distinguer ces espèces. Notons enfin que des espèces multiples mais morphologiquement très proches et vivant au même endroit sont un cauchemar pour les écologues qui cherchent à comprendre la biologie des populations naturelles et la coexistence des espèces proches.

NSS – Vous avez dit, il y a quelques instants que l'émergence d'espèces nouvelles était un phénomène lent. Pourriez-vous donner des indications sur quelques-uns des mécanismes conduisant à ces formes distinctes de celles existant déjà ?

J.R.D. – C'est peut-être l'inconnue majeure de la biologie moderne, et il n'est pas facile de répondre brièvement. Traditionnellement, à la suite des travaux de T. Dobzhansky et E. Mayr, on a l'habitude de caractériser la spéciation par l'apparition de «mécanismes d'isolement» qui sont subdivisés en deux catégories, isolement prézygotique et isolement postzygotique. Prézygotique, cela indique que les hybrides ne peuvent pas se former, par exemple parce que les parents, mâle et femelle, ne se reconnaissent pas et ne peuvent s'ac-

coupler. Postzygotique signifie que des zygotes hybrides sont bien formés mais que les hybrides ne sont pas viables, soit parce qu'ils meurent très tôt au cours du développement, soit parce qu'ils sont stériles à l'âge adulte.

Il y a aussi la définition biologique de l'espèce, qui correspond à l'ensemble des individus susceptibles de se croiser et de donner des descendants viables. Ces définitions sont certes valables, mais très restrictives, car elles ne s'appliquent qu'au sous-ensemble des êtres vivants qui se reproduisent par voie sexuée. Bien sûr nous faisons partie de ce sous-ensemble qui, en revanche, exclut de nombreux organismes et en particulier toutes les bactéries. Il n'est pas raisonnable de dire, comme on l'a souvent fait, qu'il n'existe pas d'espèces bactériennes ou que les bactéries «ne méritent pas d'avoir des espèces». Il y a maintenant une dizaine de bactéries dont les génomes ont été entièrement séquencés. Ces génomes sont très différents les uns des autres, ils correspondent à des entités stables que reconnaissent les taxonomistes qui les appellent des espèces. La notion d'espèce doit/devoir pouvoir s'appliquer à tous les êtres vivants, ce qui n'est pas facile. Mais si l'on cherche un point commun plus général, il faut nous limiter à l'isolement postzygotique, qui devient en fait une incompatibilité entre génomes différents. Il est possible, sous certaines conditions, d'effectuer des croisements entre bactéries. Mais les génomes d'espèces différentes sont devenus incompatibles et ne peuvent plus se mélanger.

C'est cette incompatibilité qui me paraît être le phénomène majeur dans la spéciation. Selon les groupes, elle apparaît plus ou moins vite. On essaie maintenant de comprendre ce que cela signifie au niveau des gènes. On découvrira que ces interactions néfastes mettent probablement en jeu une diversité de mécanismes génétiques. La question demeure : pourquoi des interactions incompatibles finissent-elles toujours par se mettre en place lorsque des populations n'échangent plus de gènes pendant un temps évolutif suffisamment long ?

NSS – Quelles sont les conséquences possibles de ces apparitions d'espèces nouvelles ? Par exemple s'il s'agit d'une espèce proche d'une espèce préexistante, sont-elles interchangeables dans une communauté, dans un écosystème ? Sinon, peut-elle mettre en cause les équilibres préexistants et avoir des conséquences disproportionnées par rapport au phénomène initial ?

J.R.D. – Nous touchons là à un autre problème fondamental de la biologie. À la suite de Darwin et de Mayr, on a considéré que des espèces se différenciaient parce qu'elles s'adaptaient à des conditions environnementales différentes : en d'autres termes, les niches écologiques divergeaient et c'est la sélection naturelle qui fabriquait les espèces. Des évolutionnistes de plus en plus nombreux maintenant pensent que adaptation et spéciation sont des phénomènes différents. L'adaptation peut être un phénomène rapide qui répond à des causes précises. La spéciation (incompatibilité génomique) est plus lente et paraît causée surtout par des phénomènes aléatoires.

³ Organite cellulaire (de 0,5 à 10 microns), parfois présent en très grand nombre dans la cellule, comportant de l'ADN, et jouant un rôle important dans la respiration.

Reste maintenant le problème de l'existence, dans la même communauté écologique, d'espèces très proches. Il existe, en écologie un vieux principe, celui de l'exclusion compétitive : deux espèces ayant exactement la même niche écologique ne peuvent pas coexister au même endroit. Je pense qu'il s'agit d'une conclusion irréfutable qui constitue un axiome dans la définition des niches. Le corollaire est bien sûr que, si deux espèces, pour nous très semblables, coexistent, c'est qu'elles ont en fait des niches différentes. Nous savons mesurer certains paramètres des niches, mais pas toutes les composantes. Le problème est si compliqué que l'étude et la comparaison des niches tendent à tomber en désuétude. Je le regrette profondément ; il faudrait nous limiter à quelques groupes modèles bien choisis.

Je pense enfin que, lorsque des écosystèmes restent stables pendant des temps évolutifs très longs, la diversité des espèces qui les composent tend à augmenter. Cette diversité très grande, qui se manifeste par exemple dans les forêts tropicales ou les récifs coralliens, est difficile à expliquer. Elle implique bien sûr une multiplication des niches écologiques et une spécialisation des espèces. Mais pourquoi, dans un système stable, les espèces envahissantes, colonisatrices, généralistes, finissent-elles par être éliminées ? La grande diversité répondrait-elle à un besoin de l'écosystème, par exemple pour aboutir à une plus grande stabilité ? Je ne le crois pas.

Cette accumulation d'espèces de plus en plus nombreuses correspond à une complexification croissante du système, sans véritable utilité particulière. J'ai tendance à comparer cela à une bureaucratie, soucieuse de tout compliquer pour mieux se développer. Entendons-nous bien cependant. Il est évident que les écosystèmes monospécifiques sont naturellement inviables. On sait par exemple, que pour certaines plantes, l'association d'espèces différentes améliore l'efficacité du système. Mais si dix espèces font mieux qu'une seule, cela ne signifie pas que mille feront beaucoup mieux que dix. L'accumulation des espèces d'arbres dans les forêts tropicales est difficile à comprendre en termes d'efficacité et de stabilité. Pourtant, même si nous ne la comprenons guère, cette diversité n'en reste pas moins fascinante, elle constitue un patrimoine extraordinaire de la planète terre, patrimoine qu'il faut protéger.

NSS – Au cours des temps, il n'y a pas eu seulement multiplication des espèces (et parfois d'espèces voisines, comme vous l'avez souligné), il y a eu aussi multiplication des populations à l'intérieur des espèces. Ce qui veut dire que certains ensembles d'individus qui continuent à faire partie de la même espèce (et peuvent donc toujours se croiser entre eux) se sont en quelque sorte repliés sur eux-mêmes et ont acquis des caractéristiques particulières aux niveaux morphologiques, physiologiques, comportementaux et même génétiques. On peut alors se demander si les nécessaires phénomènes d'adaptation et si le développement d'une diversité biologique ne passent pas davantage par la richesse populationnelle que par la variété des espèces. Or un certain nombre d'auteurs, et le grand public, sous leur influence, n'évaluent la diversité

– de façon injuste d'après moi – qu'au niveau des espèces. Qu'en pensez-vous ?

J.R.D. – Voici encore une question difficile qui touche à plusieurs aspects de la théorie de la spéciation. J'ai moi-même beaucoup travaillé sur les drosophiles, sur ce que l'on appelle des races géographiques, à savoir des populations génétiquement différenciées dans l'espace. Chez les drosophiles au moins, on peut parler de races sans susciter de violentes polémiques. Mais quelle est la relation avec la spéciation ?

La théorie classique dit deux choses : a) les espèces apparaissent lorsque les populations s'adaptent à de nouvelles conditions ; b) les espèces deviennent définitivement stables lorsque, après s'être différenciées en des lieux géographiquement différents (en allopatrie) elles se retrouvent distinctes au même endroit (en sympatrie).

Les races géographiques présentent ces deux aspects. Les différences observées sont souvent des adaptations évidentes à des conditions différentes. Les drosophiles tropicales sont très différentes des populations tempérées de la même espèce. D'un autre côté, les échanges génétiques, les flux, deviennent de plus en plus réduits : l'isolement génétique par la distance est un concept bien connu. Donc l'idée est que, dans le long terme, les races géographiques se différencient localement en entités de plus en plus différentes pour former finalement des espèces distinctes. Un phénomène souvent observé est que, lorsqu'une barrière géographique (exemple : chaîne de montagne) coupe l'aire d'une espèce en deux, les populations survivantes se différencient dans le long terme en deux espèces.

Les variations géographiques, et en particulier les races, ne doivent pas être négligées dans les processus de spéciation. Le problème est que, comme je l'ai déjà dit, les modalités possibles de spéciation sont sans doute très diverses, même si le résultat final, l'incompatibilité des génomes, est toujours le même. Un point important des recherches futures sera sans doute d'établir la plus ou moins grande fréquence des diverses modalités et d'éviter le dogmatisme qui, jusqu'à présent, a suscité trop de controverses et sans doute de découragements.

NSS – Puisque nous venons de parler de populations, je voudrais dire qu'on peut mettre en parallèle deux types de phénomènes. L'un est naturel en ce sens qu'il se produit de toute façon (même si la présence de l'homme peut avoir une influence). L'exemple célèbre des populations de thym qui peuvent être génétiquement et physiologiquement si différentes est remarquable : leur teneur en thymol peut être forte dans certaines populations et nulle dans d'autres, et l'on peut dresser des cartes géographiques qui sont en même temps des cartes génétiques et biochimiques.

Et puis il y a l'autre phénomène, d'origine proprement humaine, la sélection dite artificielle qui a conduit à d'innombrables populations distinctes (qu'on appelle « variétés » ou « races ») dont l'existence peut constituer un enrichissement génétique (mutations naturelles conservées et mutations artificielles retenues) et en

tout état de cause entraîne une biodiversité considérable. Qu'en pensez-vous ?

J.R.D. – La biodiversité, qui tend à devenir une préoccupation importante des sociétés modernes, comprend trois aspects complémentaires : la diversité génétique entre individus et populations de la même espèce ; la diversité phylétique (nombre des espèces dans un même groupe) ; la diversité écologique (nombre d'espèces dans la même communauté).

En ce qui concerne la diversité génétique au sein d'une espèce, elle a elle-même différents aspects et suscite différentes approches. Il convient souvent de distinguer ce qui se passe dans une population de ce qui différencie des populations géographiquement séparées. Par ailleurs, on peut mesurer la diversité génétique de diverses façons ; en pratique deux types de méthodes sont disponibles. D'un côté on utilise des marqueurs moléculaires, considérés comme neutres et non soumis à la sélection naturelle. Ces marqueurs permettent d'analyser la structure des populations et de répondre à la question « comment ? ». D'un autre côté, il y a des caractères très intégrés, complexes, mettant en jeu les phénotypes⁴, la physiologie, le comportement. Ces caractères sont généralement considérés comme adaptatifs et posent la question du « pourquoi ? ». Par exemple, pourquoi y a-t-il des races géographiques de thym ?

L'inconvénient des caractères physiologiques (beaucoup de maladies de l'homme en dépendent) est que leurs bases génétiques sont très complexes et mal connues. Ils ont longtemps été analysés par les méthodes, essentiellement descriptives et statistiques, de la génétique quantitative.

Il me semble évident que ce sont ces caractères complexes qui retiendront de plus en plus l'attention des généticiens dans les décennies à venir. À une époque où l'on dépense beaucoup pour le séquençage des génomes, les scientifiques parlent de plus en plus de « l'après génome » et de « génome et fonction ».

Nous pouvons maintenant parler des espèces domestiques (plantes et animaux) sélectionnées depuis très longtemps pour des caractères utiles. Il y a là un patrimoine important de l'humanité et des efforts de conservation sont réalisés, principalement pour les plantes. Mais la conservation est coûteuse, surtout pour les animaux, et la diversité phénotypique et physiologique s'érode sans cesse. Notre production laitière est assurée de façon dominante par une race de vache (la Holstein) très fortement sélectionnée et qui comprend plusieurs millions d'individus. Mais cette énorme population remonte à un petit nombre d'ancêtres, sans doute moins de cent. L'insémination artificielle y est largement pratiquée si bien qu'un certain degré de consanguinité s'y est installé. On entend parfois l'argument que, avec les progrès de la génétique et de la transgénèse, il sera bientôt possible de manipuler les génomes et de recréer à la demande la diversité génétique utile. Je suis très sceptique sur cette affirmation, du moins dans un avenir proche. Nous ne savons pas ce qui distingue les génomes des espèces ; nous ne comprenons guère les bases gé-

⁴ On appelle phénotype l'ensemble des caractéristiques identifiables d'un individu ; on appelle par ailleurs génotype l'ensemble des déterminants génétiques capable de produire un certain phénotype.

tiques des caractères physiologiques complexes. La plus élémentaire des prudences veut que, pour le moment, nous fassions d'importants efforts de conservation.

On peut enfin se demander s'il existe une base génétique commune aux variations obtenues par sélection artificielle et aux variations du même caractère observées sous l'influence de la sélection naturelle. Une réponse positive servirait d'argument à Darwin pour proposer sa théorie de l'évolution sous l'influence de la sélection naturelle. On est en première approximation tenté de suivre Darwin. Les mésanges de France continentale pondent deux ou trois œufs de plus que celles de Corse : un écart minime mais très significatif. Par sélection artificielle, la ponte de la poule est passée de quelques dizaines d'œufs à plus de 300 par an. Les mécanismes génétiques mis en jeu sont-ils les mêmes ? Ces mécanismes mettent en jeu des processus physiologiques assez bien connus : sécrétions hormonales, productions des ovules, utilisation de la nourriture. On est donc tenté de répondre oui : chez des espèces proches, les mêmes caractères sont déterminés de façon similaire, mettent en jeu les mêmes gènes. Je crois qu'il convient d'être beaucoup plus prudent. Des expériences souvent anciennes, chez la drosophile, ont montré que des lignées sélectionnées parallèlement, par exemple pour une taille corporelle plus grande, évoluaient de façon semblable : augmentation rapide au début, puis de plus en plus lente et enfin arrêt du changement lorsqu'un « plateau » de sélection était atteint. On voyait donc une limite à la sélection, au moins dans un contexte génétique donné : les lignées étaient devenues homozygotes pour les gènes de grande taille. Mais lorsque l'on croisait entre elles des lignées sélectionnées, et que l'on sélectionnait à nouveau la descendance, un nouvel accroissement de taille très significatif, pouvait être observé. Très probablement donc, le même phénotype pourrait être obtenu par des combinaisons génétiques différentes. Je crois qu'il faut faire très attention à cette possibilité, qui traduit la complexité du fonctionnement du génome. En pratique, cela justifie encore davantage un besoin de conservation.

NSS – Quelles seraient, à votre avis, les études qui pourraient être menées pour résoudre certains des problèmes que vous venez de mentionner, ceci en supposant que les moyens matériels et humains ne sont pas limités ?

J.R.D. – Comme je l'ai dit, la genèse des espèces paraît, dans la plupart des cas, être un processus très lent. Une durée de quelques millénaires, possible dans le cas de certains poissons, apparaît comme extraordinairement courte. Dans la plupart des cas, l'unité de temps est plutôt le million d'années. Cela échappe donc à l'expérience.

Une approche très intéressante serait le séquençage complet et la comparaison des génomes d'espèces très proches. Le séquençage du génome humain est en bonne voie et l'on parle déjà du génome du chimpanzé. La comparaison serait extraordinaire : trouverait-on les bases génétiques du langage humain ? Mais

d'autres comparaisons sont aussi possible. Dans quelques années, nous aurons la séquence complète du génome de la drosophile (*Drosophila melanogaster*). Mais il existe d'autres espèces, très proches, capables de s'hybrider avec la première et qui sont déjà très étudiées. Les drosophiles ont des génomes assez petits (160 millions de bases) et la comparaison de trois espèces proches *D. melanogaster*, *D. simulans* et *D. sechellia* serait très instructive.

Je pense qu'il serait aussi très intéressant de faire des expériences de sélection naturelle sur une grande échelle, en contrôlant les facteurs de l'environnement et en étudiant l'évolution d'une population. Les généticiens ont depuis longtemps inventé les cages à population de drosophiles, où l'on fait coexister quelques milliers d'individus. Les résultats sont généralement peu intéressants. Dans mon esprit, il s'agirait d'utiliser des volumes beaucoup plus grands, offrant une diversité de condition et permettant l'entretien de populations de l'ordre du million d'individus.

À une échelle encore plus grande, j'ai souvent rêvé de disposer d'une île tropicale, pas trop grande (quelques dizaines de kilomètres carrés) où l'on pourrait cette fois introduire progressivement des espèces différentes, comprendre comment elles interagissent, s'adaptent, survivent, en un mot comment la diversité écologique se conserve.

Ces recherches seraient coûteuses, mais beaucoup moins que le télescope Hubble. Pour être possibles,

elles nécessiteraient que la communauté internationale s'organise, définisse un programme strict et précis, indique clairement les objectifs, les méthodes, les collaborations et évitant les redondances. Nous sommes encore bien loin d'une telle organisation, ce qui est à la fois heureux et malheureux. Heureux par ce que cela laisse beaucoup de place à l'initiative personnelle, à l'imagination, à la créativité. Malheureux par ce qu'il y a encore énormément d'efforts inutiles, de répétitions, de divergences stériles dans des recherches similaires. Beaucoup de mes collègues ignorent souvent les travaux anciens et redécouvrent... la lune. Il y a diverses façons de mesurer une aile de drosophile : l'utilisation de différents repères empêche la comparaison précise d'expériences analogues. Et que dire des mille et une façons d'élever les drosophiles en laboratoire.

Nous ressentons dans beaucoup de domaines la nécessité de recherches coordonnées au niveau international et d'un consensus le plus large possible sur les méthodes. C'est une situation que les physiciens et les chimistes ont atteinte depuis longtemps. Pour les écologues et les évolutionnistes, c'est un objectif difficile mais nécessaire pour le siècle prochain.

Remerciements : ils vont à Armelle Auris, Christian Biéumont, Marcel Jollivet, Nicole Mathieu et Agnès Pivot qui ont contribué à des titres divers à la préparation et à la réalisation de cet entretien.