



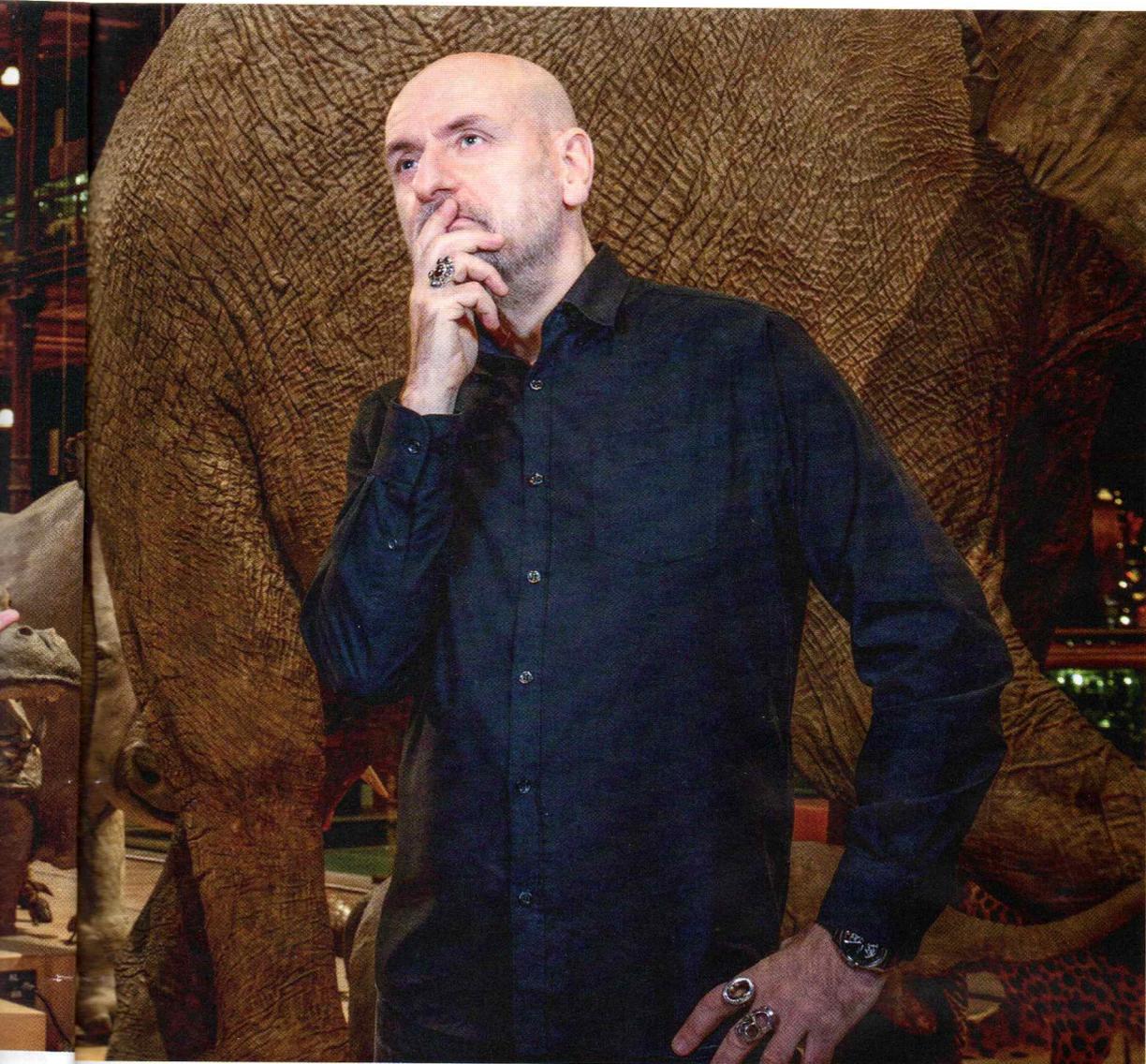
**TATIANA GIRAUD**, biologiste et généticienne  
**GUILLAUME LECOINTRE**, zoologiste et systématicien

## « L'altruisme a longtemps posé un problème évolutif »

L'évolution, ce n'est pas la loi du plus fort, martèlent les deux chercheurs, c'est aussi l'émergence de la coopération. Loin de remettre la théorie de Darwin en question, l'altruisme ou la morale expliqueraient même le succès de l'espèce humaine.

### Qui est Darwin pour chacun de vous ?

**Tatiana Giraud :** Tout simplement celui qui a trouvé pourquoi le vivant est comme il est ! Son apport principal est le mécanisme de la sélection naturelle : alors que la plupart des autres domaines de la biologie expliquent comment le vivant fonctionne, il permet de se poser la question du pourquoi : pourquoi tant d'espèces ? Pourquoi la reproduction sexuée ?



**Guillaume Lecointre :** Pour moi, c'est le fondateur. Du point de vue de la démarche scientifique, il a fait un geste de prise d'autonomie par rapport au providentialisme. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, beaucoup d'intellectuels pensaient que, comme les choses étaient bien faites, il y avait un concepteur, une providence. Avec la sélection naturelle, Darwin explique pourquoi les choses semblent conformées de manière à ce qu'elles fonctionnent sans que cela ait été voulu par quiconque : derrière nous, il y a un cimetière invisible car, à chaque génération, ce qui ne marche pas disparaît.

**Pouvez-vous préciser ce qu'est la sélection naturelle ?**

**T. G. :** Elle s'appuie sur la variabilité et le tri dans les populations : des mutations génétiques apparaissent au hasard dans les individus et certaines d'entre elles leur permettent de mieux survivre ou de se reproduire plus que les autres. Les parents les transmettent à leurs descendants et donc, au fil du temps, elles augmentent en fréquence dans la population. C'est un mécanisme simple et puissant, mais difficile à intégrer pour l'esprit humain, parce qu'il faut raisonner en termes de fréquence et de temps long.

**G. L. :** Les variations apparaissent à tous les niveaux de l'organisation d'un être vivant, tout simplement parce que la matière change, par définition. Et certaines d'entre elles se transmettent. À son époque, Darwin ne savait pas comment : on ne connaissait ni les gènes ni l'ADN ! Mais il mesure l'ampleur des variations. Sa question devient : comment se fait-il que les individus maintiennent leur ressemblance ? La sélection naturelle apporte la réponse à court terme : les individus trop divergents ne survivent pas dans les conditions de leur milieu, ou ne laissent pas assez de descendants. Si les conditions du milieu changent, le filtre des variations change, et d'autres variations sont sélectionnées : l'espèce change. Pour qu'il y ait sélection naturelle, il faut donc qu'il y ait variabilité, transmission (génétique ou non), et contraintes (température, présence de prédateurs, choix par le sexe opposé...).

**Ces raisonnements en termes d'évolution peuvent-ils s'appliquer à d'autres domaines que la biologie ?**

**G. L. :** Le second grand principe de l'évolution, celui de la généalogie, a été importé depuis la lin- ◆◆◆

## Tatiana Giraud

Biologiste et généticienne, membre de l'Académie des sciences, titulaire de la chaire Biodiversité et écosystèmes au Collège de France et directrice adjointe du laboratoire Écologie systématique évolution à Paris-Saclay, elle travaille notamment sur l'évolution des champignons et des plantes domestiquées.

**Pour visionner ses cours au Collège de France :**

<https://www.college-de-france.fr/site/tatiana-giraud/course-2021-2022.htm>

Leçon inaugurale le 17 février 2022, à 18 h

## Guillaume Lecointre

Systématicien et zoologiste, professeur au Muséum national d'histoire naturelle de Paris où il dirige le département Systématique et évolution.

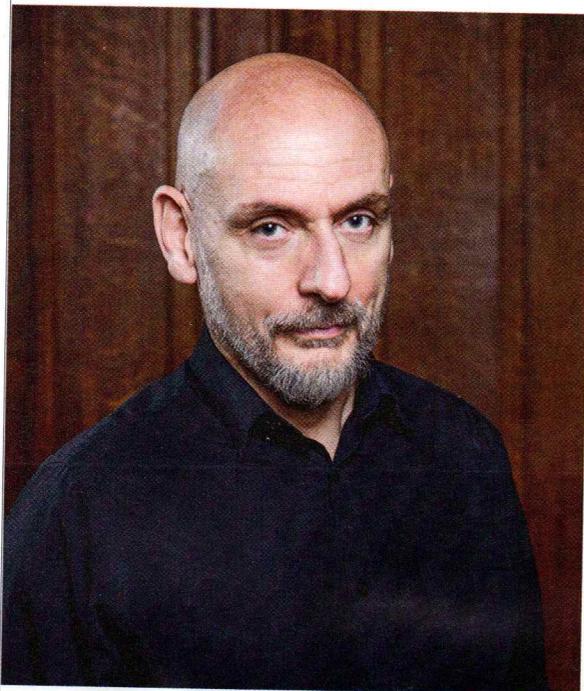
**Parmi ses ouvrages :**

*Guide critique de l'évolution* (dir.), 2<sup>e</sup> édition, Belin, 2021

*Les Sciences face au créationnisme*, Quae, 2018

*Le Monde de Darwin*, La Martinière, 2015

*L'Évolution, question d'actualité ?* Quae, 2015



◆◆◆ guistique. En 1786, l'orientaliste William Jones pose les bases d'une explication historique et généalogique de la diversité des langues, et fait de la linguistique une science comparative dont Darwin s'inspire pour son grand principe de filiation des espèces. Les langues sont héritées des parents, et se modifient au fur et à mesure tout en divergeant les unes des autres. En musicologie, ici, au Muséum, nos équipes d'anthropologues ont transcrit des musiques gabonaises. Elles comportent des motifs qui ont été codés, et l'on peut construire des arbres phylogénétiques de musique. Idem pour la transmission des mythes!

**T. G. :** La biologie a aussi importé la théorie des jeux, qui vient de l'économie, et qui a par exemple été très utile pour comprendre l'évolution de l'altruisme. Si je suis altruiste, qu'est-ce que je perds ou je gagne, si celui qui est en face est altruiste ou égoïste? Exemple classique, deux prisonniers complices, interrogés séparément, peuvent soit dénoncer l'autre, soit coopérer. Si l'on ne joue qu'une fois, d'après le tableau des gains, on a toujours intérêt à trahir l'autre. Mais le fait de jouer de façon répétée avec les mêmes personnes permet de rendre la coopération rentable. C'est l'altruisme réciproque: on donne en espérant avoir davantage en retour, dans l'amitié, par exemple. Le problème, c'est que si dans un groupe altruiste il y a un égoïste, il s'en sort encore mieux... L'altruisme réciproque ne fonctionne donc que chez des populations capables de détecter les tricheurs et de les punir.

**G. L. :** Il y a même des policiers chez certains animaux! Des passereaux d'Afrique du Sud appelés républicains sociaux, dont le nid de plusieurs centaines de kilos est

“ Si l'on regarde le vivant comme une généalogie géante, il y a des lignages anciens, des troncs communs, de petites branches... À chaque génération, ce qui ne marche pas disparaît

**Guillaume Lecoindre**

construit collectivement sur plusieurs générations, avec des chambres où règnent une température et une hygrométrie plus favorables qu'à l'extérieur, dans le désert du Kalahari. Eh bien, certains individus sont chargés d'asticoter ceux qui font autre chose que de réparer le nid. Il est important de le rappeler: l'évolution, c'est aussi l'émergence de la coopération.

**T. G. :** On parle de loi du plus fort, mais celui qui laisse davantage de copies de ses gènes peut être justement celui qui coopère, ou qui est le plus petit. D'ailleurs, une partie du succès de l'être humain est certainement due au fait qu'il est capable de coopérer.

#### **On peut donc expliquer l'altruisme comme le fruit d'un processus évolutif?**

**T. G. :** L'altruisme a longtemps posé un problème évolutif! Darwin disait lui-même que le fait qu'il y ait des ouvrières stériles chez les fourmis pourrait être fatal à la théorie... Parce qu'un allèle [version d'un gène, *ndlr*] qui fait qu'une ouvrière ne se reproduit pas devrait disparaître des populations. En 1964, le biologiste William Hamilton a trouvé la solution à cette énigme, avec sa théorie dite de sélection de parentèle. Dans une fourmière, les ouvrières sont toutes filles de la reine. Les futures reines sexuées qu'elles élèvent sont leurs sœurs, qui vont transmettre les allèles qu'elles ont en commun en tant que sœurs. Il faut vraiment se placer au niveau de l'allèle pour comprendre. Quel allèle fait le plus de copies de lui-même? Une ouvrière qui reste au nid pour aider sa mère à élever dix de ses sœurs va transmettre davantage de ses gènes que si elle part seule fonder une colonie si elle n'a qu'une chance sur mille de réussite. Ce n'est donc pas de l'altruisme gratuit.

#### **Qu'appellez-vous altruisme gratuit?**

**T. G. :** Un altruisme qui ne s'explique pas par le fait qu'il assure une meilleure transmission des gènes. Je pense que chez l'humain – et là, on rejoint peut-être la culture –, la sélection naturelle a fait émerger une morale, parce qu'elle a dû à un moment procurer un avantage aux êtres qui en étaient dotés. Mais il faut

tenir compte des propriétés émergentes: un tout est davantage que la somme de ses parties. On pourrait ainsi expliquer une morale qui ne soit plus dictée seulement par la transmission des gènes.

**G. L. :** Darwin avait déjà anticipé, en effet, l'émergence naturelle de la morale, étendue même au-delà des membres de sa propre espèce. Il y a dans la *Filiation de l'homme* une très belle phrase sur ce qui est le propre de l'humain: l'extension de sa sympathie à l'égard des autres vivants. Car cela fait cent cinquante ans qu'on sait que l'évolution, ce n'est pas que la compétition! C'est Robert Spencer, un contemporain de Darwin, qui est responsable de l'équation darwinisme = compétition. Il importe brutalement la sélection naturelle éliminative – oubliant la sélection coopérative – dans l'économie victorienne, au service d'un libéralisme: « n'aidez pas les pauvres car vous allez favoriser la croissance démographique de populations socialement indésirables ». Il va chercher le vernis de la théorie de l'évolution pour justifier une idée qui n'a pas de rapport avec elle, et que Darwin, d'ailleurs, récusera.

C'est le propre de l'idéologie: réduire pour mieux instrumentaliser. En général, elle fonctionne cachée. Prenons le cas du créationnisme. Les partis conservateurs religieux anglo-saxons essaient de présenter comme étant une science un propos non scientifique qui fait intervenir la Providence, quel que soit le nom que vous lui donnez, *intelligent design*, Dieu... de manière à le faire entrer dans les écoles. Ici encore, la science est instrumentalisée.

#### **Le problème, c'est qu'on plaque automatiquement des valeurs morales sur les concepts de cette théorie...**

**T. G. :** La science dit que la coopération peut évoluer, tout comme l'égoïsme, mais c'est à nous de décider politiquement et moralement: allons-nous aider les handicapés à survivre? C'est un choix de société. Ce n'est pas parce que la sélection naturelle aurait abouti à tel ou tel résultat que nous, en tant que société humaine, nous sommes obligés de nous y conformer.

**G. L. :** Le rôle de la science est d'expliquer, non de justifier ou de condamner. Et il ne faut pas souscrire à cette idée que tout ce qui est naturel est bon. La nature n'est ni morale, ni immorale, elle est amoral.

#### **L'idée de loi du plus fort, ou survie du plus apte, n'est donc pas pertinente?**

**T. G. :** Il n'y a pas de plus fort, ni de plus apte dans l'absolu! Il faut voir les choses dans une dynamique. Moi, je travaille par exemple sur les parasites. Un allèle permettra peut-être à un organisme d'être le plus résistant à une génération donnée, ce qui le fera donc augmen-



“ Je pense que la sélection naturelle a fait émerger une morale, parce que celle-ci a dû, à un moment donné, procurer un avantage aux êtres qui en étaient dotés

**Tatiana Giraud**

ter en fréquence. Mais les parasites vont s'adapter à leur tour à cet allèle devenu très fréquent. Finalement, celui-ci ne permettra plus de leur résister au mieux. Trois générations après, un autre sera le meilleur.

#### **Si tout évolue, peut-on parler d'origine des espèces?**

**T. G. :** En fait, dans son livre, Darwin n'évoque pas vraiment l'origine des espèces, ni ce qu'elles sont, mais surtout le mécanisme de sélection naturelle. La seule figure de cet ouvrage est un arbre, et il ne dit pas que c'est un arbre d'espèces.

**G. L. :** Si l'on voit le vivant comme une généalogie géante, il y a des lignages anciens, des troncs communs, des petites branches... L'important, c'est l'idée de lignage. La notion d'espèces est née d'un besoin « langagier »: on donne un nom à un segment généalogique cohérent.

#### **La notion d'extinction a-t-elle alors un sens?**

**T. G. :** Les extinctions existent bel et bien! Certaines branches de l'arbre de la vie s'interrompent... ♦♦♦

“ Il faut dire non pas qu’une espèce a modifié son bec pour s’adapter au changement climatique, mais que seuls ceux qui avaient de plus gros becs ont survécu

Tatiana Giraud

◆◆◆ Cette extinction fait partie des équilibres dynamiques de la vie. Le problème, aujourd’hui, est que le niveau d’extinctions dues à l’humain est faramineux. Les espèces ne bénéficient plus des conditions nécessaires à la pérennité de ces équilibres, pour re-générer les formes quand d’autres disparaissent. Il y a toujours quelques adaptations ici ou là, mais cela ne résoudra pas le problème. C’est tellement rapide...

**C’est le cas, par exemple, d’un rapace de Floride dont la structure du bec a été modifiée pour pouvoir manger les escargots, qui deviennent plus gros...**

**T. G. :** Attention ! On ne peut pas dire qu’une espèce a modifié son bec pour s’adapter au changement climatique, mais que seuls ceux qui avaient de plus gros becs ont réussi à survivre ! Pour poursuivre mon propos, si nous n’agissons pas vite, les sociétés humaines vont énormément souffrir du déclin de la biodiversité. Elles dépendent très fortement de la pollinisation pour les cultures, par exemple, mais aussi des plantes, qui aident à lutter contre l’érosion des sols et à prévenir les sécheresses et les crues, des micro-organismes pour recycler la matière organique...

**G. L. :** Dans un million d’années, à presque coup sûr, il n’y aura plus d’humains. Mais la matière biologique repartira sous d’autres formes... La vraie question, qui en appelle à la responsabilité publique, c’est : quel monde allons-nous laisser à nos arrière-petits-enfants ?

**Justement, pour parler du futur... On se demande parfois si l’humain va encore évoluer.**

**T. G. :** Oui, clairement ! Mais comment ? Certains imaginent que dans dix ans, nous aurons des gros pouces parce nous les utilisons beaucoup avec les téléphones... Mais encore une fois, il faut se poser la question : est-ce qu’un allèle qui fait qu’on a un plus gros pouce va faire qu’on a plus d’enfants ? Si ça n’est pas le cas, il n’y aura pas de sélection pour des pouces plus gros.

“ Des chercheurs proposent désormais d’étendre l’évolution. Leur propos est le suivant : on transmet bien plus à la génération suivante que l’ADN de nos cellules sexuelles

Guillaume Lecoindre

**G. L. :** Souvent, cette question est posée par un public d’Occidentaux. Mais pour qu’il y ait évolution au sens global de l’humanité, il faudrait que les conditions de vie soient à peu près comparables partout. Or ce n’est pas le cas : 40 % des morts dans les pays intertropicaux sont dues à une charge parasitaire, virus ou bactéries. Et je ne vois pas pourquoi les parasites disparaîtraient... Le transhumanisme nous raconte des fables, ou des choses qui n’intéressent que les 0,5 % de la population qui pourraient se payer certains services.

**Peut-on s’adapter à tout ?**

**T. G. :** La sélection naturelle n’est pas toute-puissante ! Il y a des contraintes physiques...

**G. L. :** La principale étant l’eau. Tant qu’elle reste liquide, la vie est foisonnante. Sur le plateau continental antarctique, la biomasse est énorme ! Des petits vers arthropodes, des bryozoaires, des éponges... Et même dans un milieu qualifié d’extrême, les fumeurs noirs des fonds des rides océaniques, à une température supérieure à 100 degrés, il y a plusieurs centaines d’espèces de bactéries. Il n’y a pas de désert, pour le vivant.

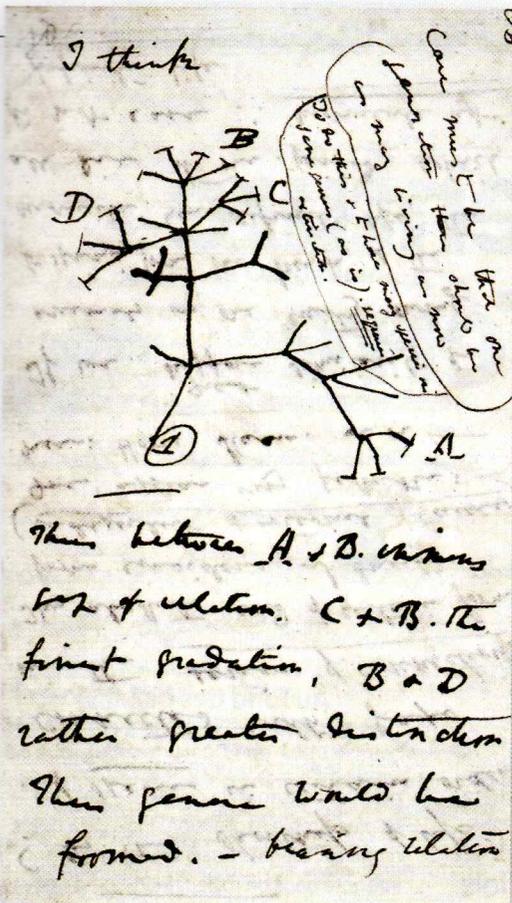
**Quels sont aujourd’hui les principaux sujets de recherche dans le domaine de l’évolution ?**

**G. L. :** Depuis quelques années, des chercheurs essaient d’étendre l’évolution, dans ce qui est appelé « synthèse évolutionnaire étendue ». Leur propos est le suivant : on transmet beaucoup plus à la génération suivante que l’ADN de nos cellules sexuelles. Chez les baleines, c’est très bien documenté, il y a des lignages génétiques qui se superposent à des pratiques dites « culturelles » de chasse : la capacité du petit à capter certaines ressources est directement liée à une transmission par apprentissage.

**Il s’agit donc vraiment de transmission culturelle ?**

**G. L. :** Si l’on prend comme définition de la culture une différence de comportement partagée par des individus, qui se transmet et ne s’explique pas seulement par la disponibilité d’une ressource, alors oui, on la documente chez des primates, des oiseaux, des cétacés...

**T. G. :** Mais pour moi, c’est seulement un phénotype étendu de gènes [c’est-à-dire que les gènes d’un organisme ont des effets non seulement sur cet organisme mais aussi sur les modifications de son environnement dues à ses comportements, ndr].



ainsi de suite. La population reste stable. S'il arrive une mutante, capable de se cloner toute seule, elle aura deux filles qui elles-mêmes auront deux filles qui auront deux filles... Et donc, très rapidement, la forme clonale envahira la population. Pourquoi cela n'arrive-t-il pas plus souvent ? À long terme, la reproduction sexuée permet une diversité génétique et donc une meilleure adaptation, mais l'allèle de reproduction asexué devrait envahir la population avant même que l'environnement ne change. Quel avantage à court terme contre-balance ce coût ? L'une des hypothèses avancées, mais elle ne fait pas l'unanimité, concerne les parasites, justement : une femelle qui fait des enfants différents d'elle-même pourrait se reproduire davantage, parce que les parasites de sa génération ne seront pas adaptés à ses enfants.

**G. L. :** Tout dépend ce que vous entendez par « énigme ». Personnellement, je suis un optimiste de la connaissance. Une énigme, ça se résout ! À plus ou moins brève échéance... Ceci dit, si je dois citer un sujet qui m'intéresse en ce moment, c'est la définition de la métamorphose. On peut cerner ce qu'est une larve chez un salmonidé, ou chez une grenouille, mais on n'a pas de concept commun de larve, ni de métamorphose. On ne peut donc pas comparer le développement d'espèces différentes.

Autre énigme : dans mon équipe, nous aimerions cerner quel stimulus suscite notre empathie et notre compassion à l'égard d'autres espèces. Nous faisons apparaître sur l'écran d'internautes un échantillon de 50 espèces par paires aléatoires. On leur demande : laquelle de ces deux espèces comprenez-vous le mieux ? Et laquelle sauveriez-vous en premier si elles étaient menacées de mort ? Résultat : plus une espèce est proche cousine de nous, plus on a d'empathie et de compassion. Mais cette proportionnalité s'arrête lorsqu'on perd le plan de symétrie bilatérale. Un champignon ou une pâquerette, on n'en a rien à faire... Notre hypothèse, c'est que, s'il y a une droite, une gauche, un avant, un arrière, on est capable de se repérer dans le corps d'autrui. Certains mollusques ont perdu la tête, les moules, les coquilles Saint-Jacques. D'autres l'ont gardée, notamment les pieuvres et les calamars. Le temps de divergence entre nous et un calamar est le même qu'entre nous et une moule. Eh bien, il y a un déficit très clair d'empathie et de compassion pour la moule... Petite anecdote rigolote : un point sort complètement de la courbe, c'est le chêne. Les gens adorent le chêne. Il y a excès d'empathie par rapport à ce que sa constitution physique laisserait prévoir. Et on a glissé un parasite, une tique : et là, la tique a beau avoir sa symétrie bilatérale, aucune empathie, aucune compassion... Mais on s'y attendait !

### Premières esquisses.

Cet arbre, dont on ignore s'il concerne des espèces, des populations ou des variétés, a été dessiné par Darwin en 1837. Il témoigne de son cheminement de chercheur : le naturaliste a indiqué en haut de la page « I think » [je pense].

**G. L. :** Justement, dans cette évolution « étendue », il n'y a pas besoin de caractériser un trait comportemental par son héritabilité génétique pour comprendre pourquoi il a un rôle dans l'évolution. Ces recherches ôtent un réductionnisme génétique qui a fini par devenir lourd à la fin du xx<sup>e</sup> siècle. Il n'est pas très fécond de considérer qu'une capacité d'apprentissage puisse être réductible à l'expression ou non d'un allèle.

**T. G. :** Au contraire, sinon on n'explique rien ! Une capacité à apprendre et à transmettre sans base génétique, cela n'existe pas. En tout cas à long terme !

**G. L. :** Mais pour Darwin, ce qui compte c'est que ça se transmette plutôt que la façon dont ça se transmet.

**T. G. :** Sauf qu'il faut que ça se transmette à long terme. Tu expliques une transmission sur des populations, c'est très intéressant, mais pas l'évolution biologique.

**G. L. :** Je suis d'accord ! C'est une différence de temporalité : l'héritabilité génétique est de très long terme, alors que ces recherches s'intéressent à des phénomènes de plus court terme, mais plus intégrés. En tout cas, le gène n'a pas le monopole des causes, l'organisme redevenant central dans la compréhension de l'adaptation.

### Nous évoquons dans ce numéro les énigmes de l'évolution. Quelle est la plus importante pour vous ?

**T. G. :** Je répondrais : pourquoi tant d'espèces se reproduisent-elles de façon sexuée ? Imaginez que chaque femelle fait deux enfants, un mâle et une femelle, et

PROPOS RECUEILLIS PAR FLORENCE LEROY ET VINCENT REA  
PHOTOS : SERGE PICARD POUR SCIENCES ET AVENIR