



HAL
open science

Penser le vivant autrement

Virginie Courtier-Orgogozo

► **To cite this version:**

Virginie Courtier-Orgogozo. Penser le vivant autrement. Editions du Collège de France. , 2024, Leçons inaugurales, 978-2-7226-0626-5. 10.4000/books.cdf.16649 . hal-04568847

HAL Id: hal-04568847

<https://hal.science/hal-04568847v1>

Submitted on 3 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Leçons inaugurales



Virginie Courtier-Orgogozo
Penser le vivant
autrement



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— ÉDITIONS —



COLLÈGE
DE FRANCE
1530

Collège de France

Penser le vivant autrement

Leçon inaugurale prononcée au Collège de France le jeudi 9 février 2023

Virginie Courtier-Orgogozo

DOI : 10.4000/books.cdf.16649

Éditeur : Collège de France

Lieu d'édition : Paris

Année d'édition : 2024

Date de mise en ligne : 26 mars 2024

Collection : Leçons inaugurales

EAN électronique : 978-2-7226-0640-1



<https://books.openedition.org>

Édition imprimée

Date de publication : 16 novembre 2023

EAN (Édition imprimée) : 978-2-7226-0626-5

Nombre de pages : 64

Ce document vous est offert par Collège de France



COLLÈGE
DE FRANCE
1530

Référence électronique

COURTIER-ORGOGOZO, Virginie. *Penser le vivant autrement : Leçon inaugurale prononcée au Collège de France le jeudi 9 février 2023*. Nouvelle édition [en ligne]. Paris : Collège de France, 2024 (généralisé le 29 mars 2024). Disponible sur Internet : <<https://books.openedition.org/cdf/16649>>. ISBN : 978-2-7226-0640-1. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.cdf.16649>.

Crédits de couverture

Aurore Chassé (graphisme) et Patrick Imbert (photo) / Collège de France, 2024



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

RÉSUMÉS

L'être humain appréhende la vie sur Terre à travers ses sens. Limité dans ses perceptions, il l'est également dans sa compréhension de la biodiversité et des dynamiques qui la traversent, ce qui l'empêche de mesurer pleinement l'impact de ses activités sur les écosystèmes.

À rebours des idées reçues, Virginie Courtier-Orgogozo questionne l'approche de la biologie à l'égard de la « nature », nous invitant à prendre conscience des biais sous-jacents à notre connaissance du monde afin de transformer notre rapport au vivant et de repenser la place de notre espèce dans son milieu. Cette leçon inaugurale apporte sa contribution à une réflexion indispensable pour mieux affronter la crise actuelle de la biodiversité.

VIRGINIE COURTIER-ORGOGOZO

Virginie Courtier-Orgogozo est directrice de recherche au CNRS, professeure associée à l'École polytechnique et responsable de l'équipe Évolution et génétique à l'Institut Jacques Monod (CNRS/Université Paris Cité). Elle est professeure invitée au Collège de France sur la chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes, créée avec le soutien de la fondation Jean-François et Marie-Laure de Clermont-Tonnerre.

NOTE DE L'ÉDITEUR

La chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes bénéficie du soutien de la fondation Jean-François et Marie-Laure de Clermont-Tonnerre.

Penser le vivant autrement

Chaire Biodiversité et écosystèmes
(2022-2023)

Virginie Courtier-Orgogozo

**Penser le vivant
autrement**



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— ÉDITIONS —

La chaire annuelle Biodiversité
et écosystèmes bénéficie du soutien
de la fondation Jean-François
et Marie-Laure de Clermont-Tonnerre.

Graphisme
Aurore Chassé

Isbn 978-2-7226-0626-5
© Collège de France, 2023

Éditions du Collège de France
11, place Marcelin-Berthelot
75231 Paris Cedex 05
contact: editions@college-de-france.fr
 @EditionsCdF
 @editionscdf

La version numérique de cet ouvrage est publiée sur le portail
OpenEdition: <https://books.openedition.org/cdf/156>.

 **OpenEdition**
Books

**Leçon inaugurale
prononcée au Collège de France
le jeudi 9 février 2023**

n° 319

Monsieur l'Administrateur,
Mesdames et Messieurs les Professeurs,
Chers collègues, chers amis,
Mesdames et Messieurs,

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux professeurs du Collège de France qui m'ont accueillie au sein de ce prestigieux établissement. Je suis particulièrement honorée et émue en pensant aux grandes figures de la biologie, de l'anthropologie et de la médecine qui s'y sont succédé. Je ne peux toutes les citer, mais je voudrais à tout le moins mentionner Jacques Monod, qui a donné son nom à l'institut où j'ai la chance de faire mes recherches depuis 2010. Je suis aussi extrêmement reconnaissante envers la professeure Edith Heard, qui a beaucoup œuvré à la mise en place de cette chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes, et envers la fondation Jean-François et Marie-Laure de Clermont-Tonnerre qui lui accorde son soutien financier. Je tiens aussi à remercier mon équipe de recherche et mes collègues pour tout ce qu'ils m'apportent, y compris le plaisir de travailler ensemble.

La biodiversité désigne la variété des formes de vie sur la Terre. Le terme a été créé en 1985 par l'écologue Walter G. Rosen à l'occasion du Forum national sur la biodiversité de Washington, puis popularisé par Edward O. Wilson au cours des

années suivantes¹. L'analyse de David Takacs montre que les biologistes se sont alors emparés de ce concept dans le but de modifier les valeurs de nos sociétés, les habitudes culturelles, la recherche et les décisions politiques². Comme l'a remarqué l'entomologiste germano-américain Thomas Eisner, « le mot a prouvé son utilité grâce à son sens percutant. Maintenant, les gens réagissent à ce terme³ ». Les actes du forum de Washington, publiés en 1988, résumaient parfaitement la situation : « La biodiversité crée un cadre systématique pour l'analyse du problème et la recherche de solutions possibles⁴. »

Aujourd'hui, notre rapport à la biodiversité est ambivalent. D'un côté, nous attachons à ce mot une idée de succès et de progrès : les humains ont colonisé tous les milieux habitables de la planète, ont développé l'élevage et l'agriculture, ont inventé des machines, des ordinateurs, des satellites, des vaccins, ont décodé les génomes de milliers d'espèces ; de l'autre, nous assistons à la dégradation des écosystèmes, à la combustion des énergies fossiles, à la disparition accélérée de nombreuses espèces, aux effets de la pollution sur les humains et les autres êtres vivants. Cette situation

-
1. Edward O. Wilson et Frances M. Peter (dir.), *Biodiversity*, Washington, National Academies Press, 1988, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25032475>.
 2. David Takacs, *The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1996.
 3. *Ibid.*, p. 131 (ma traduction).
 4. Edward O. Wilson et Frances M. Peter (dir.), *op. cit.*, citation extraite du résumé en ligne (ma traduction).

devrait tous nous amener à nous interroger. Allons-nous laisser les écosystèmes se dégrader et perdre toujours davantage d'individus et d'espèces ? Allons-nous continuer à idéaliser les objets technologiques et à dévaloriser la nature⁵ ? Quelles conséquences pour les générations futures ? Comment arrêter cette érosion de la biodiversité ?

Le rapport produit en 2021 par l'IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), un groupe international d'experts sur la biodiversité, indique que concilier à la fois la conservation de la biodiversité, l'adaptation au changement climatique et l'amélioration de la qualité de vie des populations, y compris la réduction de la pauvreté, est un problème complexe⁶. J'étudie le monde

-
5. Le terme *nature* est ici employé dans son acception commune : il fait référence à l'ensemble des êtres et des choses, des phénomènes et des processus (biologiques, physiques, etc.) qui existent en dehors de l'être humain ou de son action. La philosophe Virginie Maris distingue en fait trois nuances de ce mot dans la rhétorique actuelle : la nature-altérité (ce qu'elle nomme la « part sauvage du monde », par opposition aux humains et à leurs productions), la nature-totalité (l'ensemble du monde réel, tout ce qui a été, est et sera, par opposition au néant ou au surnaturel ; cette définition est au fondement de la philosophie dite « naturelle », ancêtre des « sciences de la nature ») et la nature-normalité (ce qui relève du fonctionnement normal des choses) ; voir Virginie Maris, *La Part sauvage du monde. Penser la nature dans l'Anthropocène*, Paris, Seuil, 2018, p. 20-21.
 6. Hans-Otto Pörtner, Robert Scholes, John Agard *et al.*, *Scientific Outcome of the IPBES-IPCC Co-Sponsored Workshop on Biodiversity and Climate Change*, Bonn, IPBES-IPCC, 2021, p. 129 : « Compte tenu des complexités propres à chaque site, il est peu probable qu'une intervention sectorielle axée sur une stratégie unique puisse à la fois concilier la conservation de la biodiversité

vivant depuis plus de vingt ans, les êtres vivants me passionnent et leur complexité m'émerveille. Je suis biologiste — et non politicienne, ni économiste. Et je me sens relativement désemparée face aux défis actuels. Néanmoins, en tant que biologiste, j'aimerais apporter ma contribution pour tenter de trouver des solutions. Le fait que les sciences du vivant n'aient pas réussi à mieux limiter les répercussions négatives des activités humaines sur la nature m'amène à m'interroger sur ma discipline.

Albert Einstein aurait dit : « On ne résout pas un problème avec les modes de pensée qui l'ont engendré. » Cette posture face à un problème est l'essence même du travail du chercheur : s'aventurer en terrain inconnu, essayer de voir le monde différemment et attaquer le problème sous un nouvel angle. Peut-être faut-il transformer notre vision de la biodiversité pour mieux comprendre le monde vivant et mieux vivre avec lui.

Je souhaite développer plusieurs pistes afin de nous amener à penser le vivant autrement. La première est de reconnaître l'importance des interactions à multiples échelles et les interdépendances qui sous-tendent le vivant. Nous, humains, ne pouvons vivre sur une autre planète⁷ ou dans un milieu

avec l'atténuation/l'adaptation au changement climatique et améliorer la qualité de vie des populations, notamment en ce qui concerne la *réduction de la pauvreté*» (ma traduction).

7. Sylvia Ekström et Javier G. Nombela, *Nous ne vivons pas sur Mars, ni ailleurs*, Lausanne, Éditions Favre, 2020.

dépourvu d'autres êtres vivants. Si la vie a pu perdurer sur Terre depuis si longtemps, c'est notamment grâce à tous ces échanges entre organismes vivants. Nous sommes des assemblages d'éléments disparates, des mosaïques. Deuxièmement, nous devons tenter de nous extraire de la métaphore de la machine⁸ pour comprendre les « mécanismes » du vivant et considérer l'ancrage historique des êtres vivants et des écosystèmes. Il n'y a pas de « début » à la vie d'un être vivant. Nous sommes tous les extrémités d'un long lignage qui existe depuis plusieurs milliards d'années. Enfin, il est important d'admettre que la nature suscite chez de nombreux humains l'admiration, l'émerveillement, le respect, l'apaisement⁹. Et ce n'est pas parce qu'il est difficile, avec nos méthodes scientifiques, d'appréhender et de quantifier cette caractéristique de la nature qu'il faut la négliger.

Ces propositions pour penser le vivant autrement n'ont pas l'ambition de résoudre à elles seules la crise de la biodiversité, mais plutôt d'aider à atteindre une meilleure compréhension du monde vivant. L'être humain est une espèce fabulatrice¹⁰, qui invente toutes sortes de récits pour donner

8. Daniel J. Nicholson, « Organisms ≠ machines », *Studies in History and Philosophy of Science, Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 44, n° 4, 2013, p. 669-678.

9. Edward O. Wilson, *Biophilia. The Human Bond with Other Species*, Cambridge/Londres, Harvard University Press, 1984.

10. Nancy Huston, *LEspèce fabulatrice*, Arles, Actes Sud, 2008.

du sens à ce qui l'entoure, et qui peut croire fortement à certaines histoires. Par exemple, chacun en Europe est probablement convaincu qu'un billet de 100 euros possède une valeur deux fois supérieure à celle d'un billet de 50 euros. Pourtant, ce sont de simples feuilles d'apparence légèrement différente. J'ai l'espoir que de nouvelles représentations du vivant nous aideront à trouver des solutions pour faire face aux défis de notre époque et pour mieux vivre sur notre planète.

L'impact des humains sur les écosystèmes et la remise en question de la science

L'Anthropocène

Nous sommes actuellement dans l'Anthropocène, une nouvelle époque marquée par l'impact significatif des humains sur la géologie et les écosystèmes¹¹. Aux débuts de l'agriculture, il y a 10 000 à 12 000 ans, on estime que la Terre comptait seulement quelques millions d'êtres humains. Mais au cours des derniers siècles, avec la révolution industrielle, les progrès agronomiques ou encore médicaux, la population mondiale a considérablement augmenté. D'après les dernières estimations

11. Paul J. Crutzen et Eugene F. Stoermer, « The Anthropocene », *Global Change Newsletter*, vol. 41, 2000, p. 17-18.

des Nations unies, la planète compte actuellement huit milliards d'habitants¹². Parmi les mammifères, la masse des humains (36 %) a dépassé celle des mammifères sauvages (4 %) et la masse du bétail (vaches, cochons, moutons, chèvres, etc.) est encore plus élevée (60 %). De même, la masse des volailles (70 %, surtout des poulets) dépasse celle des oiseaux sauvages (30 %). Si l'on compare à 100 000 ans en arrière, la masse des mammifères sauvages a été divisée par six¹³.

L'agriculture et l'élevage ont appauvri la biodiversité des plantes et des animaux sur Terre. Parmi les 6 000 espèces de plantes cultivées, neuf d'entre elles (canne à sucre, maïs, riz, blé, pommes de terre, soja, manioc, betterave à sucre et palmier à huile) représentent à elles seules les deux tiers de la production végétale¹⁴. Pour les animaux destinés à la consommation humaine, moins de 40 espèces d'oiseaux et de mammifères sont élevées par les

12. Gilles Pison, « Combien d'humains demain ? Les nouvelles projections de l'ONU », *The Conversation*, 10 juillet 2022, <https://theconversation.com/combien-dhumains-demain-les-nouvelles-projections-de-lonu-118798>.

13. Yinon M. Bar-On, Rob Phillips et Ron Milo, « The biomass distribution on Earth », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 25, 2018, p. 6506-6511.

14. Julie Bélanger et Dafydd Pilling (dir.), *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, Rome, FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 2019, p. 114, <https://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.

humains, et 14 espèces fournissent plus de 90 % de la viande utilisée pour l'alimentation humaine¹⁵.

Depuis que l'humanité est présente sur la Terre, les autres espèces se sont plus ou moins adaptées aux humains et aux environnements transformés par les humains, tandis que ces derniers se sont adaptés à la nouvelle distribution des espèces sur la planète. Il existe des interactions constantes et à double sens entre les humains et les autres êtres vivants.

L'Anthropocène est marqué par plusieurs phénomènes : l'intensification des transports, l'agriculture intensive, la production de plastiques — de nouvelles matières à base de polymères fabriquées par les humains —, la pollution par divers produits chimiques et organiques, le déplacement de sédiments à des taux supérieurs à toutes les rivières réunies, le changement climatique, la crise de la biodiversité. Ces répercussions à l'échelle planétaire montrent à la fois la puissance de notre espèce et sa faiblesse, car elles n'ont pas été préméditées, et nous peinons aujourd'hui à les maîtriser.

On peut néanmoins relativiser : ces impacts sur les écosystèmes ne sont pas dus à *tous* les humains, mais à certaines activités humaines. C'est pourquoi

15. Irene Hoffmann et Beate Scherf, « Animal genetic resources – Time to worry? », in Collectif, *The Livestock Report*, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006, p. 57-74.

Andreas Malm, Donna Haraway et Jason Moore ont proposé de renommer cette époque « capitalocène¹⁶ ». Cependant, rien ne dit qu'une économie non capitaliste aurait évité d'exploiter les combustibles fossiles et d'intensifier les transports¹⁷. De plus, ces effets concernent surtout une fine couche de quelques kilomètres à la surface de notre planète, alors que la Terre solide possède un rayon de plus de 6 000 kilomètres. C'est pourtant dans cette infime pellicule, appelée « zone critique », que se trouvent la biosphère et notre milieu de vie, propice à l'activité humaine : il est donc légitime de se préoccuper de la situation actuelle.

Une étude récente s'est intéressée à l'utilisation des surfaces terrestres au cours du temps, en découpant ces surfaces en zones de 96 kilomètres carrés et en les classant en différentes catégories¹⁸. La surface des terres dites « sauvages », caractérisées par l'absence complète de population humaine,

16. Jason W. Moore (dir.), *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*, Binghamton, PM Press, 2016.

17. Victor Court, « Sortir du capitalisme, condition nécessaire mais non suffisante face à la crise écologique », *The Conversation*, 11 novembre 2022, <https://theconversation.com/sortir-du-capitalisme-condition-necessaire-mais-non-suffisante-face-a-la-crise-ecologique-193568> ; Christophe Bonneuil, Jean-Baptiste Fressoz, *L'Événement Anthropocène. La Terre, l'histoire, et nous*, Paris, Seuil, 2013, rééd. 2016, p. 272.

18. Erle C. Ellis, Nicolas Gauthier, Kees Klein Goldewijk *et al.*, « People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 118, n°17, 2021, art. e2023483118.

n'a pas changé : ce sont les déserts ou les territoires recouverts de glace, où l'humain n'a pas pu s'établir. Partout ailleurs, là où le terrain était favorable, les humains étaient déjà installés il y a 10 000 ans. Ce qui a changé depuis, c'est l'augmentation de la surface des villes et des villages, la diminution de la surface des forêts habitées, et surtout l'augmentation de l'usage intensif des terres par l'agriculture et l'élevage. Contrairement à l'idée reçue selon laquelle la crise de la biodiversité serait majoritairement due à la destruction d'une « nature vierge » par l'activité humaine, cette étude montre que les écosystèmes terrestres étaient déjà habités il y a 10 000 ans et que c'est le déplacement des populations indigènes, l'agriculture intensive, l'industrialisation et la croissance démographique qui ont conduit à une intensification de l'usage des terres et à une destruction de la biodiversité. La présence des humains n'est donc pas incompatible avec l'existence d'une nature diversifiée.

La crise de la biodiversité

Aujourd'hui, les êtres humains font face à une crise de la biodiversité de grande ampleur. En Allemagne, en 1989 et en 2016, des collectes d'insectes ont été menées au moyen de pièges placés dans des espaces naturels protégés. La masse des insectes recueillis à un endroit donné en fonction des mois de l'année (d'avril à novembre) a alors été mesurée. Cette analyse a révélé une diminution de 75 % entre 1989

et 2016¹⁹. Une autre étude de sciences participatives au Royaume-Uni a compté le nombre d'insectes écrasés sur les plaques d'immatriculation des voitures suite à un trajet de plusieurs kilomètres aux mois de mai et de juin²⁰. Entre 2004 et 2021, leur nombre a diminué de 58 %. Diverses études réalisées en Europe et en Amérique du Nord font le même constat : on assiste à un déclin important des insectes, que l'on mesure la biomasse (le poids), le nombre d'individus ou le nombre d'espèces.

Dans le monde entier, des chercheurs et des amateurs passionnés enregistrent le nombre d'individus de milliers de populations de vertébrés : oiseaux, poissons, reptiles, amphibiens, mammifères. Puis tous les deux ans, un groupe de personnes du WWF et de la Société zoologique de Londres compilent ces données pour calculer un indice appelé « indice planète vivante », qui correspond à la moyenne des pourcentages de variation d'effectif de toutes ces populations. Leur rapport d'octobre 2022 indique ainsi qu'en moyenne chaque population comprend un nombre d'individus correspondant à 69 % de leur effectif mesuré en 1970, date prise comme année

19. Caspar A. Hallmann, Martin Sorg, Eelke Jongejans *et al.*, « More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas », *PLOS One*, vol. 12, n° 10, 2017, art. e0185809.

20. Lawrence Ball, Robbie Still, Alison Riggs *et al.*, « The Bugs Matter citizen science survey: Counting insect 'splats' on vehicle number plates reveals a 58.5% reduction in the abundance of actively flying insects in the UK between 2004 and 2021 », Buglife, 2022, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29866.49606>.

de référence²¹. Les espèces les plus touchées sont les espèces spécialistes, qui ne peuvent vivre que dans une gamme étroite de conditions environnementales ou d'alimentation²². Cet indice ne prend pas en compte les plantes et les invertébrés.

Concernant les arbres, un rapport publié en septembre 2021 et impliquant plus de 500 experts du monde entier ayant travaillé pendant cinq ans sur le sujet indique que 30 % des espèces d'arbres sont menacées d'extinction²³. C'est en Amérique centrale et en Amérique du Sud que l'on observe le plus grand nombre d'espèces, et à Madagascar que l'on trouve les plus menacées. Aujourd'hui, 41 espèces d'arbres n'existent plus sur leur site naturel et survivent uniquement dans des jardins botaniques et des banques de graines, en attendant d'être un jour réintroduites dans leur milieu d'origine.

Par le passé, d'autres crises de la biodiversité se sont produites au cours de l'histoire de la Terre. Le problème n'est pas tant que celle-ci semble plus rapide que les autres ou qu'elle pourrait conduire à la disparition de la vie. En fait, je pense que la vie

21. Voir https://www.livingplanetindex.org/documents/LPR_2022_TechnicalSupplement_DeepDiveLPI.pdf.

22. Joanne Clavel, Romain Julliard et Vincent Devictor, « Worldwide decline of specialist species: Toward a global functional homogenization? », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, n° 4, 2011, p. 222-228.

23. Botanic Gardens Conservation International, *State of the World's Trees*, Richmond, BGCI, 2021, <https://www.bgci.org/wp/wp-content/uploads/2021/08/FINAL-GTARreportMedRes-1.pdf>.

ne s'éteindra pas si facilement. Certaines espèces comme les tardigrades ou d'autres micro-organismes résistent à de nombreuses conditions extrêmes et survivront probablement à cette grande crise. Le problème est plutôt que la situation actuelle nous entraîne vers une trajectoire qui altérera profondément et durablement les conditions de vie des générations futures.

Pourquoi vouloir empêcher la destruction de la biodiversité ? Tout d'abord, pour des raisons « spirituelles ». Nous, biologistes qui aimons la nature et sommes émerveillés devant sa beauté, ressentons profondément un devoir moral de ne pas la détruire. Deuxièmement, pour des raisons matérielles, utilitaristes. Le monde vivant apporte de nombreux services aux humains et à la planète : des services d'approvisionnement (tous les matériaux et les produits tirés des écosystèmes comme la nourriture, le pétrole, le bois), des services de soutien comme le cycle de l'eau, la formation des sols ou la photosynthèse, des services de régulation tels que le recyclage des déchets organiques ou la régulation du climat, et des services « socioculturels » — les aspects culturels, récréatifs et esthétiques de la nature. En ce qui me concerne, je ne suis guère convaincue par cette perspective très matérialiste et centrée sur les bénéfices apportés aux humains. Elle laisse entendre que notre vie sur Terre restera possible tant que subsisteront quelques espèces qui nous fourniront les services dont nous avons besoin.

Mais souhaitons-nous que la vache devienne bientôt le plus gros animal vivant sur Terre ?

De plus, il existe d'autres raisons pragmatiques de souhaiter une grande diversité d'espèces et d'individus. La première est que nous ne connaissons pas encore tous les bienfaits que la nature peut nous apporter. Le biomimétisme et la bio-inspiration sont des champs d'étude qui visent à chercher dans le vivant des solutions technologiques pour répondre à nos besoins²⁴. Dans mon laboratoire, nous étudions par exemple la colle produite par les larves de mouche drosophile qui leur permet de s'accrocher à une feuille ou à une tige pendant plusieurs jours, le temps de la métamorphose. Cette colle est constituée de protéines et n'est pas toxique pour l'environnement. Nous espérons que nos travaux conduiront à diverses applications industrielles ou médicales. Il existe plusieurs milliers d'espèces de drosophiles, qui ont chacune développé au cours de l'évolution des colles leur permettant de s'attacher à toute une variété de substrats. *A priori*, on pourrait avancer que perdre une espèce de mouche n'est pas si grave, mais en fait, quand on perd une espèce de drosophile, on perd aussi une colle qui recèle peut-être des propriétés adhésives insoupçonnées.

Enfin, on ne connaît pas toutes les conséquences d'une diversité amoindrie. Il pourrait se produire des

24. Gilles Boeuf, « Biomimétisme et bio-inspiration », *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, vol. 206, n° 3, 2022, p. 365-369.

effets « boule de neige », la disparition de certaines espèces entraînant l'élimination d'autres espèces, du fait des interdépendances dans le vivant. Certains biologistes ont comparé la biodiversité à un avion²⁵. Perdre quelques rivets n'a pas de conséquence pour l'avion et ses passagers, mais au-delà d'un certain nombre de rivets manquants, les autres sauteront sous l'effet des tensions mécaniques et l'avion explosera en plein vol. Nous ne savons pas s'il existe un certain seuil de perte de biodiversité à ne pas dépasser sous peine d'engendrer une catastrophe planétaire — par exemple, une chute de la concentration d'oxygène dans l'atmosphère, qui aurait des conséquences irréversibles sur les humains.

Cinq causes majeures de l'érosion de la biodiversité ont été identifiées : destruction des habitats, surexploitation des ressources, changement climatique, pollution, espèces envahissantes. Pour chacune de ces causes directes, on peut identifier des activités humaines associées (pêche, agriculture, énergie, forage, création d'infrastructures, sylviculture, tourisme) et des facteurs indirects liés aux modes de consommation, de financement et de gouvernance, ainsi qu'à la démographie, à la technologie, à l'urbanisation, aux migrations, aux

25. Paul R. Ehrlich et Brian Walker, « Rivets and Redundancy », *BioScience*, vol. 48, n° 5, 1998, p. 387-388.

conflits et aux épidémies²⁶. Une manière de limiter la perte de la biodiversité est donc d’agir sur ces facteurs indirects.

En dépit de plusieurs engagements politiques — nationaux et internationaux — et d’une prise de conscience importante du grand public, la biodiversité continue de diminuer à l’échelle mondiale. Suite à l’explosion des bombes atomiques sur les villes de Hiroshima et Nagasaki, les humains ont pris conscience qu’un danger d’extinction menaçait leur espèce²⁷. Avec l’accélération du réchauffement climatique et la crise de la biodiversité en cours, c’est un nouveau risque de disparition de l’humanité qui s’inscrit dans notre horizon proche. D’un côté, ce risque est moins grand que celui d’une bombe nucléaire, dans la mesure où nous ne savons pas encore si la crise de la biodiversité pourrait conduire à la destruction de l’humanité tout entière ; de l’autre, ce risque est plus important, car il implique des phénomènes complexes, bien plus difficiles à gérer que le déclenchement d’une guerre nucléaire.

26. Fonds mondial pour la nature (WWF) et Société zoologique de Londres (ZSL), *Rapport Planète vivante*, 2020, https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2020-09/20200910_Synthese_Rapport-Planete-Vivante-2020_WWF-min.pdf.

27. Albert Einstein, Bertrand Russell *et al.*, « The Russell-Einstein Manifesto », Londres, 9 juillet 1955, <https://pugwash.org/1955/07/09/statement-manifesto>.

Une situation qui incite
à s'interroger sur la science

Aujourd'hui, l'impact négatif considérable des humains sur les écosystèmes nous conduit à relativiser les succès de la science. J'entends ici par « science » le processus de production des connaissances dans le but de mieux comprendre le monde et, éventuellement, d'agir sur le monde. Face aux résultats et aux promesses de la science, une partie du grand public a toujours été sceptique. Au début du XIX^e siècle, par exemple, quand Edward Jenner a entrepris ses premières campagnes de vaccination contre la variole, on pouvait trouver dans la presse des caricatures montrant des patients terrifiés de voir qu'à la suite de l'injection de pus de variole de la vache, il leur sortait du corps de petits veaux et des cornes (fig. 1).

Ce qui m'intéresse aujourd'hui est la remise en question de la science par les intellectuels eux-mêmes. Tout au long du XIX^e et du XX^e siècle, diverses conséquences négatives qui lui sont attribuées, comme la bombe atomique, l'eugénisme ou le réchauffement climatique, ont conduit les scientifiques, les historiens des sciences et les philosophes à s'interroger sur le statut de la science et de ses productions, ainsi qu'à mieux définir ses contours.



Figure 1. Caricature réalisée par James Gillray en 1802. Edward Jenner inocule le vaccin de la variole à des patients; il leur pousse alors sur le corps de petites vaches. Sous le dessin, on peut lire: «Les pustules de vache – ou – les effets merveilleux de la nouvelle inoculation! – Voir les publications de la Société antivaccins.»

Source: Library of Congress Prints and Photographs Division.

Bruno Latour en France²⁸ et Helen Longino aux États-Unis²⁹ ont contribué à mettre en évidence à quel point les faits scientifiques sont construits progressivement par toute une communauté de chercheurs qui analysent les résultats, confrontent différents points de vue et parviennent à des

28. Steve Woolgar et Bruno Latour, *La Vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1988, p. 296.

29. Helen E. Longino, *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

conclusions. En effet, la publication d'un résultat dans une revue scientifique ne fait pas directement de celui-ci « une brique dans l'édifice de la connaissance ». Ce n'est qu'après des citations ultérieures, des vérifications, l'utilisation et la modification par d'autres que des données expérimentales et des hypothèses sont incorporées dans le corpus des connaissances³⁰. Ceci constitue alors la « science établie », à ne pas confondre avec la « science en marche ».

Claude Bernard distinguait deux phases dans le processus de recherche : une première phase de préparation d'une observation ou d'une expérience impliquant des valeurs personnelles, des préférences, des suppositions et des motivations, puis une phase d'analyse des résultats devant être « dépouillé[e] d'hypothèses et d'idées préconçues³¹ ». En réalité, il est impossible pour le chercheur de se débarrasser entièrement de ses idées préconçues, même dans le cadre de l'étape d'analyse des résultats. De plus, une affirmation scientifique implique une adhésion préalable du chercheur à cette proposition.

30. *Ibid.*, p. 69 : « La publication dans une revue ne fait pas d'une idée ou d'un résultat une brique dans l'édifice de la connaissance. Son absorption est un processus bien plus complexe, impliquant des éléments tels que les citations ultérieures, l'utilisation et la modification par d'autres, etc. C'est par la confrontation et l'intégration de multiples points de vue que les données expérimentales et les hypothèses sont transformées en ce qui est finalement admis comme une connaissance scientifique » (ma traduction).

31. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Garnier-Flammarion, 1865, p. 43.

De nombreux travaux contemporains en anthropologie des sciences, en sociologie et en histoire des sciences montrent que la science est socialement construite³². Il me semble effectivement qu'il n'y a pas de sciences de la nature sans êtres humains. Cette nouvelle perspective porte un coup à la science.

Non sans prétention, Sigmund Freud aimait remarquer que l'humanité avait subi trois blessures narcissiques³³ : la première, quand Copernic avait avancé que la Terre n'était pas au centre de l'Univers, mais qu'elle tournait autour du Soleil ; ensuite, avec la théorie de l'évolution proposée par Darwin et Wallace montrant que les humains avaient évolué à partir de primates ancestraux ; enfin, avec la découverte, faite par Freud lui-même, que nos actions ne sont pas seulement contrôlées par notre moi, mais aussi par notre inconscient. Je crois que nous assistons aujourd'hui à une nouvelle blessure infligée à l'amour-propre humain : la connaissance scientifique accumulée par l'humanité n'a pas la dimension universelle qu'on lui attribuait. Elle est biaisée par notre façon d'appréhender le monde et notre langage. En tant qu'humains, nous ne pouvons obtenir qu'une compréhension partielle des phénomènes que nous observons.

32. Voir par exemple Helen E. Longino, *op. cit.*

33. Sigmund Freud, « Une difficulté dans la psychanalyse » [1917], *Revue française de psychanalyse*, vol. 45, n° 6, 1981, p. 1283-1290.

La science reste cependant un moyen efficace de comprendre le monde

Cela signifie-t-il qu'il faut arrêter la science pour comprendre le monde qui nous entoure ? Non, car elle reste une méthode efficace pour appréhender notre environnement et élaborer des moyens d'action sur le monde³⁴. Les pratiques et les procédures des communautés scientifiques, à savoir la mise en commun des résultats et des connaissances, la vérification, la réplication, la validation par les pairs, la confrontation de différents points de vue, augmentent les chances que le consensus scientifique soit fiable. Le fonctionnement du GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des Nations unies, en est un bon exemple.

La base de notre confiance envers la science ne doit pas reposer sur la figure du scientifique respectable et jouant le rôle de grand sage, mais sur la science en tant que processus social qui vérifie rigoureusement les faits énoncés. Lorsque les scientifiques étaient presque exclusivement des hommes à peau claire, ils ont élaboré des théories sur les femmes ou sur les personnes à peau noire qui étaient au mieux incomplètes et parfois désastreuses. C'est parce que la science est une entreprise collective mêlant une diversité de points de vue, d'idées, d'engagements théoriques et de valeurs personnelles qu'elle devient crédible.

34. Naomi Oreskes, *Why Trust Science?*, Princeton, Princeton University Press, 2019.

Chaque scientifique apporte dans son travail de recherche ses préjugés, ses valeurs et ses hypothèses de base. La science dans son ensemble peut se rapprocher de l'objectivité même si les scientifiques, individuellement, sont moins objectifs. Plus la communauté scientifique est diversifiée, autocritique et ouverte aux alternatives, plus elle a de chances d'identifier et de remettre en question certains préjugés.

Cette institution séculaire qu'est le Collège de France me semble être le lieu idéal pour insister sur l'intérêt de la diversité des approches et des points de vue pour comprendre le monde. La promotion de la diversité est en effet l'un des principes phares de cette institution, les lecteurs du xvi^e siècle ayant été chargés d'enseigner des disciplines jusqu'alors dédaignées par l'Université de Paris comme le grec, l'hébreu ou la philosophie. La devise *docet omnia*, « il enseigne tout », traduit bien cette idée de diversité. De fait, les professeurs Lluís Quintana-Murci et Jean-Jacques Hublin mettent en avant, dans leurs cours au Collège de France, l'importance de la diversité des approches et des points de vue pour comprendre l'évolution³⁵. L'institution se donne

35. Lluís Quintana-Murci, *Une histoire génétique : notre diversité, notre évolution, notre adaptation*, Paris, Collège de France/Fayard, coll. « Leçons inaugurales », 2021 ; édition numérique : Paris, Collège de France, 2021, <https://books.openedition.org/cdf/11365> ; Jean-Jacques Hublin, *Homo sapiens, une espèce invasive*, Paris, Collège de France/Fayard, coll. « Leçons inaugurales », 2022 ; édition numérique : Paris, Collège de France, 2022, <https://books.openedition.org/cdf/13567>.

également pour ambition d'enseigner « le savoir en train de se constituer dans tous les domaines des lettres, des sciences ou des arts ». Or la diversité et l'inclusion sont des notions qui prennent de l'ampleur dans nos sociétés actuelles.

Je pense, comme Helen Longino, que tout être humain est potentiellement capable de raisonner et de produire une critique³⁶ et qu'il est important de ne pas réserver la pratique de la science aux seuls professionnels. Les grands inventaires et suivis des oiseaux et des papillons en Europe, par exemple, n'auraient pu avoir lieu sans les sciences participatives, qui impliquent de nombreux citoyens³⁷.

Si je suis touchée par les propos d'Helen Longino sur la pluralité, ce n'est pas tant parce qu'ils sont féministes, mais parce que je me suis toujours sentie différente de la plupart de mes collègues pour une autre raison : je suis extrêmement « visuelle ». Je ne raisonne pas en maniant des mots et des concepts, mais plutôt en « voyant » les phénomènes biologiques se dérouler dans mon esprit, à la manière de Barbara McClintock qui voyait les gènes s'allumer et s'éteindre³⁸. Étant très sensible

36. Helen E. Longino, *The Fate of Knowledge*, Princeton, Princeton University Press, 2002, p. 131.

37. Vincent Devictor, Chris Van Swaay, Tom Brereton *et al.*, « Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale », *Nature Climate Change*, vol. 2, n° 2, 2012, p. 121-124.

38. Evelyn Fox Keller, *A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock*, New York, Holt Paperbacks, 1983, p. 149.

aux détails présents sur une photo, j'ai par exemple beaucoup de mal à trouver les réponses correctes aux tests ReCAPTCHA sur Internet qui demandent d'identifier les passages piétons ou les feux de signalisation. Malgré ces désagréments et d'autres, c'est peut-être en partie grâce à cette singularité que j'ai pu apporter des éléments nouveaux à la génétique de l'évolution et donner une portée internationale à mes recherches dans cette discipline.

Mes travaux sur la biodiversité

Je présenterai ci-dessous quelques résultats de mes recherches pour illustrer certaines des propriétés du vivant qu'ils ont révélées, à savoir sa complexité, son ancrage dans un processus historique et l'existence de lois générales à mettre au jour.

Les découvertes que j'ai effectuées au cours de ma carrière ont émergé, comme pour de nombreux biologistes, de deux activités principales³⁹ : tout

39. John T. Bonner, *Randomness in Evolution*, Princeton, Princeton University Press, 2013, p. ix : « Nombre de biologistes, dont je fais partie, mènent une double vie. Dans l'une, ils travaillent chaque jour avec des organismes en laboratoire ou sur le terrain. C'est ce qui les maintient en contact avec leur sujet de recherche — le monde réel qu'ils trouvent si fascinant. Dans l'autre, ils s'intéressent à la vue d'ensemble, à la façon dont tout s'imbrique. Personne n'illustre mieux cette double vie que Charles Darwin avec, d'un côté, son étude longue et minutieuse des Cirripèdes et, de l'autre, son excursion vertigineuse au cœur de l'évolution. Du point de vue d'un biologiste, il n'est pas de meilleure vue d'ensemble que celle-ci » (ma traduction).

d'abord, grâce à mon travail en laboratoire et sur le terrain avec mon équipe de recherche, qui me permet de rester en contact direct avec mon sujet d'étude et d'apporter de nouvelles données empiriques pour comprendre l'origine de la diversité des formes de vie ; ensuite, à travers la synthèse des connaissances acquises par la communauté scientifique internationale, notamment sous la forme de bases de données accessibles à tous, dans le but de trouver de nouvelles lois générales qui sous-tendent le vivant.

Depuis plus de vingt ans, mon travail expérimental porte sur la petite mouche drosophile, qui s'éleve facilement en laboratoire et qui peut produire des centaines d'individus en quelques jours. Entre un œuf pondu et une femelle qui pond un nouvel œuf, il s'écoule seulement dix jours (fig. 2).

Des milliers de chercheurs l'étudient dans le monde entier et c'est l'organisme multicellulaire pour lequel nos connaissances en génétique sont les plus avancées. La majorité des caractéristiques physiologiques, neuronales, cellulaires et moléculaires de la drosophile se retrouvent aussi chez les humains et les autres êtres vivants. Comprendre la biologie de cette mouche aide à comprendre la biologie de tous les organismes vivants. J'ai été séduite à la fois par la complexité de cet animal et par la simplicité des expériences qu'il permet de réaliser.

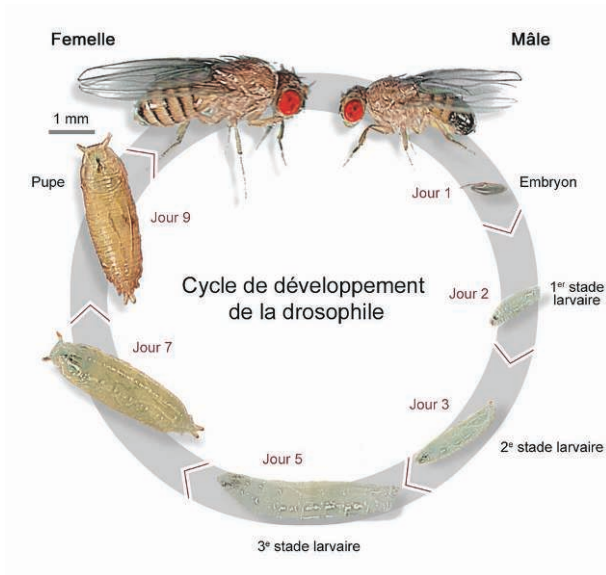


Figure 2. Cycle de vie de la mouche drosophile.

Source: d'après Katrin Weigmann, Robert Klapper *et al.*, «FlyMove: A new way to look at development of *Drosophila*», *Trends in Genetics*, vol. 19, n° 6, 2003, p. 310-311.

Complexité du vivant et ancrage dans un processus historique

Notre corps est constitué de nombreuses cellules : neurones, cellules de la peau, cellules musculaires, etc. Au cours de ma thèse, j'ai voulu comprendre comment les différentes cellules de notre corps sont formées à partir d'une seule cellule œuf suite à la fécondation d'un spermatozoïde et d'un ovule. Pour cela, j'ai étudié la formation d'organes sensoriels

externes présents à la surface de la larve de drosophile. Ces organes sont constitués de quatre cellules : un neurone et trois cellules accessoires différentes. Quand j'ai commencé, nous savions que ces quatre cellules étaient issues d'une cellule mère mais nous ne connaissions pas l'ordre des divisions cellulaires. Notre travail nous a menés de surprise en surprise.

Nous avons examiné en détail des embryons de plus en plus âgés sur lesquels nous avons compté les cellules, détectées avec divers anticorps. Après de nombreuses heures de microscopie et d'analyse d'images, il nous est apparu que la cellule mère ne produisait pas seulement les quatre cellules de l'organe sensoriel, mais aussi une cinquième cellule, qui migre un peu plus loin et se différencie en un autre neurone, lequel devient totalement indépendant de l'organe sensoriel externe⁴⁰ (fig. 3). La cellule mère produit donc deux organes sensoriels : un neurone isolé et un organe sensoriel externe composé d'un neurone et de cellules accessoires. Suite à ces premiers travaux, j'ai pleinement pris conscience du fait que le monde vivant est souvent plus complexe qu'on l'imagine. Lorsqu'on étudie le vivant, il est important de garder un esprit ouvert à différentes possibilités.

40. Virginie Orgogozo, François Schweisguth et Yohanns Bellaïche, « Lineage, cell polarity and *inscuteable* function in the peripheral nervous system of the *Drosophila* embryo », *Development*, vol. 128, n° 5, 2001, p. 631-643.

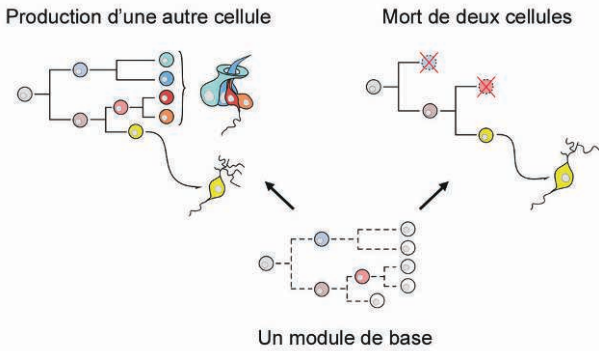


Figure 3. Schéma des divisions cellulaires successives conduisant à la formation de cellules différentes chez la drosophile. À gauche: pour produire un organe sensoriel composé de quatre cellules, la nature forme un neurone supplémentaire. À droite: pour produire un neurone unique, la nature génère trois cellules puis en élimine deux par mort cellulaire programmée. Un module de base, constitué d'une série stéréotypée de divisions cellulaires, est utilisé pour former une grande variété d'organes sensoriels chez la drosophile. Source: Jérémy Sallé et Virginie Courtier-Orgogozo.

Nous nous sommes ensuite intéressés à des neurones isolés qui n'avaient pas d'organes sensoriels externes voisins. Notre deuxième surprise a été d'observer que, pour former ce seul neurone, la nature produit trois cellules puis en élimine deux par mort cellulaire programmée, ou apoptose⁴¹. Cette solution

41. Virginie Orgogozo, François Schweisguth et Yohanns Bellaïche, « Binary cell death decision regulated by unequal partitioning of Numb at mitosis », *Development*, vol. 129, n° 20, 2002, p. 4677-4684.

n'est ni intuitive, ni optimisée. Un système optimal aurait produit une seule cellule directement, sans passer par la production de deux cellules qui sont ensuite éliminées. Et quand nous avons inhibé, avec des outils génétiques, la mort des cellules au cours du développement, nous avons observé un organe sensoriel additionnel à côté du neurone isolé, ce qui indique que les cellules qui meurent ont la capacité de former un véritable organe sensoriel.

C'est en examinant ces résultats à la lumière de l'évolution qu'ils ont pris tout leur sens. Nous avons découvert qu'il existe une suite stéréotypée de divisions cellulaires constituant un module de base qui est utilisé pour former une grande variété d'organes sensoriels chez la drosophile et chez d'autres insectes⁴².

Ce travail m'a montré à quel point l'évolution s'apparente à du « bricolage ». Pour reprendre la formule de François Jacob : « La sélection naturelle ne fonctionne pas comme un ingénieur. Elle fonctionne comme un bricoleur [...] qui utilise tout ce qu'il trouve autour de lui, que ce soit des bouts de ficelle, des fragments de bois ou de vieux cartons, [...] pour produire une sorte d'objet exploitable⁴³. »

42. Eric C. Lai et Virginie Orgogozo, « A hidden program in *Drosophila* peripheral neurogenesis revealed: Fundamental principles underlying sensory organ diversity », *Developmental Biology*, vol. 269, n° 1, 2004, p. 1-17.

43. François Jacob, « Evolution and tinkering », *Science*, vol. 196, n° 4295, 1977, p. 1161-1166, citation p. 1163 (ma traduction).

Chaque individu est issu d'une longue chaîne d'êtres vivants qui remonte à plusieurs milliards d'années, sur laquelle se sont accumulés les « bricolages ». Si nous sommes ici aujourd'hui, c'est parce que ces bricolages ont permis à nos ancêtres de survivre et de donner des descendants, qui eux-mêmes ont survécu. Et il en est de même pour les plantes et les bactéries qui nous entourent.

Des lois générales à découvrir

Afin de mieux comprendre comment les espèces et les populations évoluent au cours du temps, j'ai pris l'initiative, avec mes collaborateurs David Stern et Arnaud Martin, de créer une base de données contenant l'ensemble des gènes et des mutations ayant été identifiés par les chercheurs comme contribuant à l'évolution naturelle et à la domestication chez les animaux et les plantes, en excluant les cas cliniques. Plus de 2 500 mutations sont aujourd'hui répertoriées dans la base de données Gephebase⁴⁴. Le travail de compilation est titanesque, mais les résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent grâce à cet outil sont si importants qu'ils m'incitent à poursuivre.

44. Virginie Courtier-Orgogozo, Laurent Arnoult, Stéphane R. Prigent, Séverine Wiltgen et Arnaud Martin, « Gephebase, a database of genotype-phenotype relationships for natural and domesticated variation in Eukaryotes », *Nucleic Acids Research*, vol. 48, n° D1, 2020, p. D696-D703 ; voir www.gephebase.org.

Une de nos découvertes met en évidence le fait que l'évolution passe par des chemins préférentiels⁴⁵. Souvent, elle se répète chez différentes espèces et à différents endroits du globe. Nous avons observé que cette évolution répétée est associée à des mutations dans les mêmes gènes. À titre d'exemple, la résistance aux insecticides pyréthrinoïdes a évolué indépendamment chez plus de 40 espèces d'insectes et, à chaque fois, on trouve des mutations dans le gène *para/vgc*. Cela signifie que, sur toute la longueur de l'ADN, il n'existe que peu d'endroits susceptibles de muter pour donner certains changements particuliers.

Au cours de l'évolution, les humains et les chiens se sont adaptés aux mêmes environnements. Une digestion accrue de l'amidon contenu dans les céréales est associée à des duplications indépendantes du gène de l'amylase chez les chiens et les humains⁴⁶. De même, l'adaptation aux hautes altitudes est associée à des mutations différentes dans le gène de l'hémoglobine chez ces deux espèces⁴⁷.

45. Arnaud Martin et Virginie Orgogozo, « The loci of repeated evolution: A catalog of genetic hotspots of phenotypic variation », *Evolution*, vol. 67, n° 5, 2013, p. 1235-1250.

46. Petar Pajic, Pavlos Pavlidis, Kirsten Dean *et al.*, « Independent amylase gene copy number bursts correlate with dietary preferences in mammals », *eLife*, vol. 8, 2019, art. e44628.

47. Anthony V. Signore, Ying-Zhong Yang, Quan-Yu Yang *et al.*, « Adaptive changes in hemoglobin function in high-altitude Tibetan canids were derived via gene conversion and introgression », *Molecular Biology and Evolution*, vol. 36, n° 10, 2019, p. 2227-2237.

Ces observations indiquent que l'évolution est en partie prédictible. Pour un changement donné, telle la résistance au poison anti-rats warfarine, on peut prédire que des mutations dans le gène *VKORC1* vont apparaître chez les rats et les souris. Même si l'évolution met en jeu de nombreux phénomènes aléatoires sur de petites échelles de temps (mutations, compétition des spermatozoïdes pour la fécondation, ségrégation des chromosomes au cours de la formation des gamètes, changements environnementaux, etc.), quand on se place à plus long terme, on peut découvrir des phénomènes prévisibles et des lois générales.

Pour comprendre ce paradoxe, on peut le comparer avec l'affluence dans un musée comme le centre Pompidou. Même si l'on ne peut prédire qu'une personne donnée viendra ou non visiter le musée à telle ou telle heure, on peut néanmoins prévoir les horaires d'affluence à l'échelle de la population.

Ces découvertes récentes sur l'évolution répétée remettent en cause l'idée répandue selon laquelle il existerait un nombre considérable de trajectoires évolutives possibles, le monde vivant actuel n'étant que l'une de ces multiples possibilités⁴⁸. En fait, l'évolution de la vie n'a eu lieu qu'une seule fois sur Terre. Il est donc très difficile, à partir de nos observations sur ce seul cas, de savoir ce qu'on obtiendrait

48. Simon C. Morris, *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

si l'on y recommençait à zéro l'histoire de la vie, ou, de façon plus réaliste, quels êtres vivants on pourrait trouver sur d'autres planètes⁴⁹. Avant le début de mes recherches sur l'évolution, je pensais que l'apparition des humains sur Terre était hautement improbable et le résultat d'une série d'événements fortuits. Aujourd'hui, après avoir découvert tous ces phénomènes prédictibles à l'échelle des gènes, je n'en suis plus si certaine. De façon étonnante, j'ai l'impression d'avoir avancé dans ma compréhension du vivant, alors que, tout compte fait, j'ai moins de certitudes qu'auparavant !

Mes recherches sur la biodiversité m'ont ainsi convaincue de la complexité du monde vivant, qui est liée à son histoire évolutive sur des milliards d'années, et de l'existence de lois générales cachées à découvrir. Dans mon travail, j'essaie de trouver un juste milieu entre la recherche de ces lois générales et la prise en compte de la subtilité et de la complexité des phénomènes du vivant.

Nos biais face au monde vivant

Afin de mieux appréhender le monde vivant, il me semble important de prendre conscience de nos biais en tant qu'humains et de tenter de les dépasser. Je présenterai ci-dessous trois d'entre eux :

49. Virginie Orgogozo, « Replaying the tape of life in the twenty-first century », *Interface Focus*, vol. 5, n° 6, 2015, art. 20150057.

des biais liés à nos sens, des biais envers les organismes de notre taille et vivant dans le même environnement que nous et des biais résultant de notre vision du monde. Certains de ces biais ne sont présents que chez un nombre restreint de personnes. Ils devraient donc être éliminés en élargissant la pluralité des points de vue. D'autres sont partagés par l'ensemble des humains. Il faut alors trouver des moyens différents de les dépasser.

Les biais liés à nos sens

Les êtres humains perçoivent le monde à travers leurs sens, lesquels sont limités. Leur fenêtre de perception visuelle est étroite (fig. 4).

Notre œil humain perçoit des couleurs situées entre le violet et le rouge, ce qui correspond à des longueurs d'onde allant de 400 à 800 nanomètres. Nous ne distinguons pas l'infrarouge ou les rayons ultraviolets. D'autres espèces ont des capacités visuelles différentes. Par exemple, les abeilles et certains poissons peuvent voir l'ultraviolet proche, à moins de 400 nanomètres, et de l'autre côté du spectre visible, des serpents peuvent détecter les infrarouges, à plus de 800 nanomètres. De plus, nous pouvons appréhender des échelles spatiales allant de 0,1 millimètres à plusieurs kilomètres. Nous pouvons aussi détecter des étoiles situées bien plus loin, à plusieurs millions d'années-lumière, mais nous n'avons pas de perception spatiale des distances au-delà de quelques kilomètres. La région grisée,

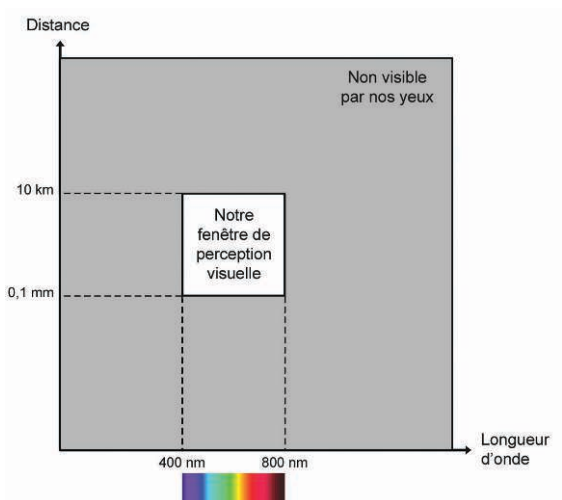


Figure 4. Fenêtre de perception visuelle des humains.

La zone grisée n'est pas directement accessible par nos sens. Les humains peuvent en prendre connaissance de manière indirecte, à l'aide d'instruments, de calculs et de théories.

Source: d'après Roger J. Blin-Stoyle, *Eureka! Physics of Particles, Matter and the Universe*, Boca Raton, CRC Press, 1997, p. 9.

dans la figure 4, est une zone qui n'est pas directement accessible par nos sens, dont les humains peuvent prendre connaissance de manière indirecte, à l'aide d'instruments, de calculs et de théories.

Au fil des siècles, différents outils et méthodes ont été développés par les scientifiques pour découvrir l'infiniment petit et l'infiniment grand. Les premiers télescopes et les premiers microscopes ont d'ailleurs été construits en Europe autour de la même époque, vers 1550-1650.

On peut tracer des diagrammes semblables pour d'autres paramètres linéaires comme le temps, la fréquence des sons ou la température, et en imaginer d'autres plus complexes pour des paramètres non linéaires comme les odeurs ou les molécules chimiques. Les limites physiologiques de nos sens (vue, odorat, goût, ouïe et toucher) s'expliquent par notre histoire évolutive. Nos sens ont été façonnés par plusieurs milliards d'années d'évolution. Ils sont adaptés à notre vie terrestre : ils nous permettent de vivre et de donner des descendants dans un environnement bien précis, c'est-à-dire le nôtre et celui de nos ancêtres.

Prenons l'exemple des couleurs et des longueurs d'onde pour bien comprendre cette adaptation à notre milieu. La figure 5 indique l'intensité lumineuse en fonction des longueurs d'onde. Le rayonnement d'un corps noir parfait à une température de 5 900 kelvins, identique à celle du Soleil, est représenté en pointillés. Le rayonnement solaire qui atteint la surface de la Terre après avoir traversé l'espace et l'atmosphère est représenté par la courbe noire. On voit que la lumière visible par l'œil humain correspond au maximum du spectre de la lumière reçue à la surface de la Terre. D'autres longueurs d'onde provenant du Soleil parviennent également jusqu'à nous, mais nous ne les percevons pas.

Ainsi, si nous distinguons davantage de longueurs d'onde, les arcs-en-ciel nous apparaîtraient plus larges et avec des couleurs supplémentaires.

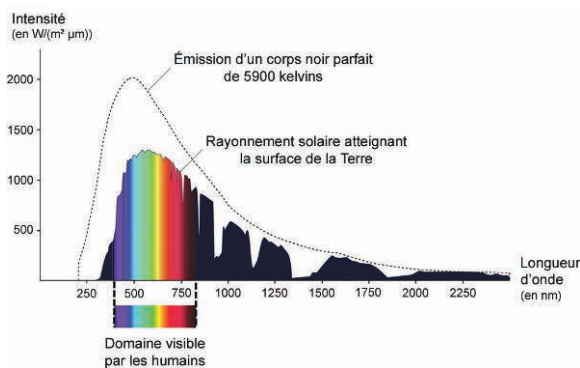


Figure 5. Intensité lumineuse en fonction des longueurs d'onde. Courbe en pointillés: rayonnement d'un corps noir parfait à une température de 5 900 kelvins, identique à celle du Soleil. Courbe du dessous: rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre après avoir traversé l'espace et l'atmosphère.

Source: d'après Degreen, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sonne_Strahlungsintensitaet.svg.

D'ailleurs, les abeilles voient probablement des arcs-en-ciel légèrement décalés par rapport à l'œil humain.

La figure 6 montre un pissenlit photographié avec un appareil numérique réglé pour filtrer et détecter la lumière ultraviolette. L'image a été colorisée sur ordinateur, car la lumière ultraviolette se situe en dehors du spectre visible et n'a donc pas de véritable couleur. Les motifs foncés observables au centre de la fleur sont des éléments que les humains sont incapables de voir à l'œil nu : ce sont des « guides de nectar » qui contribuent à attirer les insectes pollinisateurs, lesquels peuvent voir la lumière ultraviolette.



Figure 6. Photographie d'une fleur de pissenlit réalisée avec un appareil photo numérique adapté pour filtrer et détecter la lumière ultraviolette.

Source: Bjørn Rørslett/Science Photo Library.

Si les êtres humains font face à une crise de la biodiversité sans précédent, c'est en partie parce que leur compréhension du monde est limitée, notamment à cause de leurs sens. Les êtres humains ne sont pas parvenus à prendre la mesure suffisamment tôt des conséquences néfastes de certaines de leurs actions, comme l'utilisation de certains pesticides ou la déforestation, pour les arrêter à temps, car elles concernent des échelles spatiales et temporelles qui leur sont difficiles à appréhender, qu'elles soient très petites ou très grandes. De plus, il est encore très complexe aujourd'hui d'évaluer les conséquences potentiellement désastreuses de certaines actions humaines sur le monde vivant, car elles dépassent

nos sens premiers et requièrent des analyses poussées et multi-échelles.

Cette réflexion doit inciter à l'optimisme : cela signifie qu'il reste énormément de choses à découvrir. Il est encore temps de changer notre façon de voir le monde et de vivre sur notre planète. À cet égard, je suis persuadée que les autres êtres vivants ont beaucoup à nous apprendre, non seulement de leur mode de vie, mais également de leur propre manière d'appréhender le monde.

Les biais envers les organismes de notre taille et vivant dans notre environnement

Depuis l'art pariétal, il y a plusieurs milliers d'années, jusqu'à nos jours, nos représentations de la nature concernent surtout des espèces de notre taille et vivant dans notre milieu terrestre. Il est difficile de trouver des logos d'associations de protection de la nature montrant des bactéries ! Même pour représenter le blob, un organisme myxomycète qui vit dans les feuilles mortes en forêt, on a cru bon de lui ajouter des yeux, alors que c'est justement une créature capable d'optimiser et de trouver les chemins les plus courts pour atteindre sa nourriture sans aucun organe de la vision⁵⁰ !

50. Atsushi Tero, Seiji Takagi, Tetsu Saigusa *et al.*, « Rules for biologically inspired adaptive network design », *Science*, vol. 327, n° 5964, 2010, p. 439-442.

Nos connaissances en biologie sont préférentiellement tournées vers les organismes qui ont notre taille et qui nous ressemblent. Alors que les recensements modernes des espèces sont presque complets pour les mammifères et les oiseaux, ils sont très partiels pour les plantes, les insectes, les araignées, les champignons, les vers, et encore bien moins poussés pour les bactéries et les virus⁵¹. De plus, les milieux océaniques sont moins connus que les milieux terrestres, car ils sont plus difficiles d'accès et les organismes qui y vivent sont généralement microscopiques et mobiles. On peut déplorer que ce soit aujourd'hui la présence, dans le plancher océanique, de matériaux intéressants pour les industriels qui incite à une étude plus approfondie de ce milieu.

En biologie, il est fréquent d'utiliser un organisme modèle, c'est-à-dire une espèce étudiée de manière approfondie par de nombreux chercheurs dans le monde, en espérant que les résultats obtenus avec cette espèce soient généralisables à d'autres. Actuellement, il existe huit principaux organismes modèles utilisés en biologie. Or toutes ces espèces vivent en interaction rapprochée avec les humains,

51. Rachid Hassan, Robert Scholes et Neville Ash (dir.), *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment*, Washington/Covelo/Londres, Island Press, 2005, chapitre 4 : « Biodiversity », <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.273.aspx.pdf>.

elles nous apportent donc une vision biaisée du vivant⁵². Ces organismes ont été choisis pour leur facilité d'élevage et de manipulation en laboratoire. *E. coli* est une bactérie commune qui vit dans notre intestin ; le phage lambda est un virus qui infecte ces bactéries *E. coli* ; la levure *S. cerevisiae* est utilisée par les humains depuis l'Antiquité pour les ferments et les levains ; la drosophile *D. melanogaster* et le nématode *C. elegans* vivent dans les fruits pourris cultivés par les humains⁵³ ; *Arabidopsis thaliana* est une « mauvaise herbe » poussant au bord des routes ; enfin, les souris et les rats sont des organismes commensaux qui vivent à proximité des humains.

L'utilisation d'organismes modèles a été extrêmement fructueuse en biologie moléculaire pour élucider les processus impliqués dans le fonctionnement des cellules (production de protéines, voies métaboliques, transport des molécules au sein de la cellule, changements de forme et déplacement des cellules, etc.), car ces processus sont très semblables d'une espèce à l'autre. Se concentrer sur quelques organismes expérimentaux a des effets positifs sur la

52. Stanley Fields et Mark Johnston, « Cell biology. Whither model organism research? », *Science*, vol. 307, n° 5717, 2005, p. 1885-1886.

53. Therese A. Markow, « The natural history of model organisms: The secret lives of *Drosophila* flies », *eLife*, vol. 4, 2015, art. e06793 ; Lise Frézal et Marie-Anne Félix, « *C. elegans* outside the Petri dish », *eLife*, vol. 4, 2015, art. e05849.

biologie, mais cela tend également à restreindre notre vision du monde vivant. Nous avons encore beaucoup à apprendre des autres organismes qui peuplent notre planète. N'oublions pas que c'est grâce aux bactéries qui vivent dans des sources chaudes à plus de 95 °C qu'ont été développés les tests PCR, si utiles dernièrement pendant la pandémie de Covid-19.

Les biais liés à notre conception du monde

Il existe aussi des biais en biologie qui sont liés à notre conception du monde. Le cas des loups est frappant. À la fin des années 1940, le zoologiste allemand Rudolf Schenkel a utilisé l'expression « animal alpha » pour désigner l'animal ayant gagné le plus haut rang dans la meute⁵⁴. La notion de « mâle alpha » s'est alors très vite popularisée dans les milieux scientifiques et non scientifiques, occultant le fait que Rudolf Schenkel parlait d'un couple dominant, et pas seulement d'un mâle. Or on sait aujourd'hui que, chez les loups, c'est surtout la femelle du couple dominant qui prend les décisions importantes, par exemple le choix du lieu de la tanière, qui va sédentariser la meute pendant six mois à un endroit donné. De plus, en étudiant des

54. Rudolf Schenkel, « Expression-studies on wolves/Ausdrucks-Studien an Wölfen », *Behaviour*, vol. 1, n° 2, 1947, p. 81-129, cité dans L. David Mech, « Alpha status, dominance, and division of labor in wolf packs », *Canadian Journal of Zoology*, vol. 77, n° 8, 1999, p. 1196-1203.

regroupements artificiels de loups en captivité, les biologistes ont observé que certains individus devenaient dominants à l'issue d'un processus de compétition et que cela ressemblait à ce qui peut être observé chez les humains. Ils en ont alors déduit que ce comportement devait également se produire dans la nature. Les recherches ont montré depuis qu'une meute typique est une famille dans laquelle les parents adultes dirigent les activités du groupe selon un système de partage des tâches⁵⁵. La dominance chez les loups est acquise naturellement par la reproduction, et non par un processus de compétition.

Inconsciemment, les biologistes ont tendance à interpréter le monde vivant à la lumière de leur culture ou de leur société. Cette tendance concerne non seulement l'interprétation des comportements animaux, mais aussi potentiellement tous les pans de la biologie. Par exemple, la biologie contemporaine considère généralement que le stade adulte est le plus important et l'aboutissement de la vie. Or ce n'est pas toujours le cas : certains insectes comme les éphémères vivent trois ans à l'état de larve et seulement quelques heures à l'état adulte. Pour ces animaux, le stade adulte ne représente pratiquement rien en termes de temps et de métabolisme ; leur période de vie la plus importante est la période larvaire. Les agriculteurs le savent bien : pour de nombreux insectes

55. L. David Mech, *op. cit.*

ravageurs de cultures, ce sont les chenilles qui posent problème. Chez les poissons-clowns, les décisions les plus importantes de leur vie sont prises pendant la phase larvaire. En effet, c'est à ces petits poissons âgés d'une quinzaine de jours seulement que revient le choix de l'endroit où s'installer pour le reste de leur existence. Une fois qu'ils ont jeté leur dévolu sur une anémone particulière, ils resteront toute leur vie à moins de trois mètres de son emplacement.

Un autre biais de nos sociétés est de considérer les êtres vivants comme des machines et d'imaginer que seuls les humains possèdent, en plus de la matière dont ils sont constitués, un esprit. Philippe Descola, dont je suis très honorée d'être la collègue cette année, a superbement montré que cette vision de la nature, qu'il appelle « naturaliste », n'est pas partagée par toutes les sociétés humaines⁵⁶.

La vision mécaniste du vivant est extrêmement prégnante aujourd'hui. Émile Baudement, qui occupa de 1849 à 1862 la première chaire de zootechnie de l'Institut national agronomique de Versailles, affirmait que les bovidés sont simplement « des machines à produire de la viande⁵⁷ ». Si ces propos font frémir aujourd'hui, peu de personnes s'étonnent

56. Philippe Descola, *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, 2005.

57. André Sanson, *Traité de zootechnie*, tome IV : *Zoologie et zootechnie spéciales : bovidés taurins et bubalins*, Paris, Librairie agricole de la maison rustique, 1888, p. 3, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1652434/f10.item>.

que la nouvelle technique CRISPR⁵⁸ soit appelée « ciseaux moléculaires ». Pourtant, là encore, c'est la même métaphore de la machine. CRISPR permet de faire des coupes à des endroits choisis dans l'ADN et d'y introduire les mutations voulues.

Considérer les êtres vivants comme des machines facilite leur manipulation et leur modification. Au Japon viennent d'être commercialisées des tomates⁵⁹ modifiées par CRISPR aux qualités nutritionnelles améliorées et deux espèces de poissons⁶⁰ qui produisent davantage de chair. La technique CRISPR a été publiée il y a seulement dix ans — c'était en 2012 —, mais les applications en génétique sont déjà multiples. Comment faire entendre une conception moins mercantile du monde, et qui tienne mieux compte du temps long ?

Aujourd'hui, des biologistes envisagent de réaliser des manipulations génétiques pour modifier non seulement les organismes mais également des

58. CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats ou Courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées) est le nom donné à certaines séquences répétées présentes dans l'ADN des bactéries. L'analyse de ces séquences a permis de mettre au point une nouvelle méthode de génie génétique qui introduit des modifications locales dans les séquences d'ADN. Par extension, CRISPR désigne aussi cet outil d'édition de génome communément appelé « ciseaux moléculaires ».

59. Emily Waltz, « GABA-enriched tomato is first CRISPR-edited food to enter market », *Nature Biotechnology*, vol. 40, n° 1, 2022, p. 9-11.

60. « Japan embraces CRISPR-edited fish », *Nature Biotechnology*, vol. 40, n° 10, 2022.

populations naturelles et des écosystèmes. Des vaccins auto-disséminants, qui se transmettent d'individu à individu, ont été proposés pour vacciner des populations sauvages de chauves-souris contre certains virus et réduire ainsi le risque de maladies infectieuses émergentes chez les humains⁶¹.

Une autre nouvelle biotechnologie, appelée « forçage génétique » ou *gene drive* en anglais, est notamment développée dans le cadre de la lutte contre les insectes. Un des programmes vise ainsi à introduire dans la nature des moustiques ayant été au préalable génétiquement modifiés, afin qu'ils se croisent avec ceux des populations naturelles et qu'ils propagent un fragment d'ADN particulier à toute la population⁶². Le but est ici d'éliminer certaines maladies comme le paludisme ou la dengue. Ce fragment d'ADN particulier est capable, grâce aux ciseaux CRISPR, de se recopier sur l'autre chromosome et de se transmettre à toute la descendance. Aujourd'hui, les manipulations sur le forçage génétique sont cantonnées au laboratoire. Il n'existe pas encore de réglementation à l'échelle internationale sur cette nouvelle technique, ce sont les chercheurs eux-mêmes qui en ont défini les règles

61. Scott L. Nuismer et James J. Bull, « Self-disseminating vaccines to suppress zoonoses », *Nature Ecology & Evolution*, vol. 4, n° 9, 2020, p. 1168-1173.

62. Virginie Courtier-Orgogozo, « Le forçage génétique (*gene drive*) et ses applications », *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*, vol. 172, n° 1, 2019, p. 94-98.

de bonnes pratiques. Deux approches sont envisagées : soit rendre la population de moustiques résistante au parasite du paludisme, soit transmettre un gène qui confère une stérilité chez les femelles (il se transmet par les mâles) et ainsi conduire à l'élimination complète de la population de moustiques. D'autres biologistes envisagent d'utiliser le forçage génétique pour éradiquer les rats et les souris en Nouvelle-Zélande afin d'empêcher l'extinction de certaines espèces endémiques d'oiseaux.

Les vaccins auto-disséminants et le forçage génétique posent des questions éthiques majeures. La métaphore de la machine atteint ses limites quand on veut saisir l'ampleur des risques associés. Le matériel génétique peut muter et évoluer dans des directions difficiles à prédire. Contrairement à un insecticide, un forçage génétique ou des vaccins auto-disséminants ne s'arrêtent pas simplement en interrompant l'épandage. De plus, les répercussions sur les écosystèmes sont difficiles à évaluer car elles impliquent de nombreux paramètres et s'étalent sur de longues échelles de temps. Récemment, des chercheurs n'ont pas réussi, avec les ciseaux moléculaires, à reproduire les effets de la mutation *rin* sur des tomates⁶³. Ils souhaitaient obtenir des tomates qui restent vertes et fermes et qui ne pourrissent

63. Rufang Wang, Gerco C. Angenent, Graham Seymour et Ruud A. de Maagd, « Revisiting the role of master regulators in tomato ripening », *Trends in Plant Science*, vol. 25, n° 3, 2020, p. 291-301.

pas, mais la mutation CRISPR n'a pas eu d'effet, la mutation *rin* se révélant plus complexe que prévu (un allèle dominant-négatif). Si les ciseaux CRISPR sont relativement précis à l'échelle moléculaire, leurs effets à l'échelle de l'organisme sont plus difficiles à prévoir, et ceux à l'échelle des écosystèmes le sont encore davantage.

La régulation de l'usage de ces nouveaux outils à visée globale sur les écosystèmes que sont le forçage génétique et les vaccins auto-disséminants nécessite des expertises hors de la génétique et de la virologie. Le concept « One Health » ou « Une seule santé » proposé dans les années 2000, et qui a pris de l'ampleur ces dernières années après la pandémie de Covid-19, illustre bien que la santé des humains est directement connectée à la santé des autres êtres vivants et à celle des écosystèmes⁶⁴. Il est important de confronter différents points de vue et expertises pour trouver les meilleures solutions. Au début de la pandémie de Covid-19, j'ai eu la chance de participer à l'aventure d'Adiós Corona, un groupe de scientifiques passionnés qui s'est auto-organisé pour répondre bénévolement aux questions

64. Notamment à l'occasion du congrès « One World – One Health » de New York en 2004, https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http://www.oneworldonehealth.org/sept2004/owoh_sept04.html#federation=archive.wikiwix.com ; voir également E. Paul J. Gibbs, « The evolution of One Health: A decade of progress and challenges for the future », *Veterinary Record*, vol. 174, n° 4, 2014, p. 85-91.

du grand public sur la pandémie et proposer des conseils pratiques⁶⁵. Nous avons lu et décortiqué des centaines d'études afin d'être en mesure de fournir les meilleures recommandations sur la base des données scientifiques disponibles. Ainsi, prenant en compte à la fois le risque de contamination des humains par des surfaces et la pollution de l'environnement par les plastiques, nous avons décidé de conseiller au grand public de réutiliser les masques chirurgicaux après les avoir laissés une semaine dans des enveloppes en papier.

L'émergence de nouvelles biotechnologies telles que le forçage génétique appelle aussi à une plus grande implication de la société dans les débats sur leurs usages. Or nous avons deux problèmes à cet égard. Le premier, soulevé par Carl Sagan en 1996, réside dans le fait que, malgré l'extrême dépendance de notre civilisation envers la science et la technologie, la majorité du grand public ne les comprend pas⁶⁶. Le second problème, souligné par Edward O. Wilson lors d'un débat au Muséum d'histoire naturelle de Harvard en 2009, porte sur nos institutions et sur les humains eux-mêmes : « Nous avons des émotions paléolithiques, des institutions médiévales et une technologie divine. Et c'est terriblement

65. Voir l'entretien avec Claire Wyart conduit par la revue *Neuron* : « Claire Wyart », *Neuron*, vol. 109, n° 21, 2021, p. 3355-3357.

66. Carl Sagan, *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*, Londres, Headline Book Publishing, 1996, rééd. 1997, p. 28.

dangereux, on approche maintenant d'un point de crise globale⁶⁷. »

En résumé, les activités humaines sont actuellement en train de détruire les écosystèmes et la biodiversité. Ce constat nous invite à remettre en question l'idée de progrès communément associée à la science. C'est la première fois dans l'histoire de la vie sur Terre que des réflexions et des choix conscients peuvent être menés en vue d'influencer les conditions futures sur la planète. Pour mieux comprendre la biodiversité et trouver des solutions permettant de garder notre planète habitable, une des pistes que je propose est de prendre conscience de nos biais de perception, chacun à notre niveau, afin de transformer notre regard sur le monde vivant.

67. « An intellectual entente », *Harvard Magazine*, 10 septembre 2009, <https://www.harvardmagazine.com/breaking-news/james-watson-edward-o-wilson-intellectual-entente> (ma traduction).

Les leçons inaugurales du Collège de France

Depuis sa fondation en 1530, le Collège de France a pour principale mission d'enseigner, non des savoirs constitués, mais « le savoir en train de se faire » : la recherche scientifique et intellectuelle elle-même. Les cours y sont ouverts à tous, gratuitement, sans inscription ni délivrance de diplôme.

Conformément à sa devise (*Docet omnia*, « Il enseigne toutes choses »), le Collège de France est organisé en une cinquantaine de chaires couvrant un vaste ensemble de disciplines. Les professeurs sont choisis librement par leurs pairs, en fonction de l'évolution des sciences et des connaissances. À l'arrivée de chaque nouveau professeur, une chaire nouvelle est créée qui peut ou bien reprendre, au moins en partie, l'héritage d'une chaire antérieure, ou bien instaurer un enseignement neuf.

Plusieurs chaires thématiques annuelles (Informatique et sciences numériques, Innovation technologique, Mondes francophones, Santé publique, Biodiversité et écosystèmes, L'invention de l'Europe par les langues et les cultures, Avenir commun durable) et pluriannuelles permettent également d'accueillir des professeurs invités.

Le premier cours d'un nouveau professeur est sa *leçon inaugurale*. Solennellement prononcée en présence de ses collègues et d'un large public, elle est pour lui l'occasion de situer ses travaux et son enseignement par rapport à ceux de ses prédécesseurs et aux développements les plus récents de la recherche.

Non seulement les leçons inaugurales dressent un tableau de l'état de nos connaissances et contribuent ainsi à l'histoire de chaque discipline, mais elles nous introduisent,

en outre, dans l'atelier du savant et du chercheur. Beaucoup d'entre elles ont constitué, dans leur domaine et en leur temps, des événements marquants, voire retentissants. Elles s'adressent à un large public éclairé, soucieux de mieux comprendre les évolutions de la science et de la vie intellectuelle contemporaines.

Éditées par le Collège de France sous forme de petits fascicules depuis 1949, les leçons inaugurales ont fait l'objet à partir de 2003 d'une coédition avec Fayard (n° 164 à 318) et sont diffusées depuis 2010 sous forme numérique en accès ouvert *freemium* sur le portail OpenEdition Books. Depuis l'automne 2023, elles sont éditées par les Éditions du Collège de France.

Derniers titres parus
dans la collection

318. Lydéric Bocquet, *La mécanique moléculaire des fluides : un champ d'innovation pour l'eau et l'énergie*, 2023
317. Laurence Boisson de Chazournes, *L'eau en droit international : entre singularité et pluralité*, 2023
316. Antoine Lilti, *Actualité des Lumières : une histoire plurielle*, 2023
315. Esther Duflo, *Expérience, science et lutte contre la pauvreté (presque) quinze ans après*, 2023
314. Nalini Anantharaman, *Histoires de spectres*, 2023
313. Benoît Peeters, *Un art neuf : la bande dessinée*, 2023
312. Mieke Bal, *Un rêve culturel : l'Europe au pluriel*, 2023
311. Rémy Slama, *Causes et conditions extérieures des maladies et de la santé*, 2022
310. Wendy E. Mackay, *Réimaginer nos interactions avec le monde numérique*, 2022
309. Tatiana Giraud, *Dynamique et évolution de la biodiversité et des écosystèmes*, 2022
308. Daniel Lincot, *Énergie solaire photovoltaïque et transition énergétique*, 2022
307. Jean-Jacques Hublin, *Homo sapiens, une espèce invasive*, 2022
306. Christian Gollier, *Entre fin de mois et fin du monde : économie de nos responsabilités envers l'humanité*, 2022
305. Yadh Ben Achour, *La révolution, une espérance*, 2022

304. Alberto Manguel, *Europe : le mythe comme métaphore*, 2022
303. Frédéric Magniez, *Algorithmes quantiques. Quand la physique quantique défie la thèse de Church-Turing*, 2021
302. Chris Bowler, *La biodiversité et les écosystèmes à travers le temps et l'espace*, 2021
301. Sonia Garel, *Système immunitaire et dynamique du cerveau*, 2021
300. Timothy Gowers, *Combinatoire*, 2021
299. Jean-Philippe Bouchaud, *De la physique statistique aux sciences sociales*, 2021
298. Samantha Besson, *Reconstruire l'ordre institutionnel international*, 2021
297. Luigi Rizzi, *Complexité des structures linguistiques, simplicité des mécanismes du langage*, 2021
296. Marc Henneaux, *Symétrie et gravitation*, 2021
295. Lluís Quintana-Murci, *Une histoire génétique : notre diversité, notre évolution, notre adaptation*, 2021
294. William Marx, *Vivre dans la bibliothèque du monde*, 2020
293. Didier Fassin, *De l'inégalité des vies*, 2020
292. François Recanati, *Langage, discours, pensée*, 2020
291. Walter Fontana, *Du calcul au vivant : le défi d'une science de l'organisation*, 2020
290. François-Xavier Fauvelle, *Leçons de l'histoire de l'Afrique*, 2020
289. Yanick Lahens, *Littérature haïtienne : urgence(s) d'écrire, rêve(s) d'habiter*, 2019

288. Arnaud Fontanet, *L'épidémiologie ou la science de l'estimation du risque en santé publique*, 2019
287. Jean-François Joanny, *Physique de la matière molle : une approche des systèmes biologiques*, 2019
286. Dario Mantovani, *Droit, culture et société de la Rome antique*, 2019
285. Lucrezia Reichlin, *La Banque centrale européenne et la crise de l'euro*, 2019
284. Xavier Leroy, *Le logiciel, entre l'esprit et la matière*, 2019
283. Rachid Guerraoui, *Algorithmique répartie. À la recherche de l'universalité perdue*, 2019
282. Amos Gitai, *La caméra est une sorte de fétiche. Filmer au Moyen-Orient*, 2019
281. Molly Przeworski, *Origines évolutives des variations génétiques*, 2019
280. Thomas Ebbesen, *L'alchimie du vide. Interactions lumière-matière en chimie physique*, 2019
279. François Héran, *Migrations et sociétés*, 2018

La liste complète des titres est disponible sur le site internet du Collège de France : <https://www.college-de-france.fr/fr/editions/lecons-inaugurales>.

Achévé d'imprimer en octobre 2023
sur les presses de l'imprimerie Corlet
14110 Condé-en-Normandie

Dépôt légal : novembre 2023
N° imprimeur : 23100451
Imprimé en France