Ce texte est une adaptation de l'article « Deadly mirror », publié par *Scientific American* en février 2026.

Biologie

La biologie synthétique face au spectre de la vie miroir

Les progrès en biologie synthétique ouvrent la voie à la fabrication de bactéries dont les molécules seraient des images inversées dans un miroir de celles existant dans la nature. Aucun système immunitaire ne pourrait alors rien contre elles... Des chercheurs alertent sur un risque majeur pour le vivant et appellent à un moratoire.

Vaughn Cooper

16 février 2026 | Temps de lecture : 17 mn
Article réservé aux abonnés numériques

S'abonner

Biologie | Grands formats | Biotechnologies | Biomimétisme | Biologie de synthèse

© Alex Stoerama

Pour ne rien manquer de *Pour La Science*, inscrivez-vous à nos newsletters (gratuites)

CONTEXTE

En 2024, une quarantaine de chercheurs ont alerté la communauté scientifique contre la menace pour l'humain et, plus généralement, pour les organismes de la planète, que représenterait la production d'une cellule « miroir », constituée de molécules inversées par rapport à celles dont le vivant est formé. Parallèlement, d'autres voix s'élèvent pour défendre la biologie miroir, source potentielle de nouvelles molécules thérapeutiques. Cet article donne la parole à Vaughn Cooper, un des cosignataires de l'avertissement.

2036. Des scientifiques travaillent sur une nouvelle classe de médicaments : des versions « miroirs » des molécules que le corps utilise pour lutter contre les maladies. Le grand avantage de tels composés inversés, images dans un miroir des molécules du vivant, est qu'ils persistent plus longtemps dans l'organisme, car les enzymes ne les reconnaissent pas et ne les détruisent pas. Ce qui ne les empêche pas d'être efficaces contre les microbes. Les essais cliniques sont prometteurs et l'équipe est impatiente d'augmenter la production.

Pour cela, elle se tourne vers des bactéries miroirs modifiées – des cellules constituées de molécules inversées. Utiliser des usines bactériennes pour produire des molécules n'a rien de farfelu. Depuis plusieurs décennies, les entreprises pharmaceutiques appliquent cette méthode pour fabriquer divers composés, comme de l'insuline synthétique pour les personnes diabétiques. Curieux de savoir si des cellules miroirs seraient utilisables de la même manière, les scientifiques mènent des expériences sur une version miroir de la bactérie commune *Escherichia coli*.

Malheureusement, une chercheuse ayant une petite coupure au pouce due à la sécheresse de sa peau oublie de mettre des gants et touche une surface contaminée par quelques-unes de ces cellules. Les bactéries pénètrent dans son sang.

Ses cellules immunitaires qui, en temps normal, tuent les intrus, ne reconnaissent pas les protéines miroirs de ces nouvelles bactéries et ne réagissent pas. Les microbes miroirs se multiplient et se propagent dans son organisme. Les anticorps censés la défendre n'apparaissent jamais. Après quelques jours, la scientifique tombe gravement malade. Elle est transportée à l'hôpital, où on lui administre des antibiotiques qui ne compensent pas les défaillances massives de son système immunitaire. Trois jours plus tard, elle meurt.

Mais elle avait déjà propagé les bactéries chez elle. Son chat en transporte dans le jardin, où elles se développent dans le sol. Des vers et des insectes sont infectés et les transmettent dans tout le quartier. Ses enfants en apportent aussi à l'école. De plus en plus de personnes tombent malades et meurent. De nouvelles épidémies se déclarent dans d'autres endroits à mesure qu'individus et animaux se déplacent. Un processus de croissance exponentielle et irréversible s'est enclenché, susceptible de rapidement couvrir le monde entier.

Ce scénario semble tout droit sorti d'un film de science-fiction, mais il est en fait proche de la réalité. Les scientifiques ont fait des progrès rapides dans des technologies susceptibles de rendre possible la construction d'organismes miroirs dans les décennies à venir. Les biochimistes sont déjà capables de créer des molécules miroirs de plus en plus complexes, notamment des enzymes qui construisent de l'ARN miroir. Dans un avenir proche, des enzymes similaires pourraient produire de l'ADN inversé. Parallèlement, la biologie synthétique se rapproche de la fabrication *ex nihilo* de bactéries classiques. Si les progrès dans ces deux domaines convergent, il sera possible de produire des bactéries miroirs.

A lire aussi : L'avènement des cellules artificielles

Il y a un peu plus d'un an, trente-sept collègues et moi-même avons publié dans la revue *Science* un avertissement sur cette catastrophe potentielle en insistant pour que ces travaux soient interrompus. Mais comment arrêter ou contrôler des recherches que des dizaines de laboratoires sont susceptibles de mener dans de nombreux pays à travers le monde ? Voici l'histoire de ce défi – et de notre plan pour éviter un terrible avenir.

L'envers des molécules chirales

Les premiers signes de ce futur sont apparus en 1848 lorsque le jeune Louis Pasteur a annoncé une découverte remarquable à l'Académie des sciences, à Paris. Pasteur avait étudié de près les cristaux d'un acide présent dans le vin. Ces cristaux prenaient deux formes différentes qui, bien que de même composition chimique, avaient des configurations opposées, comme si l'une était le reflet de l'autre. Placez vos deux mains devant vous, paumes vers le haut. Leurs composants sont équivalents (quatre doigts, un pouce, une paume...), mais ils sont orientés différemment. Il s'avère que presque toutes les molécules fondamentales de la vie ont la possibilité d'exister sous deux formes distinctes, images l'une de l'autre dans un miroir. On nomme cette propriété « chiralité ». D'autres molécules, en revanche, sont parfaitement symétriques ; on dit qu'elles sont « achirales ».

La plupart des grandes molécules biologiques sont chirales, comme nos mains. Peu importe comment vous tournez et tordez deux molécules chirales opposées, vous ne parviendrez pas à les superposer. En général, on les répartit en deux groupes selon leur conformation, en fonction du sens dans lequel elles font, en solution ou en cristal, dévier le plan de polarisation de la lumière : les molécules lévogyres (du latin *laevus*, « gauche », et *gyrare*, « tourner ») et les molécules dextrogyres (du latin *dextra*, « droite »). Toute vie sur Terre – tout ce qui descend du dernier ancêtre commun de tous les organismes vivants, vieux de quelque quatre milliards d'années – construit ses classes de molécules à partir d'une seule de ces deux formes. Par exemple, dix-neuf des vingt acides aminés qui composent les protéines sont lévogyres, tandis que l'ADN et l'ARN sont dextrogyres.

© Brown Bird Design ; Source : K. P. Adamala et al., Technical Report on Mirror Bacteria: Feasibility and Risks, décembre 2024

Mais rien n'empêche l'existence de versions symétriques de ces éléments. On en trouve d'ailleurs beaucoup dans la nature. Des acides aminés dextrogyres D-alanine, D-méthionine et D-leucine apparaissent dans les parois de bactéries. D'autres sont fabriqués en laboratoire : de courtes chaînes d'acides aminés dextrogyres sont synthétisées en tant que candidats pour de nouveaux médicaments. Leur orientation inhabituelle les rend résistantes aux enzymes qui, autrement, s'y accrocheraient et les détruiraient. Depuis longtemps, les astrobiologistes pensent que la vie aurait pu se développer dans la configuration inverse. De fait, les échantillons que la mission *Osiris-Rex* a rapportés fin 2023 de l'astéroïde Bennu contenaient des acides aminés lévogyres et dextrogyres en quantités à peu près égales.

Des scientifiques ont déjà fabriqué quelques protéines miroirs. En 1993, des chercheurs de l'université Johns-Hopkins ont annoncé avoir construit une version dextrogyre de la rubrédoxine, généralement lévogyre. Des travaux de ce type se sont poursuivis au cours des décennies suivantes. Puis, en 2022, d'autres chercheurs ont annoncé avoir construit des parties d'une enzyme miroir qui produisait une molécule d'ARN inversée. L'ARN est le modèle essentiel de la plupart des protéines. Il joue aussi un rôle crucial dans de nombreux autres processus indispensables à la vie. Cette prouesse technique nous a beaucoup rapprochés de la fabrication de composants miroirs et de leur assemblage en une bactérie miroir fonctionnelle.

Mais cette vie miroir serait mortelle. Des microbes comme ceux-ci deviendraient sans doute la menace biologique la plus dangereuse que nous ayons jamais connue. Ils pourraient survivre et se développer grâce à une gamme de nutriments naturellement présents dans l'environnement. Et ils seraient probablement résistants aux nombreux prédateurs (virus et protozoaires) qui contrôlent les populations bactériennes dans le monde naturel. Car ces prédateurs, dont des millions d'années d'évolution ont sélectionné la capacité à reconnaître une forme de protéines, ne détecteraient pas la configuration inversée. Pour la même raison, les cellules miroirs seraient susceptibles d'échapper à de nombreux mécanismes du système immunitaire et de provoquer des infections mortelles pour les humains, les animaux et les plantes. Rien n'empêcherait leur propagation et leur évolution rapide dans l'environnement.

Sans doute pas si chétives

Lorsque j'ai entendu parler de cette idée pour la première fois, il y a environ deux ans, j'ai pensé qu'il s'agissait de science-fiction. Que le premier organisme miroir construit serait trop fragile pour vivre et se reproduire. Les choses qui se rapprochent le plus de la vie synthétique aujourd'hui sont délicates : confinées dans des éprouvettes, elles sont inadaptées aux écosystèmes naturels et aux pressions environnementales. Des versions miroirs des formes de vie artificielle le seraient certainement encore plus. Par exemple, que mangeraient-elles ? La plupart des molécules qui alimentent le vivant sur Terre sont chirales. Les bactéries miroirs n'auraient-elles pas besoin de nutriments orientés comme elles lorsqu'elles s'échapperaient dans la nature ?

Mais quand des collègues et moi avons commencé à nous pencher sur la question, j'ai compris notre erreur. Il existe en effet de nombreux nutriments que les bactéries miroirs sont capables de digérer, dont une abondance de molécules achirales. Des expériences ont montré que certaines populations de bactéries, comme *Escherichia coli*, se développent même sur un substrat uniquement constitué de nutriments achiraux. Pourquoi les bactéries miroirs n'en feraient-elles pas autant ?

Il est aussi possible que les organismes miroirs ne soient pas aussi fragiles que les cellules hautement modifiées, presque entièrement synthétiques, produites aujourd'hui – à l'image de celles que l'équipe de mon collègue John Glass, à l'institut J. Craig Venter, aux États-Unis, a construites avec un nombre minimal de gènes, ou des organismes que le groupe de George Church, à l'université Harvard, a « recodés » en modifiant leur ADN. Ces dernières sont le résultat de milliers d'étapes d'ingénierie qui les rendent beaucoup plus délicates que les bactéries qui prospèrent dans l'environnement. Mais les bactéries miroirs pourraient être tout aussi robustes que les bactéries qui peuplent la Terre et ne différer d'elles que sur un aspect : le caractère lévogyre ou dextrogyre. Ce qui remettrait en question notre intuition des aptitudes des organismes génétiquement modifiés à l'extérieur du laboratoire.

Que se passerait-il si des bactéries miroirs s'implantaient, même de manière infime, dans l'environnement ? Le résultat ressemblerait sans doute beaucoup aux travaux de mon mentor, le biologiste de l'évolution Richard Lenski, de l'université d'État du Michigan. Il a mené des expériences dans lesquelles une dizaine de cultures d'*E. coli* (qui est naturellement chirale) en laboratoire reçoivent chaque matin un repas frais à base de glucose. Il a découvert que même des microbes génétiquement identiques évoluaient et se diversifiaient rapidement, devenant des communautés distinctes.

A lire aussi : Même minimale, la cellule est toujours capable d'évoluer

Mes travaux sur les bactéries infectieuses ont montré qu'il suffit de quelques centaines de générations pour obtenir une diversification permanente et significative. Les bactéries miroirs pourraient évoluer de la même manière. Il ne s'agirait pas d'un événement ponctuel : on créerait un deuxième arbre de vie qui tracerait ses propres chemins évolutifs à travers divers écosystèmes, trouvant des niches partout où ce serait possible. Une seule libération accidentelle serait en mesure de franchir un seuil irréversible.

Un système immunitaire dépassé

Les humains se retrouveraient du mauvais côté de ce scénario. Habituellement, les milliards de bactéries qui vivent dans notre intestin constituent une première ligne de défense contre les agents pathogènes de chiralité normale : certaines produisent des molécules antibactériennes qui inhibent ou tuent les agents pathogènes, d'autres contribuent à déclencher des réponses immunitaires comme la production de peptides antimicrobiens ou d'anticorps. Mais si vous ingériez des bactéries miroirs, nombre de ces défenses risqueraient d'échouer.

Le microbiote de votre intestin ne serait probablement pas en mesure de détecter les molécules inversées des bactéries miroirs, et ne déclencherait donc pas la production de composés antibactériens. Et s'il y parvenait, il est quasi certain que les substances produites seraient incapables de se lier aux molécules miroirs, tout comme un gant gauche ne s'adapte pas à une main droite. Pire encore, du fait de l'échec de ces défenses précoces, votre corps ne déclencherait sans doute pas les mécanismes immunitaires en aval nécessaires pour venir à bout d'une infection.

Notre système immunitaire a développé des réponses complexes et stratifiées contre les bactéries. Il reconnaît les signatures moléculaires communes à nombre d'entre elles et déclenche des réactions qui limitent leur invasion. Or son arsenal repose pour beaucoup sur des interactions chirales. Par exemple, un élément essentiel de la réponse immunitaire précoce est l'activité de cellules comme les neutrophiles et les macrophages, qui phagocytent les bactéries menaçantes et les digèrent en attaquant leurs molécules chirales avec une enzyme chirale. Or leurs enzymes ne pourraient pas rompre les liaisons chimiques des cellules miroirs, car elles se sont spécialisées au fil de l'évolution dans le ciblage des liaisons chimiques inverses. Il est donc probable que les macrophages et les autres cellules immunitaires seraient moins efficaces pour tuer les bactéries miroirs.

Ce n'est pas tout. Votre système immunitaire dispose aussi d'un volet adaptatif, composé de cellules spécialisées et d'anticorps qui attaquent et détruisent les microbes. Cette partie mémorise l'apparence des intrus, ce qui lui permet de mettre en place une réaction plus forte si la menace réapparaît.

Cette mémoire immunitaire adaptative repose sur des molécules chirales. On ne peut pas étudier directement à quoi ressemblerait une infection par des bactéries miroirs, mais les maladies de personnes nées avec des anomalies génétiques affectant certaines parties du système immunitaire fournissent des indices. Un tel groupe de patients présente une forme dysf[illegible] capt[illegible] immu[illegible] ne pas c[illegible] 'un patie[illegible] bacté[illegible] de les si[illegible]

La c[illegible] rent souv[illegible] bacté[illegible] est intér[illegible] roirs échapperaient probablement à plusieurs mécanismes en même temps.

Welcome

We and our 102 **partners** wish to store and access information on your devices (such as cookies and pixels), and collect personal data on this site to process it along with both known and future information (such as identifiers, browsing history, preferences, purchases, phone number, postal, IP and email addresses, precise geolocation, etc.).

This is used to develop and provide you with services, content, commercial offers, and advertisements across your various devices and screens (including by email, mail, texts, phone, audio, and video), to personalize and measure them, and to conduct audience research and analysis.

You can "accept all" and withdraw your consent at any time via the "cookies" footer link. You can also "set detailed preferences" to object to more limited processing activities. These choices remain valid for 6 months.

powered by Sirdata

Set your choices | Accept all

Le problème est que, libérées des verrous immunitaires et de la concurrence de notre microbiote, les bactéries miroirs se reproduiraient plus vite qu'elles ne sont éliminées et, transportées dans la circulation sanguine, disperseraient des descendantes dans tout l'organisme. Le corps humain contient suffisamment de nutriments achiraux pour qu'elles se développent. Et une bactérie miroir conçue pour utiliser un régime alimentaire chiral s'en sortirait encore mieux. Le corps deviendrait alors une boîte de Pétri, comme un cadavre, sans défense immunitaire. On ne sait pas exactement à quoi ressemblerait cette étrange infection, mais il est probable qu'elle conduirait à une inflammation de type septicémie et à la mort.

Un danger pour le vivant

Il y a pire. Le monde regorge de bactéries : un million de cellules dans un gramme d'eau de mer, un milliard dans un gramme de terre. Elles n'envahissent pas la planète, car elles ont des prédateurs qui dépendent de processus spécifiques. Des virus, les « bactériophages », pénètrent dans les bactéries en s'accrochant à des protéines de surface dont la configuration correspond à la leur, comme une clé qui s'insère dans une serrure. Ces phages tuent les bactéries, ce qui limite leur menace. Mais s'il n'y a pas de correspondance entre un phage et une protéine de surface, le virus ne peut pénétrer dans la bactérie. Et même si un phage parvenait à entrer dans une bactérie miroir, ni sa machinerie de réplication ni son matériel génétique ne fonctionneraient à l'intérieur. Il serait bloqué, seul et isolé, incapable de se répliquer.

Les amibes et autres prédateurs microbiens, quant à eux, traquent et avalent les bactéries, qu'ils digèrent entièrement. Ils seraient confrontés aux mêmes difficultés que les macrophages du système immunitaire humain : ils seraient moins aptes à détecter les molécules miroirs et, même s'ils parvenaient à avaler une bactérie miroir, ils auraient probablement du mal à la digérer et à utiliser ses composants comme nutriments. Plus largement, à l'échelle des plantes et des animaux, l'immunité repose sur des interactions chirales. De nombreuses espèces animales et végétales seraient donc incapables de se défendre contre des bactéries miroirs.

Celles-ci auraient aussi d'énormes conséquences sur l'environnement. Les cyanobactéries tirent leur nutrition directement de la lumière du soleil et du dioxyde de carbone et, en général, n'ont pas besoin de nutriments chiraux. Il en serait de même pour des versions miroirs. Mais comme elles seraient résistantes aux virus, la pression sur leurs populations serait bien moins forte. À mesure qu'elles se multiplieraient, elles entreraient en concurrence avec d'autres bactéries pour les rares nutriments océaniques comme le fer ou le phosphore, ce qui réduirait considérablement la population de bactéries naturelles et laisserait donc beaucoup moins de nourriture à des espèces comme le krill marin. Et si les populations de krill s'effondraient, cela menacerait d'extinction de nombreuses espèces qui s'en nourrissent, comme les baleines.

Agir dès maintenant

Comment empêcher cela ? En juin 2025, une équipe de plus de 150 scientifiques de différentes disciplines venus du monde entier s'est réunie à Paris pour réfléchir à des solutions et élaborer un plan. Nous avons abouti à un large consensus : les organismes miroirs ne doivent jamais être créés. Des lois seront nécessaires pour le garantir, et nous devons tracer des lignes rouges autour des techniques les plus dangereuses qui permettraient leur synthèse. En attendant, les bailleurs de fonds de la recherche ont un rôle à jouer en confirmant qu'ils ne soutiendront pas les travaux visant à créer des cellules miroirs, tout comme ils se sont déjà engagés à ne pas financer la recherche sur le clonage humain.

Au départ, j'étais perplexe et sceptique face à cette menace, puis je suis devenu très inquiet. Mais aujourd'hui, je pense que nous sommes capables d'éviter la catastrophe, car nous avons repéré cette menace très tôt. Certes, des scientifiques ont créé de petites molécules chirales. Mais la fabrication d'une cellule miroir fonctionnelle nécessiterait des efforts extraordinaires : synthétiser des biomolécules de plus en plus longues, produire un châssis bactérien *ex nihilo* et tous les composants de la vie cellulaire, comme les ribosomes. Il faudrait ensuite assembler tous ces éléments en une cellule fonctionnelle. Or, malgré des décennies de travail depuis le début des années 1990, personne n'a encore réussi à construire une cellule standard *ex nihilo*. Nous estimons que la fabrication d'une entité entièrement nouvelle, tel un microbe miroir, nécessiterait des efforts et des ressources comparables à ceux déployés pour des mégaprojets scientifiques comme le projet Génome humain, qui a coûté des milliards de dollars. Ce qui nous offre une occasion en or de nous attaquer au risque bien avant qu'il ne se concrétise.

A lire aussi : La vie artificielle peut-elle évoluer ?

Agir maintenant est notre levier. Les exemples sont rares de scientifiques qui ont identifié des problèmes liés au développement d'une technique avant que ceux-ci n'apparaissent. Les chlorofluorocarbures n'ont été interdits qu'après avoir détruit la couche d'ozone. La thalidomide n'a cessé d'être prescrite aux femmes enceintes qu'après la naissance de milliers d'enfants atteints de malformations congénitales. Cette fois, on est dans ce cas.

Outre un moratoire sur les travaux sur les cellules miroirs, nous pouvons développer des modes de gouvernance solides avec des entités internationales qui identifient et contrôlent les composants des molécules et cellules miroirs. Ces agences détecteraient si un laboratoire ou un pays accumule des quantités inhabituelles de ces composés, tout comme elles alertent aujourd'hui si un pays stocke des composants d'armes chimiques ou nucléaires.

Il ne s'agit pas pour autant d'interdire la recherche dans ce domaine. Certains travaux en biologie de synthèse sont susceptibles de contribuer à la conception de nouveaux médicaments qui profiteraient au monde entier. Une idée, par exemple, serait d'autoriser les scientifiques à travailler avec certaines petites molécules miroirs, mais d'interdire le stockage de composés miroirs dépassant une certaine longueur, puisque les plus longs sont plus facilement utilisables pour assembler une cellule miroir entière.

Déterminer les limites et trouver comment résoudre ces défis ne se fera pas en une seule conférence. Il reste encore beaucoup à faire pour comprendre quelles seront les meilleures méthodes de gouvernance pour éviter les risques. Mais c'est très encourageant de voir la rapidité avec laquelle un grand groupe de scientifiques et d'experts en biosécurité (plus de 300 personnes ont participé à la réunion de Paris, en personne ou virtuellement) a reconnu l'existence d'un problème majeur et s'est mis d'accord sur l'urgence de trouver une solution. Les risques liés à cette technologie sont immenses, mais nul besoin de passer de l'autre côté du miroir pour y faire face : les personnes qui s'emploient à les écarter sont déjà à l'œuvre de ce côté-ci.

UNE NOUVELLE FORME DE VIE POURRAIT-ELLE ÉMERGER SUR TERRE ?

Pour Vaughn Cooper et les autres scientifiques qui ont averti sur les dangers de la biologie miroir, le point de non-retour serait la mise au point d'une cellule viable formée de la version inversée des molécules qui composent le vivant sur Terre. En revanche, pour Ting Zhu, biologiste moléculaire à l'université du lac de l'Ouest, à Hangzhou, en Chine, une étape clé se situe avant. Et il est déjà si complexe de l'atteindre qu'il nous resterait alors du temps pour mettre en place tous les encadrements nécessaires afin d'empêcher la construction de cellules miroirs. Cette étape est la construction d'une bactérie viable *ex nihilo* à partir des molécules classiques du vivant (ARN, ADN, protéines...).

Ting Zhu mène des recherches visant à montrer le potentiel des biomolécules inversées comme outils thérapeutiques. Son équipe a déjà réussi en 2022 à produire une enzyme polymérase miroir qui a transcrit plusieurs sous-unités d'ARN miroirs du ribosome. Ce complexe présent dans toutes les cellules vivantes traduit le code génétique en protéines. Si le biologiste est lui aussi convaincu des dangers de cellules miroirs viables, il pense qu'il est possible d'explorer le domaine sans arriver à cette extrémité, et que cela apportera beaucoup, tant à la médecine qu'à la compréhension du vivant.

De l'apparition à la réapparition

Que l'on penche vers l'un ou l'autre, ces deux points de vue soulèvent une interrogation : une nouvelle forme de vie pourrait-elle émerger *ex nihilo* et se développer, que ce soit à partir de molécules classiques ou inversées ? Depuis plusieurs années, Philippe Nghe, biophysicien au laboratoire Biologie structurale de la cellule de l'École polytechnique, à Palaiseau, et ses collègues tentent de comprendre comment l'évolution, indispensable moteur du vivant, est apparue. Ils ont ainsi réussi à produire des conditions propices pour qu'une forme primitive d'évolution s'esquisse en plaçant, dans de minuscules gouttelettes d'eau en suspension dans de l'huile, des molécules d'ARN capables de s'assembler et de catalyser alors la formation d'autres ARN : les ARN les plus abondants se reproduisaient plus vite.

Leur scénario d'apparition de la vie est le suivant : des polymères aléatoires se sont formés en continu, jusqu'à ce qu'un système autocatalytique viable émerge, marquant le début d'un processus évolutif. Ce système a facilité la production d'autres systèmes similaires, qui ont coexisté, explorant les possibles. Puis peu à peu d'autres sont apparus qui présentaient toutes les propriétés d'une évolution darwinienne, avec transmission de caractères acquis et capacité de muter. Mais seuls ceux qui ont trouvé un environnement propice – des compartiments isolés – ont pu se développer et devenir des cellules autonomes. Un tel processus pourrait-il se produire à nouveau dans le monde actuel ? Ou s'est-il produit depuis que le vivant que nous connaissons s'est développé ?

L'argument de Darwin

La question de la réapparition de la vie n'est pas nouvelle. Charles Darwin se l'est posée dès les années 1860-1870 même si, dans son ouvrage *L'Origine des espèces*, publié en 1859, il s'était bien gardé d'aborder l'origine de la vie, car il jugeait le sujet prématuré pour la science de son temps. En 1871, notamment, il écrivit à son ami Joseph Dalton Hooker : « Si (et quel grand "si" !) nous pouvions concevoir, dans quelque petite mare chaude, en présence de toutes sortes de sels d'ammoniaque et phosphoriques, de lumière, de chaleur, d'électricité, etc., qu'un composé protéique se soit formé chimiquement, prêt à subir des changements encore plus complexes, une telle matière serait aujourd'hui instantanément dévorée ou absorbée, ce qui n'aurait pas été le cas avant la formation des créatures vivantes. »

Ainsi, pour lui, de nouvelles formes de vie n'ont aucune chance de survivre dans le monde tant la concurrence est forte à présent, contrairement à la situation au moment où la vie a émergé. De fait, cet argument s'applique toujours aux systèmes à ARN que développe Philippe Nghe et, plus généralement, à tous les organismes très peu optimisés qui se développeraient en compétition avec la vie déjà connue. La possibilité qu'il ne s'applique pas – ou avec une moindre force – aux organismes miroirs contribue aux réserves exprimées par les scientifiques alertant sur les risques de ces recherches.

Marie-Neige Cordonnier

P. Nghe, *A stepwise emergence of evolution in the RNA world*, FEBS Letters, 2025.J. Peretó et al., *Charles Darwin and the origin of life*, Orig. Life. Evol. Biosph., 2009.

L'essentiel

La plupart des grandes molécules du vivant sont chirales : elles ne sont pas superposables à leur image dans un miroir.

Chacune pourrait exister sous deux formes symétriques l'une de l'autre, mais seule une des deux est utilisée dans les organismes vivants.

Des biochimistes construisent des molécules images de celles qui constituent le vivant en vue de produire de nouveaux médicaments.

Cela ouvre la porte à la fabrication de bactéries entières sur ce modèle, au comportement potentiellement dévastateur.

Auteur

Vaughn Cooper

Vaughn Cooper est professeur de microbiologie à la faculté de médecine de l'université de Pittsburgh. Il dirige le *Center for Evolutionary Biology and Medicine*.

Voir tous ses articles

Références

D. P. Glavin *et al.*, Abundant ammonia and nitrogen-rich soluble organic matter in samples from asteroid (101955) Bennu, *Nat. Astron.*, 2025.

K. P. Adamala *et al.*, Confronting risks of mirror life, *Science*, 2024.

Y. Xu et T. F. Zhu, Mirror-image T7 transcription of chirally inverted ribosomal and functional RNAs, *Science*, 2022.

H. M. Dintzis et al., A comparison of the immunogenicity of a pair of enantiomeric proteins, *Proteins*, 1993.

Sur le même sujet

Anthropologie | 22mn 06/10/2025
Perig Pitrou : « L'anthropologie de la vie explore les effets de la vie sur l'organisation sociale »
En s'appuyant sur les savoirs et les rites de sociétés humaines variées, Perig Pitrou, anthropologue au Collège de France, explore comment les conceptions de la vie façonnent les institutions sociales humaines. Explications.

Histoire des sciences | 12mn 20/03/2025
Définition du vivant : le vitalisme est-il de retour ?
Qu'est-ce qui fait qu'un organisme est vivant ? Malgré les avancées techniques qui ont permis aux biologistes de décrire le fonctionnement des organismes à des échelles toujours plus petites, la question reste plus que jamais d'actualité, comme le montre l'histoire de l'étude du mouvement biologique.

Chroniques de l'évolution | 6mn 08/10/2024
Luca, l'ancêtre de tous les organismes vivants, a-t-il existé ?
Une nouvelle étude relance le débat... ou pas.

Biotechnologies | 20mn 10/07/2023
Génétique et biophysique s'associent pour créer de nouvelles formes vivantes
Le champ émergent de la morphologie synthétique floute les frontières entre vie naturelle et artificielle.

Exobiologie | 13mn 01/02/2006
Une origine extraterrestre de la vie ?
Selon des études récentes, des micro-organismes survivraient à un voyage interplanétaire entre Mars et la Terre. Cela apporte de l'eau au moulin de ceux qui pensent que la vie est venue d'ailleurs.

Biotechnologies | 14mn 23/05/2014
La biologie de synthèse : vers une ingénierie du vivant
Concevoir un génome *ab initio*, inventer une cellule minimale, produire de nouvelles fonctions biologiques... Telles sont quelques-unes des ambitions de la biologie de synthèse. Son objectif : ouvrir de nouveaux horizons en biologie en s'inspirant des méthodes de l'ingénierie.

Numéros sur le même sujet

[illegible]

Articles les plus lus

1 Michel Devoret : « La découverte des ondes gravitationnelles me semble être l'événement le plus important de ces vingt-cinq dernières années »

4 Nombres premiers : nouveaux records pour la conjecture de Proth-Gilbreath

7 Le vélo, plus efficace que les autres moyens de transport... et que les animaux

2 D'où venait le corps qui a percuté la Terre pour donner naissance à la Lune ?

5 [À l'écoute de la science] Françoise Combes : le modèle standard de la cosmologie à l'épreuve des faits

8 Comment Lucy a cohabité avec une autre espèce d'australopithèque

3 Mission « Mars Sample Return » : les échantillons reviendront-ils

6 Les flèches empoisonnées sont utilisées depuis au moins 60 000 ans

9 Les mathématiques de la croissance autoempoisonnée

Newsletters

Inscrivez-vous à nos lettres d'informations gratuites pour découvrir la sélection des meilleurs articles et la revue de presse, le regard de la rédaction, une sélection des articles de physique, ou encore les nouvelles parutions !

Je m'inscris

À la Une

Biologie | 17mn

La biologie synthétique face au spectre de la vie miroir

Paléoanthropologie | 7mn

Comment la paléogénétique a révélé l'évolution métissée d'Homo sapiens

Redresseur de code | 5mn

« No deploy Friday » : pourquoi il est sacrilège de mettre des développements en production le vendredi

En kiosque actuellement

Pour la Science N°580

Hors-série Pour la Science N°130

Théma Pour La Science N°33

Cerveau & Psycho N°184

Tous les numéros

Tous les numéros

Tous les numéros

Tous les numéros

Newsletters

Restez informés de toutes nos parutions et découvrez des articles gratuits chaque semaine !

Je m'inscris

BOUTIQUE
Abonnements
Numéros
Applications
Connexion
Mon compte

RUBRIQUES
Actualités
À la une
Grands formats
La vie dans tous ses états
Les sciences à la loupe
Redresseur de code
Retour sur images
Regards
Logique & Calcul
Art & Science
Les livres du mois
Idées de physique
Chroniques de l'évolution
Science & Gastronomie
L'équation
Podcast : À l'écoute de la science
Thèmes
Index des articles

PRATIQUE
Questions fréquentes
Contact
Qui sommes-nous ?
Mentions Légales
Conditions générales de vente
Politique de confidentialité
Gérez vos préférences pour les cookies
Annonceurs
Les nouvelles fonctionnalités sur notre site
Proposer une contribution

SCIENTIFIC AMERICAN
Pour la Science
Cerveau et Psycho
Scientific american
Spektrum der Wissenschaft
Le Scienze

GROUPE ALBIN MICHEL
Belin Editeur
Gerip
Puf
Que sais-je ?

PARTENAIRES
Cairn
Vocale Presse

170 BIS BOULEVARD DU MONTPARNASSE, 75014 PARIS 06
N° CPPAP : 0927 X 91526

Welcome

We and our 102 **partners** wish to store and access information on your devices (such as cookies and pixels), and collect personal data on this site to process it along with both known and future information (such as identifiers, browsing history, preferences, purchases, phone number, postal, IP and email addresses, precise geolocation, etc.).

This is used to develop and provide you with services, content, commercial offers, and advertisements across your various devices and screens (including by email, mail, texts, phone, audio, and video), to personalize and measure them, and to conduct audience research and analysis.

You can "accept all" and withdraw your consent at any time via the "cookies" footer link. You can also "set detailed preferences" to object to more limited processing activities. These choices remain valid for 6 months.

powered by Sirdata

Set your choices | Accept all