

## **L'identité en biologie: une notion qui s'applique à diverses échelles**

La biologie, qui étudie le monde vivant, utilise le concept d'identité à de multiples échelles. Cette notion intervient au niveau des organismes, des cellules, des organes qui les composent, mais aussi au niveau des colonies d'organismes, des espèces ou des écosystèmes. Les tentatives de définition du vivant ont abouti à deux points de vue différents qui mettent tous les deux en lumière la complexité de la notion d'identité en biologie. Pour les physiologistes, les êtres vivants se définissent par l'existence d'un métabolisme, c'est-à-dire de flux coordonnés de matière et d'énergie qui permettent à l'organisme de croître, s'organiser, réguler sa composition ou sa température, se déplacer, se reproduire. Pour les généticiens et les évolutionnistes, la vie se caractérise par la capacité à engendrer des descendants porteurs de variations héréditaires supports de l'évolution. Que l'une ou l'autre de ces définitions soient utilisées, se pose la question de l'identité d'une entité vivante. Cette question se décompose en trois problèmes différents. Premièrement, il s'agit de comprendre ce qui fait qu'une entité est unique, c'est-à-dire différente de toutes les autres. Deuxièmement, le concept d'identité est utilisé en biologie pour identifier les caractéristiques d'une entité biologique et la rattacher ainsi à une catégorie particulière (ex. la catégorie "champignon"). Cette catégorisation rend possible le dénombrement d'entités similaires : deux cellules neurales, deux singes, trois humains. Troisièmement, l'identité reflète le fait qu'une entité vivante, paradoxalement caractérisée par des modifications permanentes, reste la même au cours du temps, qu'elle préserve son identité biologique. A un niveau relativement élémentaire du vivant, les cellules illustrent bien les problématiques multiples de l'identité. Prenons par exemple des cellules qui possèdent une identité neurale, c'est-à-dire des neurones. Malgré cette identité partagée de neurones il est possible de les dénombrer, de les distinguer l'une de l'autre. Il est également possible d'éclater cette catégorie de neurones en plusieurs sous-catégories : cellules pyramidales, cellules de Purkinje, neurones olfactifs, etc. Chaque cellule, bien qu'étant la résultante de millions de molécules et de réactions biochimiques préserve dans la plupart des cas une certaine identité au cours du temps.

### **1. L'ADN, un statut particulier ?**

Parmi tous les traits mesurables et quantifiables du vivant (nombre de molécules, trait physiologique, caractéristique physique, comportement, etc.), l'ADN occupe une place particulière comme outil d'identification pouvant répondre aux grandes questions de l'identité biologique. En effet, la séquence d'ADN est une propriété de tous les êtres vivants (notons toutefois que certains virus ne contiennent pas d'ADN mais de l'ARN, dont la séquence a un équivalent direct en ADN). La séquence d'ADN peut être identifiée facilement (Cf. Séquençage de l'ADN), stockée sous la forme d'une suite de lettres, et elle se prête bien aux comparaisons entre organismes. Dans le contexte de ce que les systématiciens appellent le "barcoding", l'ADN est aujourd'hui la méthode la plus utilisée pour définir et identifier les espèces, par opposition aux caractéristiques morphologiques longtemps utilisées en botanique et zoologie (Cf. Espèce). Depuis plusieurs décennies, l'ADN est également utilisé par les services de police pour identifier des individus (Cf. Empreintes Génétiques). Au delà de l'importance

que joue réellement l'ADN pour l'identité biologique (Cf. ADN/Identité Génétique, Cf. Hérité), cette molécule a toujours été associée à un rôle quasi-mystique de déterminant absolu de l'identité. Cette conception a fait son chemin jusque dans les métaphores du langage courant telles que "c'est dans notre ADN" pour parler de ce qui fait la spécificité d'un groupe, d'une entreprise. A l'exception des bactéries et autres organismes unicellulaires, chaque être vivant possède un ADN dont la séquence nucléotidique totale (c'est-à-dire son génome, une suite de lettres A, C, G, T) est unique et spécifique de cet individu. Les vrais jumeaux (cf. Jumeaux) et les clones (cf. Clone) possèdent, en première approximation, la même séquence d'ADN. En réalité, lors des divisions cellulaires au sein d'un organisme, il arrive que l'ADN ne soit pas répliqué exactement à l'identique et que des mutations somatiques apparaissent. Ainsi, même des clones et des vrais jumeaux peuvent se distinguer entre eux sur la base de légères différences de la séquence de l'ADN contenu dans certains de leurs organes. Cependant, ce nombre de mutations d'une cellule à une autre, chez le même individu, reste suffisamment faible pour permettre d'utiliser la plupart des échantillons biologiques comme source d'ADN pour un individu. Transmise des parents aux descendants, l'ADN permet de retracer les liens de parenté entre individus mais également, sur un plus long terme, entre espèces. Enfin, inerte hors d'un environnement cellulaire, l'ADN peut être facilement stocké et conservé. Par exemple, on retrouve encore de l'ADN qui peut être séquencé sur des restes d'os d'homme de Néandertal vieux de 50 000 ans (Cf. Séquençage de l'ADN, Lignée Humaine). Mais c'est cette dernière propriété d'être inerte qui rappelle que l'ADN ne peut jouer son rôle que via toute une machinerie cellulaire qui fonctionne dans un environnement donné, et en interaction avec d'autres organismes (Cf. Environnement). L'ADN ne représente qu'une des nombreuses composantes de l'identité chez les êtres vivants.

## **2. Comment distinguer une entité vivante de tous les autres ?**

Plusieurs primates, notamment les humains, utilisent les traits du visage pour distinguer un être vivant particulier parmi tous les autres (Cf. Visage) alors que les rongeurs et les insectes se basent plutôt sur des caractéristiques olfactives, et les oiseaux sur le chant. Konrad Lorenz a observé dès 1935 que les oies cendrées considèrent comme leur mère le premier objet en mouvement qu'elles aperçoivent lorsqu'elles sortent de l'oeuf. Ainsi, un oisillon peut s'entêter à suivre un chercheur et à pousser des cris quand on le met en contact avec sa propre mère. C'est le phénomène d'empreinte ou "imprégnation".

Afin de caractériser un individu et de le distinguer de tous les autres, les biologistes ont recours à divers marqueurs. La biométrie est, au sens large, l'étude quantitative des êtres vivants, et elle comprend, dans son sens plus restreint, l'ensemble des approches qui permettent d'identifier des personnes en fonction de caractéristiques morphologiques, telles que les empreintes digitales, les traits du visage, la forme de l'iris de l'œil, ou des caractéristiques comportementales, telles que la voix, la façon de marcher ou la dynamique de frappe au clavier.

Distinguer un être vivant de tous les autres est aussi la tâche principale du système immunitaire qui en l'occurrence permet à l'être vivant de se distinguer de tous les autres. La reconnaissance du soi et du non-soi a été principalement théorisée en immunologie (cf. Immunité), notamment pour comprendre les réponses d'acceptation et de rejet de l'organisme à des greffes (cf. Greffe) ou à des micro-organismes (par exemple des bactéries ou des virus). Quand des molécules exogènes entrent dans un organisme, elles peuvent être reconnues et déclencher alors une réponse immunitaire : prolifération de certaines cellules du système immunitaire, production d'anticorps ciblant les molécules exogènes, et finalement élimination des molécules exogènes et des cellules associées (greffe, agent pathogène). Comment l'organisme fait-il la différence entre le soi et le non-soi ? Au cours de son développement (cf. Développement), sont produites de nombreuses cellules immunitaires différentes qui reconnaissent chacune une molécule particulière. Les cellules qui reconnaissent des molécules du

soi présentes dans l'organisme en question sont éliminées, tandis que les autres cellules (qui sont donc susceptibles de reconnaître le non-soi) sont conservées et jouent alors le rôle de vigie tout au long de la vie de l'organisme, pour détecter des molécules exogènes et activer la réponse immunitaire. Dans les cas de maladie auto-immune, les cellules du système immunitaire réagissent au contact de molécules de l'organisme lui-même. De grands progrès en matière de traitement contre le cancer proviennent de notre capacité à altérer le fonctionnement du système immunitaire pour cibler le cancer. Dans les thérapies par cellules T-CAR, on modifie génétiquement les cellules immunitaires de l'hôte afin qu'elles ciblent les cellules cancéreuses. Dans certains cas, on utilise des cellules immunitaires de donneurs. Par rapport à l'identité biologique, le paradoxe est monumental puisque l'on obtient des cellules d'un autre individu, donc du "non-soi", que l'on altère via un virus, un autre "non-soi", pour modifier le système immunitaire, normalement garant du "soi", pour détruire des cellules qui appartiennent à l'individu malade et qui portent son génome.

Le système immunitaire n'est pas l'apanage des êtres humains, ni même des animaux pluricellulaires. De nombreuses bactéries possèdent un système d'immunité acquise appelé CRISPR/Cas9 qui leur permet de reconnaître les séquences d'ADN de virus les ayant déjà infectées et de s'en défendre en découpant cet ADN. Ce système a récemment été détourné par génie moléculaire pour créer un système d'édition du génome qui fonctionne chez la plupart des êtres vivants. Certaines thérapies géniques humaines utilisent maintenant CRISPR/Cas9. Ainsi, les mécanismes de reconnaissance du non-soi des bactéries, des êtres unicellulaires, permettent aujourd'hui d'altérer l'ADN et l'identité biologique d'êtres pluricellulaires.

La notion de reconnaissance du soi et du non-soi s'étend à d'autres échelles. A un niveau cellulaire, certains neurones émettent des prolongements dendritiques qui couvrent la surface du corps et ils s'arrêtent au contact de leur propre arborisation, de telle sorte qu'ils forment un tapis non chevauchant. Cette reconnaissance du soi et du non-soi par une cellule fait intervenir chez la mouche drosophile le gène Dscam. Ce gène peut conduire à la production de plus de 18 000 protéines membranaires différentes (par combinaison de différentes parties du même gène), et chaque neurone possède à sa surface une forme particulière de Dscam. Quand une membrane cellulaire rencontre une autre membrane possédant la même forme de Dscam, il y a répulsion. Au niveau supra-individuel, une fourmi est capable de reconnaître les membres de sa propre colonie et de les distinguer des fourmis étrangères, qu'elle attaque. Cette reconnaissance de la colonie fait intervenir des hydrocarbures cuticulaires présents à la surface des individus. Chaque colonie est caractérisée par un profil particulier d'hydrocarbures : il existe une vingtaine de composés chimiques différents et leurs proportions varient d'une colonie à l'autre. Chaque fourmi produit certains hydrocarbures (le déterminisme est génétique) et les partage avec les autres membres de la colonie. La signature d'une colonie est donc la somme de tous les hydrocarbures produits par ses membres. C'est au stade de larve ou nymphe qu'un organisme acquiert et apprend l'odeur de sa propre colonie. Ce mode de reconnaissance semble exister chez tous les Hyménoptères sociaux (abeilles, guêpes).

Il est important de remarquer que chaque entité vivante est aussi unique, simplement parce qu'elle est la seule à occuper l'espace où elle se trouve. Bien souvent, ce sont des mécanismes aléatoires, non transmis par les parents et non prédictibles, qui sont à l'origine de l'identité unique d'une entité vivante. Tel est le cas des divers critères permettant de distinguer une entité vivante de toutes les autres : ADN, forme du visage, empreintes digitales, façon de marcher, protéine Dscam. Chez l'homme, on estime à environ 60 le nombre moyen de nouvelles mutations entre un enfant et ses deux parents. Ce nombre dépend de l'âge des parents et de leurs habitudes, qui peuvent les exposer à des agents mutagènes comme le tabac, et il est impossible de savoir exactement quelles mutations vont survenir. Le système immunitaire, bien qu'en partie régi par des gènes hérités des parents, est capable de produire plusieurs milliers de milliards d'antigènes différents et le répertoire de ces antigènes

dépend des différents événements qui rythment la vie d'un individu, la plupart étant imprévisibles.

### **3. Quelles sont les caractéristiques d'une entité vivante qui permettent de la classer dans certaines catégories ? Comment sont-elles déterminées ?**

L'identité d'un élément vivant correspond à l'ensemble des caractéristiques qui permettent de le définir. Par exemple, l'un des auteurs de ce texte est un primate, humain, de sexe masculin et ses yeux sont marrons. À chacun de ces traits de caractères visibles, mesurables, sont souvent associés d'autres critères sous-jacents opérationnels décrivant une échelle inférieure. Ainsi, la distinction mâle/femelle pour un individu est associée à des différences au niveau des chromosomes sexuels, des hormones sexuelles, des cellules impliquées dans la reproduction et de l'anatomie des organes génitaux (cf. Sexe). Le corps humain est composé de plusieurs centaines de types de cellules différents, ayant des morphologies et des tailles distinctes. Les biologistes ont développé le concept d'identité cellulaire pour distinguer diverses catégories de cellules et pour rendre compte du fait qu'une cellule non différenciée acquiert au cours du temps une destinée cellulaire particulière (cf. Identité cellulaire). Comme les diverses cellules d'un être vivant possèdent toutes le même génome en première approximation, ce n'est pas la séquence d'ADN qui est utilisée pour identifier une cellule d'un type particulier, mais l'ensemble des gènes qu'elle exprime, ou plus simplement l'expression de quelques gènes discriminants.

Pendant longtemps, la biologie s'est concentrée sur les caractéristiques morphologiques pour décrire et catégoriser les êtres vivants. Ainsi, les bactéries sont classées en gram positif ou gram négatif selon qu'elles se colorent ou non par un mélange dit de "Gram" ; cette propriété découlant en fait de propriétés moléculaires de leurs membranes. Les guides botaniques soulignent le gigantesque catalogue de traits spécifiques à chaque espèce, variété, sous-variété, qui permettent de catégoriser chaque plante (cf. Espèce). Les mammifères sont caractérisés par leur capacité à allaiter, d'où leur nom, et les oiseaux par la présence d'un bec et de plumes ainsi que la faculté de pondre des œufs. Certaines caractéristiques peuvent être très spécifiques, comme le fait d'avoir entre cinq et sept fentes branchiales ainsi qu'une nageoire non fusionnée à la tête pour le groupe des requins. Un grand nombre de ces caractéristiques morphologiques résultent de la sélection naturelle qui a pour effet, de génération en génération, de les retenir ou de les éliminer en fonction des avantages qu'elles apportent aux individus qui les portent.

Une fois établie des correspondances entre différentes échelles, il est tentant d'envisager que les propriétés des entités à une échelle inférieure déterminent les propriétés à une échelle supérieure. On peut ainsi considérer que les chromosomes sexuels conduisent à l'expression de certains gènes, qui agissent de telle sorte que des hormones sexuelles mâles ou femelles vont être produites, ce qui influence alors le développement des organes sexuels. En réalité, le lien entre les échelles inférieures et supérieures est complexe car il met en jeu de nombreux paramètres. Chez l'homme, le nombre de chromosomes X, est fortement corrélé au sexe biologique mais il existe des exceptions (cf. Sexe). En Angleterre, une étude a montré que chez 652 des 500 000 personnes testées (soit 0,1% des individus), le nombre de chromosomes sexuels ne correspond pas au sexe morphologique. De même, la disponibilité grand public des tests ADN pour quantifier le pourcentage d'origine ethnique du génome a montré que l'appartenance à un groupe ethnique, bien qu'elle soit également fortement corrélée au patrimoine génétique, ne dépend pas uniquement de celui-ci. Partager 1 à 10% de son génome avec des amérindiens ne fait pas d'un individu un amérindien.

A toutes les échelles, l'identité biologique n'est pas figée, elle peut changer en fonction de l'environnement qui entoure l'entité concernée (cf. Environnement). Par exemple, il est possible de "reprogrammer" des cellules, en les exposant à des cocktails de molécules. Ainsi, des cellules de peau peuvent devenir des cellules dites pluripotentes, qui se différencient ensuite en cellules de foie, de

coeur. Ici, l'identité cellulaire change alors que l'ADN est inchangé et qu'il existe une continuité temporelle d'un type de cellule à un autre. Chez les crocodiles et plusieurs espèces de tortues et de lézards, le sexe biologique dépend de la température. Par exemple, chez le lézard sphénodon, une température d'incubation des oeufs de 18°C produit systématiquement des femelles alors qu'une température supérieure à 22°C produit des mâles. D'autres caractéristiques qui composent l'identité biologique des organismes sont sensibles aux changements de l'environnement. La plupart des insectes sont plus petits quand ils grandissent dans des environnements chauds comparés à des environnements plus froids. Plusieurs espèces de plantes, comme la renoncule aquatique, développent des formes de feuilles radicalement différentes selon que ces feuilles se développent sous ou hors de l'eau. Chez l'homme, la couleur de la peau est un trait qui varie en fonction de l'exposition au soleil. Au cours de l'évolution, cette capacité à varier selon l'environnement peut être perdue au cours de l'évolution via des mutations génétiques. Ainsi, l'identité via l'environnement se fige sous le contrôle des gènes. En ce qui concerne l'homme, la bipédie, une des caractéristiques du genre Homo, provient d'une capacité de variation des ancêtres primates qui se caractérisaient par une alternance entre un déplacement à quatre ou deux pattes alors que Homo sapiens se caractérise par un déplacement principalement à deux pattes. Ici, l'une des altérations temporaires de l'identité biologique d'une espèce devient la marque de l'identité biologique d'une autre.

Dans certains cas, les caractéristiques principales de certaines espèces, les composantes de leur identité biologique, vont au delà du corps. Il suffit de penser à un castor pour immédiatement y associer sa faculté à construire des barrages. Même chose pour les fourmis qui construisent des colonies, les oiseaux des nids, et les arbres qui par leurs feuilles altèrent l'ensoleillement des forêts et qui par leurs racines altèrent la texture et la composition des sols. L'importance de considérer ces caractéristiques comme des composantes de l'identité biologique des organismes fut introduite par Richard Dawkins via le terme de "phénotype étendu", le phénotype étant l'ensemble des caractéristiques observables d'un individu. Ici, c'est l'identité biologique qui s'exprime à travers l'environnement. La façon dont un organisme perçoit et interagit avec son environnement contribue à façonner cet environnement et, en retour, les interactions et perceptions des autres organismes. Par exemple, la flore intestinale de chaque être humain comprend des milliers d'espèces de bactéries et sa composition dépend des populations, des habitudes alimentaires et du patrimoine génétique (cf. Symbiose). L'essentiel de cette flore est toléré, voire utilisé, par le système immunitaire dépositaire de l'identité biologique de chaque individu. De plus, chez les mammifères en général, il semble que cette flore joue un rôle important sur le système nerveux de l'hôte et qu'elle soit capable d'influencer son comportement. Pour la plupart de ces bactéries, ainsi que pour les hôtes mammifères, ces symbioses sont obligatoires pour vivre. Ici, l'intestin du mammifère est l'environnement qui définit, en partie, l'identité biologique ou même écologique de la bactérie alors que c'est la présence d'une autre entité biologique, la bactérie, qui peut modifier, en partie, l'identité du mammifère. Le philosophe Peter Godfrey-Smith parle de la subjectivité, c'est-à-dire la façon dont chaque organisme perçoit et interagit avec son environnement, comme une cause et un effet de l'évolution biologique.

L'intestin de l'homme comme environnement est un cas particulier d'écosystème pour plusieurs espèces de bactéries. De manière générale, dans la mesure où chaque écosystème est la résultante de nombreuses interactions biologiques, le concept de "super-organisme" a été proposé pour chaque écosystème. La forêt boréale et la forêt tropicale sont deux types de forêt aux caractéristiques très différentes mais qui dépendent toutes les deux de l'identité biologique des espèces qui les composent. Les feuilles en épines sont l'une des caractéristiques de l'identité biologique des espèces de conifères qui définissent la forêt boréale alors que le feuillage lisse et persistant sont l'une des caractéristiques de l'identité biologique des espèces d'arbres qui définissent la forêt tropicale. La grande barrière de corail est un autre exemple d'écosystème bien défini, aux caractéristiques propres qui jouent un rôle

primordial dans l'équilibre chimique et biologique d'une grande partie de l'océan pacifique. Ce rôle définit directement l'identité de barrière de corail par rapport aux autres écosystèmes et il dépend directement des caractéristiques biologiques primordiales des organismes qui le composent. En particulier, le corail est formé d'un cnidaire (famille des méduses) et d'algues unicellulaires, les zooxanthelles. Ici, l'identité de l'écosystème, ses caractéristiques, résulte pour partie de l'identité biologique d'un organisme pluricellulaire, le cnidaire, dont l'identité et les caractéristiques propres dépendent d'un organisme unicellulaire qui ne peut lui-même exister indépendamment du cnidaire et de la barrière de corail.

#### **4. L'identité au cours du temps**

Un problème important lié à la notion d'identité est d'identifier le moment à partir duquel commence une nouvelle entité et de comprendre comment son identité propre est mise en place. Chez l'homme, l'embryon débute au moment de la fusion d'un ovule avec un spermatozoïde. Ici, une nouvelle entité vivante émerge à partir de deux cellules qui cessent d'exister. C'est à la huitième semaine que l'on parle de fœtus et, en France, c'est jusqu'à la 14<sup>ème</sup> semaine qu'il est possible d'interrompre une grossesse sans autre raison que le choix de la femme qui le porte. Cette limite est révélatrice d'une distinction que l'on fait entre un fœtus de moins de 14 semaines et un fœtus de plus de 14 semaines, qui traduit l'émergence d'un individu avec son identité biologique propre. D'ailleurs, toujours en France, un fœtus de plus de 22 semaines peut être considéré comme mort-né, preuve qu'on lui attribue une identité biologique et cela avant tout sur des critères légaux plutôt qu'objectivement biologiques (Cf. Embryon/Foetus). Même si le moment de la fécondation est considéré comme le début de la vie d'un être humain, il ne faut pas oublier que des événements survenus avant peuvent avoir une influence sur son identité. Par exemple, les petits-enfants de femmes qui ont pris du distillène pour prévenir/éviter une d'une fausse couche, soit la troisième génération, ont 40 à 50 fois plus de chance d'avoir une malformation de l'orifice urinaire.

Comme le célèbre bateau de Thésée dont on remplace constamment les pièces éreintées par le temps, les entités vivantes, que ce soit à l'échelle des cellules, du corps, d'un arbre ou d'un écosystème, sont dynamiques et changent, au moins moléculairement, avec le temps. Chez l'homme, la totalité des cellules qui recouvrent l'intestin se renouvellent tous les cinq jours, pour les cellules de nos poumons le délai est de six mois. Certains arbres, comme les séquoias, peuvent vivre plus de 2000 ans, ce qui fait que les cellules du haut de l'arbre et celles des racines peuvent être séparées par plus de mille ans, des millions de divisions et un très grand nombre de mutations. Les changements qui ont lieu au cours de la vie d'un être vivant sont parfois extrêmes. La larve de grenouille perd sa queue (les cellules subissent une mort programmée) et développe des pattes, tandis que la larve de mouche voit l'ensemble de ses tissus disparaître, à l'exception de quelques neurones, pour être remplacé par de nouveaux tissus formés à partir de cellules qui avaient été mises de côté pendant la vie larvaire. Cette période de remaniements extrêmes, appelée métamorphose, marque le passage d'une identité larvaire à une identité adulte. Malgré l'importance des changements observés, on considère que l'être vivant qui subit une métamorphose reste le même (cf. Développement). C'est le moment de la fécondation, de la germination d'une spore, ou de la division cellulaire pour les organismes unicellulaires, qui est considéré comme l'événement-clé associé à la formation d'un nouvel être vivant.

Délimiter les frontières spatiales d'un être vivant est également un exercice qui peut s'avérer difficile. Certains séquoias peuvent développer des boutures à partir de leur racine, donnant ainsi l'impression d'avoir deux arbres alors qu'il s'agit en fait de deux parties différentes d'un même individu. Aux Etats-Unis, dans le Colorado, des pans entiers de montagne sont occupés par des milliers de peupliers trembles formés par boutures à partir du même arbre. Représentent-ils donc des individus différents ou bien un seul organisme ? Chez le polytrich, une mousse commune dans les forêts

françaises, un pied de mousse comprend deux générations imbriquées l'une dans l'autre : le sporophyte (génération qui produit les spores) vit en parasite sur le gamétophyte (la génération qui produit les cellules de la reproduction sexuée). Du point de vue du cycle de vie, ce sont deux individus différents, mais du point de vue métabolique et physique, ils forment une seule entité. De même, la présence de nombreuses bactéries au sein de notre tube digestif, capables d'influencer notre physiologie, remet en cause notre identité propre (cf. Symbiose). Dans le cas des greffes, on considère que l'individu hôte reste la même personne (cf. Greffe), même si les greffes d'organes visibles (main, visage) peuvent fortement modifier son identité. Dans le cas des bactéries qui forment des biofilms, l'identité de chaque bactérie est perdue et une nouvelle entité, le biofilm, composée de milliers de bactéries et de leurs sécrétions, la remplace. A l'inverse, le fraisier et d'autres plantes sont capables de se fragmenter pour donner de nouveaux individus par reproduction asexuée.

Sur Terre, les traces de vie les plus anciennes remontent à presque 4 milliards d'années. Les propriétés des entités biologiques mentionnées ici sont apparues au cours du long processus de l'évolution, qui poursuit sa course et continue, à toutes les échelles, de façonner l'identité des êtres vivants.

*Virginie Courtier et Alexandre Peluffo*

### **Références**

- CAROSELLA, Edgardo D., PRADEU, Thomas (2010), « L'identité, la part de l'autre: immunologie et philosophie », Odile Jacob.
- DAWKINS, Richard (1999), « The extended phenotype: the long reach of the gene », Oxford University Press. Revised edition.
- GODFREY-SMITH, Peter (2017) « The subject as cause and effect of evolution », Interface Focus 7: 20170022.
- GOUYON, Pierre-Henri, HENRY, Jean-Pierre, ARNOULD, Jacques (1997) « Les avatars du gène », Belin.
- LEWONTIN, Richard C (2003), « La triple hélice : les gènes, l'organisme, l'environnement ». Seuil. Traduit de l'anglais.
- NOBLE, Denis (2008), « La Musique de la vie. La biologie au-delà du génome », Seuil. Traduit de l'anglais.