

Animal ou végétal ? Une

Algue, champignon, végétal, animal... Ces termes sont utiles dans le langage courant, mais ne sont fondés que sur des ressemblances acquises indépendamment par divers organismes : ils ne reflètent donc aucune parenté évolutive.

Marc-André Selosse

Les bruits les plus inquiétants circulent à propos du monde vivant ! On dit que « les champignons ne sont plus des végétaux », d'autres affirment que « les algues n'existent plus ». Élocubrations ? Non, ces affirmations sont pertinentes pour le taxonomiste, qui classe les organismes. Ces 20 dernières années, ce que l'on croyait acquis a été chamboulé et l'on ne sait plus trop quoi classer au sein des végétaux, un label dont les limites paraissent aujourd'hui bien incertaines. Les animaux, que l'on opposait aux végétaux, deviennent eux aussi un groupe aux frontières floues. Pour y voir plus clair, nous explorerons la classification actuelle des organismes eucaryotes, ceux dont les cellules ont un noyau (tout le vivant sauf les bactéries) afin d'esquisser les contours que l'on peut encore donner aux végétaux : nous verrons alors que, même avec des critères larges, il est difficile de faire des végétaux un groupe homogène. Puis nous reviendrons sur les limites de l'opposition animal/végétal : force sera de constater que rien de bien tranché ne sépare les deux règnes. Auparavant, regardons comment les biologistes conçoivent aujourd'hui la diversité des eucaryotes.

Les classifications modernes (voir l'encadré de la page 68) sont « phylogénétiques », c'est-à-dire qu'elles distinguent des groupes – dits monophylétiques – qui réunissent chacun un ancêtre commun et toute sa descendance. Cette méthode n'ordonne pas les êtres vivants à la façon d'une collection de timbres, en choisissant tel ou tel critère de ressemblance : elle tente de retrouver le scénario historique – unique – de l'évolution. Les classifications phylogénétiques sont souvent établies à partir de séquences de gènes. Les regroupements obtenus parmi les eucaryotes

1. L'anémone de mer (*Condylactis gigantea*) abrite dans ses cellules des algues photosynthétiques (des zooxanthelles) qui pourvoient l'organisme en molécules organiques. Ces algues endosymbiotiques se transmettent parfois d'une génération à l'autre par les ovules et ressemblent en cela aux plastes (les organites cellulaires où a lieu la photosynthèse) de certains végétaux : l'anémone de mer est peut-être un animal en train de devenir un végétal !



Shutterstock/Kerry Werry

distinction obsolète

(voir la figure 2) sont surprenants, car ils réunissent des organismes dissemblables. Regardons-en trois exemples qui seront nos guides dans l'exploration des végétaux : les alvéolobiontes, les hétérocontes et les opisthocontes.

Les alvéolobiontes sont constitués de trois lignées d'unicellulaires différents. Les ciliés, telle la paramécie, sont des prédateurs (ils ingèrent des petites cellules par phagocytose) couverts de courts cils locomoteurs. Les dinophytes, qui vivent dans le plancton, sont pour la plupart photosynthétiques. Enfin, les sporozoaires parasi-

tent les cellules d'autres organismes, où ils sont responsables de maladies tels la toxoplasmose ou le paludisme. Trois lignées, trois modes de vie ! Cette diversité s'explique : au cours des centaines de millions d'années écoulées depuis l'apparition de leur ancêtre commun, leur morphologie et leur nutrition ont été considérablement modifiées à mesure que les descendants s'adaptèrent à différents milieux. Les similitudes héritées de l'ancêtre commun subsistent surtout dans les séquences d'ADN, mais aussi dans un détail anatomique : des petits sacs



La classification aujourd'hui

Les changements dans la classification ne sont pas nouveaux : en 1766, le botaniste luxembourgeois Heinrich Crantz condamnait déjà la prolifération des systèmes de classification et fustigeait « notre esprit exubérant qui... brûle aussitôt d'envie de jeter dans une nouvelle création les choses qu'il vient de produire », c'est-à-dire, brûle d'envie de construire et reconstruire de nouvelles classifications. Cependant, deux facteurs ont récemment accéléré ces changements.

D'abord, un nouveau principe de classification a été mis en pratique. Autrefois, la classification, telle celle de Linnée, était fondée sur les ressemblances entre organismes. Les controverses et les changements naissaient du choix des caractères retenus pour comparer. Aujourd'hui, on souhaite obtenir une classification « phylogénétique », c'est-à-dire fondée sur la descendance, comme l'espérait déjà Darwin : « Le temps viendra, même si je ne vivrai pas assez vieux pour le voir, où nous aurons un arbre généalogique presque exact de chaque règne dans la nature. » Le nouveau système réunit les organismes descendant d'un ancêtre commun ; il ne retient que les ressemblances héritées de cet ancêtre pour regrouper les organismes. Les groupes obtenus sont dits monophylétiques, c'est-à-dire formés d'une seule lignée.

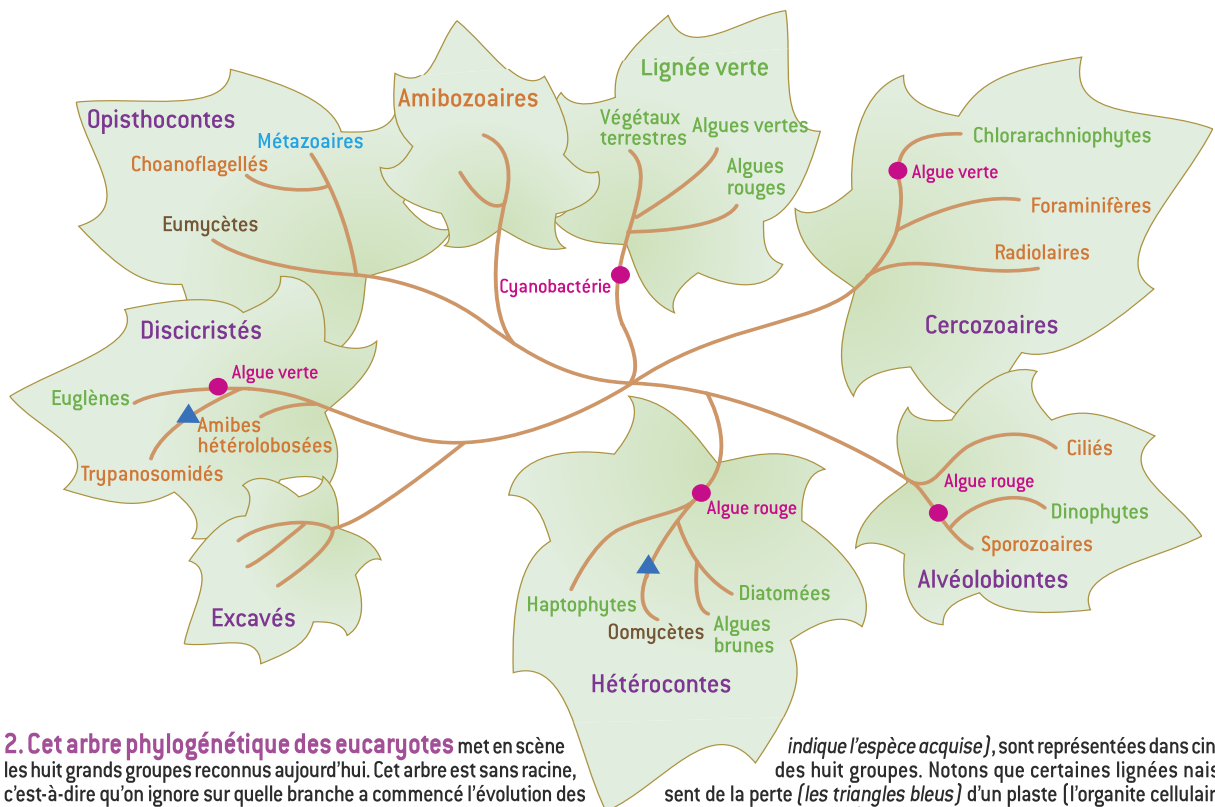
Une autre innovation, indépendante de la méthode de regroupement, a fait évoluer les classifications : les caractères moléculaires. Les séquences des gènes (ou des protéines) peuvent être utilisées pour comparer les organismes, et repérer des parentés dont d'autres caractères, morphologiques ou biochimiques, n'ont pas conservé la trace. La comparaison de plusieurs gènes fournit des informations indépendantes : l'étude de nouveaux gènes fera sans doute évoluer cette classification.

membranaires en forme d'alvéole, au rôle mal connu, qui justifient le nom d'alvéolobiontes.

Les hétérocontes constituent le groupe de la démesure. Ils réunissent, par exemple, les algues brunes, visibles à l'œil nu et dont certaines atteignent une dizaine de mètres de longueur, les diatomées, de petites algues unicellulaires microscopiques enveloppées d'une capsule protectrice faite de silice, et les oomycètes, des organismes filamenteux souvent parasites, comme l'agent du mildiou, un parasite qui a entraîné de terribles famines au XIX^e siècle en Europe et sur lequel nous reviendrons. Les hétérocontes sont donc aussi hétérogènes ! Outre de nombreux points communs dans leur ADN, ils partagent encore certains traits morphologiques de leur ancêtre : leurs cellules mobiles sont propulsées par deux flagelles inégaux et sont dotées de réserves glucidiques sous forme de laminarine.

Enfin, les opisthocontes sont aussi étonnants, et nous renseignent sur nos plus proches parents évolutifs : certains champignons, nommés eumycètes, dont les morilles ou les cèpes de nos forêts (voir la figure 5), forment un groupe frère du nôtre, les métazoaires ou animaux pluricellulaires ! Ici encore, la morphologie et le mode de vie ont évolué. Cependant, certaines séquences d'ADN qui ont évolué lentement trahissent les parentés, et permettent aujourd'hui de reconstituer des liens devenus invisibles.

Revenons à notre question : que sont devenus les végétaux dans cette classification remaniée ? La définition du terme *végétal* est discutable... Proposons, pour commencer, d'y réunir tous les eucaryotes capables de photosynthèse (en vert sur la figure 2). Cela en exclut d'emblée



2. Cet arbre phylogénétique des eucaryotes met en scène les huit grands groupes reconnus aujourd'hui. Cet arbre est sans racine, c'est-à-dire qu'on ignore sur quelle branche a commencé l'évolution des eucaryotes. On constate que les termes *végétaux*, *champignons* et *animaux* ne correspondent pas à un groupe monophylétique (un ancêtre et tous ses descendants). Ainsi, les lignées qui ont « adopté » la photosynthèse (en vert), par suite d'endosymbiose (les ronds roses, le nom

indique l'espèce acquise), sont représentées dans cinq des huit groupes. Notons que certaines lignées naissent de la perte (les triangles bleus) d'un plaste [l'organe cellulaire qui contient la chlorophylle]. Les champignons (en marron) sont constitués de deux lignées éloignées. Enfin, les animaux regroupent traditionnellement les métazoaires (en bleu) et les protozoaires (en orange), qui sont éparpillés dans l'arbre.

les champignons, mais regroupe tous les organismes dotés de plastides, des organites qui contiennent la chlorophylle et sont doués de photosynthèse. On constate qu'ils forment un ensemble multiple, et non monophylétique : ils n'ont aucun ancêtre commun dont ils seraient tous issus, et eux seulement. Pourquoi un tel éparpillement ?

Les poupées russes

Divers arguments, pressentis dès le XIX^e siècle, démontrent que les plastides sont les lointains descendants d'organismes photosynthétiques libres, par exemple des bactéries, qui vivent dans la cellule hôte et sont hérités d'une génération à l'autre. Cette coexistence intracellulaire, réciproquement bénéfique, est une endosymbiose (voir la figure 3). Les plastides abritent encore un génome, hérité de leurs ancêtres libres. Ce génome révèle, par comparaison, les plus proches parents actuels des plastides, et donc leur origine évolutive, bien que leur morphologie ait été profondément modifiée par la vie intracellulaire. On met ainsi en évidence que les plastides sont apparus plusieurs fois dans l'évolution. En d'autres termes, les événements d'endosymbiose furent multiples. Ainsi, la photosynthèse ne peut pas définir un groupe monophylétique ! Pour s'en convaincre, voyons la diversité des végétaux issus d'endosymbiose.

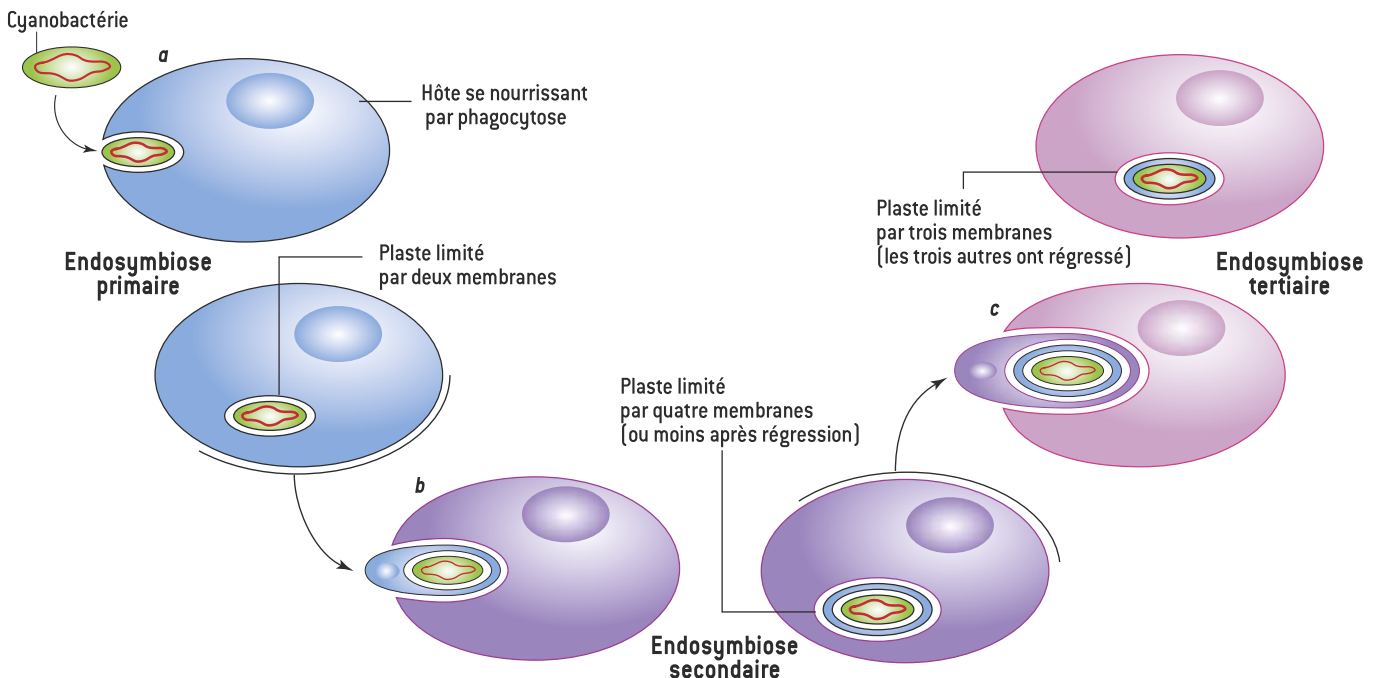
Les membres de la lignée verte, telles les plantes (des mousses aux orchidées), les algues vertes (la laitue de mer) et les algues rouges, ont un plaste acquis par leur ancêtre commun. Il dérive d'une bactérie photosynthétique d'un groupe qui existe encore actuellement, les cyanobactéries.

Si notre monde est vert, c'est que les plantes abritent des cyanobactéries dans leurs cellules. Un tel plaste est dit primaire (voir la figure 3). Ce n'est pas le cas des plastides des autres lignées photosynthétiques.

Ici commence un festival de réemploi : les ancêtres des autres groupes ont accueilli dans leur cellule non pas une bactérie... mais une algue unicellulaire de la lignée verte, c'est-à-dire une cellule qui abritait déjà une cyanobactérie ! Ces endosymbioses, dites secondaires, se sont produites plusieurs fois (voir la figure 2). Ainsi, les ancêtres des euglénophytes, petits unicellulaires dotés d'un flagelle, ont incorporé une algue verte unicellulaire. Les ancêtres des hétérocontes, dont les algues brunes, tels les fucus et les laminaires de nos côtes, ont acquis, quant à eux, une algue rouge. Parfois même, des espèces issues d'endosymbioses secondaires ont été transformées en plastides par une endosymbiose tertiaire : chez certains dinophytes (des alvéolobiontes), le plaste serait dérivé d'une algue du groupe des hétérocontes... dont le propre plaste dérivait d'une algue rouge... dont le plaste dérivait d'une cyanobactérie !

L'histoire des eucaryotes est donc faite d'endosymbioses répétées, parfois en poupées russes. Les végétaux, définis par la possession d'un plaste, ne sont donc pas monophylétiques et n'ont pas de sens au regard de l'histoire évolutive. Les algues, un sous-ensemble réunissant les organismes photosynthétiques aquatiques, ne sont pas non plus monophylétiques.

Les organismes photosynthétiques partagent souvent d'autres ressemblances cellulaires, notamment une vacuole (un sac volumineux où s'accumulent les déchets



3. L'endosymbiose est le processus par lequel une cellule photosynthétique est incorporée à l'intérieur d'une autre et devient un plaste, c'est-à-dire un organe de celle-ci. Ce phénomène s'est produit à diverses reprises chez les eucaryotes, notamment par l'internalisation de cyanobactéries [a, en rouge son génome] : c'est l'endosymbiose primaire, à l'origine de la lignée verte (dont les végétaux terrestres). Cependant, d'autres ont pu phagocyter des cellules eucaryotes déjà pourvues

d'un plaste [b, on parle d'endosymbiose secondaire]. Les hétérocontes et les euglénophytes sont apparus de cette façon. Enfin, dans le cas d'une endosymbiose tertiaire (chez certains dinophytes), un des eucaryotes précédents a été internalisé à son tour pour devenir le plaste d'une autre cellule. À chaque fois, le génome de la cyanobactérie d'origine est conservé, du moins en partie. Par ailleurs, certaines membranes des plastides sont parfois éliminées : trois ou quatre demeurent.

de la cellule) et une paroi cellulaire résistante. Ces deux caractères constituent-ils une preuve supplémentaire de l'unité des lignées photosynthétiques? En fait, ils dépendent étroitement de l'acquisition de la photosynthèse. Les ancêtres des différentes lignées d'eucaryotes photosynthétiques se nourrissaient probablement par phagocytose, ce qui leur a permis d'internaliser une cellule photosynthétique et d'en faire un plaste. Une fois le plaste acquis, celui-ci nourrit la cellule, rendant la phagocytose inutile. Une paroi, qui aurait auparavant entravé la phagocytose, devient alors utile pour la protection de la cellule contre les prédateurs, les stress mécaniques et osmotiques, etc.

Le prix de la protection

Toutefois, un prix reste à payer pour l'acquérir: la cellule ne peut plus expulser ses déchets, sans quoi ils seraient bloqués contre la paroi. D'où l'apparition d'une vacuole, qui stocke ces déchets (et assure aussi un port dressé, en gonflant sous sa pression la paroi cellulaire comme une baudruche). L'acquisition du plaste favorise donc, en cascade, celle de la paroi et de la vacuole; ces trois traits découlent d'un unique événement, l'endosymbiose. Ces phénomènes illustrent une caractéristique de l'évolution, la convergence, qui conduit des organismes à adopter, indépendamment, des traits physiologiques ou morphologiques semblables, souvent pour s'adapter à des niches écologiques ayant des points communs.

Dans ce cadre, quelle place réserver aux champignons, dont les cellules sont elles aussi dotées d'une paroi et d'une vacuole, mais qui ne sont pas photosynthétiques? Les végétaux seraient-ils monophylétiques si on leur adjoignait les champignons? D'ailleurs, les champignons eux-mêmes sont-ils monophylétiques? Rappelons d'abord une définition des champignons. Ils sont hétérotrophes (ils se nourrissent de molécules organiques) et, leur paroi empêchant toute phagocytose, absorbent de petites molécules diffusant à travers cette paroi (on parle d'absorbotropie). Certains champignons vivent entourés de petites molécules (le saccharose, par exemple); d'autres produisent des enzymes qui digèrent hors de la cellule les molécules complexes, telles la cellulose ou la lignine du bois. Cette digestion extracellulaire est risquée, car d'autres micro-organismes pourraient en bénéficier: aussi les champignons produisent-ils souvent des antibiotiques, telle la pénicilline, qui éliminent les compétiteurs. Enfin, les champignons sont formés de fins filaments, nommés hyphes, de 10 à 100 micromètres de diamètre, qui assurent l'exploration du milieu. Ce que l'on a coutume d'appeler champignons n'est que la partie « émergée » du vaste réseau caché des hyphes, dont elle assure la reproduction et la dissémination des spores.

Filamenteux, hétérotrophes, dotés de paroi et absorbotropes... Un seul groupe monophylétique réunit-il ces caractéristiques? Encore une fois, à l'instar de la photosynthèse, la réponse est non: deux lignées indépendantes répondent à



Musée des arts et métiers
60 rue Réaumur 75003 Paris
M Arts et Métiers
www.arts-et-metiers.net

Entrée libre dans la limite
des places disponibles.
Inscriptions au 01 53 01 82 70
ou à conferences@arts-et-metiers.net

Retransmis en direct
sur www.arte.tv
Posez vos questions
dès maintenant et le jour même à
sciences@arteFrance.fr

Le temps de l'Univers

Au XX^e siècle, deux révolutions, l'une quantique, l'autre relativiste, ont bouleversé la physique. Ont-elles affecté notre perception du temps? Existe-t-il plusieurs manières de concevoir le temps? Comment cette conception peut-elle évoluer?

jeudi 30 novembre
de 18 h 30 à 20 h

Pour répondre à ces questions, et aux vôtres, venez rencontrer
autour d'un verre

Étienne Klein, physicien au CEA et philosophe
Jean-Philippe Uzan, astrophysicien à l'Institut d'astrophysique de Paris
Jean-Michel Besnier professeur de philosophie à l'université de Paris-Sorbonne

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS



cette définition (en brun sur la figure 2). Les eumycètes, groupe frère des métazoaires au sein des opisthocontes, incluent l'essentiel des espèces, comme les levures, le champignon de Paris et ses cousins de nos forêts ; les oomycètes (des hétérocontes) comportent en particulier le mildiou de la pomme de terre. Le type d'organisation « champignon » est donc apparu à deux reprises ! Les champignons illustrent un autre cas de convergence, qui a suscité leur regroupement dans les classifications classiques fondées sur la ressemblance.

Pour ajouter à la convergence, on observe aujourd'hui qu'une stratégie semblable à celle adoptée par les deux lignées de champignons émerge chez des plantes parasites, les *Rafflesia* (voir la figure 6). En effet, ces plantes tropicales, dont les fleurs sont les plus grosses connues, ont perdu leur chlorophylle et parasitent d'autres plantes. Au début de leur développement, à l'intérieur de leur hôte, elles ne forment pas de vrais tissus, mais seulement des filaments pourvus de paroi et absorbotrophes ! Elles ressemblent donc à des champignons, et ne sont d'ailleurs visibles extérieurement qu'au moment de leur floraison, tout comme beaucoup de champignons à l'automne.

Devenir un champignon

De même, certaines bactéries se comportent à la façon de champignons. Les actinomycètes, des bactéries filamenteuses du sol et des eaux, sont hétérotrophes, dotés d'une paroi, et fabriquent des enzymes ainsi que divers antibiotiques (par exemple, la streptomycine). De plus, ils produisent des spores. Ces différents caractères évoquent tellement ceux des champignons que les naturalistes du XIX^e siècle avaient regroupé les deux types d'organismes (d'où le suffixe *mycètes*), avant la découverte d'une différence entre eucaryotes et bactéries.

Définis plus largement comme l'ensemble des champignons et des organismes photosynthétiques, les végétaux ne constituent pas non plus un groupe monophylétique. Végétaux, champignons et algues n'existeraient-ils donc plus ? Ces mots ont certes perdu leur valeur dans une classification phylogénétique, mais ils ont encore un sens et un emploi. Ils peuvent désigner une stratégie commune, notamment pour se nourrir, qui contraint fortement la morphologie et la physiologie d'une collection d'organismes évolutivement distants, mais secondairement convergents.

Selon ces conditions d'usage, les algues sont des organismes photosynthétiques et généralement aquatiques ; les champignons sont des organismes filamenteux et hétérotrophes ; enfin, les végétaux sont, au choix, les eucaryotes photosynthétiques ou dotés d'une paroi. Ces termes rassemblent utilement des organismes assez semblables pour qu'on ait besoin d'un nom pour les désigner, de la même façon que l'on parle d'animaux marins, de plantes grasses... alors que les espèces réunies sous ces vocables ne sont pas voisines. Les classifications anciennes n'ont pas détecté tous les groupes monophylétiques, car ce n'était pas leur but, mais elles ont créé des regroupements encore utiles pour décrire les organismes.

Puisque le concept de végétaux évolue, peut-on encore appliquer l'ancienne division du monde vivant entre animaux et végétaux, et individualiser les animaux ? Ce terme était appliqué à tous les organismes hétérotrophes (donc

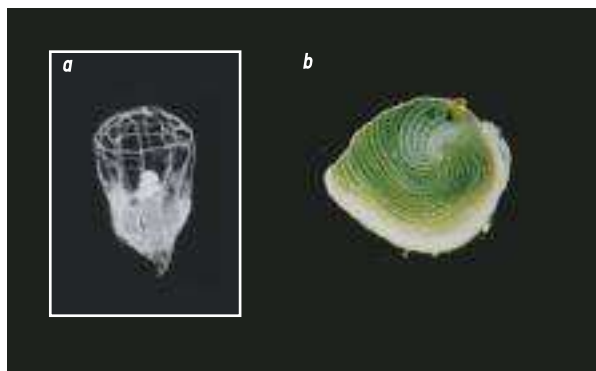


Marc-André Sasse



Shutterstock/Trouiss

4. Les champignons ne constituent pas un groupe monophylétique. En effet, ces organismes hétérotrophes, formés de filaments, dotés de paroi et absorbant dans le milieu de petites molécules, sont apparus dans deux lignées distinctes : les oomycètes, tel le pythium (a) et les eumycètes (proches des métazoaires), comme les levures et les champignons des bois, notamment le cèpe (b).



Maria Holzmann

5. Les choanoflagellés (a, *Diaphanoeca grandis*, environ 10 micromètres de diamètre) et les foraminifères (b, *Archaias angulatus*, un millimètre de diamètre) abritent dans leurs cellules des algues photosynthétiques (b, en vert) : un premier pas vers l'acquisition d'un plaste. Les descendants de ces « animaux » seront peut-être des végétaux... ou perdront leurs algues.



Paula Wilkes

6. La *Rafflesia*, en perdant sa chlorophylle au cours de l'évolution (elle n'est plus photosynthétique), est devenue dépendante d'autres plantes qu'elle parasite. Au début de sa vie, elle n'est constituée que de filaments invisibles et n'apparaît qu'au moment de sa floraison (ici, en Malaisie, son diamètre est d'environ 50 centimètres) : ce mode de vie est semblable à celui des champignons.

incapables de photosynthèse) et généralement dotés de mobilité. Il réunissait les animaux pluricellulaires, c'est-à-dire les métazoaires (*en bleu sur la figure 2*) et l'ensemble des unicellulaires hétérotrophes et mobiles, collectivement nommés « protozoaires » (*en orange sur la figure 2*). Ce terme (*proto*) sous-entendait que leur apparition avait précédé celle des métazoaires. Or, si les métazoaires sont bien monophylétiques, les protozoaires sont constitués de nombreuses lignées indépendantes, sans lien étroit avec les métazoaires. Les « animaux » ne sont donc pas monophylétiques !

Animal et végétal à la fois

Parmi les protozoaires, on peut schématiquement distinguer les amibes et les flagellés. Les amibes sont des organismes unicellulaires qui se déplacent en émettant des expansions cellulaires, lesquelles contribuent parfois à la phagocytose de leurs proies. Certaines ont une enveloppe minéralisée, par exemple les foraminifères et les radiolaires. Les flagellés, quant à eux, regroupent des unicellulaires possédant un flagelle locomoteur. Amibes et flagellés étaient deux groupes des classifications anciennes, mais ils sont constitués de lignées indépendantes, sans ancêtre commun qui leur soit spécifique.

Par ailleurs, la partition entre, d'une part, organismes mobiles et hétérotrophes et, d'autre part, photosynthétiques n'est pas toujours possible. Bien des groupes d'algues unicellulaires ont des flagelles. Certaines algues, comme des dinophytes, capturent et digèrent des proies unicellulaires qui leur fournissent de l'azote, du phosphate et un peu de carbone, une hétérotrophie qui s'ajoute à leur photosynthèse. La plu-

part des eucaryotes étant microscopiques (l'essentiel de la diversité du vivant est invisible), la division du monde entre animaux et végétaux peut paraître pertinente à l'œil nu, mais s'effondre sous le microscope.

L'évolution des eucaryotes est jalonnée de transitions entre l'état hétérotrophe et l'état photosynthétique. Nous avons vu que l'endosymbiose « exporte » la photosynthèse d'une lignée vers une autre. Cette histoire se répète sous nos yeux. Prenons, parmi les métazoaires, les cnidaires tels les coraux et les anémones (*voir la figure 1*) : beaucoup « hébergent » au sein de leurs cellules des algues endosymbiotiques, les zooxanthelles (des dinophytes). Dans certains cas, celles-ci sont transmises de la mère à l'embryon *via* les ovules. Cette hérédité ressemble à celle des plastes et l'on peut s'interroger : leurs hôtes ne sont-ils pas presque des végétaux ?

Ce sont, en tout cas, de telles situations initiales qui ont conduit aux lignées actuellement dotées de plastes. Plus généralement, de nombreux eucaryotes accueillent des algues dans leurs cellules : les premiers pas vers l'endosymbiose sont donc fréquents, par exemple chez des radiolaires et des foraminifères, ou bien chez les choanoflagellés, un groupe d'unicellulaires voisins des métazoaires (*voir la figure 5*).

Par ailleurs, certains organismes perdent secondairement leurs plastes, et avec eux, la photosynthèse : ils retournent à l'état ancestral hétérotrophe. On le sait, car le génome de leur noyau contient encore des gènes qui proviennent d'un plaste, preuve qu'il en existait un autrefois dont quelques gènes ont été transférés au noyau. C'est le cas des oomycètes, qui sont donc secondairement des champignons, mais aussi des trypanosomidés tel l'agent de la maladie du sommeil. La photosynthèse a aussi été perdue chez les sporozoaires (des alvéolobiontes), un groupe auquel appartient l'agent du paludisme : dans ce cas, le plaste subsiste et effectue diverses fonctions pour la cellule, mais plus aucune photosynthèse. On touche ici à une seconde caractéristique de l'évolution : elle n'a pas de sens ni de but ; elle est parfaitement réversible. Elle peut déconstruire un jour ce qui a été sélectionné auparavant !

Ainsi, même en écartant les champignons, la distinction animal/végétal a surtout valeur descriptive et n'a pas de sens pour celui qui s'intéresse à la classification. Les résultats, souvent contre-intuitifs, de la classification phylogénétique dessinent une histoire évolutive pleinement réversible qui accumule des différences entre organismes apparentés, mais crée aussi d'étonnantes ressemblances entre organismes non apparentés. La symbiose y occupe un rôle majeur.

Renverser les évidences apparentes, et changer profondément : n'est-ce pas là justement le propre de la connaissance, et d'une science qui progresse ?

Marc-André SELOSSE est professeur à l'Université Montpellier II et mène ses recherches sur la symbiose au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CNRS), à Montpellier.

G. LECOINTRE et H. LE GUYADER, *Classification phylogénétique du vivant*, Belin, 2006.

Les Génies de la science, Linné, n° 26, février-mai 2006.

M.-A. SELOSSE, *La symbiose, structures et fonctions, rôles écologiques et évolutifs*, Vuibert, 2000.