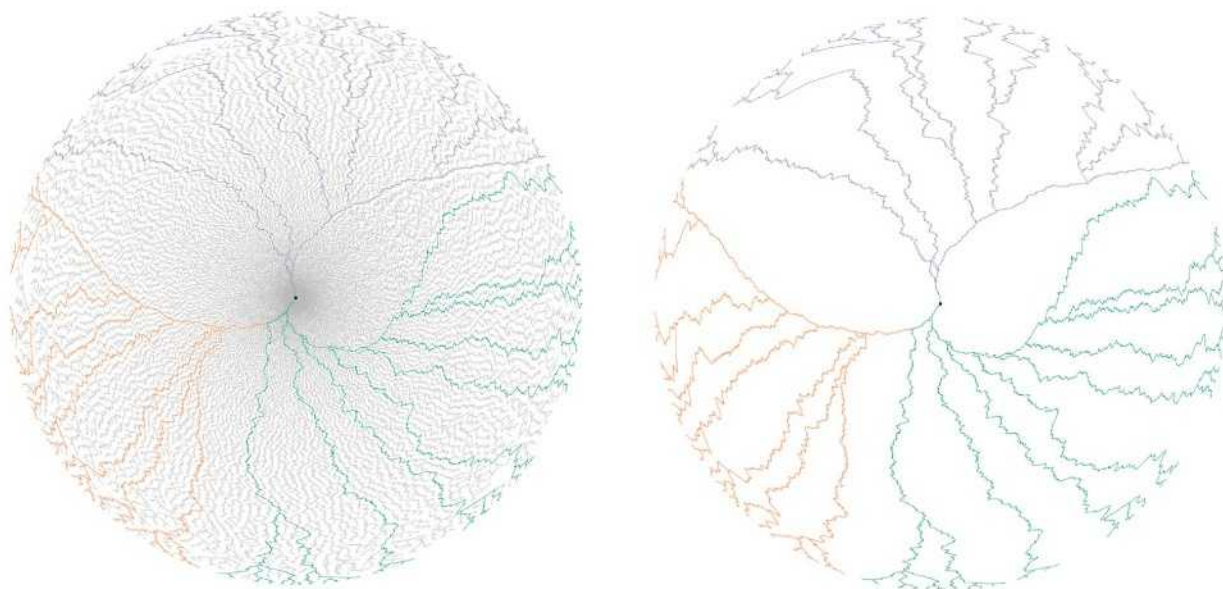




Deux visions de l'arbre du vivant obtenues par des simulations, orientées du centre vers les extrémités : à gauche, un arbre qui contiendrait toutes les espèces ayant existé sur Terre ; à droite, la partie que l'on peut construire à partir des espèces actuelles connues, en l'absence de fossiles et de transferts de gènes.

> absolu (en millions d'années). Néanmoins, elles sont généralement cohérentes avec des méthodes d'horloge moléculaire.

Chez les cyanobactéries, les nombreux transferts de gènes identifiés suggèrent que le groupe des *Prochlorococcus* et des *Synechococcus*, qui rassemble les organismes les plus abondants à l'heure actuelle dans les océans, responsables d'une part significative de la production d'oxygène par photosynthèse, serait apparu tardivement par rapport aux autres groupes de cyanobactéries (voir l'encadré page 63). Les méthodes d'horloge moléculaire tendaient à leur attribuer une origine ancienne, mais la vitesse d'évolution de ces organismes rend difficile l'utilisation de ces méthodes, ce qui suggère que, dans ce cas, la datation par l'étude des transferts de gènes est plus fiable.

UN HÉRITAGE DES ESPÈCES DISPARUES

L'analogie entre un transfert et un fossile ne s'arrête pas à leur utilisation pour la datation. Ils peuvent tous deux porter une trace des espèces éteintes. Sur la base du registre fossile, on estime à plus de 99% la proportion des espèces ayant vécu sur Terre et qui n'ont pas de descendants aujourd'hui. Quand on fait l'histoire du monde vivant à partir des espèces actuelles, en remontant dans le temps et en suivant la trace de leurs ancêtres, on n'a accès qu'à une infime partie de l'écosystème passé (voir la figure ci-dessus). Sans compter qu'on est loin de connaître toutes les espèces actuelles. Notre seule information sur ces espèces disparues est faite de fossiles.

Si nous connaissons les dinosaures, qui ont peuplé la Terre pendant des millions d'années,

c'est parce qu'ils ont laissé des traces fossiles. Et s'ils ont laissé des traces fossiles, c'est parce qu'ils sont gros et que leurs tissus se fossilisent bien, comme les os. Des organismes microscopiques, de loin les plus abondants et les uniques occupants de la Terre durant l'essentiel de son histoire, nous n'avons quasiment aucune trace... sauf celle des transferts. En effet, si la détection d'un transfert nécessite que l'organisme receveur ait des descendants actuels, le donneur a toutes les chances de provenir d'une espèce éteinte. L'existence du transfert fait qu'elle n'a pas tout à fait disparu, sa contribution aux génomes actuels est preuve de son existence. En détectant un grand nombre de transferts d'un même donneur inconnu, on pourrait donc déceler une espèce disparue, ou une grande lignée qui aurait eu une importance pour les écosystèmes pendant de longues périodes, et dont on n'a pas d'autre trace. Cette possibilité théorique est connue de la communauté scientifique depuis quelques années, mais personne n'a encore réussi à la mettre en pratique.

LA PISTE DU MICROBIOTE

On a peut-être crié un peu vite à l'incompatibilité entre l'entreprise phylogénétique et le transfert horizontal. Sans prétendre que la réconciliation que nous proposons ait l'ampleur de la synthèse néodarwinienne, qui avait rassemblé de grands pans de la connaissance pour construire une théorie réconciliant l'évolution et l'hérédité, nous soutenons que le transfert est, pour la construction des arbres, leur orientation, la datation et la connaissance des espèces éteintes, un allié décisif – un nouveau registre fossile. De fait,

BIBLIOGRAPHIE

A. A. Davin et al., **Gene transfers can date the tree of life**, *Nat. Ecol. Evol.*, vol. 2, pp. 904-909, 2018.

T. A. Williams et al., **Integrative modeling of gene and genome evolution roots the archaeal tree of life**, *PNAS*, vol. 114(23), pp. 4602-4611, 2017.

H. Le Guyader, « **L'arbre du vivant cachait une forêt** », *Pour la Science*, n° 469, pp. 26-30, 2016.

S. M. Soucy et al., **Horizontal gene transfer : building the web of life**, *Nat. Rev. Genet.*, vol. 16, pp. 472-482, 2015.

G. J. Szöllösi et al., **Lateral gene transfer from the dead**, *Syst Biol.*, vol. 62(3), pp. 386-397, 2013.

L. Duret et S. Charlat, **Éloge de l'ADN poubelle**, *Dossier Pour la Science*, n° 81, pp. 10-17, 2013.

S. S. Abby et al., **Lateral gene transfer as a support for the tree of life**, *PNAS*, vol. 109(13), pp. 4962-4967, 2012.

la réconciliation entre transfert horizontal et évolution ne vise pas seulement à les faire cohabiter, mais à les faire s'enrichir l'un l'autre. Loin d'oblitérer la possibilité de construire une histoire du vivant en utilisant la phylogénie, le transfert horizontal lui apporte précisément ce qui lui manquait.

Beaucoup de possibilités issues de ces idées restent à exploiter. Par exemple, toute forme d'hérédité non verticale est susceptible d'apporter le même type d'information: la transformation, mais aussi l'hybridation, l'introgression, la symbiose, ou encore les transferts de parasites ou d'organismes symbiotiques (*voir l'encadré page 58*)... De plus, si les macroorganismes transfèrent probablement moins leurs gènes, ils portent eux-mêmes souvent des microbes parasites ou symbiotiques qui, eux, se transfèrent d'un individu à l'autre ou transfèrent leurs gènes. Ces microbes sont donc eux-mêmes des sources potentielles d'information sur l'histoire des plantes ou des animaux. Tout récemment, une équipe de l'institut de technologie du Massachusetts a ainsi détecté, à l'aide de notre méthode, les transferts de bactéries du microbiote intestinal des mammifères au cours de leur histoire.

Les transferts nous renseignent aussi sur les relations géographiques et écologiques

Pour la construction des arbres, le transfert de gènes est un nouveau registre fossile

entre espèces ou populations passées, puisqu'un transfert nécessite une proximité entre le donneur et le receveur. Trois docteurs dans notre équipe explorent certains de ces aspects: pour étudier l'histoire des populations humaines sur la base des échanges de gènes entre leurs parasites, pour établir des chronologies de diversification ou pour retrouver des lignées encore inconnues. D'autres équipes dans le monde commencent aussi à utiliser ces méthodes de réconciliation avec des objectifs variés. Ces recherches menées parallèlement mèneront-elles à une nouvelle crise? Nul ne le sait encore... ■

Les lois du HASARD

- 120 pages pour découvrir les lois du hasard en mathématiques, biologie, physique, etc
- En vente chez votre marchand de journaux ou sur boutique. pouirlascience.fr

