

On ne les voit pas, et pourtant, depuis des milliards d'années, ils façonnent la Terre et la rendent habitable pour nous. Climat, océans, sous-sol... les microbes invisibles sont les bâtisseurs de notre planète.

Marc-André Selosse, Pierre Thomas et Bénédicte Ménez

En 1910, dans *La Journée d'un Parisien au ^{XX}^e siècle*, Octave Béliard imagine une Terre où la technologie triomphe, mais le vivant périclite. Seuls quelques animaux subsistent... au Muséum d'histoire naturelle. Pour y remédier, il est décidé d'aménager une réserve naturelle accueillant les espèces terrestres en danger, avant que l'humanité n'y débarque. Où ? Sur la Lune ! Notre satellite se voit donc doté d'une atmosphère, puis de végétation...

Cette histoire est l'un des premiers exemples dans la littérature de l'idée de terraformation, c'est-à-dire de la transformation d'un corps céleste, planète ou autre, de façon à le rendre habitable. Le concept fera florès et on le retrouve dans les plus grandes œuvres de science-fiction, comme *Dune*, *Total Recall* ou *Star Wars*. La tâche est sans doute ardue tant les processus à prendre en compte sont nombreux, mais une source d'inspiration est toute trouvée, là, sous nos pieds. En effet, au moment de sa formation, notre planète était loin d'être propice à la vie terrestre actuelle : il a fallu que la Terre soit terraformée.

Ce fut un travail au long cours qui au bout du compte a produit les mers et océans, les roches du sous-sol, le climat que nous connaissons, et même l'oxygène que nous respirons. Les phénomènes en jeu sont innombrables, mais ils partagent un point commun : ils sont

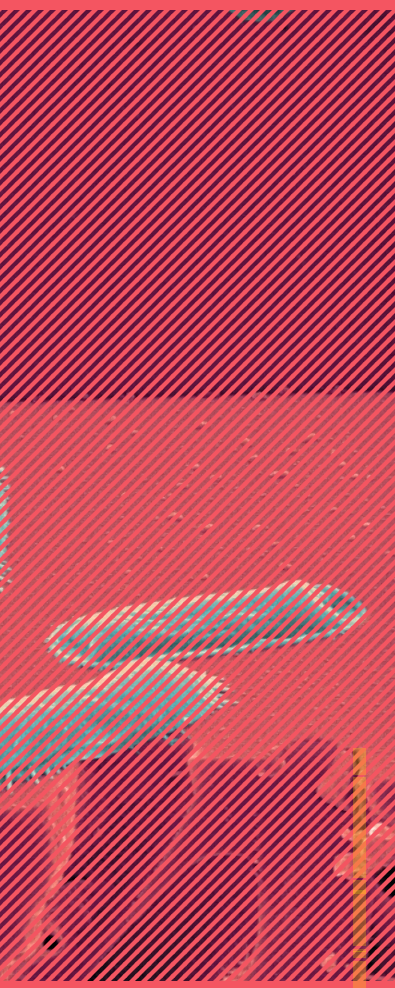
le fait d'invisibles, à savoir les microbes, ces unicellulaires variés incluant surtout les bactéries au sens large (les archées et les bactéries au sens strict) à qui nous ne devons rien de moins que la Terre actuelle.

DES MICROBES QUI NE MANQUENT PAS D'AIR

Quand des corps rocheux s'agglomèrent pour former la Terre, l'atmosphère se dégaza sous l'effet de la chaleur libérée ; elle fut ensuite renforcée par des chutes tardives d'autres météorites et les volcans.

Cependant, quand on chauffe expérimentalement des météorites de composition semblable à ces corps rocheux primordiaux, le mélange obtenu ne contient pas de dioxygène O_2 , qui pourtant représente 21 % de l'atmosphère actuelle. Par contre, il est riche en CO_2 (ce gaz constitue par exemple plus de 90 % des atmosphères martiennes et vénusiennes) alors que l'atmosphère terrestre actuelle n'en contient que 0,04 %. Que s'est-il passé ? Comment l'atmosphère a-t-elle été transformée ?

C'est que la Terre porte la marque d'une invention microbienne majeure : la photosynthèse oxygénique. Probablement inventé par les cyanobactéries il y a 2 ou 3 milliards d'années, voire plus tôt, ce métabolisme utilise la lumière solaire et transforme le CO_2 en



© A. Perron et S. Borenstein, Inra/Université de Paris

matière organique avec un sous-produit: l'O₂. Consommation du CO₂ et production d'O₂ ont modifié notre atmosphère, en même temps que se développait la biomasse.

Mais il y a un hic. Très oxydant, l'oxygène est toxique pour les êtres vivants qui n'y sont pas adaptés: sa libération et son accumulation dans l'atmosphère entre 2,3 et 1,8 milliards d'années, un événement connu sous le nom de Grande Oxydation, semblent avoir été suivies d'un milliard d'années pauvres en fossiles. Dans cette biosphère perturbée, l'intensité de la photosynthèse elle-même chuta d'au moins 80%. La biosphère a néanmoins survécu à l'oxygène. Les cyanobactéries sont toujours présentes aujourd'hui, et certaines vivent dans les cellules des plantes ou des algues où, après «domestication», elles sont devenues... les chloroplastes, ces compartiments qui effectuent justement la photosynthèse. Un processus bactérien est devenu celui du monde végétal.

Certains microbes parvinrent à tolérer l'oxygène, d'autres à l'utiliser. Ce fut le début de la respiration aérobie, une sorte de miroir de la photosynthèse où l'oxygène est utilisé pour oxyder de la matière organique: cela libère de l'énergie et du CO₂. On parle ici de la «respiration cellulaire», un ensemble de processus métaboliques récupérant l'énergie de molécules organiques grâce à une réaction avec l'oxygène. La respiration aérobie est un métabolisme de bactéries dont certaines, à l'instar des cyanobactéries devenues chloroplastes, ont été accaparées par un lointain ancêtre commun aux animaux,

— En bref —

> La Terre, inhabitable pour nous au moment de sa formation, a été transformée par l'activité microbienne qui l'a rendue propice à la diversification des formes de vie actuelles.

> Des bactéries ont produit l'oxygène et capté le CO₂, faisant de notre atmosphère celle que nous connaissons.

> Ces microbes, invisibles, constituent une part majeure de la biomasse et convertissent dans de grands cycles le carbone, le fer, l'azote, le soufre...

> Ce faisant, ils influent notablement sur le climat, les océans, le sous-sol et participent aux extinctions de masse.

plantes, champignons et amibes pour évoluer en mitochondries, ces compartiments de la cellule producteurs d'énergie grâce à la respiration aérobie. Quand nous apportons de l'oxygène à nos cellules, nous alimentons des microbes invisibles!

L'O₂ libéré par les cyanobactéries a eu un autre effet crucial: dans la stratosphère, entre 13 et 40 kilomètres d'altitude, les rayonnements solaires le transforment en ozone (O₃). Or là-haut, ce gaz intercepte plus de 97% des rayonnements ultraviolets B particulièrement nocifs pour l'ADN. Avant l'établissement de la couche d'ozone, l'essentiel de la vie était réfugié sous les eaux ou dans les roches... L'oxygénation de l'atmosphère et l'installation d'un bouclier d'ozone protecteur rendirent les continents habitables pour une large gamme d'organismes!

OXYGÈNE EN EXCÈS OU MANQUANT ?

Le lien entre la quantité de biomasse formée par la photosynthèse et la quantité d'oxygène est évident. Pourtant, en considérant toute la biomasse terrestre, le résultat du calcul de la quantité d'oxygène que devrait contenir l'atmosphère est cent fois inférieur à ce qu'il est en réalité. C'est que nous avons oublié la matière organique d'origine biologique fossilisée, enfouie dans le sous-sol, accumulée dans les charbons ou dispersée dans d'autres sédiments, argiles et marnes par exemple. Refaisons le calcul... encore raté, car on obtient cette fois cent fois plus d'oxygène qu'attendu. Où est l'erreur?