Un livre de Marc-André Selosse : « L'origine du monde » (1)

L'origine du monde : une histoire naturelle du sol pour ceux qui le piétinent

Partage international n° 428 – Avril 2024

par Dominique Abdelnour

Marc-André Selosse est microbiologiste, écologue et enseignant. Il est professeur au Muséum national d'histoire naturelle à Paris et aux universités de Gdansk, en Pologne, et de Kunming, en Chine. Ses recherches portent sur l'écologie et l'évolution des associations mutuellement bénéfiques (symbioses).

Dans ses livres *L'origine du monde* et *Petites histoires naturelles*, ainsi que dans ses vidéos sur YouTube, Marc-André Selosse explique le rôle du sol qui regorge de vie, comment les humains le maltraitent et comment le sol peut aggraver ou aider à contrôler les changements climatiques. Ce premier article traite de la composition du sol et de la vie qui l'habite. Un second article traitera de l'impact de l'humanité sur le sol et de l'impact du sol sur le changement climatique.

Formation du sol

Le sol est cette fine couche située entre la roche terrestre (rayon de la Terre : 6 371 km) et l'atmosphère (épaisseur 100 kilomètres). Sa profondeur peut varier de quelques dixièmes de millimètre à 10 mètres. Les sols les plus fertiles ont généralement une profondeur de un à deux mètres dans les plaines fertiles des pays à climat tempéré. Cette fine couche soutient la vie, point de rencontre des règnes minéral, végétal et animal. Elle permet aux grands mammifères et au quatrième règne, le règne humain, de vivre. Le sol soutient leurs pas et leur fournit la nourriture.

Un bon sol agricole est composé de 50 % de matières solides (45 % de matières minérales et 5 % de matières organiques), de 25 % de liquides et de 25 % d'air, ces deux derniers éléments étant enfouis dans les cavités des matières organiques et des roches en décomposition.

Il y a environ deux milliards et demi d'années, un processus majeur s'est enclenché, ouvrant la voie aux conditions actuelles de la vie sur Terre : les cyanobactéries ont commencé à coloniser les océans, produisant de l'oxygène par photosynthèse. Puis, il y a environ 400 millions d'années, les cyanobactéries sont passées des océans à la terre ferme et ont commencé à s'accrocher au socle rocheux de la Terre, formant un biofilm visqueux[1] et attaquant la roche pour en extraire les minéraux. C'est le début de la formation du sol tel que nous le connaissons aujourd'hui.

D'autres micro-organismes, bactéries et champignons microscopiques, rejoignent ensuite le biofilm.

« Ainsi entrelacés dans une glue commune qu'ils secrètent ensemble, coopérant entre eux, ou les uns dévorant les autres, morts ou vifs, ils forment une forteresse résistant aux frottements, à la sécheresse, et aux produits toxiques. Le biofilm présente déjà le rôle qui sera celui de la matière organique (dans le sol), il retient l'eau, attaque des composants de la roche, […] et retient englués les restes organiques morts et les fragments minéraux. »

Si le substrat rocheux n'est pas trop en pente, peu à peu, les lichens, puis les mousses, puis les plantes pionnières, les arbustes et les arbres s'enracinent, chacun préparant le sol pour l'espèce suivante, aboutissant au sol fertile que nous connaissons aujourd'hui et qui permet de cultiver les plantes qui nourrissent huit milliards d'êtres humains. La photosynthèse des cyanobactéries a transformé l'atmosphère terrestre en un mélange d'azote et d'oxygène dans lequel la vie actuelle s'est développée et respire. Il est étonnant de penser que nous respirons les déchets des cyanobactéries d'il y a quelques milliards d'années !

Les mouvements du sol

Le sol nous paraît solide et immuable puisque nous y construisons nos maisons depuis des lustres. Il est cependant soumis à de nombreux mouvements. Il y a

tout d'abord les mouvements horizontaux, lorsque le vent transporte les particules non collées par l'humus végétal et non protégées par les parties supérieures des plantes vers d'autres sols, ou lorsque les eaux de ruissellement les transportent vers des rivières à l'aspect boueux, où elles fertilisent le littoral et nourrissent les poissons. Le sol connaît également des mouvements verticaux, facilités par les pores du sol et les puits verticaux creusés par ses nombreux habitants : vers de terre, nématodes[2], amibes, bactéries. Il est consolidé par leurs rejets de matières organiques.

Les racines des plantes et les mycorhizes[3] s'infiltrent dans ces cavités, et l'eau de pluie descend par ces pores pour alimenter la nappe phréatique, se chargeant progressivement en sels minéraux et nourrissant les micro-organismes sur son passage. Les plantes remontent l'eau (et les sels minéraux) par capillarité, aspirée par la transpiration du feuillage dans l'air, et descendent les sucres de leur sève qui nourrit les racines, les micro-organismes du sol et les champignons. La matière organique apporte au sol de nombreuses propriétés spécifiques : elle absorbe les minéraux, stocke l'eau et le carbone et nourrit les microbes. La matière organique du sol lie aussi les particules minérales par un processus de floculation colloïdale dans un *complexe argilo-humique* qui conserve la fertilité, empêche le lessivage des minéraux vers les rivières et la mer et réduit les inondations. Les engrais minéraux ne peuvent pas remplir cette fonction. Il y a plus de carbone dans la matière organique à 30 cm de profondeur dans le sol (1 500 milliards de tonnes) que dans la quantité totale de carbone dans les plantes (600 milliards de tonnes) et dans l'atmosphère (720 milliards de tonnes). La biomasse du sol représente 60 à 90 % de la biomasse terrestre totale.



Photo : Ines Zgonc, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons

Il y a environ une centaine de vers de terre par mètre carré de prairie.

La vie du sol et de ses habitants

Dans le sol, la vie se traduit par le passage de la chimie inorganique (des petites molécules simples, contenant parfois du carbone comme le CO2) à la chimie organique construite autour du carbone, avec de grosses molécules complexes, produisant de nombreuses configurations grâce à la tétravalence du carbone, jusqu'à quatre liaisons avec d'autres atomes, ou de se lier à du carbone dans des chaînes carbonées.

La vie se complexifie à travers une profusion de processus métaboliques. A la base de toute vie sur cette planète, nous trouvons cependant au moins l'un des deux processus sous des formes très différentes :

la photosynthèse, qui produit par exemple des sucres (matière organique) et de l'oxygène à partir de dioxyde de carbone et d'ions hydrogène (réduction de l'effet de serre) ;

– la respiration, feu contrôlé de la cellule qui transforme les sucres en ATP[4] et produit des gaz à effet de serre, comme le gaz carbonique, le méthane ou le dioxyde d'azote, selon l'environnement et le mécanisme utilisé.

C'est l'équilibre dynamique entre ces deux processus qui, en un peu plus d'un milliard d'années, a produit la bonne concentration d'oxygène, la bonne quantité de gaz à effet de serre, la bonne température et la bonne circulation de l'eau pour permettre la vie sur Terre aujourd'hui. En l'espace de quelques milliers d'années, nous sommes en train de rompre cet équilibre. La matière organique enfouie dans le sol stocke le carbone, qui n'est libéré que très lentement par la respiration des êtres vivants, bactéries, ou des plantes la nuit. Avec les multiples vies qui l'habitent, le sol est, selon les cas, émetteur ou consommateur de gaz à effet de serre. Son importance est telle qu'on ne pourra contenir les gaz à effet de serre sans tenir compte du sol et de ses habitants.

Dans un mètre carré de sol, il y a plusieurs dizaines de milliers d'animaux de 10 à 500 espèces, représentant entre 10 g à un kilo de chair. Dans un gramme (oui, un gramme !) de sol forestier, on trouve de 100 000 à 10 millions de bactéries de plusieurs milliers d'espèces, les filaments ou spores de milliers d'espèces de champignons, plusieurs millions d'algues unicellulaires, et 10 à 1 000 millions de virus. La diversité habite notre sol, dans un

écosystème complexe fait de relations d'entraides, de luttes et de parasitismes, où la vie manifeste et maintient la diversité depuis des millions d'années.

Le sol d'un champ contient plus de dix tonnes de biomasse vivante par hectare, réparties comme suit : 3,5 tonnes de champignons, 1,5 tonne de bactéries, 3 à 6 tonnes de racines et 1,5 tonne de petits animaux, soit l'équivalent d'une centaine de moutons enfouis dans un hectare de sol.

Ignorer la vie du sol, c'est passer à côté de l'essentiel

Les plantes ne pouvant se déplacer, préparent le sol pour la saison ou les générations suivantes. La matière organique qui parvient au sol nourrit une infinité d'organismes. Dans les zones où les plantes sont dépourvues de tanins mais riches en production de feuilles, la dégradation de la matière organique enrichira le sol en azote pour la prochaine récolte.

Le brunissement des feuilles en automne est dû à l'agrégation des tanins (molécules indigestes qui protègent les plantes contre les prédateurs) en grosses molécules brunes insolubles dans l'eau, qui conservent les nutriments dans le sol de la plante en vue d'une utilisation ultérieure. Les champignons décomposent lentement la lignine et les tanins ; tout est utilisé, tout servira de nourriture demain.

En respirant, les nombreuses bactéries du sol consomment de l'oxygène, décomposent la matière organique et minéralisent le sol, rendant ces minéraux disponibles pour les futures plantes. Elles sont rejointes par les acariens et les champignons dans ce festin de matière organique morte. Dans le sol, tout est en mouvement, amenant les minéraux à la surface et la matière organique dans le sol dans un mélange fertilisant qui crée également la porosité du sol à travers laquelle l'air et l'eau peuvent circuler. Par ses racines, la plante enfouit la matière organique en creusant le sol, apportant de la biomasse, des sécrétions et des sucres. La mort des racines produit 1 à 5 fois la biomasse des feuilles tombées au sol. Dans un mouvement inverse à celui de la sève sucrée, la plante envoie des minéraux de ses racines vers ses parties aériennes.

Les animaux jouent également un rôle important dans cette bioturbation du sol. On compte une centaine de vers de terre par mètre carré de prairie, certains se déplaçant verticalement, d'autres horizontalement ; les *« laboureurs »* de la terre creusent des galeries ; leur mucus les solidifient et facilite le passage de l'eau, cela aère la terre permettant l'oxygénation des bactéries.

Les vers de terre mangent chaque jour 20 fois leur poids de terre. La totalité du sol des plaines fertiles passe par les vers de terre tous les trois à cinq ans ! (Il s'agit de la couche de un ou deux mètres d'un sol fertile.) Dans ses excréments, le ver de terre forme un mariage étroit et très stable entre la matière organique et l'argile : le fameux *complexe argilo-humique*, qui contribue fortement à la fertilité du sol par ses propriétés physico-chimiques et le stabilise.

Les fourmis et les termites déplacent de 1 à 50 tonnes de terre par hectare et par an, cela aère le sol, transportant la matière organique vers le bas et la matière minérale vers le haut dans un processus de mélange constant. Elles stabilisent également les galeries avec leur mucus. Tous ces mouvements et processus chimiques complexes d'organismes vivants sont incroyablement plus fertilisants et durables que le labour et les produits phytosanitaires.

« Au final, toute cette histoire de mariage entre la roche, la matière organique et l'atmosphère est chorégraphié par la vie, qui déplace les choses (vers de terre, amibes, racines, filaments de champignons, etc.). Le sol est une sorte de chantilly battue par le vivant. Et toute cette vie du sol crée des trous dans le sol, des trous dans lesquels circulent les gaz et l'eau qui permettent la vie. »

1. On peut voir les prémices de ce biofilm sur les façades noircies de nos immeubles dans les zones exposées à l'eau (ces traînées noires sont prises à tort pour de la pollution) ou sur les dalles de nos jardins, qu'il noircit et que lichens et mousses finissent par coloniser si l'on ne nettoie pas.
2. Nématodes : minuscules vers qui vivent dans le sol.
3. Mycorhizes : association entre le mycélium, la partie souterraine des champignons, et les racines des plantes.
4. ATP : adénosine triphosphate ; c'est la principale source d'énergie des cellules.

Auteur : Dominique Abdelnour, collaboratrice de Share International résidant en France.
Thématiques : environnement
Rubrique : Compte rendu