

Le Monde, 30 novembre 2021

**[Marc-André Selosse : « Le sol, c'est un patrimoine, notre devoir est de le transmettre »](#)**

Spécialiste des liens entre les champignons et les racines des plantes, Marc-André Selosse livre dans son dernier ouvrage, « L'Origine du monde », un plaidoyer pour mieux respecter les sols.

Propos recueillis par Florence Rosier

Professeur au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, Marc-André Selosse est un spécialiste des liens entre les champignons du sol et les racines des plantes, une symbiose essentielle aux deux partenaires. Dans son dernier livre au titre provocateur, *L'Origine du monde* (Actes Sud, 480 p., 24 €), il nous invite à un périple souterrain à travers les sols et leur vie débordante, tout en pointant les dommages que nous leur faisons subir. Un vibrant plaidoyer pour inventer des gestes respectueux de ces écosystèmes d'une formidable biodiversité, largement ignorée, car invisible.

**— Le sol serait à « l'origine du monde », vraiment ?**

Il est bel et bien à l'origine du monde actuel. Il influence le climat tantôt négativement, quand il est source de gaz à effet de serre, tantôt positivement, quand il stocke de la matière organique. Par ailleurs, les eaux des rivières et des fleuves sortent des sols où elles se sont chargées en nutriments et sels minéraux. Les sols « pleurent » ainsi dans les océans, alimentant leur fertilité. Voilà pourquoi la plupart des poissons sont pêchés le long des continents, là où les algues se développent – et pourquoi les pêcheurs bretons veulent pêcher au large de la Grande-Bretagne... Et puis, le sol joue un rôle central dans le cycle de l'eau. Il la retient comme une éponge et va écrêter les crues, soutenir les étiages et créer des réserves d'eau dans lesquelles puisent les humains et, surtout, les plantes.



*Marc-André Selosse, au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, le 5 novembre 2021. Marion Poussier pour «Le Monde»*

### — Avant la mise en place des sols, à quoi ressemblait la surface de la Terre ?

Elle présentait une dynamique d'oued, entre inondations brusques et sécheresses totales. Il n'y avait pas de plantes, mais juste de petites croûtes de microbes, un peu comme celles qui ornent les façades de nos immeubles. Et les océans, près des côtes, étaient moins fertiles.

### — Quelle est donc l'alchimie de ces écosystèmes ?

Un sol, pour faire simple, c'est de la matière organique morte en devenir, sous l'effet du vivant qui recycle ainsi des sels minéraux. Ce sont également des fragments minéraux colonisés par des microbes qui les dissolvent, notamment par des processus d'acidification locale. La fertilité ainsi libérée sert à nourrir les plantes. Et le sol contient des gaz qui y pénètrent, eux aussi en devenir sous l'effet du vivant. L'oxygène est ainsi consommé pour la respiration. Ici et là, dans des sols sans oxygène (anoxiques), des bactéries fabriquent du méthane. Ailleurs encore, certaines bactéries utilisent l'azote atmosphérique pour produire des protéines : c'est la source du stock d'azote du sol.

Les sols hébergent plus du quart de l'ensemble des espèces connues – encore ne connaissons-nous qu'à peine 1 % des microbes. Entre 50 % et 75 % de la masse vivante des écosystèmes se trouvent sous terre. Dans nos régions, un gramme de sol forestier contient des millions de bactéries, appartenant à plusieurs milliers d'espèces, des milliers d'espèces de champignons, un millier d'amibes et des milliards de virus, d'un nombre inconnu d'espèces. La biodiversité, on en parle autant qu'on la foule aux pieds...

### — Quelles sont les proportions de roche et de matière organique ?

C'est très variable. Les sols agricoles de nos régions sont très pauvres en matière organique parce qu'on les laboure, ce qui les aère et favorise la respiration de microbes qui la consomment. Cet appauvrissement les déstructure et les rend plus vulnérables à l'érosion et à la sécheresse, car ils retiennent moins bien l'eau, et cette sécheresse est elle-même très défavorable à la vie microbienne. Dans la Corn Belt du Middle West américain, par exemple, le maïs pousse – mal – sur un sol qui ne contient plus que quelques pour cent de matière organique.

A l'autre bout du spectre, on trouve les sols des tourbières, dans les zones humides du Canada, de Russie, et ponctuellement de France. Elles représentent 3 % de la surface du globe, mais concentrent les trois quarts de la matière organique stockée dans les sols du monde entier ! Dans la lande bretonne, vous trouvez de la matière organique pratiquement pure en surface. Ces tourbières sont aujourd'hui menacées par des « feux zombies » qui brûlent en été et couvent l'hiver sous la neige, pour repartir à l'été suivant. L'an dernier, les « feux zombies » russes ont émis autant de CO<sub>2</sub> que toute la Belgique.

Autre curiosité : les sols des « paramos », dans les montagnes andines, contiennent plus de 20 % de matière organique. Ils ont, de plus, une microporosité qui leur permet de retenir énormément d'eau (deux fois et demie leur poids sec). Ce sont, de fait, les châteaux d'eau de toutes les grandes villes des Andes !

### — Comment se construisent les sols actuels ?

Par un processus en miroir de celui qui opère en surface, à mesure que la végétation se complexifie. Cela commence avec les croûtes microbiennes qui patinent les roches nues ; puis se développent des croûtes de lichen et de mousses puis des herbes, et enfin des fourrés et des forêts. Sous cette

succession végétale, le sol mélangeant de la roche altérée et de la matière organique s'épaissit progressivement et finit par former un sol mature – d'une épaisseur de 2 mètres dans les régions tempérées, de 10 mètres à 100 mètres sous les tropiques –, qui va ensuite évoluer très lentement. L'ensemble de ce processus prend un millénaire, au moins : les sols sont un héritage qui ne se reconstitue pas du jour au lendemain. C'est un patrimoine dont nous avons le droit d'encaisser les intérêts, mais notre devoir est de le transmettre.

Pourtant, un sol agricole ne pèse pas très lourd aujourd'hui. La construction de l'université Paris-Saclay, sur le plateau de Saclay, a allègrement détruit un des sols les plus productifs d'Ile-de-France, et nul n'a bronché.

### — Quand se sont-ils formés ?

Quand les plantes terrestres sont apparues, c'est-à-dire quand des algues se sont associées à des champignons pour exploiter un « sol » encore très rudimentaire. Cette symbiose a commencé il y a au moins 400 millions d'années, d'après les fossiles disponibles.

Les premières plantes terrestres n'étaient pas dotées de véritables racines mais de tiges rampantes. [Les racines sont apparues plus tard](#), comme un moyen d'accueillir davantage de champignons. Cette association symbiotique perdure, car les deux partenaires y trouvent un bénéfice. Les racines, en effet, n'exploitent pas directement le sol. Elles accueillent des champignons qui puisent dans le sol les sels minéraux qu'ils redistribuent ensuite à la plante, en échange des sucres – fabriqués par photosynthèse – que celle-ci leur fournit.



Marc-André Selosse, au Muséum national d'Histoire naturelle, à Paris, le 5 novembre 2021. *Marion Poussier pour «Le Monde»*

### — Pourquoi cette symbiose a-t-elle été un bouleversement majeur ?

Parce que les plantes, grâce aux champignons, ont acquis une capacité accrue d'exploiter le sol et donc de faire de la photosynthèse. Elles ont pu nourrir encore plus les champignons, qui sont

devenus encore plus capables d'exploiter le sol. Un cercle vertueux s'est installé. Les deux partenaires ont commencé à altérer la roche et à déposer des déchets qui formeront la matière organique du sol. Par ailleurs, les filaments du champignon et les parties racinaires des plantes ont créé un maillage qui a structuré et retenu le sol.

Cette coopération a fait chuter le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. D'une part, le gaz carbonique a été massivement transformé – par photosynthèse – en plantes vivantes ou mortes (dans les sols). D'autre part, les roches se sont altérées plus vite dans les sols qu'en surface. Résultat, elles ont injecté du calcium et du magnésium, par les cours d'eau, dans les océans. Là, ces éléments ont précipité sous forme de calcaire en pompant le CO<sub>2</sub> atmosphérique. Résultat, le climat s'est massivement refroidi.

#### — Sans plantes et sans sol, pas d'atmosphère riche en oxygène...

En effet. Un des sous-produits de la photosynthèse est l'oxygène, dont le taux atmosphérique s'est mis à augmenter. Première conséquence, les incendies sont apparus et ont commencé à se propager (avant, il n'y avait pas grand-chose à brûler, et les feux ne s'entretenaient pas dans une atmosphère contenant moins de 15 % d'oxygène). Résultat, les premiers charbons se sont formés il y a environ 400 millions d'années. Mais, en plus, comme il y avait plus d'oxygène dans l'air, de plus gros animaux ont pu se développer car ils pouvaient plus facilement respirer. Des poissons – nos ancêtres – se sont hissés sur terre, capables de respirer assez pour porter leur propre poids hors de l'eau.

#### — Mais, aujourd'hui, nous piétons les sols...

La façon dont nous les traitons n'est pas durable. L'excès de labour, par exemple, augmente d'un facteur 10 à 100 leur érosion. Résultat, nos sols labourés sont en train de fondre, trop lentement pour qu'on s'en rende compte, et pourtant la dégradation des sols affecte déjà la vie de 3 milliards et demi d'individus dans le monde. D'ici trente ans, leur épuisement provoquera la migration de 50 millions à 700 millions de personnes.

#### — L'érosion des sols agricoles affecte-t-elle toutes les régions du monde ?

Quand on exporte les pratiques agricoles européennes dans d'autres écosystèmes, notamment dans les tropiques, où les sols n'ont pas le même fonctionnement, les dégâts sont parfois pires.

Aux Etats-Unis aussi des erreurs ont été commises, entraînant une prise de conscience plus précoce que la nôtre. Les pratiques de labour et de pulvérisation de la surface du sol (« dry farming ») ont entraîné, dans les années 1920-1930, des érosions éoliennes catastrophiques. La région touchée a été nommée Dust Bowl (« bassin de poussière »). Certains sols ont été décapés, ruinant des dizaines de milliers de personnes et provoquant leur exode. Ce malheur a inspiré à John Steinbeck *Les Raisins de la colère* (1939). Et au président Franklin D. Roosevelt cette phrase, en 1937 : « *Une nation qui détruit ses sols se détruit elle-même.* »

#### — Pourra-t-on [nourrir l'humanité](#) sans faire appel à des pratiques agricoles intensives ?

De nombreuses civilisations amérindiennes n'ont jamais utilisé de charrues : elles plantaient dans un trou... et c'est tout ; la main-d'œuvre pour désherber, par ailleurs, ne manquait pas. On peut donc nourrir de vastes civilisations sans labour. La charrue augmente certes les rendements à court terme, ce qui a conduit à son adoption en Europe. Mais, aujourd'hui, la permaculture, qui évite le labour, obtient des rendements réduits de seulement 10 % au plus. Ce type d'agriculture maintient un couvert végétal entre deux cultures, c'est-à-dire durant les « intercultures » (entre la récolte d'une culture et le semis de la suivante). Ces méthodes conservent la fertilité naturelle. Mais il faut poursuivre les recherches pour les généraliser (pour la pomme de terre, par exemple, la permaculture

reste difficile).

### — Inonder les sols cultivés d’engrais a deux effets pervers...

Oui, en créant une double dépendance des plantes, vis-à-vis des engrais et vis-à-vis des pesticides. Abreuvées d’azote et de phosphate sous forme d’engrais, les plantes vont cesser d’alimenter leur partenaire fongique en sucres. On entre dans un cercle vicieux : en l’absence du champignon, les plantes auront besoin de plus d’engrais pour être nourries. Elles perdront aussi la protection que leur fournissait le champignon vis-à-vis des microbes pathogènes (il émet, en effet, des toxines, et sa présence stimule le système immunitaire de la plante). Pour autant, il faut reconnaître une vertu à cette agriculture conventionnelle : elle a, quantitativement, nourri l’humanité. Mais avec des effets de bord sur la qualité des sols, sur la qualité des eaux de surface et sur la qualité des aliments.

### — Le biomimétisme pourrait nous aider à concevoir une agriculture vertueuse. Mais comment ?

Observons le fonctionnement spontané des sols, qui peut nous inspirer des alternatives à nos pratiques agricoles actuelles. Il en existe déjà, comme l’agriculture biologique, mais il faut aller plus loin. Le bio améliore grandement la qualité alimentaire, et aussi un peu la qualité des sols, en interdisant les engrais et les pesticides d’origine chimique. Mais le labour reste pratiqué, qui tue la vie du sol.

La permaculture, une forme d’agroécologie, commence à être développée pour limiter le labour. Et le sol reprend vite des couleurs ! Autre atout, elle utilise des intercultures, on l’a vu, qui limitent l’érosion et réinjectent de la matière organique dans le sol. Quand, de surcroît, ces intercultures sont des plantes associées à des bactéries capables de transformer l’azote atmosphérique en protéines, comme les légumineuses (lentilles, pois, haricots, fèves, etc.) qualifiées « d’engrais verts », c’est une élégante façon de réintroduire de l’azote dans le sol.

### — Il n’y a ni label ni public pour la permaculture, regrettez-vous...

Les consommateurs ont pris conscience de l’importance de manger sainement, ce qui justifie l’agriculture biologique, mais ils méconnaissent la nécessité d’entretenir les sols. Or, un sol, on l’a vu, met un millénaire à se construire ! J’appelle de mes vœux une convergence de l’agriculture biologique et de la permaculture, pour respecter à la fois la santé des consommateurs et celle des sols.

### — Que répondez-vous à ceux qui traitent les agroécologistes de bobos naïfs ?

Les agroécologistes n’ont jamais cru que la nature était bonne en soi : ils proposent de gérer et d’exploiter les synergies existant dans la nature. Par exemple, quand vous plantez des arbres au-dessus de cultures céréalières, vous gérez de façon vertueuse des problèmes microclimatiques et des problèmes d’érosion. Finalement, vous réduisez peu les rendements des céréales, mais vous pouvez compter sur le bois produit. Autre exemple : en misant sur les synergies des champignons associés aux racines des plantes, vous pouvez nourrir les plantes dans des sols moins fertilisés.

J’entends dire que ça ne peut pas fonctionner avec les variétés végétales actuelles. Mais la sélection variétale n’est pas un processus achevé ! Il y a dix ans, on disait que les semoirs n’étaient pas adaptés à la permaculture. Or, aujourd’hui, ces semoirs sont produits industriellement. Il y a des solutions à développer. Qu’on ne me dise pas que c’est infaisable : ce serait faire insulte à l’intelligence humaine et à la force du biomimétisme.

### — Une note plus légère, pour finir : d’où vient l’odeur des sols, en particulier lorsqu’il pleut ?

Cette odeur de terre mouillée a un nom : c'est le péttrichor. Cette senteur fraîche et musquée émanant du sol, après une averse, provient de la géosmine, une molécule sécrétée par un groupe de bactéries du sol, les actinobactéries. Dissous dans les gouttes de pluie, ces composés volatils sont libérés sous forme d'aérosols. Finalement, le péttrichor raconte que le sol est riche en actinobactéries. Celles-ci sont aussi la source de nombreux antibiotiques, comme la streptomycine, produite par le genre *Streptomyces*. Cela montre, au passage, que la biodiversité du sol sert à autre chose qu'à l'agriculture. Tous nos antibiotiques sortent du sol ! Ce sont des moyens de lutte des microbes qui se castignent entre eux, et que l'homme a réutilisés contre ses propres ennemis pathogènes...

### **Lire aussi**

[En Arctique, la crise climatique favorise des « incendies zombies »](#)

[Pour une agroécologie à la fois plus efficace et plus équitable que le modèle industriel](#)

[Des propriétaires s'engagent sur un siècle pour protéger la biodiversité sur leurs terres](#)