

Environnement : sauver les sols pour sauver la Terre

Appauvris par des décennies d'agriculture intensive, les sols perdent leurs capacités de stockage du carbone et de rétention des eaux. Aujourd'hui, les initiatives se multiplient pour régénérer des terres victimes d'un modèle agricole à bout de souffle.



Sur l'exploitation de François Mandin, promoteur d'une agriculture de conservation des sols, en Vendée. (© Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End)

Par [Stefano Lupieri](#)

Publié le 16 mai 2024 à 10:00Mis à jour le 17 mai 2024 à 09:51

Situé en plein coeur du domaine de l'Inrae d'Orléans, l'édifice a, en partie, été construit avec la terre issue des fondations. A l'aide de la technique ancestrale du pisé. Peu courant en France. Coquetterie d'architecte ? Loin de là. Car ce bâtiment de plain-pied, à la fois sobre et élégant, a vocation depuis son inauguration en 2016 à conserver un patrimoine un peu particulier, qui fait sens avec ce mode de construction : des échantillons de sols. Aujourd'hui, les 8 km d'étagères du Conservatoire européen des échantillons de sols (CEES) en abritent plusieurs dizaines de milliers. Tous géoréférencés.

Pourquoi archiver des sols, pourrait-on s'interroger ? Parce qu'on commence à réaliser que les précieux services qu'ils nous rendent, comme [le stockage du carbone](#) ou la rétention des eaux de pluie, sont menacés. Car ils sont mis à mal par les activités humaines qui disloquent leur étonnante et souvent insoupçonnée richesse. On ne se l'imagine pas, mais 25 % de la

biodiversité du globe se cache sous la terre que nous foulons. Un véritable capital vivant qu'il faut, à l'image du microbiote humain, apprendre à protéger ! Ce qui suppose de le connaître et de l'étudier.

Un écosystème très complexe

« Chaque jour, le conservatoire reçoit une cinquantaine de kilos de terre », explique Antonio Bispo, directeur de l'unité de recherche Info & Sol à l'Inrae d'Orléans. La majorité des échantillons archivés proviennent des deux grandes campagnes de prélèvements réalisées sur 2.200 parcelles. Dont la dernière, toujours en cours, doit se poursuivre jusqu'en 2027. « Les échantillons prélevés sont traités et tamisés à la main au CEES, précise Antonio Bispo. Puis une partie est envoyée aux différents laboratoires de l'Inrae pour analyse. »



La pédothèque du Conservatoire européen des sols (CEES), riche de dizaines de milliers d'échantillons, à l'Inrae d'Orléans, le 3 mai 2024. © Cyril Chigot/Divergence pour Les Echos Week-End

Encore rare en Europe, ce dispositif a permis à la France de disposer dès 2011 d'une première cartographie de l'état de ses sols, révélant un écosystème d'une grande complexité. On a coutume de dire qu'il faut entre 200 et plusieurs milliers d'années pour fabriquer 1 cm de sol. De fait, la terre est composée d'un mélange d'éléments minéraux (sables, limons, argiles, graviers, cailloux...) et organiques dont une forte proportion est issue de la décomposition de végétaux et d'animaux. Et qui forme ce qu'on appelle l'humus, où l'on retrouve des particules chimiques comme le carbone, l'azote, le phosphore, le soufre et des oligo-éléments comme le calcium ou le sélénium.

61 % des sols européens dégradés

Mais le sol est aussi habité par d'innombrables organismes vivants. Selon le substrat, chaque gramme de terre contient jusqu'à 1 milliard de bactéries et 1 million de champignons, mais aussi d'innombrables virus, protistes, nématodes... Ils cohabitent avec toute une mésofaune, encore très mal répertoriée, dont la taille avoisine le millimètre, comme les collemboles, les tardigrades ou les acariens... Ainsi qu'une macrofaune formée par les mille-pattes, les termites, les fourmis et surtout les vers de terre, considérés comme les ingénieurs du sol. La terre sous nos pieds est donc le résultat de processus physico-chimiques et biologiques très intriqués. Dont on est loin d'avoir mis en évidence tous les ressorts.



Le Conservatoire des sols d'Orléans reçoit chaque jour une cinquantaine de kilos de terre. Ici, un échantillon de brunisol, sol typiques des forêts feuillues. © Cyril Chigot/Divergence pour Les Echos Week-End

On sait pourtant avec certitude que l'agriculture intensive a fortement altéré la qualité de nos sols. L'an dernier, une étude de l'Observatoire européen des sols réalisée sur une quinzaine d'indicateurs comme la pollution, l'érosion, la perte de carbone ou de biodiversité a révélé que 61 % du panel était dégradé.

Dans la foulée, une autre étude menée à l'échelle française a démontré que 98 % des 30 sites analysés [contenaient au moins un pesticide](#). Au total, ce sont 67 molécules différentes qui ont été retrouvées, majoritairement des fongicides et des herbicides. « *Dont certains sont interdits depuis des années* », dénonce le microbiologiste Marc-André Selosse.

Phytoprotecteurs, fertilisants : la fuite en avant

Mais ce chercheur, auteur d'une histoire naturelle des sols (« L'Origine du monde », chez Actes Sud) pointe aussi l'effet délétère des engrais de synthèse azotés avec lesquels on a biberonné l'agriculture conventionnelle depuis des décennies. « *Grâce à ces intrants minéraux, la plante n'a plus besoin d'interagir avec les champignons mycorhiziens du sol qui, en temps normal, vont lui faire les courses via leur réseau de mycélium et lui échangent des éléments nutritifs contre des sucres* », explique le scientifique.

Est-ce si grave, après tout ? *« Oui, affirme Marc André Selosse, car en entrant en symbiose avec les racines de la plante via leurs filaments, ces champignons les protègent aussi des agresseurs. »* Leur absence doit donc être compensée par toujours plus de produits phytosanitaires de synthèse. Même inflation pour les fertilisants. *« Pour obtenir la même quantité de céréales, il faut apporter quatre fois plus d'engrais azotés qu'il y a un siècle »,* alerte Jean-Pierre Sarthou, enseignant-chercheur à Agro-Toulouse (INP-Ensai).



François Mandin, président de l'Association pour une agriculture durable (Apad), sur son exploitation, dans le sud de la Vendée. © Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End

L'appauvrissement des sols est aussi responsable de leur tassement. *« Si la matière organique fait défaut, la porosité de surface est altérée, les sols deviennent lisses, l'eau ne s'infiltré plus et lorsqu'il pleut elle ruisselle, favorisant l'érosion, explique Jean-Pierre Sarthou. Après un épisode orageux, ce sont plusieurs dizaines de tonnes à l'hectare qui peuvent ainsi s'en aller. »*

Modèle à bout de souffle

Mis en place après la Seconde Guerre mondiale, à un moment où il fallait augmenter les rendements pour nourrir la planète, notre modèle agricole est aujourd'hui, aux yeux de beaucoup, à bout de souffle. *« La productivité plafonne et les coûts d'exploitation augmentent, analyse le professeur de l'Ensai. Or cette augmentation des charges est due en partie à l'appauvrissement des sols qui, selon la météo, sont soit imbibés soit compactés. Aujourd'hui, pour passer la même charrue, il faut des tracteurs 25 % plus puissants. »*



François Mandin montre, grâce à un « slake test », que la terre cultivée selon les principes de la conservation des sols (pot de gauche) ne se désagrège pas dans l'eau : elle résistera donc mieux aux fortes pluies. © Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End

La solution ? « *Remettre de l'agronomie dans le métier d'agriculteur* », avance Claire Chenu, directrice de recherche à l'Inrae et professeure à AgroParisTech. Autrement dit, inciter à prendre soin de la vie des sols en la remettant au cœur de l'exploitation. Un vrai changement de paradigme. Car, jusqu'à aujourd'hui, ils ont surtout été vus comme de simples supports à amender. « *Bien qu'il y ait encore beaucoup de chercheurs qui ne démordent pas du modèle intensif, la communauté scientifique s'est saisie du sujet et tente de le faire avancer* », se réjouit Marc-André Selosse. Mais, du côté des exploitants, il y a encore beaucoup de résistances.

Le bio, loin d'être idéal

Comment les embarquer ? « *Il faut arriver à leur prouver que c'est plus rentable pour eux de changer de modèle et de se mettre à faire de l'agriculture durable* », affirme Jean-Christophe Girondin-Pompière, fondateur de la plateforme AgroLeague qui se fait fort d'accompagner les exploitants dans cette transition. Mais vers quel modèle ? Tous en agriculture bio ? Souhaitable mais peu réaliste. [Le récent retour de boomerang](#) subi, dans un contexte de crise du pouvoir d'achat, par les exploitants qui avaient franchi le Rubicon, montre les limites du modèle. Sans compter que, sur un plan purement agronomique, on doit aussi rappeler quelques vérités contre-intuitives.



Un lombric, vers essentiel pour la santé du sol, sur l'exploitation de François Mandin. © Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End

De fait, si, pour la préservation de la santé humaine, la culture bio fait sans doute figure de nec plus ultra, pour la vie des sols, ce n'est pas nécessairement ce qu'il y a de mieux. Car n'ayant pas droit aux herbicides, les exploitants bios doivent labourer leurs champs, au moins superficiellement, avant de semer. Sans cela, les mauvaises herbes occupent toute la place. Or, il faut le savoir, le labour est une autre grande cause de destruction de la vie des sols. *« Non seulement il brise les réseaux de mycélium des champignons, mais en aérant les sols il apporte de l'oxygène aux bactéries qui vont alors consommer plus de matière organique, indispensable à leur porosité et leur fertilité »*, explique Marc-André Selosse.

Le test des vers de terre

Passé en bio récemment, Denis Laizé, exploitant dans le Maine-et-Loire et président de la FDSEA locale, a pu constater, de visu, cette perte de biodiversité grâce à un test rudimentaire pour compter les vers de terre consistant à verser un mélange d'eau et de moutarde sur 1 m² de sol. Une potion irritante qui les fait remonter à la surface. *« Aujourd'hui, j'en ai quatre fois moins qu'avant »*, assure-t-il. Précisons « qu'avant » cet exploitant n'était pas en agriculture conventionnelle mais en agriculture dite de conservation des sol (ACS). Un modèle qui commence à avoir le vent en poupe. Car il ferait figure de meilleur compromis possible entre les besoins de rendement et la régénération des sols.



François Mandin montre un plant de féverole, plante fourragère qui a la particularité de fixer l'azote dans le sol grâce à ses racines. © Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End

Comment fonctionne-t-il ? « *Il s'appuie sur trois principes* », explique François Mandin, exploitant dans le sud de la Vendée et actuel président de l'Association pour une agriculture durable (Apad), qui promeut l'ACS. « *Pratiquer le couvert permanent, autrement dit ne jamais laisser le sol nu dans les périodes d'interculture. Varier les espèces plantées en mélangeant si possible les céréales avec des légumineuses, qui ont la capacité de capter et transmettre l'azote de l'air. Et enfin, travailler le moins possible les sols, en pratiquant ce qu'on appelle le semis direct.* »

Ce qui suppose de s'autoriser à utiliser un peu de désherbant avant de semer. « *Le moins possible, mais autant que nécessaire* », insiste Denis Laizé. Bref, un modèle hybride. Ambitieux sans être rigide. Depuis qu'il le pratique, François Mandin dit avoir augmenté de 2 points le taux de matière organique de ses sols. « *Même si ce n'est pas idéal, des terres en bonne santé peuvent absorber une petite quantité d'herbicides avec un impact minime* », indique Jean-Pierre Sarthou. Un moindre mal donc. [En attendant une hypothétique alternative naturelle.](#)

Changement culturel

Celle-ci existe côté fertilisants. Mais l'efficacité de ces biostimulants ne fait pas encore l'unanimité. « *Les essais scientifiques sont faits sur de trop petites parcelles* », critique Francis

Bucaille, céréalier dans la Nièvre et cofondateur de l'entreprise spécialisée Gaïago, qui propose notamment des produits à base d'inoculum de champignons. « *Pour que ça marche, il faut aussi, au préalable, développer la fertilité chimique des sols* », précise l'agri-entrepreneur.

Pour leur redonner vie, les adeptes de l'ACS préfèrent pour l'instant s'en remettre à leurs techniques de culture. Et en particulier aux couverts de phacélie, moutarde, triticale, trèfle et autre cameline pratiqués après une récolte et fauchés avant un semis. « *Ils permettent de limiter l'installation de mauvaises herbes mais, surtout, ils apportent de la biomasse qui nourrit les sols et réactive leur microbiologie* », indique François Mandin. Une autre manière de les fertiliser.



François Mandin procède au semis de maïs sur sol non labouré mais préparé par un désherbage chimique. © Mélanie Bahuon/Neutral Grey pour Les Echos Week-End

Même si beaucoup d'agriculteurs empruntent désormais, par intermittence, certaines méthodes de l'ACS comme l'introduction de légumineuses, on estime qu'aujourd'hui seulement 4 % des terres en France sont cultivées selon l'ensemble de ces principes. Fort des douze délégations régionales de l'Apad, François Mandin vise les 30 % d'ici à 2030. Un objectif ambitieux.

« *Renoncer au labour est vu par beaucoup d'exploitants comme un vrai changement culturel qui nécessite un apprentissage. Et comporte donc une part de risque* », précise Denis Laizé. D'où l'importance d'être accompagné. Ce qui est, en théorie, le travail des chambres d'agriculture. « *Sans être hostiles, elles ne sont pas très proactives* », regrette Marc-André Selosse. D'autant que ce modèle ne fait, bien sûr, pas les affaires des agrochimistes et des vendeurs de matériel agricole. Pourtant, les mentalités évoluent. La Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire a organisé en décembre dernier une grande journée technique autour de l'ACS. « *Aujourd'hui, nous assistons 300 exploitants répartis en 27 groupes dans leur conversion vers ce modèle* », explique Denis Laizé, qui pilote aussi la direction agronomique de cet organisme.

Risque de greenwashing

Les agriculteurs peuvent également compter sur de nouvelles plateformes privées comme AgroLeague, qui emploie une trentaine d'agronomes et travaille déjà avec 6.000 fermes.

« Nous les aidons à acquérir l'expertise nécessaire pour négocier leur transition tout en sécurisant leur marge », explique Jean-Christophe Girondin-Pompière.

Mais, pour se développer, l'ACS a aussi besoin que l'industrie agroalimentaire la soutienne. C'est l'une des missions que s'est données [la Fondation Earthworm avec sa démarche « Sols vivants »](#). Mandatée par des groupes comme Nestlé, Lidl ou McCain, elle accompagne leurs fournisseurs dans leur conversion. Là encore, le parcours est progressif. Les marques, qui sont tentées de communiquer sur leurs engagements, préfèrent d'ailleurs parler d'agriculture régénérative. Plus percutant ! Même si, à défaut d'un cahier des charges précis, ce modèle laisse la porte ouverte au greenwashing. « Nous nous positionnons avant tout comme les avocats du sol », plaide Bastien Sachet, directeur général de la fondation.

Nouvelles méthodes d'analyse du biotope

Aujourd'hui, cette structure à but non lucratif a élargi sa démarche aux coopératives. « Avec Vivescia, nous avons mis en place un programme visant à embarquer un millier d'exploitants, en partenariat avec des industriels comme Tereos sur le blé ou le groupe Avril sur le colza, qui s'engagent à acheter un peu plus cher la production le temps de la transition. »



Chez TerraMea, spin-off des Laboratoires Dubernet, à Montredon-des-Corbieres (Aude), le 23 avril 2024, la terre est tamisée avant analyse. © Idriss Bigou-gilles/Hans Lucas pour Les Echos Week-End

Toutes ces initiatives vont pouvoir aussi bénéficier des récents progrès réalisés dans l'analyse des sols. Spin-off des Laboratoires Dubernet, spécialisés en oenologie, [la start-up TerraMea](#) propose ainsi depuis l'an dernier une nouvelle approche basée sur l'analyse cytométrique, utilisée en santé humaine, conjuguée aux rayons infrarouges. « A l'inverse de l'analyse génomique, qui répertorie l'ensemble des taxons sans pouvoir préciser s'ils sont morts,

vivants ou en dormance, nous pouvons restituer une carte très précise de l'activité du biotope », souligne son président, Matthieu Dubernet. Le tout pour moins de 100 euros. Alors que le coût d'une analyse ADN peut grimper jusqu'à 1.500 euros... Un vrai tournant donc, car, grâce à cette technique, on pourra enfin mesurer rapidement, et à peu de frais, l'impact des modèles de culture sur la vie des sols, dont on sait qu'ils ont une grande capacité de résilience. Et piloter beaucoup plus précisément ses interventions.

Les sols, un bien public ?

Les choses, donc, progressent. Du moins sur le terrain. Car d'un point de vue législatif et politique, les sols n'apparaissent manifestement pas encore comme une priorité. Le Sénat a rejeté en février dernier une proposition de loi du groupe Socialiste, Ecologiste et Républicain visant à reconnaître les sols comme un patrimoine et à les doter d'une protection juridique générale au même titre que l'air et l'eau. Une directive européenne est aussi en cours d'élaboration. *« Le texte a déjà été amendé, regrette Claire Chenu, également en charge du programme européen EJP Soil. A l'origine, on avait mis l'accent sur la santé des sols. Désormais, on ne parle plus que de surveillance et de résilience. »*



TerraMea applique une nouvelle approche basée sur l'analyse cytométrique conjuguée aux rayons infrarouges, qui permet de mesurer précisément l'activité du biotope. © Idriss Bigouilles/Hans Lucas pour Les Echos Week-End

De fait, les sols restent un sujet très sensible. Dans un contexte de crise agricole, les exploitants et leurs représentants sont vent debout contre l'idée qu'ils puissent devenir une sorte de bien public, comme le demande la société civile. *« Ces dernières années, j'ai planté spontanément 7 km de haies et je devrais maintenant me laisser imposer la manière de les gérer ? »*, tempête François Mandin. Pour Matthieu Dubernet et beaucoup d'autres tenants de la régénération des sols, on se trompe de méthode. *« Il faut arrêter les luttes de chapelle. On est en train de passer d'une injonction d'utilisation de moyens agrochimiques à une autre, de moyens agroécologiques, regrette cet oenologue. L'essentiel, c'est que les exploitants remettent les sols au centre de leur modèle. Il faut ensuite leur donner des objectifs de régénération. Et les laisser choisir la meilleure stratégie pour les atteindre. »* Pas sûr que [dans un contexte marqué par bien des reculs sur le front écologique](#), comme la suppression de l'obligation de laisser en jachère 4 % des terres arables ou celle de pratiquer la rotation des cultures, cela suffise pour créer une révolution de terrain. Et permettre de restaurer de fond en comble notre capital sol. Mais, faute d'atout maître, c'est sans doute, actuellement, la meilleure carte à jouer.

Les sols forestiers en souffrance

Tournées vers des logiques de productivité, les techniques de sylviculture pratiquées ces dernières décennies ont largement contribué à l'appauvrissement des sols forestiers. *« Un arbre prélève beaucoup de nutriments dans la terre jusqu'au pic de sa croissance, explique Laurent Saint-André, chercheur à l'Inrae de Nancy. Ensuite, il fait davantage appel à ses feuilles, ce qui permet au sol de se reposer. Si, pour maximiser le rendement, vous le coupez à ce stade de son évolution, vous empêchez ce processus de régénération. »* Même chanson pour les coupes rases, qui, en mettant les sols à nu, favorisent le déstockage de carbone. Sans compter qu'on prélève désormais aussi les branchages pour les exploiter en bois énergie. Privant le sol de cette biomasse qui renferme 50 % des minéraux de l'arbre. Un appauvrissement qui pèse sur la qualité des plantations réalisées à la suite. Les exploitants semblent enfin l'avoir compris. Mais il faut du temps pour réparer les erreurs du passé.

Le fléau de l'artificialisation

Souvent accusés d'appauvrir les sols, les agriculteurs ne se privent jamais de rappeler à la cantonade que leur première cause de dégradation, [c'est l'artificialisation urbaine](#). D'autant plus grave qu'elle est en général irréversible. Chaque année, en France métropolitaine, plus de 20.000 hectares sont ainsi « sacrifiés » pour construire des routes, des immeubles ou des surfaces commerciales. Et 80 % de cette surface est prélevée sur les terres agricoles. Un rythme insoutenable qui favorise par ailleurs le ruissellement des eaux de pluie et la gravité des inondations. La loi Climat et Résilience d'août 2021 a entrepris d'y mettre un terme en donnant aux collectivités un objectif ambitieux de « zéro artificialisation nette » d'ici à 2050. Avec des obligations de renaturation. Mais un nouveau texte publié en juillet 2023 a assoupli cette disposition en créant notamment des régimes dérogatoires. Ce qui n'empêchera pas de devoir réduire drastiquement la consommation de sols. En misant plus que jamais sur la réhabilitation des friches.