Numéro 53
unihews

Voyage au bout de l'humus

LOMBRICS
gages de fertilité

BACTÉRIES
utiles aux plantes

NÉMATODES
au secours des racines

unine
UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

Pour des sols encore fertiles

Une poignée de terre saisie au hasard d'une promenade et c'est une multitude d'êtres vivants que l'on tient au creux de la main. Lombrics, larves d'insectes, racines, champignons, ou bactéries. Grouillante de vie, cette formidable diversité est indispensable à notre nourriture. Sans une terre fertile, avec ses mottes et galeries patiemment renouvelées par les organismes qui y vivent, point de jardins potagers, ni de champs cultivés. Pourtant, la richesse du sol reste le plus souvent cachée et mal connue, alors que bien des enjeux non seulement environnementaux, mais aussi humains dépendent d'elle.

Ce numéro d'UniNEws fait le point sur les recherches neuchâteloises au cœur de ce monde souterrain, en écho à l'inauguration au Jardin botanique de la Maison des sols dans un cabanon nouvellement aménagé. On y découvre des profils de sols figés dans de la résine, mettant en évidence les structures et les particularités de chacun des écosystèmes présentés. La Maison des sols se veut un outil pédagogique, à la fois utile aux biologistes en formation de l'Université, et aux familles en balade dans le Vallon de l'Ermitage.

Un milieu menacé

Selon les dernières statistiques en date, entre 1985 et 2009, un mètre carré de terre cultivable a disparu en Suisse chaque seconde. Des surfaces principalement cédées à l'urbanisation en plaine, et à la forêt dans les régions de montagne. A ces facteurs territoriaux s'ajoutent les menaces physiques et biologiques qui pèsent sur les sols agricoles, telles que le compactage, l'érosion, la perte de matière organique et de biodiversité, les apports de polluants et de substances nutritives, comme le rappelle le Programme de recherche national PRN 68 *Utilisation de la ressource sol* dans sa synthèse finale livrée fin 2018.

Si le problème est global, les solutions restent locales. A la suite du PNR 68, la Confédération apporte son soutien aux initiatives régionales traitant des sols. C'est le cas de *Terres vivantes*, un projet de l'Arc jurassien impliquant les agricultrices et les agriculteurs de la région, auquel l'Université de Neuchâtel apporte sa contribution, sous forme de conseils prodigués par une biologiste et un ethnologue. Ils vont de l'importance des vers de terre, véritables ingénieurs des sols, jusqu'à la sensibilisation du monde agricole à la santé de leurs parcelles.

A voir également dans ce numéro d'UniNEws l'intérêt des scientifiques pour les zones alluviales, ou encore les alliances subtiles entre plantes, bactéries et champignons pour tirer au maximum profit des ressources nutritives des sols, ou pour se défendre contre les insectes ravageurs. Sans oublier de nouvelles méthodes de datation de cadavres, qui ont même servi à la police scientifique.

Plus poétiques, quelques lignes sont consacrées au sabot de Vénus qui doit trouver les meilleurs sols possible où survivre à des fins de conservation de son espèce. Ce sommaire, enfin, ne serait pas complet sans évoquer *Sols et Paysages,* un ouvrage à paraître, dans lequel un duo de biologistes expose des paysages typiques de Suisse occidentale pour mieux révéler les sols qui les font vivre.

Travaux pratiques et grand public
L'idée d'une Maison des sols répond d'abord à un besoin pour des cours de pédologie, la science de la formation et de l'évolution des sols. « Jusqu'à présent, pour les travaux pratiques, des profils de sols devaient être creusés chaque année, explique Muriel Nideröst. En optant pour des profils indurés, c'est-à-dire figés dans la résine, on s'épargne une tâche répétitive et on préserve les sols *in situ*. » Même si, évidemment, on perd le ressenti d'un sol frais, avec ses odeurs, son humidité.

Les profils présentés ont été prélevés dans quatre coins du Jardin botanique. Ils illustrent autant d'étapes de l'évolution des sols, entre le plus sec et le plus humide. L'exposition, à vocation didactique, a pour but de faire connaître également au grand public le rôle essentiel et la vulnérabilité des sols. C'est une invitation à la découverte de ces milieux au carrefour du minéral et du vivant.

Une bibliothèque des sols
Fait méconnu, l'Université de Neuchâtel abrite dans le bâtiment d'Unimail une pédothèque, autrement dit une bibliothèque des sols. Là sont entreposés depuis 1980 quelque 4000 échantillons de terre de toute la Suisse. Ce travail colossal a été initié par feu le professeur Jean-Louis Richard et concrétisé par le professeur, aujourd'hui honoraire, Jean-Michel Gobat. « C'est la seule de Suisse romande de cette importance, avec une telle diversité de sols, indique Claire Le Bayon, professeure au Laboratoire d'écologie fonctionnelle. Non seulement le lien avec la végétation est précisé, mais certains échantillons comportent également toutes les indications analytiques permettant de les classer suivant les constituants physiques et chimiques qui les composent. C'est un outil très précieux pour les projets de recherche et une vitrine pédagogique pour le grand public. »

Au carrefour du minéral et du vivant

Quatre monolithes suspendus s'exposent sur la paroi d'un cabanon de bois. Ils détaillent les strates dont se composent les premiers décimètres de la terre, figés pour la postérité. C'est la principale attraction de la Maison des sols, une nouvelle création du Jardin botanique de Neuchâtel. Réalisé en collaboration avec l'Université de Neuchâtel, cet outil pédagogique est né pour expliquer la richesse du terrain qui se cache sous nos pieds.

Lieux d'échanges biochimiques entre organismes vivants, les sols offrent aux plantes, aux animaux, aux bactéries et aux champignons tous les éléments nécessaires à leur développement. Ils constituent ainsi une formidable réserve de diversité biologique. « Les sols abritent un quart de la biodiversité terrestre, s'enthousiasme Muriel Nideröst, biologiste en charge du projet. Il y a plus d'organismes vivants dans une cuillerée de sol que de personnes sur Terre ! »

Les sols produisent 95% de nos aliments sous forme de plantes, assurant près de 80% de la consommation calorique de chaque personne. Ce que l'on sait moins, c'est la faculté des sols à constituer des réserves de carbone via les plantes, à l'aide de la photosynthèse, qui peuvent dans une certaine mesure contribuer à la réduction de l'effet de serre.

Blaise Mulhauser, directeur du Jardin botanique et Muriel Nideröst

Mais cette précieuse ressource souffre de multiples maux. L'expansion urbaine, rien qu'en Europe, est responsable de la disparition de 11 ha de sol par heure, soit l'équivalent de près de 16 terrains de football. Or, la formation d'une couche d'un centimètre d'épaisseur peut prendre plusieurs centaines à plusieurs milliers d'années selon les cas.

Vient ensuite la dégradation des sols proprement dite, touchant près d'un tiers d'entre eux à l'échelle mondiale. L'érosion, les métaux lourds issus de la pollution atmosphérique, l'utilisation massive des pesticides, les plastiques non dégradables jetés sauvagement : tous ces facteurs déciment la faune souterraine, avec comme principales victimes collatérales les insectes utiles aux cultures.

Pourtant des solutions existent, souvent dictées par le bon sens, pour atténuer cette dégradation. Ainsi faudrait-il commencer par bannir les cultures intensives d'une seule espèce de plante au profit d'une rotation des cultures, puis préférer l'agriculture biologique pour se passer des pesticides de synthèse. Même la contamination par certains métaux lourds peut être soignée… par des plantes capables d'accumuler des polluants, un processus appelé phytoremédiation.

« La corbeille d'or *Alyssum saxatile*, par exemple, est une plante hyperaccumulatrice du nickel présent dans un sol contaminé, illustre Muriel Nideröst. Le tabouret bleuâtre *Thlaspsi caerulescens* peut, lui, accumuler du cadmium et du zinc. » Quant à la petite minuartie du printemps *Minuartia verna*, elle permet d'absorber près de 4000 fois la quantité de cadmium d'un sol contaminé par rapport aux capacités d'un sol normal.

Autre voie exploitée pour diminuer la dégradation des sols : le remplacement du plastique. Il existe maintenant des sacs biodégradables, à base d'amidon de maïs ou de fécule de pomme de terre. Reste alors une question éthique : est-il judicieux de remplacer le plastique par des matériaux utilisant des sources de nourriture ?

Terres vivantes : projet pilote pour les sols agricoles

L'Université de Neuchâtel apporte sa pierre à *Terres vivantes*, un programme sur huit ans de protection des sols financé par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et coordonné par la Fondation rurale interjurassienne (FRI), avec les soutiens des cantons du Jura et de Berne. Lancé ce printemps, ce projet pilote permettra à la fois de tester de nouvelles mesures ménageant le sol et des propositions innovantes émanant des agricultrices et des agriculteurs.

Trop longtemps, le sol n'a été considéré que comme une ressource économique à exploiter. *Terres vivantes* rappelle le rôle primordial que ce milieu joue dans l'environnement et les menaces qui pèsent sur lui. Au centre des réflexions figure le dialogue avec le secteur agricole pour faire diminuer très concrètement les risques liés à l'érosion, à la perte de matière organique, ou encore à la compaction résultant de labours excessifs et qui empêche le sol de « respirer ».

« Les sols sont avant tout ancrés dans un lieu, un contexte spécifique, indique Jérémie Forney, professeur d'ethnologie à l'Université de Neuchâtel et partenaire du projet pour les aspects sociologiques. Il y a dans cette approche une volonté de protéger les sols qui est vue comme un phénomène évolutif à considérer au cas par cas. Elle vise à créer de nouvelles dynamiques propres à chaque exploitation, à chaque agriculteur, qui passe par un dialogue avec chacun des acteurs concernés. »

En travaillant à l'échelle d'une exploitation agricole, il est possible d'optimiser la fertilité d'un sol en jouant par exemple sur les atouts des différentes parcelles de la propriété. « Si une zone est particulièrement riche en vers de terre, cela signifie que les apports de matière organique sont suffisants et que le travail du sol est respectueux de l'habitat de ces organismes », souligne Claire Le Bayon, professeure de biologie à l'Université de Neuchâtel et partenaire pour les aspects écologiques des sols.

L'intérêt fondamental du projet est d'impliquer les personnes en contact direct avec la terre. De simples expériences peuvent être réalisées par les agriculteurs et les agricultrices, comme le test à la bêche qui consiste à découper un cube de terre pour observer les lombrics qui y vivent, et apprécier ainsi la qualité du fonctionnement du sol. Un appel à participation vers les exploitations agricoles de l'Arc jurassien s'est terminé ce printemps. Les porteurs du projet ont recruté plus de 80 exploitations volontaires.

Terres Vivantes s'inscrit dans la politique agricole fédérale qui prévoit des contributions financières pour des projets régionaux en vue d'améliorer l'utilisation durable des ressources naturelles. Son financement de 10 millions de francs sur huit ans est assuré à 80% par l'OFAG. Le solde se répartit notamment entre les services de l'agriculture des cantons impliqués, la FRI, les partenaires scientifiques et les agricultrices et agriculteurs qui en bénéficient. Des sponsors sont en outre encore recherchés.

En savoir plus :
https://www.frij.ch/PROJETS/Production-vegetale-et-environnement/Terres-vivantes

Le monde paysan sur les planches
Outre sa participation en tant que chercheur à *Terres vivantes*, l'ethnologue Jérémie Forney a été dernièrement sollicité par une troupe de théâtre. Et plus exactement dans le processus d'écriture de la pièce « Le Suisse trait sa vache et vit paisiblement ? ». La metteuse en scène et comédienne Isabelle-Loyse Gremaud et son équipe ont mené une véritable enquête auprès du monde agricole pour leur nouvelle création. Jérémie Forney a guidé la compagnie Production d'Avril dans les choix et la forme des questions à soumettre pour la pertinence de la démarche.

Le corps du spectacle restitue les vraies paroles de la trentaine d'agriculteurs et d'agricultrices qui ont confié leur vécu. Ce sont donc les propres mots des gens de la terre que la troupe fait résonner sur scène. Après le succès rencontré au Théâtre Nuithonie de Fribourg en mars 2019, la pièce sera jouée à La Chaux-de-Fonds dans le cadre du Théâtre de la Connaissance les 2 et 3 octobre 2019, un événement annuel proposé par l'Université de Neuchâtel. Ces représentations seront accompagnées d'événements publics organisés en collaboration avec des acteurs régionaux.

En savoir plus :
www.davril.ch
www.unine.ch/theatre-connaissance

« Le Suisse trait sa vache et vit paisiblement ? », une création Production d'Avril avec notamment Isabelle-Loyse Gremaud (à droite)

Claire Le Bayon

Lombrics et plantes en ingénieurs des rives

Lorsqu'on parle d'un sol fertile, on pense souvent aux nutriments et aux minéraux qui le composent. Mais c'est oublier les vers de terre qui, tels des ingénieurs, y creusent des galeries et façonnent des agrégats indispensables aux autres organismes, un domaine cher à Claire Le Bayon, professeure titulaire au Laboratoire d'écologie fonctionnelle. Entreprise sous sa direction, la thèse de doctorat d'Andreas Schomburg s'intéresse aux zones alluviales. Elle met en évidence les contributions respectives des vers de terre et des plantes dans la structure des écosystèmes en bordure des cours d'eau.

Les zones alluviales sont des systèmes extrêmement intéressants, car la rivière les sculpte au gré des crues et décrues, avec l'érosion des berges et le dépôt de sédiments. « Elles sont pour ainsi dire sans arrêt remises à zéro, illustre Claire Le Bayon. On a dès lors à disposition un substrat brut constitué de strates de sédiments très riches en sables et limons, ces derniers étant propices à la fabrication d'agrégats. » Et pour cause : le milieu foisonne de lombrics. On y trouve les trois quarts de la quarantaine d'espèces de vers de terre actuellement répertoriées en Suisse.

Mais les plantes aussi apportent leur contribution, en creusant des galeries et en fabriquant des grumeaux. Elles le font au moyen de leurs radicelles, et aussi grâce à la symbiose avec des champignons dotés d'excroissances souterraines très longues appelées mycorhizes. On connaît toutefois peu les rôles respectifs des lombrics et des plantes dans cette structuration du sol. Pour les déterminer, Andreas Schomburg s'est basé sur les signatures chimiques du mucus d'un lombric et de l'exsudat d'une racine végétale sur des agglomérats de terre.

Son travail a été réalisé sur le terrain, mais aussi dans des pots contenant des sédiments prélevés le long des berges de la rivière Thur (TG) et dans lesquels ont été inoculés, soit des vers de terre *Allolobophora chlorotica*, soit une plante, l'alpiste faux-roseau *Phalaris arundinacea*. « Les traces laissées par ces deux organismes dans la terre ont démontré l'importance des deux acteurs dans la structuration du sol, même si la plante apparaît légèrement plus efficace quand le sable domine », relève Claire Le Bayon.

Cette structuration du sol est indispensable à la fertilité. Elle assure l'oxygénation du milieu souterrain, comme pour un feu, qui a besoin d'oxygène pour brûler. D'où l'extrême prudence à pratiquer des labours qui peuvent détruire cette structuration du sol, lorsque la matière organique est enfouie à une quarantaine de centimètres de profondeur, empêchant la terre ainsi compactée de « respirer » et les organismes vivants de s'y épanouir.

Reconstituer une couche d'humus

Cette couche où vivent les lombrics et les racines de plantes est précieuse. Or il arrive que celle-ci soit complètement décapée pour les besoins d'un chantier ou dans le but d'enlever un contaminant néfaste pour la santé. Résultat : le terrain devient impropre à toute culture. Parfois pourtant, un espoir subsiste. Celui de restaurer cette fameuse couche manquante, que les spécialistes appellent Horizon A. C'est l'exploit qu'ont réalisé Gerhard Hasinger de Bio Conseil à Pringy et les biologistes de l'Université de Neuchâtel Claire Le Bayon, Séverine Didier et Roxane Kohler. La parcelle à restaurer n'était pas belle à voir au départ : une gravière au sol brun sur moraine composé de 30% d'argile et très caillouteux.

L'introduction d'une quarantaine de lombrics par mètre carré, conjuguée à la migration d'individus des parcelles voisines, a permis en cinq ans de reconstituer une abondance moyenne de 87 individus par mètre carré. « Les lombriciens introduits ont survécu et colonisé les surfaces adjacentes des points d'inoculation », observent les scientifiques. L'activité des lombrics à former agrégats et galeries a permis, en cinq ans, la reconstitution d'un Horizon A de 6,8 centimètres d'épaisseur parfaitement fonctionnel et fertile.

Dès l'automne suivant sa restitution à une exploitation agricole, le terrain a déjà pu être ensemencé avec du blé d'automne. « Le rendement en grains a représenté 80 % de la norme et le rendement en paille 75 % de la norme », indiquent les biologistes. Ces résultats confirment la relative bonne santé du sol ainsi reconstitué. Mais cette expérience positive doit son succès au contexte assez idéal de la parcelle étudiée. « Prévenir vaut mieux que guérir » doit plus que jamais prévaloir quand il s'agit de préserver l'humus.

Des pistes naturelles pour protéger le maïs

De petits vers vivant sous terre, les nématodes, et des bactéries constituent deux remèdes susceptibles de réduire l'impact d'une larve indésirable de 20% à 50%, selon de récents tests effectués en champ dans le Missouri (USA). Par ce travail, des biologistes du Laboratoire pour la recherche fondamentale et appliquée en écologie chimique (FARCE) de l'Université de Neuchâtel couronnent un projet du Programme national de recherche PNR 68 *Utilisation durable de la ressource sol* du Fonds national suisse (FNS), lancé en 2013.

La chrysomèle des racines du maïs *Diabrotica virgifera virgifera* est le ravageur numéro un de cette culture en Amérique du Nord. Le coût de ses dégâts sur ce continent se chiffre entre un et deux milliards de dollars par an. Depuis plusieurs années, l'équipe de Ted Turlings, directeur du laboratoire FARCE, explore les moyens naturels de lutte contre ce ravageur.

Post-doctorant du laboratoire neuchâtelois, Geoffrey Jaffuel a testé deux organismes bénéfiques vivant dans le sol, susceptibles de neutraliser les larves de la chrysomèle indésirable. Il s'agit de nématodes (petits vers minuscules) qui infectent les larves ravageuses et de bactéries du genre *Pseudomonas*, dotées de propriétés insecticides contre les larves de lépidoptères et connues pour leur effet bénéfique sur la physiologie des plantes.

En collaboration avec les groupes de Christoph Keel à l'Université de Lausanne et de Monika Maurhofer à l'EPFZ, le chercheur de l'Université de Neuchâtel a effectué des essais en plein champ pendant trois ans dans le Missouri (USA), région où le ravageur est particulièrement présent. « Chaque année, au moins un des traitements a montré une amélioration de la situation par rapport aux parcelles de contrôle », constate Geoffrey Jaffuel.

Dans deux essais sur trois, les parcelles traitées par des nématodes ou des bactéries, ou les deux à la fois, présentaient des racines moins endommagées que celles provenant de parcelles non traitées. En outre, un traitement aux bactéries diminuait significativement la survie des chrysomèles et leur poids était inférieur à la normale. Enfin, l'effet conjugué des nématodes et des bactéries sur une des parcelles a permis d'augmenter la récolte lors d'un des essais.

« Même si les effets de ces organismes bénéfiques ont considérablement varié durant les trois années, ils ont toujours été globalement positifs pour la plante », observent les auteurs de l'étude. Ces pistes démontrent qu'il est possible d'envisager un traitement des sols efficace qui pourrait remplacer l'utilisation des pesticides et mener à un contrôle de ravageur respectant les principes de la durabilité. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour développer une stratégie d'application efficace et rentable contre ces insectes nuisibles, car elle n'est pour l'instant pas bon marché. Une idée consiste à encapsuler les nématodes dans des billes en alginate, recouvertes d'une substance extraite des racines du maïs. Celle-ci exerce un pouvoir attracteur pour les larves ravageuses qui vont la dévorer, augmentant les chances d'infections par les nématodes.

En savoir plus :
Protecting maize from rootworm damage with the combined application of arbuscular mycorrhizal fungi, Pseudomonas *bacteria and entomopathogenic nematodes,* by Geoffrey Jaffuel et al. *Scientific Reports* (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-39753-7

Le lombric, un « taxi » pour nématodes ?

La présence de vers de terre aux alentours des racines d'un maïs permettrait de doubler le taux d'infestation de larves d'insectes par les nématodes. Avec ce premier résultat de son Master en biogéosciences au Laboratoire d'écologie fonctionnelle (LEF) de l'Université de Neuchâtel, Sandrine Fattore veut maintenant comprendre comment les lombrics influencent l'action des nématodes sur les larves ravageuses de *Diabrotica balteata*, une cousine de la chrysomèle américaine, qui s'attaque aussi aux racines du maïs. Première hypothèse : les galeries creusées par les vers de terre faciliteraient la progression des nématodes dans le sol, leur permettant d'atteindre plus rapidement les larves ravageuses. Deuxième hypothèse : les nématodes pourraient survivre à leur passage dans le tube digestif des lombrics. « Si cela est vérifié, alors les vers de terre pourraient jouer le rôle de disséminateurs de nématodes qui se feraient ainsi transporter jusqu'à leur lieu d'infestation », illustre Sandrine Fattore. Enfin, le mucus sécrété par les vers de terre favoriserait lui aussi le déplacement des nématodes. Affaire à suivre…

Geoffrey Jaffuel

Isha Hashmi
et Saskia Bindschedler

Bactéries et champignons, précieux acteurs du sol

Les bactéries et les champignons aident les plantes à accéder à des nutriments indispensables à leur développement. Ces organismes s'associent les uns aux autres pour assurer une meilleure productivité des écosystèmes terrestres. Cette association pourrait favoriser la durabilité des systèmes agricoles, dans lesquels des interactions microbiennes prendraient la place de produits de synthèse. C'est ce que révèlent les dernières recherches du Laboratoire de microbiologie de l'Université de Neuchâtel dirigé par la professeure Pilar Junier et la maître-assistante Saskia Bindschedler.

Que faire face à la diminution globale de la fertilité des terres agricoles ? L'usage excessif de pesticides et engrais de synthèse, en grande partie responsables du fléau, stimule la recherche d'autres méthodes pour préserver une production agricole suffisante et lutter contre les maladies des cultures. Des pistes prometteuses passent par le recours à des bactéries utiles pour les végétaux. C'est la voie qu'étudie la biologiste Isha Hashmi pour sa thèse de doctorat, avec l'avoine comme sujet d'expérience.

Bien connue pour ses flocons incontournables (songeons au *bircher muesli*), l'avoine est largement cultivée à travers le monde, nourrissant aussi bien la population humaine que les animaux. La productivité de cette céréale peut être sensiblement augmentée en inoculant, à la surface des graines, des bactéries non pathogènes du genre *Bacillus*.

Dans sa thèse, Isha Hashmi a identifié certaines souches de bactéries qui permettent à l'avoine de mieux se développer, tout en préservant les bactéries et champignons naturellement présents dans le sol où pousse la plante. « Ce dernier aspect est très important dans un souci de durabilité, indique la chercheuse. Car la plupart des études menées jusqu'à présent se contentent de montrer l'impact positif des bactéries sur la plante en laboratoire. » Or, les tests en plein champ révèlent souvent que les bactéries inoculées peuvent perturber la microflore locale.

Effets bénéfiques sur l'avoine

Rien de tel dans les conclusions d'Isha Hashmi. Les bactéries sélectionnées ont déployé leurs effets bénéfiques sur de l'avoine plantée dans le jardin de permaculture d'Unimail. Elles se sont installées durablement dans la rhizosphère de la plante, sans empiéter sur les communautés bactériennes et fongiques déjà présentes. Quant à la céréale elle-même, elle a vu sa masse totale augmenter de 44%, et le nombre de graines par plante progresser de 28%.

Le Laboratoire de microbiologie explore également l'impact des interactions entre bactéries et champignons sur le fonctionnement du sol. En effet, ces microorganismes sont essentiels pour transformer des nutriments dans des formes plus facilement assimilables par les plantes. Il s'agit par exemple de l'azote. « Les plantes doivent acquérir cet élément nécessaire à leur croissance sous une forme dite biodisponible, comme du nitrate, de l'ammonium ou des acides aminés, explique Saskia Bindschedler, maître-assistante au Laboratoire de microbiologie. Or une large fraction de l'azote des sols est contenue dans la matière organique, dans des protéines par exemple. Il doit donc d'abord être minéralisé par des bactéries ou des champignons. »

Des recherches dans le cadre du doctorat d'Andrea Lohberger portant sur la morille montrent que son interaction avec des bactéries favorise la minéralisation de l'azote d'origine protéique. « La bactérie agit comme une sorte de catalyseur sur l'activité protéolytique du champignon, et rend davantage d'azote organique biodisponible », résume Saskia Bindschedler.

Etant donné que la morille vit en symbiose avec certaines plantes, cet effet pourrait aussi potentiellement avoir un impact positif sur la croissance des végétaux. Il devrait également augmenter par ce biais la capacité des plantes à séquestrer le CO_2 atmosphérique dans leur biomasse, réduisant ainsi la quantité d'un des gaz impliqués dans l'effet de serre responsable des changements climatiques. Une perspective encore à vérifier.

Le sabot de Vénus : une orchidée bien dans son sol

***Cypripedium calceolus*, c'est le nom savant de cette orchidée dont Olivia Rusconi a fait son sujet de doctorat en biologie au Laboratoire d'écologie fonctionnelle. Objectif ? Développer une méthodologie permettant de mieux connaître l'habitat et les zones possibles de réimplantation de cette plante, en vue d'assurer sa protection à long terme. En prenant cette espèce européenne rare et patrimoniale comme modèle, la jeune biologiste souhaite offrir aux scientifiques des méthodes de préservation applicables à d'autres plantes menacées d'extinction.**

Les orchidées forment une grande famille de plantes composée de plus de 25'000 espèces. Il en existe même une septantaine à l'état sauvage en Suisse, dont l'une des plus connues est le sabot de Vénus. Même si celui-ci reste rare – il est classé en Suisse dans la liste des espèces dites « vulnérables » de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), son aire de répartition est large, mais avec des populations petites et clairsemées. On en trouve ainsi un peu partout sur le nord du continent européen et asiatique, le long d'une bande qui s'étend vers l'est, de la Grande-Bretagne jusqu'à l'océan Pacifique.

« Le sabot de Vénus est le seul représentant de son genre en Europe, souligne Olivia Rusconi. C'est une plante emblématique aimée des gens. Elle est menacée et ses populations ont drastiquement diminué depuis un siècle. On pense qu'elle est principalement victime de la disparition de son habitat et d'une cueillette à outrance. »

L'idée de prendre une orchidée comme plante modèle pour des projets de conservation tient au cycle de vie très complexe de cette famille dans lequel interviennent de multiples organismes, comme des champignons et des abeilles sauvages. Tout a commencé par des tentatives de réintroduction du sabot de Vénus entre 2002 et 2007 en Suisse. A cause du manque de connaissances de l'écologie de cette espèce, ces tentatives n'ont pas été aussi fructueuses qu'espérées. Cela a offert à la doctorante l'occasion de se pencher sur ces lacunes.

La biologiste a commencé par analyser la niche édaphique de la plante. Autrement dit, à étudier la structure du sol afin d'y déceler les organismes qui vivent à proximité. Elle a constaté que les caractéristiques physico-chimiques des sols dans lesquels ces réimplantations ont eu lieu ne correspondaient pas exactement à celles du milieu d'origine.

« A l'époque, on se focalisait avant tout sur la végétation, observe la chercheuse. La méthodologie ne prenait pas en compte suffisamment ce qui se passait dans le sol. Une partie de mon doctorat vise à combler cette lacune, en intégrant plusieurs facteurs au niveau du sol dont dépend la survie de la plante. Le sabot de Vénus doit par exemple être planté dans un milieu calcaire et dans un sol drainant où l'eau peut facilement s'écouler. »

Piège à insectes

Une fois la graine plantée vient le stade de sa germination. Là encore, l'orchidée fait des siennes. Contrairement au haricot par exemple, le sabot de Vénus n'a pas de réserve pour permettre à la graine de germer. Elle a besoin d'une symbiose avec des champignons, via des filaments souterrains appelés mycorhizes. Ceux-ci puisent dans la terre les nutriments (comme l'azote) qu'ils transmettent à la graine qui peut alors germer.

La reproduction est également une étape délicate pour le sabot de Vénus. Comme d'autres orchidées, celui-ci fait partie des plantes à fleurs qui ne fournissent pas de nectar pour récompenser les insectes pollinisateurs. Il préfère les attirer dans un piège. Des abeilles sauvages, sans doute appâtées par la couleur jaune et une odeur spécifique, se plongent dans cette ouverture pensant y trouver quelque récompense sucrée. Au lieu de cela, la forme de la fleur empêche l'insecte de ressortir par là où il est entré, ne laissant qu'une échappatoire par l'arrière. Résultat : l'abeille piégée doit alors se faufiler pour sortir. Ce faisant, elle se frotte contre les pollinies et reprend son envol en transportant ailleurs la précieuse semence de l'orchidée. Et le cycle peut recommencer.

Olivia Rusconi

Indices biologiques et chimiques

En 2013, Ildikó Szelecz, alors doctorante dans le Laboratoire de biodiversité du sol, avait montré que les communautés d'amibes à coquille disparaissaient complètement après un mois de décomposition de cadavres de cochons : un indice précieux pour l'évaluation de l'intervalle post-mortem. Tout comme les nématodes d'ailleurs (de minuscules vers présents dans le sol), qui subissaient un impact négatif ou positif, suivant la famille ou le groupe fonctionnel (consommateurs de bactéries, de champignons, etc.) auxquels ils appartenaient.

En dehors de ces marqueurs biologiques, Ildikó Szelecz et ses collègues ont également analysé dans un travail plus récent les changements chimiques du sol sous les dépouilles en fonction du temps. Avec, là aussi des résultats tangibles. Les deux premiers mois sont caractérisés par une augmentation significative d'ammonium, d'azote, de phosphore et de potassium, tandis qu'un pic de nitrates apparaissait vers la fin de l'étude, entre 8 mois et demi et une année après la mort.

Edward Mitchell

Datation de cadavres : faites parler le sol !

Edward Mitchell se passionne pour les organismes microscopiques du sol dont il inventorie l'incroyable biodiversité. Ce monde méconnu a même intéressé la police scientifique. Car un cadavre qui se décompose modifie les communautés des unicellulaires peuplant le sol sur lequel il est déposé, de même que les éléments chimiques de ce milieu. Avec son équipe du Laboratoire de biodiversité du sol, le professeur de biologie a contribué au développement d'une méthode pour estimer la date de la mort, même des années après le décès.

Un cadavre déposé en pleine nature ne fait pas long feu. Si le climat est favorable, trois semaines après la mort, les mouches ont accompli leur travail, ne laissant plus aucune trace de chair intacte. Mais le sol sur lequel repose le corps, lui, voit sa composition chimique et les communautés de micro-eucaryotes (protistes et champignons) qui vivent là sensiblement modifiées. « Cet impact révèle une diversité d'espèces inconnues jusqu'à présent, dont quelques-unes ont pu être identifiées grâce à des analyses d'ADN. C'est un peu comme étudier un milieu très exotique comme les sources thermales au fond de l'océan, ou les récifs coralliens », illustre Edward Mitchell.

De quoi inspirer de nouveaux outils utiles aux sciences forensiques qui ont été pour la première fois employés en 2017 pour la datation de restes humains découverts dans une forêt suisse. Plusieurs équipes ont rassemblé leurs efforts pour tenter, à l'aide de diverses méthodes d'analyse, d'en savoir plus sur ce crime. Le Laboratoire de biodiversité du sol de l'Université de Neuchâtel et l'Institut des sciences forensiques de l'Université de Berne se sont ainsi alliés au Laboratoire d'acarologie de l'Université de Reading (Grande-Bretagne) et au *Real Jardín Botánico* de Madrid (Espagne).

En combinant l'analyse au carbone 14 des os et des cheveux, de la chimie du sol et des organismes présents sous le cadavre (acariens, nématodes, et micro-eucaryotes), ces équipes de choc dignes d'un épisode de la série des « Experts » ont pu établir que les restes du défunt se trouvaient déjà depuis plus d'une année sur le lieu de sa découverte. L'analyse des os a permis d'identifier la victime, un jeune homme qui a été vu vivant 22 mois avant la découverte de ces restes humains. C'est la première fois que des analyses de la diversité des nématodes et des micro-eucaryotes du sol ont été appliquées dans une instruction sur un homicide présumé.

« Nous avons développé ces méthodes en étudiant la décomposition en forêt de cadavres de cochons (photos), indique Edward Mitchell. Nous avons ainsi rassemblé des connaissances complémentaires sur les nématodes, les micro-eucaryotes et la chimie du sol qui nous ont permis d'établir un diagnostic. Depuis 2009, plus de 800 échantillons correspondant à différentes étapes de décomposition ont été analysés pour établir des méthodes d'évaluation d'intervalles post-mortem. Les restes du jeune homme étaient une première mise en situation pour dater l'âge d'un cadavre humain. Toutefois le cas n'est pas encore résolu. »

Trésors cachés sous les prairies et les forêts

Le paysage est immédiatement visible, le sol, généralement non ! Il faut saisir ce qui s'offre directement à la vue pour mieux découvrir ce qui se cache à quelques centimètres en dessous de la surface. C'est le parti pris de Jean-Michel Gobat et Claire Guenat dans leur ouvrage *Sols et Paysages*, à paraître tout prochainement. De la plaine agricole aux glaciers des Alpes, en passant par des sites plus ou moins urbanisés, ils nous présentent douze paysages et les trésors des sols qu'ils abritent.

« Quels sols se trouvent sous cette hêtraie ou ce bas-marais ? Quels sont les types de sols les plus rares ou les plus fréquents en Suisse occidentale ? Où puis-je trouver des descriptions de sols types, avec leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques ? » Des questions de ce genre, et bien d'autres, Jean-Michel Gobat et Claire Guenat en ont entendu régulièrement au cours de leur carrière. Sentant un manque à combler, ils se sont lancés dans la réalisation d'un ouvrage original pour y répondre.

« Notre approche est clairement novatrice, car nous replaçons les sols dans l'ensemble de leurs contextes paysager et écosystémique », souligne Jean-Michel Gobat, professeur honoraire de biologie de l'Université de Neuchâtel. Avec sa collègue Claire Guenat, collaboratrice scientifique au Laboratoire des systèmes écologiques à l'EPFL, il expose en détail la formation des sols et leurs interactions avec la végétation, à partir de descriptions de terrain et d'analyses de laboratoire. Richement illustré par des photos et des dessins originaux, ce livre sans précédent met en lumière une cinquantaine de types de sols. Bien qu'observés en Suisse occidentale, les sites sont typiques de l'Europe moyenne, qui s'étend grosso modo de l'océan Atlantique jusqu'à la longitude traversant le milieu de la Pologne.

On y découvre les multiples usages des sols, qu'ils soient forestiers, agricoles, viticoles ou urbains, cumulant des fonctions d'habitat pour la faune et la flore, de production de ressources agricoles et de matières premières. Sans oublier le rôle de façonneur du paysage, voire d'archives par les couches sédimentaires qui s'y déposent au fil des ans. On y aborde aussi les questions relatives aux atteintes du sol et aux mesures de conservation à adopter. Une clé de détermination des sols et des formes d'humus de la Suisse est également jointe à l'ouvrage, sous forme d'une brochure amovible.

En savoir plus :

Gobat, Jean-Michel ; Guenat, Claire (2019). *Sols et Paysages. Types de sols, fonctions et usages en Europe moyenne.* Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne. 576 p.

Les sols ont besoin de nouveaux porte-paroles

Quand verra-t-on des campagnes pour la protection des sols agricoles, ou des collectifs citoyens défendre les vers de terre ? Dans sa thèse de doctorat, l'ethnobiologiste Nicolas Derungs constate qu'en dépit des bases légales régissant en Suisse l'utilisation de ces terres qui nous nourrissent, la lente dégradation de leur fertilité se poursuit. A l'issue d'une recherche menée aux instituts d'ethnologie et de biologie, Nicolas Derungs appelle de ses vœux un vaste débat public et politique sur la question.

« Les sols ont toujours été les laissés-pour-compte de la protection de l'environnement, martèle Nicolas Derungs. La société s'y intéresse peu, alors qu'ils nous nourrissent. Seuls certains scientifiques passionnés, munis de leur bêche, se sont mobilisés politiquement pour les défendre, avec en tête la Société suisse de pédologie. La dégradation des sols est pourtant connue depuis les années 1960 des agriculteurs, des scientifiques et des autorités publiques. »

L'alarme sonnée par les experts dès les années 1970 a permis d'introduire progressivement des bases légales dans les politiques publiques. Deux programmes de recherche nationaux, le PNR 22 *Utilisation du sol en Suisse* achevé en 1991 et le PNR 68 *Utilisation durable de la ressource sol* tout juste terminé en 2018, ont été menés pour répondre à ces préoccupations. Si ces instruments ont certainement contribué à ralentir la dégradation des sols, ils ne l'ont pas stoppée. Et aujourd'hui, les Offices fédéraux s'accordent à dire que les objectifs agroenvironnementaux n'ont pas été atteints.

A l'heure des changements climatiques et de la chute de la biodiversité, les sols demeurent des milieux naturels dont on parle peu. « La terre est encore souvent considérée comme sale, déplore l'ethnobiologiste. On y enterre nos déchets, nos morts. Les vers de terre, ce n'est pas très sexy comme sujet. Le sol est trop représenté comme une surface sur laquelle on construit. Il est mal connu dans sa verticalité, dans sa profondeur, même par les scientifiques. » Ces lacunes, notamment cartographiques, doivent être comblées.

A ce déficit d'image s'ajoute le fait que la dégradation des sols a été historiquement étudiée principalement en termes techniques. L'agenda global de la recherche scientifique et la stratégie pour le développement durable élaborée par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) continuent à soutenir cette direction.

« Mais aujourd'hui, estime Nicolas Derungs, pour renforcer la protection des sols, de nouveaux porte-paroles doivent s'exprimer, tels que des agriculteurs, des jardiniers amateurs, des artistes, des philosophes, ou encore des sociologues. »

Tourbières : enfer climatique ?

Visite guidée de la tourbière du Jardin botanique par Edward Mitchell, professeur de biodiversité du sol à l'Université de Neuchâtel.

Le 23 mai, de 17h à 18h

La Maison des sols

Vernissage le 23 mai 2019 à 18h
au Jardin botanique de Neuchâtel

Une exposition permanente présentée dans le cabanon des tourbières et préparée en collaboration avec le laboratoire d'écologie fonctionnelle de l'Université de Neuchâtel. Dès le 24 mai, ouverture au public.

Forêts tropicales. Pour qui sonne le glas ?

Une exposition temporaire du Jardin botanique
à voir tous les jours jusqu'au 1er décembre 2019

En savoir plus : www.jbneuchatel.ch

Fête de la nature – Au cœur de la biodiversité

Une manifestation dans toute la Suisse,
du 23 au 26 mai 2019

Animations proposées au Jardin botanique :

« Ça grouille sous nos pieds ! »,
atelier animé par Claire Le Bayon,
professeure de biologie à l'Université de Neuchâtel

« Les vers sortent de terre ! »,
un spectacle du Lombric Circus.

Renseignements et inscriptions :
www.fetedelanature.ch et www.jbneuchatel.ch

Les sols dans la formation universitaire

La thématique des sols fait partie de la plupart des cursus en sciences naturelles proposés par l'Université de Neuchâtel :

- Bachelor en biologie
- Master en biologie
- Bachelor en systèmes naturels
- Master biogéosciences
- Master en hydrogéologie et géothermie

En savoir plus : www.unine.ch/etudier

UniNEws est un dossier de l'Université de Neuchâtel, av. du 1er-Mars 26, 2000 Neuchâtel. Tél. 032 718 10 40, bureau.presse@unine.ch, www.unine.ch.
Impressum : Presse et promotion de l'Université de Neuchâtel ; Rédaction : Igor Chlebny
Photos : Guillaume Perret, sauf p. 7 : Jean-Paul Guinnard et p. 14 : Olivia Rusconi ; Layout : Leitmotiv ; Impression sur papier recyclé FSC : IJC
Parution : mai 2019. Paraît au moins quatre fois par an.