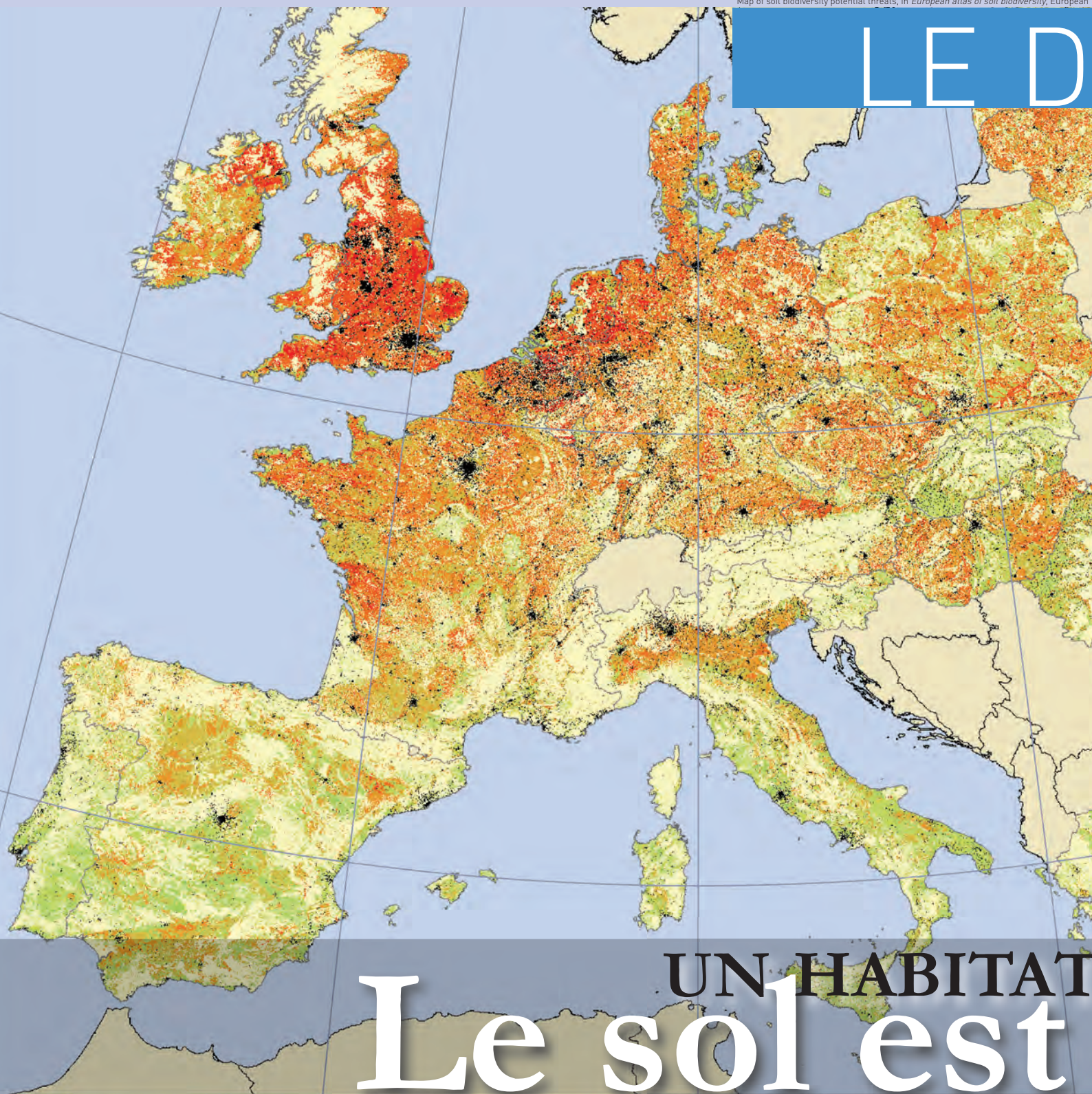


LED



UN HABITAT Le sol est

La carte ci-dessus laisse apparaître l'état de la biodiversité des sols en Europe (source Commission européenne). L'atteinte à la biodiversité est marquée par des couleurs de plus en plus denses. Le noir correspondant à des aires urbaines, le blanc à des zones non étudiées.

Biodiversité des sols L'état des lieux

L'Atlas européen de la biodiversité des sols (dont la carte ci-dessus est extraite) est paru fin 2010. La Commission européenne a souhaité y cartographier les atteintes à la biodiversité des sols des États membres, notamment pour appuyer le projet de directive Sol (cf. p. 26). Plusieurs facteurs de pression ont été pris en compte : changement d'affectation des terres, perturbation de l'habitat, exploitation humaine intensive, apparition d'espèces invasives, tassement du sol, érosion, pollution, etc. Les 128 pages ont été rédigées par des spécialistes internationaux, au fait des dernières conclusions



SOMMAIRE

- 21 La longue marche
- 22 Le sol : bien commun primordial
- 23 La face cachée de la biodiversité
- 25 Les paléosols, éléments remarquables du sous-sol
- 26 Le sol : un indicateur à notre portée
Zoom : à quand la directive Sol ?
- 28 Le bois raméal fragmenté pour enrichir des sols littoraux
- 29 Le substrat des friches minières favorise les espèces remarquables
- 30 Agriculteurs ou gestionnaires ? Deux visions du sol
Yves François. « Eux et nous : les mêmes indicateurs »
- 31 Goûtez le sol !
- 32 L'étude de l'ADN pour inventorier la biodiversité d'un sol
Antonio Bispo. Un sol est-il capable de se reconstituer seul ?
- 33 La biodiversité de la faune du sol
Pédologue, un travail de terrain peu connu

À PROTÉGER vivant

scientifiques, dans un langage accessible au grand public, souvent peu sensibilisé à ces sujets.

Les résultats montrent que le risque de déclin de la biodiversité des sols est accentué dans les zones densément peuplées ou d'agriculture intensive. Les régions les plus touchées se concentrent au Royaume-Uni (sur l'ensemble de son territoire à l'exception de l'extrémité nord), dans les pays du Benelux et dans le nord de la France. L'atlas est en libre téléchargement sur le site de la Commission européenne. ●
<http://mic.fr/1i>

La longue marche

Nous consommons de l'espace. Beaucoup. De plus en plus. Les sols, les « bons », disparaissent et la pression risque fort de s'accroître. En effet, les villes s'implantent dans les zones de limons et les besoins alimentaires à satisfaire conduisent à la déforestation. Quant aux intérêts économiques, ils accompagnent le mouvement : un terrain qui devient constructible voit sa valeur centupler.

Limitier notre appétit d'espace constitue l'enjeu de ce siècle. Les sols sont un patrimoine dont l'origine remonte aux glaciations et toute l'agriculture du monde prend racine sur quelques dizaines de centimètres d'épaisseur. Il faudra bien continuer à nourrir l'humanité...

C'est pourquoi la consommation d'espace doit également se réfléchir en profondeur. Même en plaine, un sol dénudé peut perdre un millimètre par an quand sa vitesse de formation se compte en centièmes de millimètre.

La question des couverts agricoles, de l'aménagement du territoire, des retenues... et plus globalement de la conservation des sols est d'autant plus essentielle qu'ils sont au cœur des grands cycles chimiques et biochimiques. Qu'il s'agisse du carbone, du phosphore ou du cycle de l'eau, les sols et la vie qu'ils abritent en sont les acteurs silencieux et incontournables.

Le chantier de la connaissance est ouvert, il va constituer une des grandes aventures de ce siècle. Qui sont ces organismes qui vivent dans le sol ? Quel rôle ont-ils les uns par rapport aux autres ? Qu'est-ce qui les fragilise ? On imagine qu'ils ont de fortes capacités de résilience (une bactérie se reproduit toutes les vingt minutes) mais tout est à découvrir et la préservation de la biodiversité des sols doit devenir une préoccupation au même titre que la faune ou la flore, l'air ou l'eau.

Du même coup, la question du statut juridique du sol s'invite au débat. Est-il réaliste qu'il demeure un bien privé, dont chaque propriétaire peut user et abuser ? Ne faudrait-il pas le considérer comme un bien commun dont la possession induit des devoirs et des servitudes environnementales ?

Certes, la stratégie nationale pour la biodiversité fait un lien, fort, entre sol et biodiversité. Il serait opportun d'aller plus loin et d'appréhender la gestion intégrée de l'eau, des sols et de la biodiversité comme un tout en interaction.

La mobilisation politique autour des sols et de leur gestion est encore une longue marche... ●

Bernard Chevassus-au-Louis

Inspecteur général à l'agriculture
bernard.chevassus@jouy.inra.fr

REGARD D'EXPERT

Le sol : bien commun primordial

Le sol. Une mince pellicule de matière meuble édifée à la surface de la Terre. Il produit des services écologiques indispensables à la survie de l'humanité. Il est aussi facilement dégradable.

Lent à se créer, le sol est facilement dégradable. Le sol ? Mais de quoi parle-t-on exactement ? Cette mince pellicule de matière meuble a été édifée à la surface de la Terre par divers processus d'altération des roches préexistantes. Elle met quelques centaines, parfois des milliers d'années, à se constituer. Une vie végétale et animale s'y déploie, favorisant l'apport et le mélange des matières organiques avec les éléments minéraux et constituant des structures dans lesquelles ces éléments peuvent s'imbriquer. Appelées agrégats, les entités ainsi créées sont observables aussi bien à la surface du sol (sur la litière d'un sol forestier...) qu'en profondeur (sur un profil de sol ou une motte de terre dans un champ...). La qualité et la fertilité d'un sol sont liées à l'abondance et à la diversité de ces agrégats.

Vite dégradables. Mais, si ces agrégats disparaissent, les sols sont vite dégradés. Il en est ainsi quand la végétation forestière a été retirée sans précaution ou lorsque, dans les champs, l'apport de matières organiques est trop faible. La même situation se produit si les sols sont abusivement tassés ou pollués par des substances agressives pour les organismes vivants indispensables à leur fonctionnement. À court terme, le sol est une ressource renouvelable dans ses processus de minéralisation et d'humification, mais ce n'est pas le cas à l'échelle de sa genèse et de son évolution à long terme. Aussi, l'impérieuse nécessité de le protéger s'impose. D'autant



CC by Lamiot

Nostoc (bactérie primitive) collecté sur un chemin de matériaux calcaires et riches en métaux, sur le bord du canal de Neufossé (Renescure, Nord).

moins actives (dénommées mull, moder ou mor). Elles constituent des indicateurs qui nous renseignent sur la productivité des forêts mais aussi, plus globalement, sur l'état de santé de l'écosystème forestier.

Gestion. La place des sols dans l'aménagement des territoires fonde un cadre de réflexion dont l'enjeu est de maintenir des sols fonctionnels, donc vivants. Pour les pédologues, l'objectif visera par exemple à maintenir une épaisseur de sol meuble prospectable par les racines en favorisant le travail des vers de terre. Ils tiendront compte de l'usage des sols (agricole, forestier, espace vert...) et chercheront à éviter les pertes irréversibles pour le bon fonctionnement des écosystèmes. Cette gestion précautionneuse est la seule susceptible de garantir la pérennité de ce bien commun indispensable à la survie de l'humanité. ●

Jean-Jacques Brun

Irstea

Jean-Jacques.Brun@irstea.fr

que les sols favorables à la culture ne représentent que 22 % des terres émergées et que, dans le monde, ce sont 12 à 16 millions d'hectares qui sont perdus par l'urbanisation et l'érosion sous toutes ses formes.

Au service de l'humanité. Le sol produit des services écologiques indispensables à la survie de l'humanité, nous révèle le *Millennium Ecosystem Assessment*¹ en 2005. Cette recherche distingue les services d'auto-entretien (constitution des sols, développement du cycle nutritionnel, production primaire), d'approvisionnement (nourriture, matériaux de construction), de régulation (régulation du climat, des inondations, de la qualité de l'eau) et la dimen-

sion culturelle (le terroir, la terre des ancêtres, le symbole des fécondités, de la vie humble et cachée).

Le service le plus facilement observable constitue le recyclage des matières organiques dans les sols forestiers. Les litières de feuilles ou d'aiguilles sont formées de résidus organiques présentant des degrés de fragmentation et de décomposition variables. Appelée humus, cette entreprise de démantèlement des résidus est le résultat de l'intense travail caché des nombreux agents biologiques (animaux, bactéries, champignons). Elle permet la vie de la forêt et la production du bois.

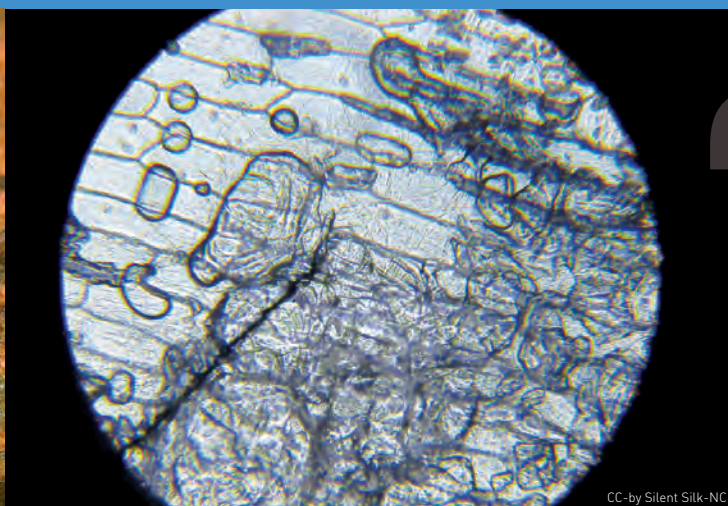
Avec un peu d'entraînement, il est possible de distinguer les principales formes d'humus², des plus actives aux

1. *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being : a Framework for Assessment.* Island Press, 2005, 245 p.

2. *L'humus sous toutes ses formes. Guide de reconnaissance illustré.* B. Jabiol, A. Brêthes, J.F. Ponge, F. Toutain, J.J. Brun, 2007, AgroParisTec-Engref Eds., 70 p.



Un collembore, *Orchesella cincta*.
CC-by Michel Vuylsteke-SA



CC-by Silent Silk-NC

Par leur richesse, les sols constituent **un réservoir de nouvelles molécules** pour la médecine.



La face cachée de la biodiversité

Le sol n'est pas un support inerte. Il est fait de vie autant que de matière. Le sol est un des plus grands réservoirs de biodiversité de la planète.

Plus du quart de toutes les espèces connues vivent sous nos pieds. Le sol est fait de vie autant que de matière. Du reste, le nombre d'espèces et la densité des organismes qui y vivent atteignent des niveaux très supérieurs à ceux observés en surface. Ainsi, un gramme de sol contient quelques milliards de cellules bactériennes et des centaines de mètres de filaments mycéliens. Le sol d'une prairie n'abrite pas moins de 260 millions d'invertébrés au m². En zone tempérée par exemple, la biomasse bactérienne représente une à deux tonnes par hectare. Quant aux sols des régions tropicales, ils abritent cinq fois plus d'espèces d'insectes que la canopée.

Et l'exploration ne fait que commencer. En effet, à ce jour plus de 95 % des espèces vivant dans le sol n'ont pas encore été décrites. Chez les vers de terre, 3 300 espèces sont connues et l'on sait qu'il en reste au moins autant à découvrir. 25 000 espèces d'acariens ont été décrites, ce qui représente à peine 3 % du total estimé. Quant aux bacté-

ries du sol, une grande majorité des taxons reste encore méconnue.

Hotspot microbien

Hétérogène, le milieu est composé de fragments issus de la dégradation des roches et de matière organique. Entre les particules du sol, des pores remplis d'air ou d'eau forment des « îles » où la vie est pos-

sible. Ces nombreux plis et anfractuosités façonnent une surface de colonisation pour la vie qui, elle-même, démultiplie les possibilités et favorise la diversité. Ainsi, des coléoptères découpent les végétaux, sur lesquels se nourrissent des acariens. Dans leurs déjections poussent des champignons sur lesquels se développent des bactéries...

Services écosystémiques de la biodiversité des sols

SERVICES ASSURÉS	RÔLE DES ORGANISMES DU SOL
Production de nourriture	Décomposition dans le sol de 60 à 90 % de la biomasse végétale et recyclage des nutriments • Amélioration de la fertilité globale du sol • Aération du sol
Qualité de l'eau	Stabilisation de la structure du sol : limite le ruissellement et l'érosion • Dégradation de polluants par les enzymes et métabolites des organismes
Hydrologie et protection contre les inondations	Augmentation de la porosité et influence sur la rétention de l'eau
Pollinisation	Phase larvaire dans le sol de nombreux insectes pollinisateurs
Séquestration du carbone	Stabilisation de la matière organique • Stockage de 1500 gigatonnes de carbone organique dans les sols (5 fois ce qui est stocké dans la biomasse forestière)
Régulation des émissions de gaz à effet de serre et cycles biogéochimiques	Maintien d'un équilibre entre nutriments • Fixation de l'azote
Régulation des pathogènes pour l'Homme, les animaux ou les plantes	Contrôle biologique des pathogènes et parasites • Augmentation de la résistance des plantes-hôtes

En chiffre 500 milliards

C'est, en euros, la valeur économique allouée aux activités de recyclage des sols. L'ensemble de la valeur des services écosystémiques assurés par la biodiversité du sol est, elle, estimée à plus de 1160 milliards d'euros/an dans le monde. •

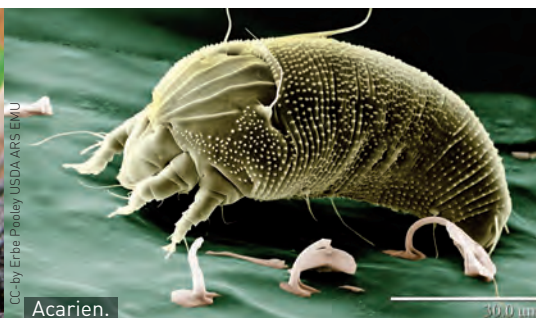


Étymologiquement, **humanité, comme humilité**, provient de **humus**, c'est là qu'est **la vie, le bouillon primordial**.

Claude et Lydia Bourguignon, in magazine *Le Monde* du 27/01/2012



Taupé.



Acarien.



Deinococcus radiodurans.

Macro faune supérieure à 4 mm •
1 000 à 10 000 individus par m²

Méso faune 0,2 à 4 mm • 100 000 à
1 million d'individus par m²

Micro faune 4 à 200 µm • 100 000 à plus
de 100 millions d'individus par m²

Soumis à l'influence des êtres vivants, certains compartiments de sol sont de véritables *hotspots* microbiens : la rhizosphère, zone autour des racines ; la détritusphère, zone de contact avec les débris organiques ; ou encore la drilosphère, à savoir l'espace enrichi par l'activité des vers de terre.

Biodiversité active

Le sol est la pièce maîtresse des grands cycles biogéochimiques (carbone, azote...) dans les écosystèmes terrestres. Il permet les échanges gazeux, liquides et de particules entre l'air, la terre et les êtres vivants. La plupart des processus élémentaires qui donnent au sol ses fonctions sont assurés par la faune et la microflore.

Les habitants du sol creusent, découpent, digèrent, transforment la matière. Petits mammifères, insectes, vers, champignons et bactéries ont, chacun, selon leurs compétences, des rôles complémentaires.

Les organismes vivants, ingénieurs et recycleurs, maintiennent la structure du sol, en régulent la chimie, influencent la fertilité et participent à la régulation du cycle de l'eau.

Les moins connus

Pourtant, bien qu'essentiels, les sols restent certainement parmi les écosystèmes les plus complexes et les moins bien connus de la planète. Les mécanismes sous-jacents sont loin d'être complètement décryptés par les scientifiques. Les travaux et les expérimentations sur les liens entre biodiversité et fonctionnement des sols ne permettent pas encore de répondre à toutes les questions.

Dans une communauté bactérienne, quelques espèces seulement sont numériquement dominantes alors que toutes les autres n'ont qu'un nombre limité de représentants. Mais le rôle des espèces minoritaires fait toujours controverse.

Qualité ou quantité ?

Plusieurs approches de la biodiversité des sols se côtoient sans être incompatibles. Certains chercheurs considèrent que la bonne santé d'un sol se mesure par sa biomasse. Pour les évaluations ou les opérations de restauration, il conviendrait donc de cibler quelques groupes fonctionnels majoritaires. D'autres experts s'intéressent à la diversité, à la nature des assemblages d'espèces et aux potentiels d'évo-



Février 2012.
La Commission européenne souligne qu'entre 1990 et 2006, **1 000 km² de sols ont été imperméabilisés** chaque année.

lution à plus long terme.

Quoi qu'il en soit, dans certains cas, on a pu remarquer que le rôle joué par les bactéries est davantage lié aux conditions de l'environnement qu'à leur diversité. Ainsi, si on élimine expérimentalement un grand nombre d'espèces minoritaires dans un sol, ses fonctions ne sont pas altérées.

Cependant, la multitude d'espèces est capitale. Les espèces minoritaires prennent le relais quand, soumises à une perturbation, les espèces dominantes voient leur effectif se réduire.

Cette biosphère rare est également un réservoir d'informations génétiques permettant l'adaptation à de nouvelles conditions.

Pratiques innovantes pour la gestion des sites

Le sol constitue également un réservoir de nouvelles molé-

cules, dépassant largement ce qui pourrait être synthétisé. C'est une source d'innovation pour la médecine, les procédés industriels et pour optimiser la production agricole. Identifié en 1928, le plus célèbre des médicaments, la pénicilline, provient d'un champignon du sol. Aujourd'hui, 70 % des antibiotiques présents sur le marché sont issus de bactéries du sol.

Certaines enzymes identifiées chez des micro-organismes entrent dans des procédés industriels. Inspirées par le génie naturel, des entreprises ont développé ces technologies, par exemple l'industrie du papier ou l'extraction minière (cuivre, or...).

En agriculture, l'inoculation avec des champignons ou des bactéries favorables aux plantes, a montré ses effets positifs sur la croissance et le développement de certaines espèces cultivées. La capacité des micro-organismes à métaboliser toutes sortes de composés, y compris les plus toxiques, est utilisée par l'ingénierie écologique.

Plusieurs espèces bactériennes capables de dégrader le pétrole ont déjà été décrites. D'autres peuvent traiter des polluants comme les pesticides ou les métaux lourds retrouvés en abondance aux abords des autoroutes ou sur des friches industrielles. Cette «biointelli-

gence», comme on pourrait l'appeler, pourrait s'avérer utile au service de la dépollution des sols par exemple.

Capacités d'adaptation

Grâce aux mutations, à des temps de génération très courts et aux mécanismes de transferts de gènes, les micro-organismes du sol ont de remarquables capacités d'adaptation. Le cas du lindane en est un bel exemple : cette substance toxique a été utilisée comme pesticide agricole (interdit en 1998). Alors que dans les années 1940, aucune bactérie n'était capable de dégrader cette molécule, certains micro-organismes ont finalement acquis cette compétence après quelques décennies par combinaison de matériel génétique.

Enjeux pour la recherche

Les sols sont menacés et les enjeux sont de taille. Il devient donc impératif de soutenir l'activité scientifique afin de surmonter le manque de connaissances sur la biodiversité des sols et les services écosystémiques qui en dépendent.

L'exploration de cette diversité est un défi pour les scientifiques, notamment pour des raisons méthodologiques. Seulement 1 % des micro-organismes des sols est aujourd'hui décrit après leur mise en culture.

Les microbiologistes du sol ont été amenés à utiliser des méthodes basées sur l'extraction de l'ADN, remplaçant l'identification morphologique des espèces.

Grâce aux développements des techniques moléculaires, la richesse du sol en micro-organismes commence à être mesurée.

Sentier des ocres à Roussillon (Vaucluse). Les anciennes carrières d'extraction de sables ocreux ont été aménagées pour l'accueil du public.



Stéphane Legat - PNR Luberon

Indicateurs de qualité

Pour surveiller la qualité des sols, une batterie d'indicateurs, simples ou composites, a été mise au point. Ils peuvent être basés sur la biomasse, sur l'abondance ou la diversité de certains groupes biologiques, comme les vers de terre. Mais les travaux sont toujours en cours (programme Envasso) et il n'existe pas aujourd'hui de système standardisé d'indicateurs.

Des études sont également menées sur les relations entre diversité et fonctionnement des sols¹. Elles permettront de mieux évaluer les impacts des activités humaines et de mieux cibler les mesures de gestion, pour les sols, de manière générale ou en visant tout particulièrement leur biodiversité. ●

Fondation pour la recherche sur la biodiversité

contact@fondationbiodiversite.fr

Cet article est issu d'une publication de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité : *Sols vivants ; la face cachée de la biodiversité. Des clés pour comprendre la biodiversité*, n°1, avril 2011.

EN SAVOIR PLUS

- www.fondationbiodiversite.fr
- *Premier atlas de la biodiversité des sols européens*, Commission européenne, 2010, p. 130. <http://bit.ly/d5shzS>
- Mieux comprendre et utiliser la diversité des organismes du sol, SFE, S. Barot et F. Dubs <http://mic.fr/2m>
- Février 2012. Rapport Commission européenne : <http://mic.fr/2n>

INFO PÉDAGOGIQUE

Les paléosols, éléments remarquables du sous-sol

Les sols, superficiels et souvent minces, sont facilement érodés. Il est ainsi assez rare qu'ils soient préservés dans les formations géologiques du sous-sol. Quand cela se produit, ils deviennent des paléosols, dont certains sont des roches spéciales : ocre, minerai d'aluminium (bauxite) ou de fer.

Les paléosols sont les témoins précieux de conditions climatiques et/ou topographiques continentales disparues. Ceci leur confère un intérêt scientifique et pédagogique, voire patrimonial dans le cas d'anciens sites d'exploitation d'ocres ou de bauxites dont certains mériteraient d'être valorisés. Des paléosols quaternaires se sont formés pendant les interglaciaires chauds et s'intercalent entre des dépôts de périodes froides (moraines, lœss). Certaines séries continentales portent des marques de pédogenèse c'est-à-dire de formation (genèse) des sols. On y voit notamment des traces de racines. Elles peuvent aussi renfermer des sols formés sous climat chaud à croûtes calcaires ou cuirasses ferrugineuses.

Plus spectaculaires sont les célèbres ocres du Vaucluse, véritables sols latéritiques¹ formés sous climat tropical, au crétacé moyen, lors de l'émersion et de l'altération² de grès marins riches en fer, et ensuite fossilisés par d'autres dépôts marins. Les bauxites provençales voisines, de même âge, sont souvent aussi des paléosols riches en aluminium et en fer. Plus subtilement, certaines roches sédimentaires doivent leur couleur rouge au remaniement de latérites dont il ne reste par ailleurs aucun vestige. ● **Bernard Laumonier**

École des mines de Nancy. Université de Lorraine
bernard.laumonier@mines.inpl-nancy.fr

1. Latérite : sol tropical rouge épais à kaolinite (une argile) et oxydes de fer et aluminium.
2. Altération : transformations chimiques et minéralogiques des roches lors de la pédogenèse.

1. Comme le projet Betsi qui propose de synthétiser et d'organiser les informations sur les traits biologiques et écologiques des invertébrés du sol. L'originalité de ce projet réside dans le développement d'une base de données sur cette face cachée de la biodiversité. Programme phare de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, il est financé par le Centre de synthèse et d'analyse sur la biodiversité.

Le relevé de sol s'effectue par prélèvement à la tarière. Il laisse voir les différents horizons (couches) du sol. Une fiche de description (voir ci-contre) est alors remplie par l'opérateur à partir d'observations visuelles. Ces données hiérarchisées par l'outil informatique permettent de qualifier l'état hydrologique du sol.



MÉTHODE

Le sol : un indicateur à notre portée

Des clés simplifiées de description visuelle du sol permettent de connaître la qualité hydrologique du sol et des écosystèmes. Une méthodologie est en phase de test, utilisable par tous.

Le sol constitue un bon indicateur du fonctionnement de l'écosystème. Cette mince bande de « terre » qui, dans nos régions tempérées, ne dépasse pas deux mètres d'épaisseur est le support de développement de la végétation. C'est également le produit de facteurs déterminant la dynamique des milieux. D'un point de vue intrinsèque, un sol n'est pas de bonne ou mauvaise qualité.

Il est, simplement, plus ou moins adapté à un usage donné : dans notre cas, la préservation de milieux naturels diversifiés.

Le sol peut cependant constituer un indicateur, il permet par exemple de révéler le fonctionnement hydrologique des sites. Une méthodologie est actuellement à l'étude afin de permettre à tout gestionnaire de se saisir de clés de description simplifiées. La

méthode est développée dans le cadre du programme RhoMEO pour l'évaluation de l'état des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée.

Comment ça marche. Le niveau d'hydromorphie du sol, c'est-à-dire la présence de marques physiques d'une saturation en eau, est un bon indicateur de l'état de fonctionnement de ces milieux. Lorsque la saturation, à proxi-

mité de la surface, est totale et permanente, les conditions d'anaérobiose empêchent la dégradation de la matière organique qui s'accumule sous forme de tourbe. Différents descripteurs, comme la taille des fibres et la proportion de matière minérale par rapport à celle de matière organique traduisent alors son état.

Lorsque les conditions de saturation et de température ne permettent pas la formation de tourbe, les phénomènes de redistribution ou d'accumulation du fer traduisent l'hydromorphie du sol.

La présence de taches de couleur rouille correspond à la présence d'une nappe d'eau temporaire (redoxisol). Leur taille et leur abondance sont alors des éléments de caractérisation de l'importance de la saturation en eau.

Lorsque la saturation est quasi permanente, les couches de sols (horizons) prennent une couleur bleuâtre à verdâtre très uniformes (réductisol).

Méthodes. Le relevé de sol s'effectue classiquement par « prélèvement » à la tarière ou par réalisation de fosse à la bêche.

Seuls les soixante premiers centimètres de sol sont prélevés afin d'être décrits. C'est



ZOOM

À quand la directive Sol ?

Contrairement à l'air ou à l'eau, le sol est une ressource naturelle qui n'est pas protégée par des textes spécifiques au niveau communautaire. Une proposition de directive a cependant été rédigée le 22 septembre 2006. Il s'agit d'un texte relativement novateur qui porte une nouvelle conception du sol, en reconnaissant la multiplicité de ses fonctions ainsi que son caractère non renouvelable. S'inspirant du principe d'intégration, il oblige les États à analyser les impacts des politiques qui ne concernent pas directement le sol, sur ce dernier. Il prévoit également un recensement systématique des sols à risques, c'est-à-dire ceux sur lesquels « il est patent ou hautement probable qu'un ou plusieurs des processus de dégradation se soient produits ou risquent de se produire ». La directive impose aux États membres de mettre en place un droit des sols conforme au principe de prévention, en leur laissant une certaine liberté dans le choix des mesures à adopter.

En 2007, la France, l'Allemagne, l'Autriche, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ont refusé l'adoption de cette directive et le processus semble toujours bloqué. Cette absence de texte européen peut s'avérer très dommageable, d'autant plus que la majorité des États de l'UE, à l'instar de la France, ne possèdent pas de législation spécifique concernant les sols. Le plus souvent, ils sont protégés par l'intermédiaire de textes portant sur d'autres éléments des écosystèmes (protection de l'eau, de la biodiversité, gestion des déchets...). ● **Gaëlle Audrain-Demey**

Doctorante en droit à l'université de Nantes • gaëlle.audrain@yahoo.fr

Déterminer l'état du sol : fiche de description

CONTEXTE DU SONDAGE

Temps ☐ variable ☐ précipitations ☐ ensoleillé ☐ N° du relevé floristique

Ambiance ☐ humide ☐ sèche ☐ froide ☐ chaude ☐ Nappe ☐ observable dans la fosse, ☐ non visible

Type d'observation ☐ fosse pédologique ☐ tarière ☐ Cause de l'arrêt

DESCRIPTION PEDOLOGIQUE

A Limites
1 régulières
2 ondulées
3 irrégulières
4 interrompues

F Racines
1 sans
2 < 8/dm²
3 8 à 32 / dm²
4 > 32 / dm²

B Couleur
voir code de la charte Munsell

G Taches
1 sans
2 oxydation
3 réduction

C Texture
1 organique
2 sableuse
3 limoneuse
4 argileuse

H Abondance
1 < 5%
2 5 à 15 %
3 15 à 40 %
4 > 40 %

D Structure
1 particulière
2 grumeleuse
3 grenue
4 massive
5 lammellaire
6 prismatique
7 en colonnes
8 polyédrique
9 blocs cubiques
10 en fuseaux
11 fibreuse
12 feuilletée
13 lithologique

I Taille
1 > 2 mm
2 2 à 6 mm
3 6 à 20 mm
4 > 20 mm

J Formes
1 irrégulières
2 arrondies
3 traînées
horizontales
4 traînées
verticales

E Éléments grossiers
1 sans
2 graviers < 2cm
3 cailloux 2 à 6cm
4 pierres > 6cm

K Humidité
1 sec
2 frais
3 humide
4 saturé

	Caractéristiques de l'horizon					Hydromorphie					Propriétés								
		Limites	Couleur	Texture	Structure	Éléments grossiers	Racines	Taches	Abondance	Taille	Forme	Humidité	Compacité	Plasticité	Adhésivité	Fiabilité	Altération de la MO	Von-Post	
	N°	Profondeur	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	1	-																	
	2	-																	
	3	-																	
-	-																		
-	-																		

L Compacité (couteau)
1 pénètre sans effort
2 avec effort
3 incomplet
4 ne rentre pas ou quelques mm

O Friabilité (pouce/index)
1 ne s'effrite pas
2 sous forte pression
3 s'effrite facilement
4 très légère pression

P Altération de la MO
1 végétaux identifiables
2 identifiables avec traces de décomposition
3 peu d'organes végétaux identifiables
4 non identifiables

Pas ou peu cohérent
1 - particules libres
2 - arrondies, poreux, surfaces irrégulières
3 - grains arrondis, peu poreux, sans orientation

Cohérent
4 - absence d'agrégats
5 - faces planes horizontales
6 - anguleuse, verticale
7 - prismatique à sommet arrondi
8 - arêtes vives
9 - arêtes vives de même dimension
10 - en fuseaux
11 - résidus organiques
12 - résidus de feuilles
13 - héritée de la roche mère

La méthodologie mise en place pour déterminer l'état hydrologique d'un sol s'articule autour de quatre étapes. La première, ci-dessus, consiste à remplir la fiche de terrain des descripteurs du sol. Cette fiche est alors saisie dans une base de données qui permet une analyse par combinaison des requêtes. Après avoir caractérisé le type d'horizon (étape 2), puis le type de sol (étape 3), le traitement des données aboutit à la définition de l'état d'hydrique du sol (étape 4).

dans cette zone que les traces d'hydromorphie correspondant à la dynamique actuelle sont recherchées. L'observateur recueille des données en s'appuyant sur des clés de description visuelle.

Volontairement simplifiées pour être clairement discriminantes, ces données apparaissent sur une fiche de terrain ici reproduite. Les caractéristiques de l'horizon (limites, couleur, structures...) y sont soigneusement consignées puis reportées dans une base de données informatisée. Ces informations sont alors traitées par l'outil informatique.

Une série de requêtes hiérarchisées aboutit au classement (de bon à mauvais) de l'état du fonctionnement hydrologique pour chaque point de suivi. Cette prise en compte du sol

Se former à la pédologie

Pour répondre aux demandes de compétences des gestionnaires en matière de biodiversité du sol, l'Aten a mis à son catalogue de formation pour 2013 (mars) une initiation à la pédologie. Elle s'adresse aux agents et aux responsables scientifiques et aborde notamment : la morphologie des sols, ses propriétés physiques et chimiques, les études des sols et les mesures de gestion pour les espaces naturels. Inscriptions : <https://formaltis.espaces-naturels.fr/formaltis>.

comme indicateur hydrologique est testée sur le terrain depuis 2010. L'automatisation de cette analyse est en cours. Les retours positifs des opérateurs (spécialistes ou non) des différents conservatoires impliqués dans le programme¹ permettent de penser que la méthode est véritablement opérationnelle et peut être utilisée comme routine. Un domaine de la

connaissance et de l'évaluation des milieux jusque-là peu pris en compte s'ouvre. ●

Jérôme Porteret

Conservatoire du patrimoine naturel de la Savoie
j.porteret@patrimoine-naturel-savoie.org

1. Rhône-Alpes, Savoie, Isère, Haute-Savoie, Bourgogne, Franche-Comté, Languedoc-Roussillon et Paca.

Trouver l'info ?

Les sols sont méconnus. Ce constat a conduit, en 2001, à la création du Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (GisSol)¹. On y trouve des informations sur l'état actuel des sols en France, leurs fonctions et caractéristiques. Le GisSol vient de publier un ouvrage² sur l'état des sols de France. Ce travail s'appuie sur un réseau de 2200 sites de mesures et une banque de données de 19 millions d'analyses de terres agricoles. Il établit un diagnostic de leur état chimique, biologique, physique et souligne les points positifs et les principales inquiétudes. Les premiers résultats permettent de quantifier l'artificialisation et l'érosion des sols, de qualifier leur fertilité et d'estimer leur stock de carbone. Ce programme alimente de nombreuses autres études, telles celles de la contamination des sols par des polluants organiques persistants, ou encore par les bactéries pathogènes de l'Homme, et le rôle des sols dans les flux de gaz à effet de serre. En ce qui concerne le dessèchement des sols lié au changement climatique, les chercheurs affirment ne pas avoir suffisamment de recul pour savoir si la modification du climat va favoriser le stockage ou le déstockage de carbone. Il faudra attendre le prochain bilan. Ce nouveau réseau de mesures permettra en effet de suivre, tous les 10-12 ans, l'évolution des sols au cours du temps. ●

Naïk Faucon Aten

1. Le Groupement d'intérêt scientifique sur les sols regroupe le ministère de l'Agriculture, le ministère de l'Écologie, l'Inra, l'IRD, l'Ademe et l'Inventaire forestier national.

2. www.gissol.fr/RESF/Rapport_HD.pdf

EN SAVOIR PLUS

www.gissol.fr/lettre/index.php



PROJET DE PNR DU GOLFE DU MORBIHAN

Le bois raméal fragmenté pour **enrichir des sols littoraux**

Une technique simple pour rendre le sol à nouveau vivant, l'épandage de rameaux.

La présence d'activité conchylicole dans l'estuaire de la rivière de Penerf (Morbihan) fait craindre toute pollution bactériologique. La loi interdit d'épandre toute matière organique d'origine animale sur une bande de 500 m depuis le littoral. Aussi, pour faire face à la pauvreté de ces sols littoraux, les agriculteurs utilisent des apports en engrais minéraux et autres intrants chimiques. Une pratique qui, à long terme, conforte d'ailleurs l'appauvrissement de ces mêmes sols.

Dans le cadre de l'élaboration du second contrat de bassin versant de la rivière de Penerf, les agriculteurs ont alerté le projet de Parc naturel régional du golfe du Morbihan sur la question. Un relevé agronomique et microbiologique du sol est alors réalisé en mars 2010, il confirme le diagnostic. Aussi, comment viser l'amélioration qualitative des sols littoraux et réduire les intrants minéraux et chimiques ? Comment faire en sorte que l'agriculture littorale s'avère respectueuse du milieu marin et des activités conchylicoles situées à l'aval ? Et, bien sûr, comment réduire la déprise agricole ? Au lieu d'une solution traditionnelle consistant à apporter de la chaux en grande quantité, une forte quantité azotée, ainsi qu'un complément en oligo-éléments (engendrant un coût non négligeable), la solution bois raméal fragmenté est retenue.

Celle-ci est expérimentée à Ambon. Le bois est uniquement issu de branchage d'arbres feuillus. La méthodologie est relativement simple.

Camille Simon - SIGM



1. Épandage du bois raméal fragmenté issu de branchages de feuillus en décembre. Le BRF restera tel quel environ trois mois.
2. Différentes vues de la structure du BRF.

Les conchyliculteurs ont été associés aux diverses actions du bassin versant. Ils ont approuvé l'utilisation de BRF lors des commissions agricoles.

Camille Simon - SIGM



Méthodes. Deux à trois centimètres d'épaisseur de bois raméal fragmenté ont été épandus sur la parcelle. Soit, par hectare, 200 à 300 m³ pour 50 à 60 tonnes de produit. Le BRF est ensuite resté tel quel, environ trois mois.

La mise en œuvre du bois raméal fragmenté s'opère entre le mois de novembre et le mois de mars. Cette période laisse à la microfaune le temps de s'implanter à l'air libre, sur le végétal, avant la mise en culture de la parcelle. Trois mois plus tard, un retournement ou un simple hersage de la parcelle s'impose.

Un seul apport de BRF permet de restructurer partiellement les dix centimètres supérieurs de sol durant cinq ans. Cette pratique, en effet, crée des conditions favorables

pour abriter toute la microfaune et flore (champignons) nécessaire pour stimuler la vie du sol, pour capter l'azote minéral et la transformer en azote organique, dans l'humus, à savoir sur les premiers centimètres du sol.

Effets. Nous sommes aujourd'hui au début de l'expérimentation mais, outre la valorisation des déchets verts locaux dans un cycle court, les effets attendus sont nombreux : amélioration agronomique des sols dans la bande littorale des 500 mètres ; diminution, voire arrêt des traitements phytosanitaires ; gestion de la ressource en eau ; lutte contre l'érosion des sols (pollutions azotées et phosphores) ; pérennisation de l'activité agricole sur le littoral.

La biodiversité est également la grande gagnante de cette technique d'enrichissement. Un suivi agronomique (analyse de terre pour les paramètres azote, phosphore et potasse) et microbiologique des sols (analyse de la biomasse microbienne et de la macrofaune, notamment les vers de terre) sera réalisé tous les ans jusqu'en 2015. Il permettra de mesurer l'évolution du sol et les bénéfices retirés en le comparant à l'état initial. Les résultats obtenus seront, bien sûr, communiqués aux autres agriculteurs du bassin versant de la rivière de Penerf et au-delà. ●

Camille Simon

Projet de Parc naturel régional du golfe du Morbihan

camille.simon@golfe-morbihan.fr



Guillaume Lemoine

Halictus scabiosae, espèce présente dans la sablière d'Hamel.



Guillaume Lemoine



NORD-PAS-DE-CALAIS

Le substrat des friches minières favorise les espèces remarquables

Sols industriels et biodiversité ne sont pas toujours antinomiques.

Dans les sites industriels, la nature est généralement peu présente. Quant aux sols, largement anthropisés, ils ne sont pas propices à la biodiversité. Cette affirmation un peu hâtive mérite d'être relativisée, notamment à la lumière d'exemples pris dans la région Nord-Pas-de-Calais où des observations naturalistes ont permis de faire de surprenantes constatations : les terrils miniers, les carrières et les sablières de la région favorisent des espèces remarquables !

L'activité industrielle, principalement extractive, a en effet permis la mise en surface de substrats géologiques normalement recouverts par les limons fertiles des plaines agricoles et la création de ruptures de reliefs (intéressantes dans une région au relief très modéré). Ces substrats, qui peuvent avoir de fortes ressemblances avec ceux des milieux dunaires, des coteaux calcaires ou des landes acides, offrent des milieux neufs à coloniser et constituent des biotopes de substitution pour de nombreuses espèces de faune et de flore dont la surface des habitats est largement déficitaire ou en régression au sein du territoire régional.

Le sol ? Un biotope ! Ainsi, ces nouveaux milieux accueillent régulièrement des espèces en condition de conservation défavorable tels l'engoulevent d'Europe, le pélydote ponctué, l'alyte accoucheur, le lézard des murailles... et dans certains

cas des espèces nouvelles pour la région (goéland cendré, hibou grand-duc...). Dans la carrière de sablons d'Hamel (59), les écologues du département et les naturalistes locaux ont noté la présence d'un nombre très important d'hyménoptères sabulicoles¹. Ces abeilles et guêpes solitaires se rencontrent principalement dans les milieux chauds et secs qui présentent une faible couverture végétale. La prospection a permis notamment d'observer au printemps d'importantes colonies d'abeilles (andrénes des sables et collètes-lapins) et d'y recenser au cours de l'été de nombreuses autres espèces des genres *Andrena*, *Colletes*, *Dasypoda*, *Halictus*, *Nomada*, *Sphecodes*...

Si les plages de sable (ou de schistes houillers) bénéficient d'un ensoleillement suffisant et de préférence à l'abri des vents, ces vastes étendues minérales permettent aux insectes, par leurs conditions pédologiques, de bénéficier de terrains meubles qui se creusent facilement. Le caractère minéral et la granulométrie des matériaux en place donnent également aux substrats de bonnes conditions de drainage, de sécheresse et de réchauffement. Ce réchauffement est accentué par la pauvreté agronomique du sol qui empêche le développement rapide d'une végétation herbacée dense. On comprend facilement les enjeux de la préservation de ces milieux qui ont tendance à disparaître (comblement des sablières et des carrières, décharges, dy-

namique naturelle de la végétation...) ou à être requalifiés de façon maladroite.

Renaturation. Cette sablière fait l'objet d'une renaturation environnementale ambitieuse. Conscients de la richesse du site, l'exploitant et la mairie ont décidé d'abandonner une partie du gisement afin de maintenir les très importantes bourgades d'hyménoptères (probablement les plus importantes au niveau régional). Après remblaiement partiel, le site sera recouvert d'une couche de sable acide, dénué de matière humifère pour favoriser l'extension des colonies d'abeilles sauvages et permettre à la flore spécialisée de ce type de milieux aux fortes contraintes écologiques de s'étendre. Cette renaturation a été prévue à la place du projet initial qui prévoyait un boisement. Décision courageuse dans une région déficitaire en espaces récréatifs et surfaces boisées (12,5 % du territoire régional). ●

Guillaume Lemoine

Chargé de mission ingénierie écologie
EPF Nord - Pas-de-Calais
g.lemoine@epf-npdc.fr

1. En plus d'une très importante colonie d'hirondelles de rivage (six cents nids !) et la présence d'une végétation psammophile et acidophile caractérisée par les petites cotonnières et spergulaires rouges.

EN SAVOIR PLUS

Renseignements complémentaires et maître d'ouvrage : nseigne@stb-matériaux.fr



RHÔNE-ALPES

Agriculteurs ou gestionnaires ? Deux visions du sol



Agriculteurs et gestionnaires ont chacun une perception du sol, chacun une vision de la biodiversité. **L'échange s'avère fécond.**

Laurent Mignaux - Medit



YVES FRANÇOIS

Élu à la Chambre d'agriculture de Rhône-Alpes

« Eux et nous : les mêmes indicateurs »

Notre système agricole est efficace mais ne s'inscrit pas en totalité dans le développement durable, nous devons trouver des solutions nouvelles. Or, il s'avère que les environnementalistes cherchent, eux aussi, des solutions pour maintenir telle espèce ou tel milieu herbacé. Pour chacun de nous, le sol est le point de départ.

La rencontre qui s'est déroulée en automne nous a permis de pointer qu'il y a convergence dans l'usage de certains indicateurs. Prenons le ver de terre par exemple : Gilbert Barnachon, céréalier, nous a expliqué que l'espèce est témoin de l'amélioration de ses pratiques. C'est également, pour le gestionnaire, un indicateur de baisse de l'humidité du sol.

Enfin la sollicitation accrue d'agriculteurs par les gestionnaires témoigne de cette confiance retrouvée, de l'intérêt aussi de favoriser ces échanges et les relations humaines. ● yvesfrancois@orange.fr

Le 12 octobre 2011, les Automnales de l'agriculture et la biodiversité à Lyon offraient une riche occasion d'échanges techniques entre professionnels de l'agriculture et gestionnaires d'espaces naturels à propos de la biodiversité du sol.

Un premier constat est évident : le sol n'est pas vu de la même manière ! De l'intérieur pour l'agriculteur qui va toucher, effriter la terre, en apprécier la couleur, interpréter sa texture à travers d'éventuels risques de battance¹ et évaluer ses stocks nutritionnels. *A contrario*, le regard du gestionnaire perçoit plus difficilement la surface et se pose sur la végétation indicatrice de l'état du sol, au risque d'une interprétation qui ne fasse la part des choses entre facteurs édaphiques² et anthropiques.

Différents. Les agronomes poussent vers une reconnaissance de la biodiversité, une diversité fonctionnelle caractérisée par une somme d'êtres vivants en interrelation : quelques centaines d'espèces de filaments mycéliens, une dizaine de milliers pour les bactéries, des décomposeurs, des suceurs... Leur préoccupation est moins la

présence ou non d'une espèce mais l'aptitude de congénères à bloquer rapidement la manifestation du parasite. Nous sommes, à la fois, loin de la biodiversité patrimoniale qui nous occupe en tant que gestionnaires (du nombre limité d'espèces considérées) et encore plus proches de la définition qui nous anime, d'un écosystème fonctionnel. Creuser sous la surface ou écouter l'agriculteur ? Les échanges de cette journée nous amènent à voir le sol différemment. D'abord sous l'angle de la faiblesse de nos bases agronomiques et de notre tendance à rester « superficiels ». Ils mettent aussi en évidence l'intérêt de revaloriser les cri-

tères édaphiques afin de comprendre la végétation spontanée et de compléter les seuls témoignages locaux.

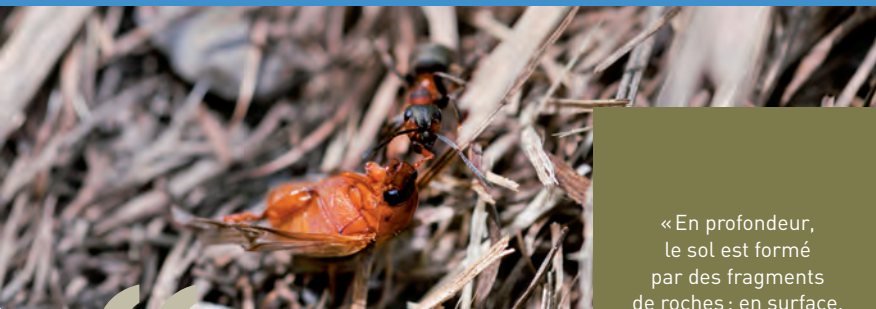
Ces critères, en rapport à la nature du sol, les gestionnaires les utilisent avant tout sur les sols hydromorphes de tourbières. Car ils nous révèlent l'histoire de leur oxydo-réduction. C'est ainsi que Sébastien Barthel, gestionnaire, reconnaît que, dans une prairie à nard, « l'analyse en profondeur permettrait de distinguer les nardaies³ intimement liées à la nature du sol de celles liées à un surpâturage ». Interrogeons-nous aussi, sur la capacité du sol à régénérer le milieu initial avant de restaurer un habitat.

Complémentaires. Enfin, comprendre comment l'agriculteur travaille avec son sol saura nous inciter à rester humble et à ne pas trop vite recommander des modifications de pratiques plus « écologiques ». C'est là une base d'un partenariat qui ne demande qu'à s'intensifier ! ●

Pascal Faverot

Conservatoire d'espaces naturels de Rhône-Alpes
pascal.faverot@espaces-naturels.fr

1. Tendance d'un sol limoneux à se désagréger et durcir en surface sous l'effet de la pluie.
2. En rapport à la nature du sol.
3. Pelouses rases d'altitude dominées par le nard.



Elle colle? C'est de l'argile. Elle croque? Du sable et des cailloux.

« En profondeur, le sol est formé par des fragments de roches ; en surface, par des feuilles mortes, brindilles, cacas, restes d'animaux, appelés humus. »



Nicolas Avril



CONSERVATOIRE DES SITES LORRAINS

Goûtez le sol !

Ici, on sent, on observe, on touche, on mange la terre... C'est avec les sens, tous les sens, que les enfants apprennent à qualifier le sol.

La démarche est un peu atypique. Sur une pelouse, une côte calcaire, adret de cuesta, animateurs et enfants se retrouvent pour... manger de la terre. Certes, la formule est un joli raccourci destiné à « appâter » le lecteur ; pourtant, il y a un peu de cela.

La quinzaine de bambins issus des cycles 3 écoute attentivement l'animateur qui se tortille sur un pied dans l'équilibre de la pente : « Avant de nous intéresser aux plantes, nous allons regarder sous le plancher des vaches. C'est dans le sol que les plantes se cramponnent et puisent leur nourriture. C'est dans le sol aussi que vivent des milliards d'animalcules, pour la plupart microscopiques. Ils forment les intestins de la terre. Voyons donc les constituants minéraux du sol. C'est-à-dire ce qui se trouve entre la roche et l'air. »

Les enfants s'impatientent. Ils sont en plein air.

Si on passait à l'action ! ?

« Récupérez-moi donc trois carottes de terre à l'aide de la tarière, lance l'animateur du

Conservatoire des sites lorrains. Allez... Une en bas de la côte, une en pleine côte et une sur le plateau. »

Goûtez. Le groupe s'éclate comme une grappe dont les raisins s'arrachent. Les enfants s'exécutent. Ils ramènent, les mains sales et le sourire aux lèvres, quelques éléments du sol qu'ils ont piégé dans la vrille.

« Et maintenant, qui veut goûter cette délicieuse terre ? »

Pour de vrai ?, peut-on décider dans le regard de certains, tandis que d'autres se sont piqués au jeu, trop heureux d'une situation qui transgresse des interdits.

Ils portent la terre aux lèvres puis mâchent doucement, grimaces à l'appui.

« Alors vos sensations ? Est-elle pâteuse, collante ? Sentez-vous des petits cailloux, comme du sable sur les dents ? Si elle colle, c'est qu'elle est argileuse. Si elle croustille, les cailloux viennent de la roche qui s'émiette par petits bouts. » Les plus timorés s'enhardissent...

« Ajoutez de l'eau. Pouvez-vous en faire de la pâte à mo-

delier ? C'est de l'argile, du limon ou bien de la vase. Ah... là, elle casse tout de suite ! C'est du sable et des cailloux. »

Ils tripotent, ils aiment cela les gamins.

« Regardez vos mains ! Sont-elles tachées ? C'est de l'argile. La terre colle aux doigts ? Encore de l'argile. Dans les régions très argileuses, on dit qu'elle est amoureuse », ajoute le jeune homme dans un clin d'œil.

Tripoter. Avec les sens, il apprend aux écoliers à caractériser le sol.

« Enfoncez votre pouce dans la boule ! Versez de l'eau maintenant... Elle ne traverse pas ? C'est qu'elle contient beaucoup d'argile.

L'argile humide est comme un *K-Way*. Plus la terre est argileuse et plus le sol est humide en surface. »

Puis vient l'expérience Coca-Cola, comme ils aiment à dire. Quelques gouttes d'acide chlorhydrique sur l'argile et sur les petits cailloux ; et ça mousse !

L'animateur force alors l'observation sur la couleur et sur

l'odeur : « Plus la terre est noire, plus elle sent le terreau, plus elle contient d'humus donc de nourriture. » Excités par ces expériences ressenties, les gosses interpellent : vous dites que le sol est le plus profond en bas ? « Oui, à cause de la pente. Du reste, certaines plantes comme la canche cespiteuse ne poussent que sur sol profond ; d'autres, comme le thym, préfèrent les sols caillouteux et secs.

Observez, observez... voyez que le sol n'est pas partout pareil. Et les plantes ont chacune leurs préférences selon que le sol est pauvre ou riche en nourriture, qu'il est humide ou non, que la roche est calcaire ou acide, que le sol est profond ou superficiel. » L'animation s'achève, chacun regarde bizarrement la pelouse sous ses pieds.

« Pourtant, de loin, ça a l'air tout pareil, ce truc » lance un élève de sixième surpris de ce qu'il vient de comprendre. ●

Nicolas Avril

Conservatoire des sites lorrains

n.avril@cren-lorraine.fr

PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

L'étude de l'ADN pour inventorier la biodiversité d'un sol

Le principe consiste à extraire l'ADN d'un échantillon de sol, à le séquencer pour pouvoir lui assigner un taxon précis auquel il correspond.

Les inventaires faunistiques et floristiques du sol sont maintenant possibles en s'appuyant sur le séquençage ADN (voir dessin). Deux types d'ADN provenant des organismes qui y vivent peuvent être identifiés : l'ADN intracellulaire, issu des cellules, et l'ADN extracellulaire, provenant d'organismes morts et adsorbés par différents substrats. Cette méthode se développe depuis moins de dix ans sous la dénomination de codes-barres ADN. Elle vise à identifier les espèces présentes dans un milieu quand les individus ne sont pas facilement caractérisables (micro-organismes ou macro-organismes animaux et végétaux).

Le principe consiste à extraire l'ADN d'un échantillon environnemental de sol. Dupliqué, il est alors séquencé afin de déterminer l'enchaînement des

bases composant l'ADN. La lecture de ce séquençage permet de l'assigner à des taxons précis par le biais d'outils bioinformatiques. Ceux-ci exploitent les bases de données de séquences existantes pour le comparer à d'autres codes-barres. Un code-barres ADN ainsi défini peut être utilisé pour

identifier l'ensemble des taxons présents dans un échantillon environnemental, de la famille à l'espèce. Il peut aussi permettre de quantifier la biodiversité des échantillons. C'est souvent le cas pour les micro-organismes dont la plupart ne sont ni décrits ni cultivables.



CC-BY United States Federal Government

L'outil bioinformatique est indispensable pour trier les données, constituer les bases de référence, assigner les séquences aux taxons via ces bases, définir des listes de marqueurs et gérer les erreurs de séquençage. Ces outils offrent des alternatives aux techniques actuelles souvent plus lourdes à mettre en œuvre pour décrire la biodiversité. Des perspectives s'ouvrent pour étudier le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes avec pour unique prérequis la connaissance des communautés d'espèces interagissant en leur sein.

Décrire la biodiversité à partir d'échantillons de terre en utilisant cette méthode se révèle fort utile lorsque les individus sont difficiles à trouver et à identifier morphologiquement, comme pour de nombreuses espèces faunistiques du sol : vers de terre, insectes, collemboles...

Cette méthode peut aussi se substituer aux relevés botaniques classiquement utilisés, notamment dans les milieux où la diversité est extrêmement élevée. L'Amazonie par exemple, renfermerait 11 000 espèces d'arbres. Les méthodes botaniques classiques ne permettent pas de les identifier toutes. Ce qui conduit à ignorer jusqu'à 20 % des genres présents dans les inventaires. La méthode de codes-barres ADN pour identifier des espèces rares ou menacées pourrait apporter une alternative. ●

Adeline Destombes

Fédération des conservatoires d'espaces naturels

EN SAVOIR PLUS

Spygen : <http://mic.fr/1x+>

GenoSol Inra : <http://mic.fr/1y>

GisFI : <http://mic.fr/1z>



ANTONIO BISPO

Ingénieur Sol et environnement, service Agriculture et forêts, Ademe

Un sol est-il capable de se reconstituer seul ?

On sait que la résilience d'un sol est liée à sa diversité biologique. Plus il est riche en micro-organismes et macro-organismes, plus il a de chance de « récupérer ». Les scientifiques, ceux de

l'Inra de Dijon par exemple, cherchent d'ailleurs à identifier cette richesse biologique par le biais de la caractérisation de l'ADN contenu dans le sol. Ils ont découvert une très grande diversité génétique dont on avait, jusqu'alors, aucune preuve. Ils établissent actuellement une carte nationale de diversité génétique des bactéries. Difficile en revanche, de dire combien il faut de temps pour qu'un sol se régénère. Certaines expériences de reconstitution de sol sont effectuées sur des sols pollués, très dégradés, par l'université de Lorraine. Elles consistent, par exemple, à mélanger compost et terres dépolluées puis à y ajouter des organismes tels des vers de terre ou des collemboles. Au bout de six mois/un an, on s'aperçoit que ce système fonctionne un peu comme un sol. Mais ce n'est pas vraiment un sol. Plutôt que d'avoir un site dégradé où rien ne pousse, on recrée un système paysager qui se tient. Mais de là à avoir un vrai sol ! Disons qu'on va pouvoir l'orienter vers un ou deux services comme produire de la biomasse ou réguler l'eau.

La recolonisation d'un sol par les espèces, c'est autre chose : un long processus. Certains programmes de recherche cherchent à caractériser cette vitesse de recolonisation, de refunctionalisation du système. ● antonio.bispo@ademe.fr



L'ÉNIGME

La biodiversité de la **faune du sol**

Comment expliquer qu'un si grand nombre d'espèces animales parviennent à coexister dans le sol, alors que la majorité d'entre elles consomment les mêmes ressources ? Plusieurs hypothèses ont été avancées. La distribution des ressources organiques est particulièrement hétérogène dans le sol. Les communautés d'organismes se répartissent donc en fonction des ressources nutritives disponibles et se subdivisent en niches écologiques, dans des habitats fortement spécialisés. Ceci limite la compétition entre espèces.

Ce phénomène est favorisé par l'activité de la macrofaune et de la végétation qui conditionne fortement la répartition spatiale et temporelle des ressources nutritives utilisées par l'ensemble des organismes du sol.

D'autres hypothèses s'appuient sur la capacité d'un grand nombre d'entre eux à entrer en vie léthargique pour s'adapter rapidement à des modifications défavorables du milieu. De nombreuses espèces sont ainsi temporairement inactives ou leur nombre est assez faible pour éviter la compétition. Les interactions mutualistes, comme les associations bénéfiques entre la microflore et les macro-invertébrés, favorisent l'accès à un spectre plus large de ressources alimentaires (l'intestin des termites abrite une grande quantité de bactéries dont certaines sont capables de dégrader des éléments très difficilement biodégradables). Enfin, la forte biodiversité du sol est également favorisée par la nature très diverse des ressources nutritives issues de la biomasse végétale ou d'autres invertébrés consommés par divers prédateurs, constituant ainsi des chaînes alimentaires longues et complexes. ●

Source : *L'état des sols de France*, 2011, Gis Sol. <http://mic.fr/1h>

CEN Haute-Normandie



Investigations de terrain dans les alluvions de fond de vallée en Haute-Normandie.

MÉTIER

Pédologue, un travail de terrain **peu connu**

Pédologue. Le métier est peu connu. Son application s'intègre à de nombreux domaines tels que l'agronomie, la sylviculture, l'aménagement du territoire et la gestion d'espaces naturels. En Haute-Normandie, une étude en cours permet de mieux cerner ses compétences et d'illustrer son appui dans la conservation de la biodiversité. Le Conservatoire d'espaces naturels réalise en effet, depuis fin 2010, une cartographie régionale des zones humides en s'appuyant uniquement sur des critères pédologiques. Pour réaliser cette mission, la méthodologie s'appuie sur le référentiel pédologique¹ (2008) de l'Association française pour l'étude du sol. Ainsi, un sol est hydromorphe s'il est engorgé en eau à moins de 50 cm de sa surface, au moins une partie de l'année. Pour le pédologue, la première étape est de localiser sur les cartes existantes, les secteurs où une nappe d'eau peut potentiellement affleurer. C'est ensuite dans les alluvions de fond de vallée, aux alentours des sources de pied de coteau, qu'il va mener ses investigations de terrain.

Il réalise alors, avec une tarière manuelle, un sondage jusqu'à 1,20 m de

profondeur. L'analyse de la carotte de sol prélevée demande un savoir-faire et une certaine pratique pour différencier toute une gamme de textures et couleurs. Ici, pour identifier une zone humide, le pédologue recherche et étudie les traces de fer dans le sol. Dans le cas d'un engorgement temporaire, le fer solubilisé migre et, quand le niveau de la nappe baisse, il se reprecipite localement en prenant, au contact de l'oxygène, une couleur rouille (fer oxydé). Dans un sol saturé en permanence et sans oxygène, la présence de fer se traduit par une couleur gris verdâtre (fer réduit). Enfin, dans certains cas, l'eau peut empêcher la dégradation des matières organiques qui vont s'accumuler et former des sols tourbeux (histosols). Chaque sondage pédologique est localisé au GPS puis archivé dans des tablettes informatiques sous forme de fiches descriptives et va enfin incrémenter une base de données. Sur le terrain, l'interprétation du paysage permet également de tracer les contours de la zone humide. Par exemple, une rupture de pente correspond souvent à un changement pédologique et parfois à une limite entre zone humide et non humide.

La carte ci-contre illustre l'aboutissement de ce travail finalisé sous système d'information géographique. Cette cartographie des sols permettra au conservatoire d'identifier les zones potentiellement restaurables afin d'y mener, à terme, des actions de reconquête et de sauvegarde des zones humides. ●

Clément-Blaise Duhaut, Aurélien Noraz
Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Normandie
cb.duhaut@cnen-haute-normandie.com
a.noraz@cnen-haute-normandie.com

1. Arrêté du 1^{er} octobre 2009

CARTOGRAPHIE DES ZONES HUMIDES DE HAUTE-NORMANDIE

Chaque sondage pédologique (bleu pour les sols hydromorphes et brun pour les sols non hydromorphes) fait l'objet d'une fiche décrivant le profil de sol. L'ensemble des observations permet de délimiter la zone humide.



Source CEN Haute-Normandie