

Réussir **Cultures** Grandes

numéro 293
juillet-août 2015

Produire, gérer, vendre, investir

9,90 € • ISSN 2104-8606

l'enquête
Cristal Union
et Tereos : deux
stratégies qui
s'opposent | 6

dossier | 22

La vie du sol sort de l'ombre



cultures

Les petits pas de la sélection blé tendre vers davantage de protéines | 32

essai

Le Gator XUV de John Deere, un utilitaire passe-partout | 46

gestion

Suramortir ses outils de production pour réduire son imposition | 58



La vie du sol sort de l'ombre

Se limiter à une analyse physico-chimique pour mesurer l'état d'un sol, c'est apprécier son fonctionnement par le petit bout de la lorgnette. On ne peut passer à côté de la connaissance des organismes vivants qui habitent sous terre. De leur santé découle la bonne nutrition des plantes de même que la dépollution, l'infiltration de l'eau vers les nappes, la résistance à l'érosion...

Pédologues, agronomes et autres géologues... des spécialistes ont initié une réflexion, il y a plusieurs années, sur l'analyse de la biologie du sol. Mais les avis demeurent contrastés sur leurs expertises.

Grâce aux progrès de la technologie et à une recherche qui se penche enfin sur cette dimension biologique du sol, de nouveaux outils de diagnostics se font jour. Via le programme AgrInnov, quelques-uns ont été testés sur le terrain par les agriculteurs eux-mêmes, en mesurant le fonctionnement d'indicateurs majeurs de la vie du sol, des bactéries aux vers de terre. L'objectif est de rendre véritablement accessible la connaissance de la vie du sol aux agriculteurs. On en prend le chemin. 🌱

PHOTO : C. GLORIA

P 24

Des outils de diagnostic en germination

P 27

Des référentiels pour interpréter les résultats

P 28

Des analyses qui servent de jauge aux agriculteurs

P 29

Une étude microbiologique affinée à l'échelle de la Saône-et-Loire

P 30

La matière organique parle aussi de l'activité biologique



« Les vers de terre se placent très bien comme indicateur pertinent de l'état d'un sol, de ses conditions d'usage, de sa perturbation... »

DANIEL CLUZEAU, université Rennes 1

LE SOL RENFERME UNE QUANTITÉ ÉNORME D'ORGANISMES dont diverses espèces de vers de terre. Des tests opérationnels sont mis au point pour analyser les différentes composantes biologiques du sol.

Des outils de diagnostic en germination

Sur le terrain, des agriculteurs ont testé avec des chercheurs des outils d'analyse des organismes du sol. La finalité: parvenir à des diagnostics opérationnels accessibles à tous pour progresser dans la prise en compte de la vie du sol.

Les lombrics sont mes camarades. C'est Stéphane Le Foll en personne qui l'a dit. Le ministre de l'Agriculture est soucieux de la vie biologique du sol et l'a manifesté lors d'un colloque au moment du salon international de l'agriculture le 24 février dernier. Les organismes du sol ne se limitent pas aux vers de terre, loin s'en faut. Des plus petits (bactéries) aux plus gros (lombrics, voire taupes...) en passant par des vers divers et variés (nématodes, enchytréides...), des arthropodes (insectes diploures et collemboles, acariens...), la terre regorge d'une étonnante diversité biologique (voir infographie pages 26 et 27). « Le sol renferme la plus grande densité et diversité d'organismes vivants de notre

planète. Cette immense diversité est le support de fonctions biologiques qui permettent au sol de rendre de nombreux services pour les activités humaines », communique l'OFSV, Observatoire français des sols vivants. Tout le monde perçoit l'importance de ces organismes dans le bon fonctionnement d'un sol où les plantes plongent leurs racines. Quant à diagnostiquer véritablement leur état de santé, c'est une autre paire de manche.

Une très grande disparité dans la connaissance de ses sols
Des laboratoires proposent des analyses simples de la biomasse microbienne des sols. Des experts auscultent l'état de la matière organique d'un sol comme on

prend la température d'un corps. Mais ces diagnostics rendent compte de façon partielle de l'activité des organismes. « Dans le cadre d'un projet Gessol (Quesactes)⁽¹⁾, un travail sociologique a été réalisé il y a quelques années sur la perception des sols par les agriculteurs. Il en est ressorti qu'il y avait une très grande disparité de connaissances sur les sols, se remémore Elisabeth Vérame, secrétaire générale de l'OFSV et agricultrice dans le Maine-et-Loire. Nous avons cherché ce qui existait comme outils de mesure de leur qualité. Il y a bien les mesures physico-chimiques, utiles mais qui ne permettent pas de dire si l'on est en présence d'un sol de bonne ou de mauvaise qualité car elles ne prennent pas en compte la vie biologique du sol. En fait, pour apprécier l'état d'un sol par rapport à la manière dont on veut l'utiliser, il n'existe pas d'outil de diagnostic accessible aux utilisateurs de ce sol. »

De là a germé l'idée de mettre au point ces outils. L'Ademe a initié des projets visant à évaluer divers outils d'analyse



LE « TEST BÈCHE STRUCTURE VERS DE TERRE » permet d'analyser la structure d'un sol en même temps que sa composition en vers de terre.



LE TEST DU « LITTERBAG » consiste à disposer un sachet renfermant de la paille dans le sol pour mesurer la capacité de dégradation de la matière organique par les organismes.

du sol centrés sur la vie biologique. Le projet Casdar AgrInnov en a ensuite retenu et testé certains sur le terrain. Près de 250 agriculteurs (dont moitié en grandes cultures) ont joué le jeu, participant à l'évaluation de leur praticité. Pour recevoir leur adhésion, les outils se devaient de ne pas être trop lourds à mettre en œuvre, d'être facilement interprétables, pas trop chers et fiables quant aux mesures effectuées et à l'analyse des résultats.

Des analyses microbiologiques « routinisables »

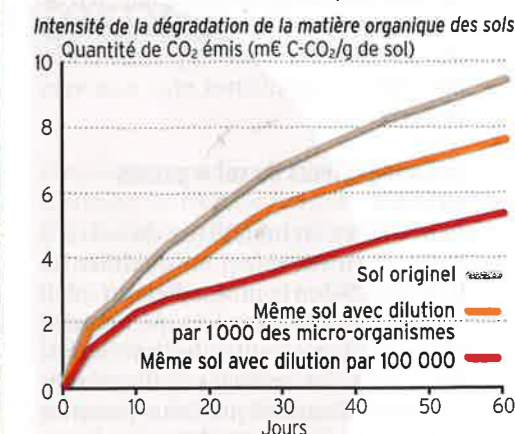
Le projet AgrInnov a également précisé les trois groupes de bio-indicateurs sur lesquels employer les outils de diagnostic, à savoir les micro-organismes, les nématodes et les lombrics. À tout seigneur, tout honneur, les micro-organismes (bactéries et champignons) représentent plusieurs tonnes

de carbone à l'hectare dans le sol. Ce sont les organismes les plus importants en quantité et en biomasse. On ne peut pas passer à côté en matière de diagnostic. Or les mesures de micro-organismes, déjà proposées par certains laboratoires, reposent sur la biomasse microbienne (technique de la fumigation extraction par exemple) et ne rendent pas compte de la diversité d'espèces. Ce que permet une analyse microbiologique basée sur l'extraction de leur ADN⁽¹⁾. « C'est une technique 'routinisable' en pratique puisque nous partons d'échantillons de sols classiques pour en faire des analyses en laboratoire », présente Anne-Laure Bliieux, animatrice de Welience Agro Environnement qui propose ce type d'étude. La technique avec extraction d'ADN se base sur les technologies les plus récentes et apporte plus de précision en la matière.

Réduire au moins de moitié le coût

Pour développer à grande échelle le tableau de bord d'analyses biologiques présentées dans AgrInnov, il faudra en baisser le coût. Celui-ci est estimé à 1500 euros, dont 700 euros pour la partie microbiologie, 260 pour la nématofaune, aux alentours de 250 euros pour les lombrics et le reste pour la physico-chimie. « Il s'agit d'un coût 'recherche', c'est-à-dire sans routine ni industrialisation des analyses, exprime Lionel Ranjard, Inra. Mais si un marché se crée sur ces analyses biologiques, nous pourrions arriver à un tarif global de 500 euros. » Cela reste encore supérieur à une analyse physico-chimique. Elisabeth Vérame, OFSV, voit plutôt un objectif de 700 à 800 euros en passant à une phase industrielle. « Il n'est pas nécessaire de faire plusieurs prélèvements sur différentes parcelles, précise-t-elle. Un diagnostic sur une parcelle suffit. Il doit montrer si la manière dont sont utilisés les sols est cohérente ou non, et cela est transposable à l'ensemble des parcelles car c'est la même personne, l'agriculteur, qui les cultive. »

BIODIVERSITÉ Plus on en a, mieux c'est !



Source : Maron et al. Inra Dijon.

L'érosion de la biodiversité du sol entraîne une réduction de la minéralisation de la matière organique. Du coup, la fertilité biologique du sol baisse: eutrophisation, acidification, destructuration du sol...

Les nématodes ont également été retenus comme bio-indicateurs. Ces micro-vers sont connus surtout au travers d'espèces nuisibles aux cultures. Mais un gramme de sol peut en contenir plus d'un millier dont beaucoup présentent un rôle bénéfique. « Ces nématodes dits 'libres' sont bactériovores ou fongivores et témoignent de l'activité biologique du sol. D'autres espèces, plus omnivores, sont sensibles aux perturbations du sol. La structure de la communauté des nématodes renseigne sur le fonctionnement du sol, résume Cécile Villenave, responsable scientifique d'Elisol Environnement, une start-up qui s'est créée sur les analyses nématologiques. Ce sont de bons candidats parmi les bio-indicateurs et les prélèvements d'échantillon de sol sont du même type que ceux pour les analyses physico-chimiques. » Réalisé visuellement en laboratoire, le diagnostic



LIONEL RANJARD, INRA.
« L'objet du projet AgrInnov était de valider et de transférer aux agriculteurs un tableau de bord des indicateurs de la biologie du sol. »

de cette nématofaune demande peu de temps sur le terrain tout en apportant des renseignements complémentaires aux micro-organismes et... aux vers de terre.

Les « ingénieurs du sol » passés au crible

Laboureurs ou ingénieurs du sol : il y a plus d'un vocable pour qualifier les lombrics. Selon la profondeur du sol, il en existe diverses espèces qui tiennent des rôles variés entre les anéciques, les épigés, les endogés... Problème : comment diagnostiquer leurs présence et diversité dans un sol « sans trop se casser la tête » ? « Ce sont des tests physiques qui prennent forcément du temps pour bien caractériser un sol », admet Daniel Cluzeau, enseignant chercheur à l'université de Rennes et directeur de la station biologique de Paimpont. Pour une mise en pratique facile sur le terrain, deux diagnostics ont été mis au point : le test moutarde et le Test bêche structure vers de terre (TBSVT). « Le test moutarde est simple. On applique un mélange de moutarde et d'eau sur le sol que l'on l'arrose abondamment. Le mélange fait ressortir les vers de terre.



ANNE-LAURE BLIEUX, WELIENCE.
« Les analyses microbiologiques s'appuient sur l'extraction de l'ADN qui permet d'avoir une vue globale des micro-organismes du sol. »

Mais le test nécessite une attente assez longue, le temps que ces lombrics fassent surface, explique Daniel Cluzeau. Les agriculteurs qui ont eu à le tester dans le cadre du projet AgrInnov n'ont pas été convaincus de son efficacité. Le second test a mieux répondu à leurs besoins même s'il prend également du temps et qu'il peut générer de la fatigue physique. Avec le prélèvement d'un bloc de terre de la dimension d'une bêche, le TBSVT a le mérite de servir à étudier la structure du sol en

plus de la présence des vers de terre. Mais le diagnostic de la vie du sol ne se limite pas à déceler les petites bêtes. Le tableau de bord des outils testés dans le cadre d'AgrInnov comporte un test de structure physique et aussi une analyse physico-chimique pour connaître le statut trophique du sol, voire son niveau de pollution. Enfin, l'efficacité de minéralisation de la matière organique (MO) par les organismes du sol est analysée au travers d'une méthode simple, dite du « litterbag ». « On introduit de la matière organique (paille par exemple) dans un petit sac de nylon avec une maille assez lâche pour laisser passer les organismes. On la met dans le sol et on la récupère trois ou quatre mois plus tard, décrit Lionel Ranjard, de l'UMR Agroécologie à l'Inra de Dijon. On mesure la perte de masse de cette MO qui indique la capacité du sol à dégrader cette MO. » De leur présence à leurs fonctions dans le sol, les lombrics et autres organismes vivants de la terre ont de moins en moins de secrets pour chercheurs et agriculteurs. **Christian Gloria**

(1) Voir Réussir Grandes Cultures n° 284, octobre 2014, pages 34 et 35.

Des référentiels solides pour interpréter les résultats

Regarder les petites bêtes du sol, c'est bien beau. Mais dans quelle mesure ces organismes se rendent-ils utiles ? « La batterie d'indicateurs testés dans le projet AgrInnov fonctionne comme une analyse de sang. Chacun est adossé à un référentiel robuste. Cela signifie que dans le diagnostic, la valeur pour chaque indicateur s'inscrit dans une borne haute et basse qui permet de se situer, comme pour son taux de cholestérol. » À l'OFSV, Elisabeth Vêrame a le sens des comparaisons. L'interprétation des analyses microbiologiques repose sur un référentiel national de 2 200 points du réseau RMQS⁽¹⁾, bien représentatifs des diverses situations rencontrées en France. Le référentiel se fera plus fin à l'initiative de certains départements qui multiplient les analyses de façon à apporter un conseil local pertinent

(voir pages 28 et 29). « Concernant l'indicateur de la nématofaune, un référentiel est issu d'études existantes (Elipto) et il va s'enrichir avec un important projet de recherche et développement sur cette question », informe Cécile Villenave, Elisol.

Multiplier les points de prélèvements de vers de terre

Quant aux vers de terre, un grand nombre d'informations issues de prélèvement émane de plusieurs sources comme des démarches participatives (OPVT⁽²⁾) ou des études plus officielles comme celle sous l'égide de la DGAL (SBT⁽³⁾-ENI⁽⁴⁾) ou encore de l'OAB⁽⁵⁾. « Les efforts vont dans ce sens : multiplier les points de prélèvements de vers de terre en faisant en sorte de suivre des protocoles communs d'extraction (moutarde ou TBSVT) et de

diagnostics, explique Daniel Cluzeau, université Rennes 1. Il faut également des référentiels locaux certifiés par la recherche pour pouvoir comparer, discuter, interpréter... » Les référentiels sont la base d'un diagnostic fiable. Des méthodes d'analyse sont proposées depuis plusieurs années par des spécialistes : EVS (Graham Shepherd), Hérody, Bourguignon... Elles sont souvent décriées car « ne reposant que sur une personne ». Mais elles ont eu le mérite d'initier une réflexion sur la prise en compte de l'activité biologique du sol. **C. G.**

(1) Réseau de mesure de la qualité des sols.
(2) Observatoire participatif des vers de terre.
(3) Direction générale de l'alimentation, ministère de l'Agriculture.
(4) Surveillance du territoire pour mesurer les effets non intentionnels des pratiques agricoles.
(5) Observatoire agricole de la biodiversité.

LES ORGANISMES du sol et leurs fonctions

1 Macrofaune
Les ingénieurs du sol
Lombrics : jusqu'à plus de 2 t/ha

Fonctions
Bioturbation : mélange du sol, infiltration de l'eau...
Décomposition de la matière organique
Stimulation des micro-organismes
Modification du cycle du carbone et nutriments

2 Mésofaune
Les ingénieurs des résidus de culture
Collemboles, diptères
Acaréens, diplopodes
Enchytréides (vers)

Fonctions
Décomposition de la matière organique

3 Microfaune
Les régulateurs biotiques
Nématodes : 1000 à 2000 par g de sol

Fonctions
Régulation des micro-organismes
et stimulation de leur activité

4 Micro-organismes
Les ingénieurs chimiques
Bactéries : 100 millions à 1 milliard par g de sol
Champignons : 1 à 3 mètres de mycélium par g de sol
Protozoaires : quelques millions par g de sol

Fonctions
Cycle de l'azote, du phosphore, du soufre...
Cycle du carbone : décomposition, humification
Structure du sol
Croissance des plantes
Détoxification, bioremédiation
Symbiotiques ou libres

5 Racines et rhizosphère
L'ancrage des plantes

Fonctions
Action de bioturbation
Interactions avec micro-organismes
Symbioses

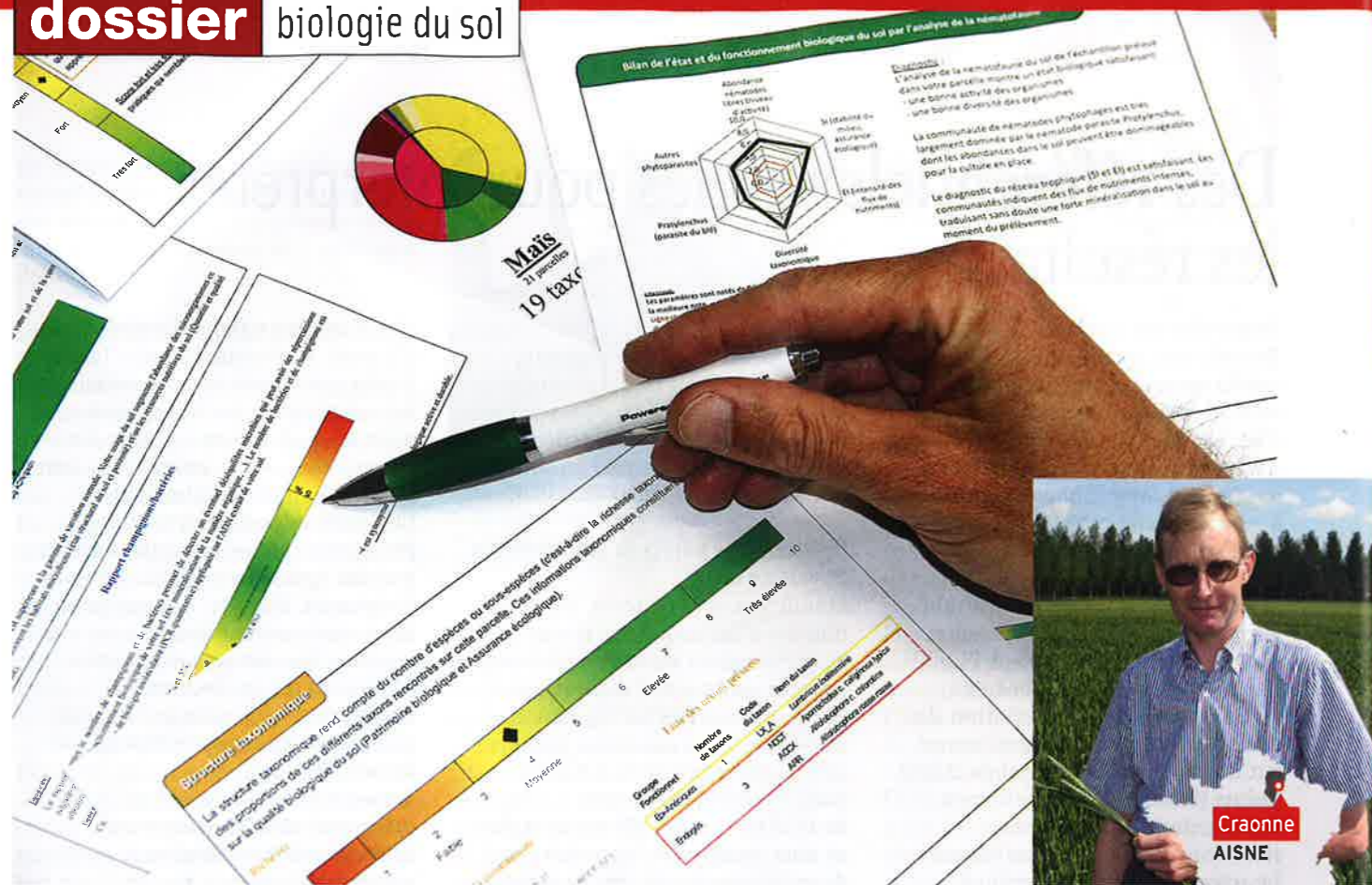
Bioagresseurs et prédateurs

Il n'y a pas que des organismes « utiles » dans le sol. Nombre d'entre-eux sont des bioagresseurs : larves d'insectes, nématodes phytophages, champignons des racines... Et il y a tout le cortège de leurs prédateurs ou parasites.

1^a Vers épigés
Petite taille : de 1 à 5 cm. Environ 5 % de la biomasse lombricienne. Dans la litière et les premiers centimètres du sol. Ils brassent la matière organique (MO) et la fractionnent.

1^b Vers endogés
Taille moyenne : 1 à 20 cm. Entre 20 et 40 % de la biomasse lombricienne. Dans l'horizon supérieur du sol (50 cm). Se nourrissent de la MO. Creusent des galeries horizontales, temporaires et très ramifiées. Participent à la structuration grumeleuse du sol.

1^c Vers anéciques
Grande taille : de 10 à 110 cm. Les plus importants des lombrics en biomasse. Creusent des galeries permanentes en profondeur (jusqu'à 3 m). Rejettent leurs déjections (turricules) à la surface. Mélangent la MO à la matière minérale.



« Ces analyses nous servent de jauge »

THIERRY GHEWY, AGRICULTEUR À CRAONNE.
 « C'est la première fois que l'on nous présente quelque chose de probant en matière de diagnostic des organismes du sol avec les outils du programme AgrInnov. Les analyses confortent les observations faites par nous-mêmes. »

Les outils de diagnostic testés dans le projet AgrInnov ont permis de mettre en lumière l'impact de certaines pratiques chez les agriculteurs qui les ont essayés. Ils démontrent leur utilité.

C'est la première fois que l'on nous présente quelque chose de probant en matière de diagnostic des organismes du sol. Les analyses viennent conforter les observations que l'on peut faire par nous-mêmes sur la vie du sol, qui est liée à nos pratiques. » Thierry Ghewy émet un avis très positif sur le diagnostic biologique proposé au travers du programme AgrInnov. Agriculteur à Craonne dans l'Aisne (204 ha), il réalise un travail superficiel (moins de 5 cm) de ses parcelles. Il a réduit de 50 % à peu près l'utilisation de produits phytosanitaires en dix ans. La fertilisation se fait surtout via des

amendements organiques. Les couverts végétaux sont présents sur toutes les intercultures longues, en les gardant vivants le plus longtemps possible... « Tout cela alimente et/ou protège la vie du sol », remarque le producteur.

Plusieurs critères qui révèlent un sol en bonne santé

Comment cette bonne santé du sol ressort-elle dans les résultats d'analyses ? Thierry Ghewy les énumère : « le test du litterbag a montré une dégradation rapide et forte de la matière organique. L'analyse microbiologique a donné comme résultat une des meilleures biomasses moléculaires microbiennes

parmi les situations testées dans le département avec un rapport bactéries/champignons équilibré. Les vers de terre sont en nombre. Le diagnostic structurel n'a révélé aucun tassement alors que je cultive de la betterave... » Tous les voyants sont au vert... ou presque. L'analyse nématologique montre une abondance des nématodes libres (bénéfiques, non phytophages) un peu plus faible qu'ailleurs. « J'attribue ce résultat à l'utilisation de crucifères antinématodes en interculture qui agit sur les nématodes phytoparasites mais sans doute aussi sur les autres nématodes », interprète l'agriculteur.

Un rapport champignons/bactéries qui doit se situer entre 1 et 5 %

Rappel sur la batterie des tests évalués dans le projet AgrInnov : l'analyse microbiologique apporte à elle-seule plusieurs informations. La biomasse

AVIS D'EXPLOITANT

FRANK LULLIER, Gaec de la Ronce à Mouthier-en-Bresse en Saône-et-Loire

« Mesurer le développement des micro-organismes

« Avec trois de mes parcelles dans le réseau, je participe à l'étude de la chambre d'agriculture de Saône-et-Loire sur la microbiologie du sol. Je ne travaille pas le sol et je m'initie au semis direct avec couvert permanent. Je suis curieux de connaître l'impact de mes pratiques sur le développement des micro-organismes, car ceux-ci témoignent d'un sol en bonne santé. Les analyses

réalisées montrent que ma parcelle la plus argileuse est la mieux pourvue en microbiologie. En comparant mes résultats avec ceux d'autres agriculteurs du département, j'ai remarqué l'effet bénéfique de la fourniture d'effluents organiques. Je prends maintenant un soin particulier à mieux les répartir entre parcelles puisque certaines d'entre elles,

éloignées, en recevaient moins. Enfin, j'applique des amendements du commerce (Sobac, Timac) et je souhaiterais savoir si ce type de produit permet un développement plus rapidement des micro-organismes. Les analyses microbiologiques pourraient apporter une réponse à cette question. »

Frank Lullier exploite 350 ha (maïs, soja, blé, orge, colza, luzerne...) et un élevage avec son frère Hervé.

moléculaire microbienne d'un champ est comparée à une gamme de variation normale, prédite sur un type de sol grâce à un référentiel national existant. Le rapport champignons/bactéries est calculé et doit se situer entre 1 et 5 %. En dehors de cette fourchette, on est en présence d'un déséquilibre aux répercussions négatives sur le fonctionnement biologique du sol et notamment la minéralisation de la matière organique. La diversité microbienne renseigne sur le potentiel de fonctionnement biologique du sol et sa stabilité (résilience du système). L'analyse de la nématofaune informe sur l'activité des organismes, sans omettre la part des nématodes parasites des plantes. Les lombrics sont classés en quatre groupes : épi-gés, épi-anéciques, anéciques stricts et endogés. Leur abondance et leur composition taxonomique donnent une indication sur la qualité biologique du sol et, encore une fois, sur son fonctionnement.

« Des résultats qui corroborent nos observations »

Sur son exploitation de 130 hectares dans le Maine-et-Loire et chez celle de son voisin, Élisabeth Véraime a retrouvé des résultats qui l'ont surprise sur les vers de terre. « Mon voisin avait des sols avec une population plus forte de lombrics que sur mes parcelles mais avec une moindre diversité en termes d'espèces. Nous avons regardé ce qui

nous distinguait pour expliquer ces différences et ces situations imparfaites pour l'un et l'autre. Nous l'avons trouvé dans la manière de récolter les pailles et dans la fertilisation. » Le voisin d'Élisabeth Véraime est polyculteur éleveur. Il apporte du compost sur ses terres. Il coupe ses pailles très court à la récolte et les utilise pour son élevage. « Son sol est alors un 'frigidairé' vide en hiver par manque de paille en décomposition mais ce défaut est compensé par le compost apporté. Chez moi, avec des pailles coupées plus haut, le stock alimentaire est plus durable et régulier mais il comporte des carences, d'où moins de lombrics en abondance. J'ai donc entrepris d'apporter davantage de compost et mon voisin de récolter plus haut ses céréales pour améliorer la gestion du stock alimentaire pour les vers de terre. »

Les agriculteurs qui ont testé les outils du diagnostic AgrInnov se sont montrés satisfaits dans une large majorité, à 95 % aux dires d'Élisabeth Véraime : « Ces tests sont réalisables sur le terrain. Ils ne sont pas compliqués à mettre en œuvre et les résultats corroborent les observations. » Pour Thierry Ghewy, « ces analyses nous servent de jauge alors que précédemment nous n'avions qu'un ressenti du fonctionnement biologique du sol ». L'avenir du diagnostic biologique peut ressembler à cela : des outils d'analyse opérationnels pour plusieurs indicateurs de la vie du sol. ☺

Christian Gloria

Une étude microbiologique affinée en Saône-et-Loire

Près de 150 parcelles différentes ont fait l'objet de mesures de microbiologie des sols depuis 2012 en Saône-et-Loire. « Nous construisons un référentiel départemental de cet indicateur de la vie du sol que sont les bactéries et champignons, présente Julien Halska, agronome à la chambre d'Agriculture départementale. Dans les parcelles analysées, nous voulons reprendre toutes les situations existant dans le département en termes de types de sol, de pratiques culturales (travail du sol ou non) et de cultures (prairies, rotations types). Pour les analyses, nous sommes en partenariat avec GenoSol, plateforme scientifique liée à l'Inra de Dijon. » Il reste encore quelques analyses à réaliser et l'étape du référentiel complet sera franchie dans deux ans.

Un modèle pour un niveau moyen de micro-organismes dans le sol

Un modèle sera réalisé afin de déterminer ce que l'on pourra attendre d'un niveau moyen de micro-organismes dans un sol selon sa typologie. « La mesure réelle chez un agriculteur sera comparée à cette moyenne. Si elle se situe en dessous, on pourra dire que ses pratiques sont délétères pour le développement des micro-organismes et nous apporterons des conseils. » L'interprétation opérationnelle d'une analyse microbiologique demandée par un agriculteur va prendre encore un peu de temps, selon Julien Halska, le référentiel mis en place devant être bien solide. Mais déjà, des corrélations apparaissent entre le niveau de biomasse microbienne et le type de sol ou les pratiques. Cette biomasse est plus élevée pour les sols argileux et limoneux que pour les sols sableux, de même que sur des parcelles en non labour. ☺ C. G.