

> Les organismes vivant dans le sol assurent en effet nombre de fonctions essentielles. Ils décomposent et recyclent les matières organiques. Ils structurent aussi physiquement la terre en modifiant les agrégats (les «briques élémentaires» dont les sols sont constitués) et leur agencement, ce qui détermine la porosité du sol, dont dépend la circulation en son sein de l'eau et de l'air. Si les sols sont fertiles et peuvent servir de support aux cultures, c'est donc en grande partie grâce aux organismes qu'ils hébergent. La connaissance de cette biodiversité est ainsi un enjeu majeur pour l'étude de ces écosystèmes et le maintien des services qu'ils nous rendent.

Au sein de l'incroyable biodiversité des sols, un groupe d'organismes est particulièrement abondant : les collemboles. Ces petits animaux, qui dépassent rarement un ou deux millimètres de long, sont largement méconnus du grand public. Pourtant, les spécialistes les étudient depuis longtemps. Certains en ont fait un modèle d'étude privilégié pour la compréhension globale des systèmes écologiques, en raison de leur rôle majeur dans les réseaux trophiques (les chaînes alimentaires) et dans la décomposition des matières organiques. Par ailleurs, les collemboles sont sensibles aux variations physicochimiques et biologiques de leur environnement, sensibilité qui fait aussi de ces arthropodes de précieux outils pour nous aider à mieux gérer les sols.

DES ARTHROPODES HEXAPODES

De quel genre d'animaux s'agit-il ? Les collemboles sont des arthropodes, c'est-à-dire que leurs pattes sont articulées. Leurs trois paires de pattes sont portées chacune par un segment du thorax, comme les insectes ; mais, contrairement à ces derniers, ils n'ont pas d'ailes. Leur tête porte deux antennes, et leur abdomen est constitué de six segments (parfois fusionnés). Entre autres particularités, ils présentent – ce n'est pas le cas chez toutes les espèces – à l'extrémité de l'abdomen un diverticule en forme de fourche à deux dents, la «furca». Cette furca est généralement repliée sous l'abdomen, mais elle peut se déployer brusquement, ce qui permet à l'animal d'effectuer des sauts assez impressionnants, jusqu'à plusieurs centimètres de hauteur selon l'espèce. C'est en raison de cette particularité que les Anglo-Saxons ont nommé *springtails* les collemboles, nom vernaculaire que l'on pourrait traduire par «queues sauteuses».

Les collemboles ont également, sous le premier segment de l'abdomen, un autre diverticule, plus ou moins développé selon les espèces, nommé «collophore», un tube ventral qui peut chez certaines espèces se dévagner considérablement. Grâce à ses sécrétions et aux échanges de fluides avec le milieu



extérieur, cet organe permet à l'animal de réguler sa pression osmotique, c'est-à-dire de conserver l'eau à l'intérieur de son corps même si l'environnement extérieur est plus sec ou plus chargé en sels. Il lui permet aussi de se fixer à un support. C'est cet organe qui a inspiré au Britannique John Lubbock le nom donné à ce groupe en 1870 : «collembole» signifie projection (du grec *embolon*) qui se colle (du grec *kolla*). Malgré leur collophore, les collemboles restent très sensibles aux variations d'humidité et sont hygrophiles : ils peuvent respirer dans l'air, mais ont besoin d'un environnement humide.

Les scientifiques ont recensé à ce jour quelque 9 200 espèces de collemboles dans le monde (745 en France métropolitaine, plus de 2 200 en Europe), et bien d'autres sont sans doute à découvrir. C'est assez peu par rapport à d'autres groupes d'arthropodes (le plus grand groupe est celui des coléoptères – scarabées, carabes, coccinelles, lucanes... – qui compte plus de 370 000 espèces connues). Ces hexapodes présentent néanmoins une bonne variété de formes (arrondies ou allongées), de couleurs et de tailles (une fraction de millimètre à plusieurs millimètres, le plus petit connu mesurant 0,12 millimètre et le plus grand 17 millimètres).

Les collemboles (ici des individus des espèces *Sminthrida aquatica*, en jaune clair, et *Podura aquatica*, en bleu) peuvent être très abondants. En France, en milieu forestier, on en compte de l'ordre de 10 000 individus par mètre carré.



Quel rôle les collemboles jouent-ils dans l'écologie des sols? Ces hexapodes font partie des décomposeurs et interviennent dans le recyclage des matières organiques, de façon plutôt indirecte. Ils consomment essentiellement champignons, bactéries, algues et pollens et exercent donc une régulation sur les populations microbiennes. En ingérant les microorganismes, ils contribuent également à diffuser leurs spores. Les boulettes fécales des collemboles, très riches en matières organiques et en mucus, favorisent également le développement microbien.

UN RÔLE MAJEUR DANS L'ÉCOSYSTÈME « SOLS »

En 1999, des chercheurs au Canada, John Klironomos et Peter Moutoglou, ont même démontré en laboratoire que la présence de collemboles favorise nettement la diffusion des champignons mycorhiziens. Les mycorhizes sont des champignons très importants pour la plupart des plantes vasculaires : en s'associant aux racines, ils fournissent aux plantes, en augmentant considérablement la surface d'échange, un meilleur apport en eau et en sels minéraux. L'action des collemboles ne se limite donc pas aux litières et à la décomposition des matières organiques, mais s'étend à la rhizosphère, c'est-à-dire à toute la zone du sol

aux capacités des organismes à agir ou réagir au sein de l'écosystème. Ces capacités sont liées aux « traits fonctionnels » des individus, notion qui s'est développée essentiellement depuis une vingtaine d'années et que des chercheurs en France ont largement contribué à définir.

Ainsi, pour les invertébrés du sol, avec Mickaël Hedde et Benjamin Pey, aujourd'hui chercheurs à l'Inrae et à l'École nationale supérieure d'agronomie de Toulouse, et plusieurs autres collègues, nous avons défini en 2014 ces « traits fonctionnels » comme toute caractéristique morphologique, physiologique, phénologique (c'est-à-dire liée à la périodicité et à la synchronisation de la reproduction des animaux) ou comportementale, mesurable à l'échelle des individus, sans référence à aucun autre type d'organisation, notamment taxonomique (en espèces, familles, ordres ou autres taxons). Cette définition reprenait celle de Cyril Violle, chercheur au CNRS à Montpellier travaillant sur les plantes, en y ajoutant le volet comportemental, propre aux animaux.

Comme les collemboles sont très abondants dans les sols et présentent des variations morphologiques et physiologiques très marquées et facilement identifiables (on en cite des exemples plus loin), ils offrent la possibilité soit d'évaluer l'effet sur leurs traits des « filtres » environnementaux, c'est-à-dire l'effet des paramètres physicochimiques et biologiques externes qui agissent sur les individus, soit de comprendre le rôle de ces individus dans la décomposition des matières organiques et autres processus. Dans le premier cas, on parlera souvent de « traits de réponse », et dans le second cas de « traits d'effets », même si cette distinction n'est pas toujours aisée.

Pour les collemboles, nous avons pour l'heure essentiellement travaillé sur les traits morphologiques, tels que la longueur du corps, la présence ou l'absence d'ocelles (yeux simples), la pigmentation, la présence ou l'absence de furca, mais également parfois sur des traits physiologiques et comportementaux, tels que leur capacité ou non à se reproduire par parthénogenèse (reproduction sans mâles) ou leurs préférences alimentaires.

À partir de mesures effectuées sur les individus ou de valeurs connues sur chaque espèce, on détermine une estimation globale de la valeur de chacun des traits au sein de la communauté observée. Ainsi, en fin de compte, plutôt que de considérer une communauté comprenant un ensemble d'espèces, on considère une communauté comportant un ensemble de traits, en ayant fait l'hypothèse que cette communauté de traits est liée à une fonction. Et de la même façon qu'on peut estimer la richesse spécifique (nombre d'espèces) d'une communauté, on peut également calculer une richesse fonctionnelle en prenant en compte un ➤

Ces animaux constituent un modèle d'étude très apprécié en écologie fonctionnelle

concernée par les racines des plantes. C'est pourquoi la fertilité des sols en dépend.

Par ailleurs, les collemboles constituent les proies de nombreux autres invertébrés (acariens prédateurs, pseudoscorpions, carabes, mille-pattes, araignées...), et se situent donc au cœur des réseaux trophiques des sols.

Depuis quelques années, ces petits hexapodes constituent un modèle d'étude particulièrement apprécié en écologie dite « fonctionnelle », c'est-à-dire le domaine de l'écologie qui porte sur les relations entre les communautés et le fonctionnement des écosystèmes, et qui s'intéresse