



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

Les espaces ouverts favorisent les collembolles de grande taille, pigmentés...

► ensemble de traits. Plus la communauté présente une importante diversité de traits, plus ses capacités fonctionnelles au sein de l'écosystème sont grandes, et donc plus cette richesse fonctionnelle est élevée.

L'application de ces considérations théoriques a notamment permis d'identifier plusieurs traits de réponse chez les collembolles. Par exemple, en collaboration avec Lucia Santorufo et d'autres chercheurs de l'université Federico II de Naples, nous avons montré en 2015 que dans des environnements urbains et périurbains de la ville de Naples, les écosystèmes les plus fréquemment perturbés favorisaient les individus à reproduction sexuée, c'est-à-dire incluant mâles et femelles, au détriment des individus à reproduction parthénogénétique. Il est en effet vraisemblable qu'une reproduction sexuée conduite à un plus grand brassage génétique et donc à de meilleures chances pour l'espèce de résister à une perturbation.

Globalement, l'usage du sol, c'est-à-dire l'occupation du sol par des forêts, cultures, prairies, jardins ou environnements urbains agit sur les communautés de traits. En compilant des résultats accumulés en France sur plus de 800 points de prélèvements depuis vingt ans, nous avons tout récemment montré, en collaboration avec des collègues de l'université de Lorraine, que les espaces ouverts (prairies, cultures...), au contraire des espaces fermés (forêts), favorisent les collembolles de grande taille (plusieurs millimètres) ayant des organes locomoteurs (furca et pattes) et sensoriels (ocelles et longues soies appelées « trichobothries ») bien développés ainsi qu'une forte pigmentation.

Ces résultats confirment une première étude publiée en 2014 et menée à l'échelle européenne par Sandrine Salmon, du Muséum

national d'histoire naturelle, à Paris, et ses collègues. Par ailleurs, Corentin Abgrall, de l'université de Rouen, et plusieurs collègues ont montré en 2016, sur divers sols échantillonnés au niveau des berges de Seine, que les communautés de traits des plantes ont une influence sur les communautés de traits des collembolles. Par exemple, aux plantes montrant des capacités élevées de production de biomasse correspond un plus grand nombre de collembolles peu pigmentés. Ce qui se comprend : l'abondance en matières organiques profite aux espèces de collembolles vivant profondément dans le sol, lesquelles sont souvent blanchâtres, puisque la pigmentation ne joue aucun rôle adaptatif dans un milieu dépourvu de lumière.

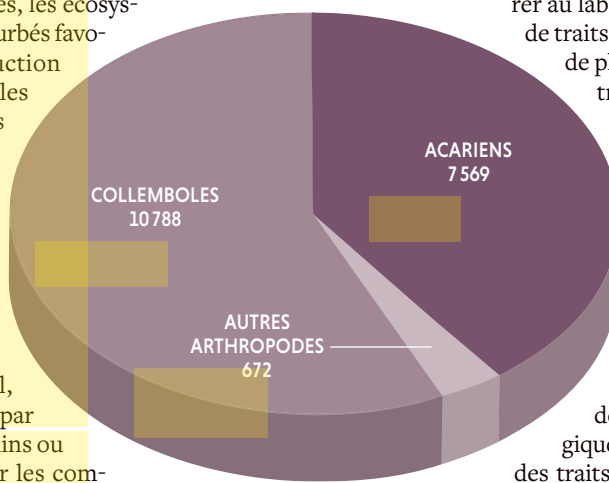
De nombreuses études sont encore à mener pour mieux comprendre l'écologie fonctionnelle des collembolles. Par exemple, celles ayant explicitement abordé la question des traits d'effets sont restées peu nombreuses jusqu'ici. Mais les traits liés aux pièces buccales (présence ou non de plaques molaires broyeuses, longueur et forme des pièces buccales) et leurs effets sur les processus de décomposition sont actuellement en pleine exploration. Il apparaît aussi nécessaire de reprendre de nombreuses expériences menées à la fin du xx^e siècle, afin d'identifier et comparer au laboratoire les effets de différents types de traits de collembolles sur la décomposition

de plantes selon les traits de celles-ci. Les traits d'interaction, qui interviennent dans les relations entre individus d'une même espèce ou entre individus d'espèces différentes, par exemple les organes liés à la communication chimique, sont également une voie à approfondir pour mieux comprendre la complexité des réseaux trophiques.

Quoi qu'il en soit, cette approche d'écologie fonctionnelle pose aussi de nombreuses questions méthodologiques sur la standardisation de la mesure des traits, et sur notre capacité à évaluer certains traits d'intérêt. C'est le cas des traits physiologiques et comportementaux, qui nécessitent une observation approfondie des espèces sur le terrain ou en laboratoire.

La question de la variabilité des traits au sein d'une même espèce se pose également. Ainsi, en compilant les valeurs indiquées dans les principales clés d'identification des collembolles disponibles au niveau européen, nous avons constaté en 2018 que, pour une espèce donnée, la longueur du corps des collembolles augmente avec la latitude et que cette variabilité peut modifier significativement les effets d'un filtre environnemental, par exemple un polluant.

Enfin, plusieurs études publiées ces dernières années ont mis en avant une relation ►



Dans les sols, les collembolles constituent le groupe le plus abondant, avant celui des acariens. Les autres arthropodes (protozoaires, diptères, petits insectes sous forme adulte ou larvaire, mille-pattes diplopodes et chilopodes, pseudoscorpions, araignées...) restent très minoritaires. C'est ce qu'illustre ce graphique des abondances, par mètre carré, des principaux groupes de microarthropodes dans 110 sols (8 sols forestiers, 52 sites en cultures et 47 en prairies) échantillonnés en Bretagne en 2006 et 2007 dans le cadre du programme RMQS BioDiv Bretagne.