



HAL
open science

Les collemboles, minuscules... mais tellement utiles !

Jean-François Ponge

► **To cite this version:**

| Jean-François Ponge. Les collemboles, minuscules... mais tellement utiles!. 2021. hal-03408672

HAL Id: hal-03408672

<https://hal.science/hal-03408672>

Preprint submitted on 29 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Les collemboles, minuscules... mais tellement utiles !

Jean-François PONGE, Muséum National d'Histoire Naturelle, Département Adaptations du Vivant, CNRS UMR 7179, 4 avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy, France, ponge@mnhn.fr

Octobre 2021

INTRODUCTION

Qui n'a jamais vu ces petites bêtes, souvent pas plus grosses qu'une tête d'épingle, sauter d'un tas de feuilles remuées en forêt, ou du vert feuillage lors de la traversée d'une prairie ? On les prend souvent pour des puces, d'ailleurs l'une de ces espèces, vivant en haute montagne, ne s'appelle-t-elle pas « puce des glaciers » ? Leur petite taille les fait échapper à notre attention, pourtant ils sont là partout sous nos pieds, et bien au-delà car on en trouve aussi dans les mousses des toits, à la surface des mares et dans la canopée de nos forêts, voire même dans les déserts et la toundra, à raison de plusieurs dizaines de milliers de spécimens dans chaque mètre carré. Longtemps connus sous le nom de podures depuis les travaux de Linné, mais seulement de spécialistes pourvus d'un microscope, les collemboles sont maintenant à l'honneur depuis que les progrès de la macrophotographie ont pu donner d'eux de merveilleuses images en couleurs.

À quoi servent les collemboles ?

La question est souvent posée à celles et ceux qui les étudient dans le secret de leur laboratoire, et l'on est souvent tenté de répondre : mais qu'est-ce que ça peut bien vous faire de savoir s'ils servent à quelque chose ? Ils sont là c'est tout, et ça me suffit pour m'y intéresser. Pourtant, on ne peut pas ainsi éluder un questionnement sociétal à propos de l'objet d'étude des naturalistes. Oui, les collemboles, comme tous les autres organismes, servent à quelque chose, ils ne sont pas là juste pour faire joli. Tout d'abord, regardons ce qu'ils mangent, car c'est souvent par là qu'on trouve qu'un organisme est utile. Si les espèces vivant au-dessus du sol broutent des micro-algues et des grains de pollen, la grande majorité des collemboles mangent des champignons, plus précisément les hyphes qui forment le mycélium. Le mycélium, encore quelque chose qui échappe à l'attention du promeneur, mais certes pas à nos petites bêtes, pourvues d'un odorat puissant, capable de détecter les champignons du sol à l'odeur et de choisir les meilleurs en fonction de ce qu'elles trouvent au cours de leurs déplacements. Sans les collemboles (les plus gros consommateurs de champignons dans le sol et la litière) notre monde serait sans doute envahi par les moisissures et aucune plante n'y résisterait. Mais leur utilité ne s'arrête pas là car, tout en étant d'actifs, très actifs brouteurs de champignons, ils contribuent aussi à les disperser, leur corps couvert de poils ou d'écailles se couvrant de leurs spores. Les collemboles dispersent les champignons tout en empêchant leur prolifération, ils occupent donc un poste clé dans le maintien de la biodiversité du sol, en empêchant certaines espèces de proliférer au détriment des autres.

On sait que, parmi les espèces que consomment les collemboles amateurs de champignons, figurent des pathogènes des cultures. On peut donc raisonnablement se demander si nos petits amis ne pourraient pas être utilisés à des fins de lutte biologique.

Jean-François PONGE : Encore faudrait-il trouver des espèces qui s'attaquent préférentiellement aux espèces pathogènes. Des recherches sont en cours...

D'autres collemboles, ceux qui vivent dans la profondeur du sol, se nourrissent des bactéries qui pullulent dans la matière organique en décomposition : l'humus. En consommant ces bactéries, les collemboles participent activement au recyclage des nutriments renfermés dans la biomasse bactérienne, les remettant ainsi en circulation au profit des végétaux. Sans eux, et les nombreux autres organismes jouant un rôle similaire (nématodes, rotifères, protozoaires), le pool microbien du sol absorberait la quasi-totalité de l'azote et du phosphore disponibles, au détriment du reste de l'écosystème.

Les collemboles, fossiles vivants ?

Présents sur terre depuis plus de 400 millions d'années, d'après les plus anciens fossiles connus, les collemboles se sont diversifiés au cours de l'évolution, et les fossiles que l'on a pu dater de 100 millions d'années montrent une faune de collemboles quasi identique à celle d'aujourd'hui. Pourtant, même si leurs familles voire leurs genres étaient déjà présents à cette époque lointaine, leur évolution se poursuit et des espèces nouvelles apparaissent, que révèlent les outils les plus récents à la disposition des biologistes. Parmi les caractères ancestraux conservés depuis ces temps lointains, leur affinité pour les mousses, apparues vraisemblablement à la même époque que les collemboles, est remarquable. Ce sont dans les coussins et tapis de mousse (qui recouvrent le sol, mais aussi les troncs d'arbres et le bois en décomposition) que l'on trouve les densités les plus importantes de collemboles. On a d'ailleurs pu démontrer qu'ils étaient des agents indispensables de leur fertilisation : sans collemboles, pas de mousses !

L'origine des collemboles a longtemps fait l'objet de conjectures, car s'ils ressemblent aux insectes, parmi lesquels ils ont longtemps été rangés, l'opinion de certains spécialistes de leur anatomie (considérés à l'époque comme farfelus voire bons à enfermer) était qu'ils se rapprochaient plus des crustacés que des insectes. C'est pourtant ce que certains travaux récents, utilisant les outils de la biologie moléculaire, tendent à démontrer. Nos collemboles seraient donc, non pas des puces, mais de petites crevettes qui se seraient adaptées à la vie terrestre ? La polémique est encore rude à ce sujet. Mais laissons les spécialistes se disputer entre eux car les collemboles s'en moquent bien. Ils ont échappé à toutes les grandes crises écologiques ayant secoué le globe terrestre depuis leur apparition, et il est probable que celle que nous vivons aujourd'hui ne leur fera pas peur. Leur petite taille et leur habitat caché y sont sans doute pour quelque chose, mais il est probable que leurs capacités d'adaptation sont exceptionnelles. Parmi celles-ci la capacité de nombreuses espèces à se reproduire par parthénogenèse, produisant des lignées continues de femelles n'ayant besoin d'aucun partenaire sexuel, est remarquable et offre de multiples possibilités d'adaptation, permettant aux mutations favorables de se maintenir au fil des générations. La parthénogenèse permet ainsi de coloniser de nouveaux milieux, notamment ceux créés par l'homme tels que les sols pollués.

Avec ou sans sexe, telle est la question

La plupart des collemboles ont une reproduction sexuée. Bien que les mâles ne se distinguent guère des femelles, à part leur taille légèrement plus petite, ils savent très bien se distinguer entre eux grâce à la production de phéromones sexuelles, destinées à attirer les partenaires de l'autre sexe. Dans un milieu où la vision est de peu d'utilité, comme par exemple au sein de la litière, l'odorat prend une place prépondérante dans les communications entre individus d'une même espèce. La reproduction en fait partie, qui nécessite que les individus "compatibles" se rapprochent. La reproduction des collemboles se fait sans copulation, par dépôt de "jardins" de spermatophores par les mâles, dans lesquels les femelles viennent frotter leur orifice génital. Chez certaines espèces les gouttes de sperme émises par les mâles peuvent être aussi déposées directement sur un substrat favorable, sans l'élaboration d'un spermatophore. Des parades sexuelles sont observées chez les collemboles qui sont en forme de billes (les Symphypléones) alors qu'elles sont absentes chez les collemboles en forme de bâtonnets (les Arthropléones). Les antennes des mâles de certains Symphypléones sont pourvues d'un organe d'accrochage qui leur permet d'agripper les femelles lors du dépôt des spermatophores. Les femelles fécondées pondent alors de nombreux œufs translucides, voire emprisonnés dans une gangue d'argile, généralement déposés dans un endroit caché.

Les jeunes, de très petite taille, ont pourtant toute l'apparence des adultes, avec cependant des capacités de déplacement réduites. Ils vont muer et grandir tout au long de leur existence, avec un palier de croissance apparaissant très progressivement, un caractère qui les distingue des insectes mais les rapproche des... crustacés ! La mue, qui peut survenir entre une et trois semaines dans les conditions normales, est un moment particulier dans la vie des collemboles, un moment où l'animal est extrêmement fragile et sensible à la prédation par les pseudo-scorpions, carabes, araignées, mille-pattes et acariens, sans compter les lézards et... les jeunes crapauds qui en raffolent au cours de leurs pérégrinations en quête d'une mare !

Mais la sexualité n'est pas nécessairement la bonne stratégie, surtout dans la profondeur du sol où même l'olfaction ne sert plus à grand-chose, sauf à très courte distance. C'est pourquoi de nombreuses espèces adaptées à la vie dans le sol ont abandonné la reproduction sexuée au profit d'une reproduction parthénogénétique. On a pu montrer que la perte de la sexualité était déterminée par une bactérie, présente dès l'œuf et accompagnant le collembole tout au long de sa vie, qui modifie l'expression des gènes codant le développement des gonades mâles. Une reproduction à l'identique des femelles, sans brassage génétique, assurant l'impunité dans un milieu favorable, à l'exception toutefois des mutations. Celles-ci constituent un risque, la plupart étant généralement défavorables, mais aussi une chance si le milieu change ou si, au cours de leurs déplacements, actifs ou plus probablement passifs (via le vent, les pattes des oiseaux, etc...) les animaux se trouvent transportés dans un environnement différent où la mutation s'avère au contraire hautement favorable et génère une descendance. Les espèces parthénogénétiques sont donc des "bonnes à tout faire", plus aptes à s'adapter rapidement et pulluler dans des endroits où les espèces sexuées sont à leur désavantage, par manque d'innovation, comme par exemple dans les sites pollués.

Pour vivre heureux, vivons cachés... mais groupés

Comme nous l'avons vu précédemment, les collemboles sont soumis à une intense prédation, lorsqu'ils sont encore à un stade juvénile (et moins aptes à échapper aux prédateurs, par le saut par exemple) ou lors de leurs mues et de leur reproduction. Ils sont également sensibles au dessèchement, leur respiration exclusivement cutanée (à quelques rares exceptions près) rendant impossible un épaissement de la cuticule (comme chez la plupart des insectes). Cependant certaines espèces sont capables d'entrer en vie ralentie en abaissant considérablement la teneur en eau de leur corps, notamment en climat méditerranéen ou subaride, ou bien passent la "mauvaise" saison (hiver ou été) sous la forme d'œufs. La production de phéromones d'agrégation permet aux collemboles de se regrouper dans les endroits les plus favorables à leur croissance et leur reproduction. Là encore l'odorat joue un rôle essentiel à la survie des espèces. On sait aussi que l'olfaction permet à certaines espèces de trouver refuge dans les galeries des vers de terre, qui leur fournissent nourriture et protection contre la prédation.

Le regroupement des individus d'une même espèce peut parfois atteindre des proportions extraordinaires, comme lors des regroupements observés à la surface des plaques de neige, où des milliers d'individus se déplacent groupés, dans un mouvement directionnel orienté par le soleil. On peut se demander quel est l'intérêt de telles foules en mouvement, où les animaux se réchauffent, certes, mais sont aussi exposés à la prédation. Peut-être une stratégie analogue à celle de certains poissons ou oiseaux grégaires, où le risque individuel est dilué au sein d'un groupe ?

Des milliers d'espèces de collemboles, mais sont-elles partout les mêmes ?

On compte plusieurs dizaines de milliers d'espèces de collemboles, un chiffre sans cesse en augmentation grâce aux découvertes d'espèces cachées (espèces cryptiques) à l'aide des techniques de biologie moléculaire. Si les espèces parthénogénétiques sont souvent présentes un peu partout (avec leurs variantes adaptatives), il n'en est pas de même des espèces sexuées, qui constituent la grande majorité des collemboles. Selon les lignées, voire entre des espèces très proches, on trouve des différences (on parle de "traits") relatives à l'anatomie, la physiologie, la biologie, le comportement, qui imposent aux espèces des nécessités face aux variations du microclimat, des caractéristiques physiques et chimiques du milieu, ou bien encore des ressources alimentaires. Dans un même secteur géographique, voire même sur une très petite surface, on va donc trouver des communautés d'espèces "spécialisées", la distinction la plus importante étant entre la surface et la profondeur, mais aussi entre les milieux "ouverts" tels que prairies et champs cultivés et les milieux "fermés" tels que les forêts, entre les milieux "secs" et "humides", voire en fonction du degré d'acidité du sol. Certains milieux particuliers, comme les mares et les grottes, hébergent des espèces que l'on ne trouve que là, dotées d'adaptations particulières. On peut citer notamment le fameux "podure aquatique" décrit par Linné en 1758 comme l'exemple-type des collemboles, alors que cette espèce est la seule à être capable d'accomplir la totalité de son cycle sur et dans une mare.

Des facteurs autres que la simple sélection d'habitat jouent un rôle dans la différenciation des communautés d'espèces de collemboles. Un changement brusque des conditions de milieu va générer une "crise" à laquelle les communautés vont devoir s'adapter. Par sa maîtrise de l'usage du sol l'homme génère ce type de perturbation lorsqu'il déboise ou au contraire plante des arbres. Alors que certaines espèces sont insensibles à l'ouverture ou à la fermeture du milieu, soit parce qu'elles y sont indifférentes soit peuvent s'adapter rapidement sans se déplacer (au risque d'une forte mortalité), d'autres vont localement disparaître. La colonisation par les espèces capables de vivre dans les milieux créés par l'homme (ou une perturbation naturelle) prend du temps, surtout lorsque les espèces ne se déplacent que très lentement, de proche en proche, et toujours au hasard car incapables d'une perception à distance. Le déficit d'espèces observé, qui diminue au cours du temps mais dure souvent pendant plusieurs décennies, est appelé "crédit de colonisation". Il affecte les espèces de façon différenciée, en fonction de leurs "traits" liés à la capacité de dispersion. Il existe donc des communautés "complètes" et des communautés "tronquées", appauvries en espèces.

De même, sur l'ensemble du globe terrestre, on observe à l'échelle des continents et des îles des phénomènes de spécialisation biogéographique. La grande ancienneté des collemboles est attestée par l'existence de faunes "gondwaniennes", héritées de l'ancien supercontinent "Gondwana" (-600 à -160 millions d'années), regroupant Amérique Australe, Afrique australe et occidentale, Australie et Antarctique, ainsi qu'une partie de l'Asie, partageant ainsi des familles entières d'espèces totalement inconnues de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie (l'ancienne "Laurasia").

CONCLUSION

Si l'utilité des collemboles au sein des écosystèmes ne fait plus aucun doute, une part de leur utilité réside également dans leur sensibilité aux variations du milieu, qui en fait d'excellents bio-indicateurs. Parmi les représentants de la faune du sol, les collemboles, avec les vers de terre et les nématodes, constituent un groupe phare des travaux portant sur la mise en place de bio-indicateurs de la qualité du sol. Dans le domaine de la prévention des risques, des tests écotoxicologiques, aujourd'hui standardisés au niveau international (normes ISO), utilisent la survie, la reproduction et le comportement d'évitement d'une espèce particulière de collemboles, facile à élever en masse, pour la détection de la pollution des sols.

Alors, les collemboles, amis ou ennemis ? Et faut-il les protéger ? Jusqu'à présent, aucune espèce n'a été mise sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN). Par leur petite taille et leur absence de nocivité pour l'homme, ses élevages et ses cultures, ils échappent totalement aux exterminations qui sont le lot de nombreux animaux comestibles ou nuisibles (ou considérés comme tels). Pour autant, c'est bien le sol, que l'on peut considérer comme un écosystème à part entière, qui souffre et nécessite des soins pour sa préservation. On peut espérer que la Commission Européenne, qui a renoncé dès 2007, sous la pression des lobbies de l'industrie et de l'agrochimie, au projet de Directive Cadre pour la Protection des Sols de 2006, reprendra conscience de la nécessité de protéger ce milieu, bien connu pour l'importance et la variété de ses services écosystémiques (fertilité, protection des cultures, régulation des cycles des nutriments et de l'eau, décontamination des eaux) et qui renferme 25% de l'ensemble de la biodiversité mondiale.

FOCUS sur *Podura aquatica*

Seul représentant du genre *Podura*, lui-même représentant unique de la famille des Poduridae, ce petit collembole de couleur sombre, long d'environ 2 mm accomplit la totalité de son cycle de vie sur et dans l'eau, contrairement à d'autres collemboles aquatiques qui pondent uniquement sur les berges. Ses œufs, mouillables, tombent immédiatement au fond de l'eau, mais dès la naissance les jeunes, pourvus d'un tégument non mouillable comme les adultes, remontent à la surface et y demeureront jusqu'à la fin de leur vie. L'animal se déplace sur l'eau à l'aide de ses pattes, comme sur un film plastique, en utilisant la tension superficielle, l'attraction très forte des molécules d'eau entre elles au contact de l'air. Mais il est aussi capable d'effectuer des bonds spectaculaires, de 100 fois sa taille, grâce à sa furca (fourche) située à la face interne de son abdomen, caractéristique qu'il partage avec la grande majorité des collemboles. Savez-vous que les ondes concentriques (les "ronds dans l'eau") que l'on voit se propager à la surface des eaux stagnantes, sont la plupart du temps provoqués par les sauts de ce minuscule hôte de nos mares et de nos étangs ? Ces sauts sont le plus souvent destinés à échapper à ses prédateurs, nèpes, notonectes et autres "patineurs de surface", capables d'utiliser le même principe physique pour se déplacer sur l'eau. Notre podure aquatique se nourrit des nombreuses bactéries qui forment un biofilm à la surface des mares, et se reproduit à l'aide des spermatophores déposés par les mâles, après une courte parade nuptiale, sur un étroit "radeau" flottant. Un animal parfaitement adapté au milieu aquatique. Longtemps considéré comme l'ancêtre des collemboles, on sait aujourd'hui que cet animal si particulier, pourtant si répandu en Europe et Amérique du Nord, est au contraire loin d'être "primitif" mais au contraire le fruit d'un processus adaptatif très élaboré.