



## A APARÊNCIA DOS ORGANISMOS DO SOLO REVELA O SEU PAPEL NO SOLO

**Pierre Ganault<sup>1\*</sup>, Léa Beaumelle<sup>2</sup>, Apolline Auclerc<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> CEFE, Univ. Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ. Paul-Valéry Montpellier, Montpellier, France,

<sup>2</sup> INRAE, UMR SAVE, Villenave d'Ornon, France

<sup>3</sup> Laboratoire des sols et Environnement, Université de Lorraine, INRAE, LSE, Nancy France

### JOVENS REVISORES:



**GIULIA**

IDADE: 13

Existe uma infinidade de formas de vida no nosso planeta. Isto é especialmente verdadeiro sob os nossos pés, no solo. Minhocas, aranhas e piolhos-de-cobra são apenas alguns exemplos do elevado número de organismos do solo. Uma vez que você observa o que vive nos solos, você percebe a enorme diversidade de formas e cores. Mas e se dedicarmos um tempo para descrever todas as suas características: cor, tamanho, forma, número de pernas, tipo de asas, duração da vida e preferências climáticas? Todas essas características, chamadas de atributos, nos ajudam a entender que tipos de organismos podem ser encontrados em um determinado ecossistema, do que eles se alimentam, e quão longe podem viajar. Os cientistas usam essa informação para entender os diferentes papéis dos organismos nos solos, assim como para restaurar solos degradados. A análise de atributos pode revelar a importância dos organismos

## INVERTEBRADO

um pequeno animal sem esqueleto interno, como insetos, vermes e moluscos.

## BIODIVERSIDADE DO SOLO

a variedade de formas de vida nos solos. Pode ser medida pelo número de espécies, de atributos ou de genes desses organismos.

## ECÓLOGO DE SOLOS

um cientista que investiga os organismos do solo, suas interações com o ambiente e o papel de cada um no funcionamento do solo.

## MÉTODO BERLESE

um procedimento para extrair organismos pequenos de amostras de serapilheira e de solo por meio da secagem e coleta dos organismos que migram através da amostra e caem em um frasco.

## ESPÉCIE

organismos individuais que pertencem a mesma espécie podem produzir descendentes férteis. É a unidade mais comumente usada para descrever a vida na Terra. Todos os seres humanos pertencem à mesma espécie, mas existem muitas, muitas espécies de organismos do solo.

## ATRIBUTO

qualquer característica que possa ser medida em um indivíduo para descrever sua forma, capacidade de movimento, dieta, comportamento ou estratégia reprodutiva.

do solo e os papéis fundamentais que eles desempenham para as sociedades humanas.

## O SOLO: UM MUNDO MARAVILHOSO, MAS POUCO CONHECIDO

Sob nossos pés, milhões de organismos vivem no solo [1]. Esses organismos abrangem desde organismos microscópicos (chamados microrganismos) até organismos **invertebrados** (como minhocas) com mais de um metro de comprimento. A variedade de organismos no solo é chamada de **biodiversidade do solo**. Entende-se por biodiversidade as variações em todas as formas de vida no planeta.

**Ecólogos de solos** são cientistas que estudam a diversidade de organismos do solo. Eles costumam amostrar os organismos do solo em vários locais, como florestas tropicais ou campos agrícolas. Eles usam pás, armadilhas ou coletores cilíndricos para remover amostras de solo, dependendo se os organismos de interesse vivem no solo ou em sua superfície (Figura 1). Em seguida, os cientistas capturam os organismos que eles conseguem ver nas suas amostras usando a mão ou pinças. Para capturar os menores invertebrados do solo, os ecólogos de solos costumam usar uma técnica chamada de **método de Berlese**. No laboratório, eles colocam as amostras de solo em um funil, com uma lâmpada de aquecimento acima da amostra e um frasco abaixo do funil. A luz e o calor levam os minúsculos organismos a descerem pelo funil até o frasco. Após alguns dias, o cientista pode estudar os organismos que se encontram no frasco.

Quando todos os organismos do solo são coletados, começa o longo e meticuloso trabalho. Os cientistas de solos contam e observam de perto cada organismo individualmente para identificar a qual **espécie** ele pertence. Para isso, eles utilizam vários tipos de microscópios, além de chaves de identificação e livros. O número total de espécies encontradas em um determinado ecossistema representa a biodiversidade daquele ecossistema. Cientistas de solos têm muito trabalho a fazer, pois os solos estão entre os ecossistemas mais diversos e altamente impactados pelo homem na Terra. Além disso, muitos solos do mundo ainda não foram estudados, portanto, muitas espécies de organismos do solo ainda não foram descobertas.

## OS ORGANISMOS DO SOLO SÃO EXTREMAMENTE DIVERSOS

A biodiversidade do solo é tão grande que é praticamente impossível descrever os **atributos** de todos os organismos do solo de uma só vez. Daremos a você uma ideia da diversidade do solo descrevendo a aparência e o comportamento de três tipos de organismos do solo bem estudados: minhocas, colêmbolos e besouros carabídeos (Figura 2).

## Figura 1

Métodos de amostragem e estudo dos invertebrados do solo. Os pequenos organismos são extraídos de um pequeno testemunho de solo por meio da secagem desse solo e pela coleta dos indivíduos que caem da amostra. Os organismos grandes e de rápido movimento, que vivem na serapilheira, são coletados quando caem nas armadilhas de queda. Organismos menos móveis são extraídos de um bloco de solo com uma pá e depois capturados à mão. As minhocas que vivem nas profundezas do solo são extraídas ao despejar uma solução de mostarda em suas tocas. Organismos menos móveis que vivem na serapilheira podem ser separados utilizando um funil de Berlese, que seca a serapilheira e apanha os organismos em um frasco. (Créditos das ilustrações: [www.lesbullesdemo.fr](http://www.lesbullesdemo.fr). Créditos das fotos: Apolline Auclerc, EcoBioDiv lab).



### Tamanho corporal

Uma diferença estrutural importante entre minhocas, colêmbolos e besouros carábidos, e entre espécies dentro destes grupos, é o seu tamanho corporal. O tamanho é um exemplo de atributo morfológico. A menor minhoca mede vários centímetros de comprimento, enquanto a maior, encontrada em florestas tropicais, pode ter 2 m de comprimento. Na Europa, os besouros carábidos medem entre 2 mm e 8 cm desde o topo da cabeça até o último segmento do abdômen. Os colêmbolos são bem menores, com um tamanho corporal médio de 2 mm, mas seu tamanho varia dependendo do local onde vivem. Algumas espécies de colêmbolos, que vivem em folhas mortas, são maiores do que outras espécies que vivem em maiores profundidades do solo.

### Movimentação

Para encontrar um habitat com comida o suficiente, que haja outros organismos para se reproduzir e com um baixo número de predadores, os organismos do solo desenvolveram numerosas técnicas de movimentação, tanto na superfície como no interior do solo. As minhocas não possuem pernas, mas algumas espécies possuem músculos fortes e pequenos pelos que elas utilizam para escavar entre as partículas do solo. Com suas 6 pernas, os besouros carábidos podem correr na superfície do solo para capturar suas presas. Muitas espécies de besouros carábidos possuem asas, permitindo-lhes escapar rapidamente de um predador ou de outro distúrbio, ou para se mover para um local onde eles possam encontrar mais presas ou parceiros. Os colêmbolos também se movimentam com suas 6 pernas, mas graças a um apêndice especial que atua como uma mola, alguns colêmbolos podem saltar vários centímetros no ar para escapar de predadores!

## Figura 2

Diferenças de atributos morfológicos entre 9 espécies de invertebrados do solo pertencentes aos três grupos: minhocas, besouros carabídeos e colêmbolos (Créditos das ilustrações: [www.lesbullesdemo.fr](http://www.lesbullesdemo.fr)).

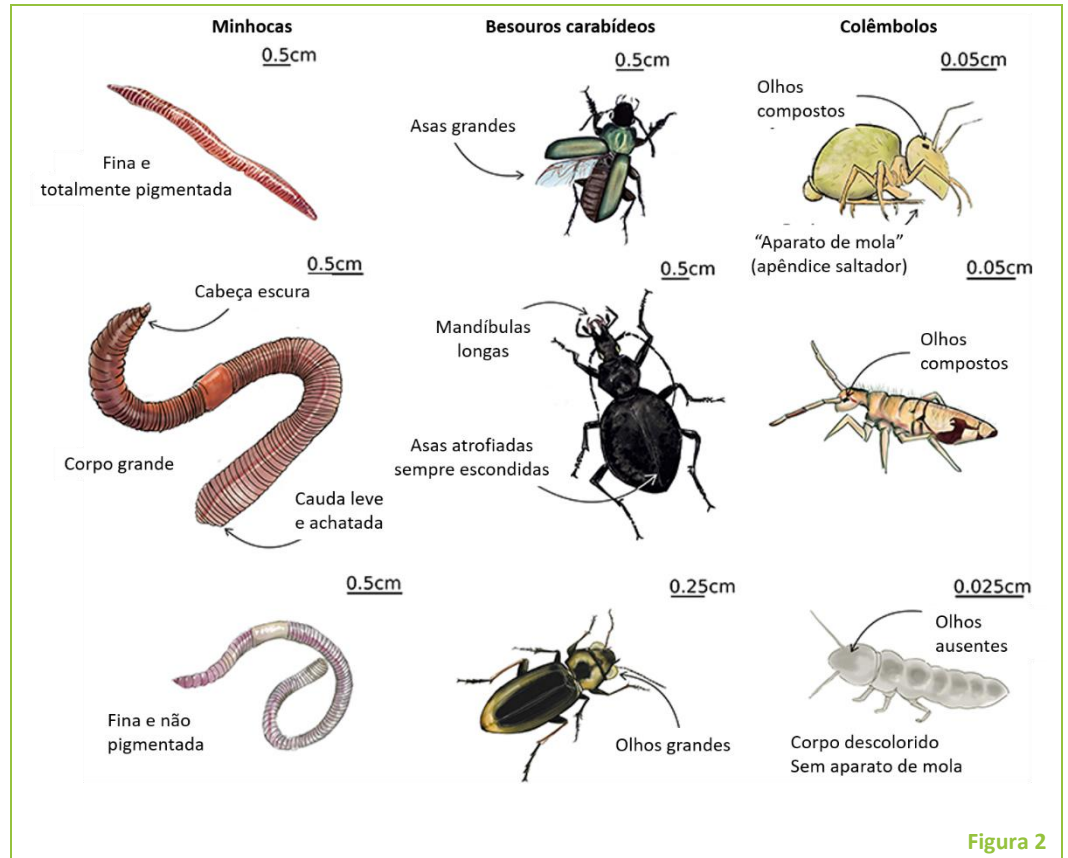


Figura 2

### Coloração

Os organismos do solo podem ser coloridos. Algumas minhocas que vivem nos primeiros centímetros do solo, nas folhas mortas, ou em adubo ou esterco, são marrom-avermelhadas, o que permite a elas se camuflar de seus predadores entre as folhas mortas marrom-alaranjadas, mas que também as protege dos **raios UV** [2]. Outras minhocas vivem em maiores profundidades do solo e geralmente possuem cores pálidas, como rosa, cinza ou verde pálido. No solo escuro, a pigmentação não é necessária porque os raios UV não o penetram. Ainda, outras minhocas vivem principalmente no solo, mas colocam a cabeça para fora do solo para se alimentar de folhas mortas; conseqüentemente, apenas suas cabeças são pigmentadas. Os colêmbolos apresentam quase os mesmos padrões de cores das minhocas: as espécies pigmentadas vivem na superfície do solo e as não pigmentadas vivem dentro do solo [3]. Finalmente, os besouros carabídeos podem apresentar magníficos padrões de cor, especialmente os do gênero *Carabus*. As cores vivas podem desencorajar aves que os predam ou podem ajudá-los a se camuflar em seus ambientes.

### Tipos de aparelho bucal

Outra diferença notável entre nossos três grupos é o tipo de aparelho bucal. Os besouros carabídeos possuem mandíbulas fortes (maxilas) que podem ter diferentes formas e tamanhos dependendo do que eles mais comem. Por exemplo, algumas espécies possuem mandíbulas muito longas, projetadas para frente, para alcançar o interior das conchas dos caracóis. Os colêmbolos possuem aparelhos bucais pequenos que lhes permitem comer fungos que crescem nas folhas e pequenos fragmentos das próprias folhas, criando belas folhas mortas e esqueletizadas. As minhocas não possuem mandíbulas, mas

## RAIOS UV

Parte dos raios solares que são invisíveis a olho nu e que podem causar queimaduras solares.

seus estômagos musculosos são fortes o suficiente para esmagar o solo e as folhas que elas comem.

## OS ATRIBUTOS DOS ORGANISMOS DO SOLO SÃO PISTAS DOS SEUS IMPORTANTES PAPÉIS

Observações cuidadosas dos atributos dos organismos do solo podem dizer muito aos ecólogos de solos sobre o que os organismos comem, onde eles vivem e como eles interagem com seus ambientes (Figura 3). As ações dos organismos do solo são extremamente importantes para manter os solos saudáveis. Estes organismos podem alterar a organização física do solo por meio da criação de tocas, podem adicionar nutrientes ao solo através da fragmentação de folhas mortas, e podem ajudar a controlar as populações de outros organismos do solo [4]. Vejamos os importantes papéis desempenhados por nossos três organismos de exemplo.

### Figura 3

Organismos do solo em ação. (1) Minhocas vivendo e se alimentando de folhas mortas. (2) Minhocas atingindo a superfície do solo através de sua grande e profunda toca. (3) Minhocas vivendo no solo e escavando muitas tocas. (4) Diferentes espécies de colêmbolos transformando folhas mortas em pelotas fecais. (5) Colêmbolo escapando de um predador saltando com seu apêndice em forma de mola. (6) Besouro carábido se alimentando de um caracol. (7) Besouro carábido pronto para voar. (Créditos das ilustrações: [www.lesbullesdemo.fr](http://www.lesbullesdemo.fr))

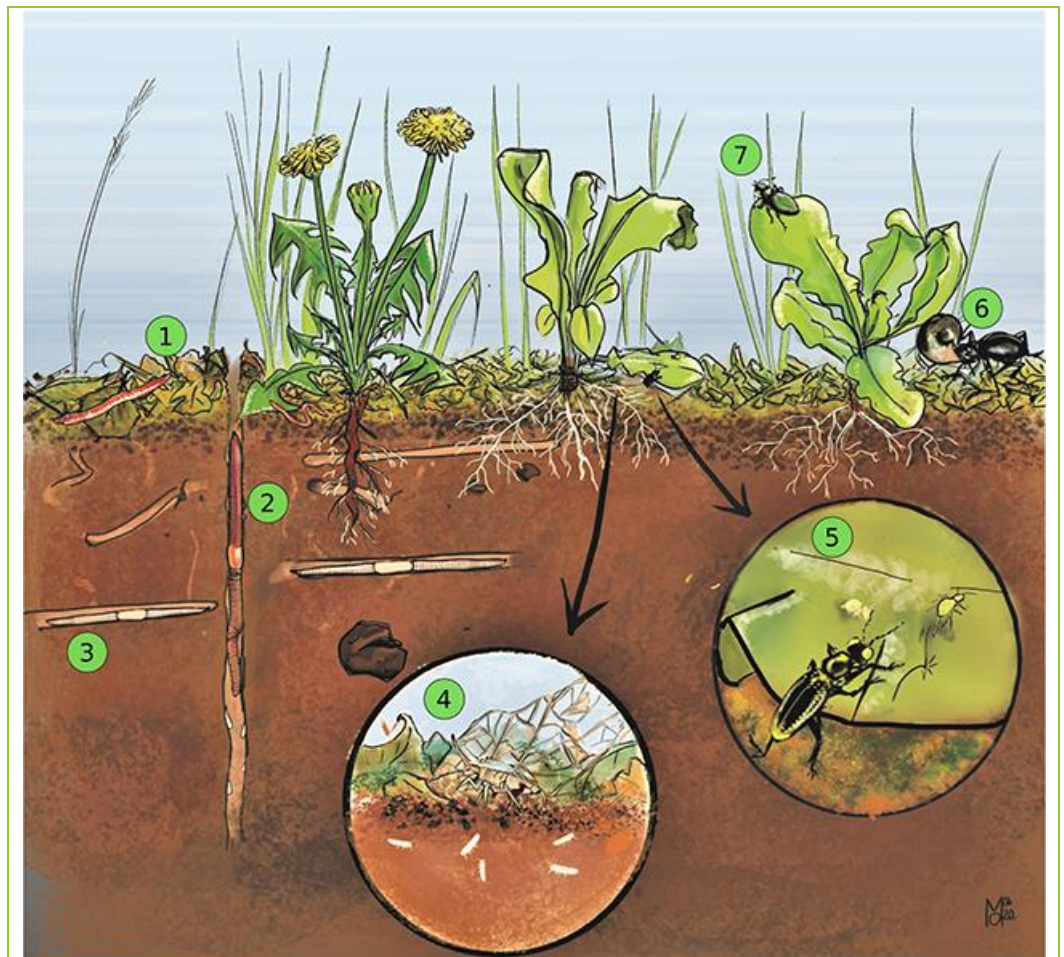


Figura 3

As minhocas desempenham um papel crucial na manutenção de solos saudáveis devido sua intensa atividade de escavação. As espécies de minhocas que vivem no solo se movem através dele, comem os alimentos que ali encontram e misturam as partículas de solo com pedaços de folhas mortas. À medida em que se movem, elas criam muitas tocas através das quais o ar e a água podem circular mais facilmente [5], ajudando outros organismos do solo

a beber e respirar, além de ajudar as raízes das plantas a crescer. Algumas minhocas grandes criam tocas longas, largas e verticais (muito parecidas com chaminés). Outras fazem tocas mais finas, mas ainda contribuem fortemente para misturar o solo. Minhocas são, portanto, extremamente importantes para reduzir inundações e erosões do solo, assim como para melhorar a saúde do solo.

Os colêmbolos também desempenham papéis cruciais nos solos, especialmente através da reciclagem de nutrientes contidos em folhas mortas, o que ajuda no crescimento das plantas. Em alguns casos, os colêmbolos podem alcançar densidades de 10–100.000 indivíduos por m<sup>2</sup>! Eles podem comer grandes quantidades de serapilheira e microrganismos (como fungos e bactérias). Depois de comer, eles produzem muitas pelotas fecais pequenas, compostas de pedaços muito pequenos de folhas mortas misturadas com um pouco de água. As pelotas fecais são a refeição perfeita para microrganismos, que continuarão a transformar as folhas mortas em nutrientes que as plantas podem usar. Essa reciclagem de nutrientes realizada pelos colêmbolos e microrganismos é extremamente importante para o crescimento das plantas e para os ecossistemas.

Os besouros carabídeos possuem dietas variadas, mas podem ser predadores que se alimentam de uma ampla variedade de presas, desde pequenos pulgões até grandes caracóis. As espécies de besouros carabídeos são especializadas nas presas que eles comem; por exemplo, a espécie *Cychnus caraboides* só se alimenta de caracóis. Alguns besouros carabídeos capturam pequenos colêmbolos graças aos seus olhos bem desenvolvidos (Figura 3). Besouros carabídeos são importantes para regular a população de outros animais. Por exemplo, em plantações, eles se alimentam de pragas que, se não forem controladas, danificariam as plantas cultivadas. Os agricultores podem, portanto, utilizar besouros carabídeos ao invés de produtos químicos para combater as pragas. Isso é chamado de controle biológico, uma vez que utiliza as interações naturais presa-predador entre organismos para controlar pragas. É importante manter uma alta diversidade de besouros carabídeos em um ecossistema porque nem todas as espécies se alimentam da mesma presa. Os besouros carabídeos variam em tamanho corporal e comem principalmente presas que são menores que eles. Portanto, uma alta diversidade de espécies de besouros carabídeos permite uma melhor regulação de pragas [6].

Tamanho corporal, tipo e tamanho do aparelho bucal, estratégias de caça e tipos de presa são atributos importantes que os ecólogos de solos geralmente consideram para entender melhor as relações entre os invertebrados do solo e seus ambientes.

## CONCLUSÃO

Os organismos do solo são incrivelmente diversos em forma e comportamento. Ecólogos de solos exploram o maravilhoso mundo do solo e têm a chance de descobrir novas espécies e novos atributos. Ao observar as características das espécies que eles encontram, os cientistas de solos podem entender melhor as interações entre organismos e ecossistemas. Em conjunto, os numerosos

papéis desempenhados pela grande variedade de organismos do solo são complementares e fundamentais para a manutenção de solos saudáveis. Portanto, é muito importante para nós mantermos e conservarmos a biodiversidade do solo, que está enfrentando os crescentes impactos das atividades humanas, como aqueles causados pela agricultura intensiva e mudanças climáticas. Aumentar a conscientização pública sobre a importância dos organismos do solo e melhorar nosso conhecimento da biodiversidade do solo será fundamental para diminuirmos nossos impactos nos fantásticos ecossistemas sob os nossos pés.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o consórcio TEBIS (<http://www.reseau-tebis.fr/>) e às diferentes ONGs como a *Les petits debrouillards* (<https://www.lespetitsdebrouillards.org>) e *CARABES* (<https://assocarabes.com>) com as quais os autores estão a trabalhar para aumentar a sensibilização dos cidadãos e encorajar a proteção dos solos e da sua biodiversidade. Os autores também agradecem a Morgane Arietta Ganault pela qualidade das ilustrações detalhadas, ao conselheiro anônimo e aos jovens revisores pelas suas sugestões que melhoraram a qualidade do manuscrito, e a Susan Debad pela sua ajuda com a sintaxe inglesa que melhorou a clareza do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

1. Orgiazzi A, Bardgett R D, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJJ, Chotte JL, De Beyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, et al. Global soil diversity atlas. European Union. Luxembourg (2016). Available at: [http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public\\_path/JRC\\_global\\_soilbio\\_atlas\\_online.pdf](http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf) [Accessed April 28, 2020]
2. Bottinelli N, Hedde M, Jouquet P, Capowiez Y. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché’s triangle revisited. *Geoderma* (2020) 372:114361. doi:10.1016/j.geoderma.2020.114361
3. Potapov AA, Semenina EE, Korotkevich AY, Kuznetsova NA, Tiunov AV. Connecting taxonomy and ecology: Trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. *Soil Biology and Biochemistry* (2016) 101:20–31. doi:10.1016/j.soilbio.2016.07.002
4. Pey B, Nahmani J, Auclerc A, Capowiez Y, Cluzeau D, Cortet J, Decaëns T, Deharveng L, Dubs F, Joimel S, et al. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. *Basic and Applied Ecology* (2014) 15:194–206. doi:10.1016/j.baae.2014.03.007
5. Capowiez Y, Bottinelli N, Sammartino S, Michel E, Jouquet P. Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae). *Biology and Fertility of Soils* (2015) 51:869–877. doi:10.1007/s00374-015-1036-x

6. Rusch A, Birkhofer K, Bommarco R, Smith HG, Ekbom B. Predator body sizes and habitat preferences predict predation rates in an agroecosystem. *Basic and Applied Ecology* (2015) 16:250–259. doi:10.1016/j.baae.2015.02.003

**EDITED BY:** Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

**CITATION:** Ganault P, Beaumelle L and Auclerc A (2021) The Way Soil Organisms Look Can Help Us Understand Their Importance. *Front. Young Minds* 9:562430. doi: 10.3389/frym.2021.562430

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**COPYRIGHT ©** 2021 Ganault, Beaumelle and Auclerc. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

## JOVENS REVISORES



### GIULIA, IDADE: 13

Eu sou Giulia. Tenho 13 anos de idade. Gosto de ir à escola e a minha disciplina favorita é Inglês. No meu tempo livre, adoro brincar com o meu cão, jogar tênis, e andar à cavalo. No Verão, gosto de brincar na minha pequena piscina com meus amigos e passear pela minha cidade, todos juntos, de bicicleta. No Inverno, pelo contrário, eu gosto muito de esquiar com os meus pais e com os nossos vizinhos.

## AUTORES



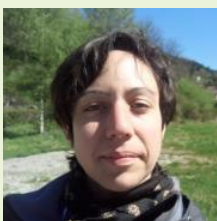
### PIERRE GANAULT

A cada caminhada na natureza, não consigo evitar virar troncos e pedras ou procurar nas folhas mortas para ver que animal maravilhoso eu encontrarei escondido lá. Essa curiosidade me levou a estudar a biodiversidade do solo e a fazer um doutorado sobre a resposta da mistura de espécies arbóreas para os invertebrados do solo, e sobre o papel desses animais para os processos do solo. Eu também trabalho com associações para fazer a ponte entre o cientista e o cidadão para que possamos trabalhar juntos para estudar, entender e proteger as criaturas que vivem no solo. \*[pierre.ganault@cefe.cnrs.fr](mailto:pierre.ganault@cefe.cnrs.fr)

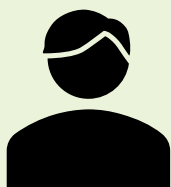


**LEA BEAUMELLE**

Sou pós-doc no Instituto Nacional Francês de Agricultura de Bordeaux. Minha pesquisa visa entender melhor os impactos das atividades humanas na biodiversidade e funcionamento do solo. Durante meu doutorado em Versalhes eu estava estudando a resposta das minhocas à poluição por metais pesados. Eu expandi minha pesquisa durante meu pós-doutorado na França e na Alemanha ao investigar os efeitos de múltiplos poluentes, a resposta de comunidades inteiras do solo e as consequências das mudanças na biodiversidade para os processos ecossistêmicos.

**APOLLINE AUCLERC**

Sou professora assistente em ecologia do solo e biologia na Universidade de Lorraine em Nancy, na França. Minha pesquisa está focada em entender como os ecossistemas do solo urbano e industrial podem abrigar um alto nível surpreendente de biodiversidade ao acessar como invertebrados, como minhocas, insetos, aranhas, piolhos-de-cobra...são adaptados às características específicas desses solos impactados pelo homem. Eu também desenvolvo ferramentas para ajudar os cidadãos a se conscientizar sobre a qualidade do solo e sua desconhecida biodiversidade.

**TRADUTOR****VINICIUS TIRELLI POMPERMAIER**

PhD in Ecology from the University of Brasília (UnB), Brasília, DF, Brazil; Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.