

# Regenwürmer

unsere Partner für einen widerstandsfähigen, lebendigen  
Boden in den Bergen

Gekürzte Version



Jean-Jacques Brun, Sébastien De Danieli



# Regenwürmer

unsere Partner für einen widerstandsfähigen,  
lebendigen Boden in den Bergen

## Autoren

J.-J. Brun, S. De Danieli

## Layout und Abbildungen

N. Sardat

*März 2020*

In memory of our colleague Bernard Juvy  
Assistant engineer, earthworm specialist  
and discoverer of the new epigeic species *Octodrilus juvyi*



© J.-J. Brun

*Bernard spraying a mustard solution to capture earthworms  
in the soil of the Bois de Tavanet woods (Chaudun near Gap)  
in October 2001*

# Vorwort

Nach den jüngsten Berichten des IPCC befinden sich die Bodenressourcen unseres Planeten in einem alarmierenden Zustand. Ursache dafür sind massive Verluste durch Erosion und Bodenbearbeitung, die Beseitigung aus vielen verschiedenen Gründen, die rasche Entwicklung, die Verschmutzung durch verschiedene toxische Chemikalieneinträge, der Rückgang der organischen Substanz und das Verschwinden des Bodenlebens.

Es sei an dieser Stelle daran erinnert, dass das Bodenleben auf einem komplexen, zerbrechlichen Netzwerk von lebenden Organismen beruht, die in enger Wechselbeziehung zueinander arbeiten (Bakterien, Pilze, Arthropoden, Regenwürmer). Die Dirigenten dieser Untergrundsinfonie sind die Regenwürmer.

Die industrielle und chemische Landwirtschaft (abhängig vom Erdöl) hat die Präsenz und die Rolle dieser winzigen Organismen völlig verdrängt. Mit der Agrarökologie, der Trumpfkarte des ökologischen Übergangs, werden sie wieder zu einem zentralen Thema für eine Landwirtschaft, die die natürliche Fruchtbarkeit des Bodens fördern will. Indem sie dazu beitragen, die Landwirte aus ihrer Abhängigkeit von chemischen Inputs fossilen Ursprungs zu befreien, werden die Regenwürmer zu echten Partnern in dem Prozess zur Rückeroberung der Qualität unserer Böden.

Diese Broschüre soll einen genaueren Einblick in die einzigartige Stellung geben, die diese Tiere in den Ökosystemen einnehmen, von welchen unser Überleben abhängt. Wir werden uns besonders auf die Bergböden konzentrieren, die lange Zeit wegen der klimatischen und geographischen Begebenheiten, die ihre Fruchtbarkeit einschränken, vernachlässigt wurden. Besondere Aufmerksamkeit wird auch den Waldökosystemen gewidmet. Wir werden die einzigartige, wenig bekannte Rolle der Regenwürmer in unseren Wäldern entdecken, trotz der beträchtlichen Schwierigkeiten, die ihnen durch die Schwerkraft und das Wetter in den Bergen auferlegt werden.

# Danksagung

Wie das Bodenleben basiert auch das wissenschaftliche Leben auf Teamarbeit und Informationsaustausch. Ohne diese spontane und freiwillige Zusammenarbeit gäbe es keine Umwandlung von Rohstoffen (lebendiger Boden) und keine Weitergabe von Wissen (wissenschaftliche Forschung).

Unser Dank gilt deshalb auch unseren Forschungskollegen, Doktoranden und Studenten des Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture), mit denen wir auf dem Gebiet zusammengearbeitet haben:

F. Auray, A. Bédécarrats, G. Boudin, V. Breton, L. Caner, N. Cassagne, L. Cécillon, Ph. Delcros, N.A. De Mello, L. Didier Feltgen, G. Favier, J.M. Gonzalez, J. L. Grossi, B. Juvy +, G. Loucougaray, E. Mermin, S. Meynier, J. Puissant, A. Saenger, C. Sagot, M. Stauffer, P. Tardif, S. Vanpeene, M. Vennetier.

Vielen Dank auch unseren Partner im Bereich Boden- und Biowissenschaften, die unsere Arbeit unterstützt haben :

U. Babel +, J. Berthelin, A. Bispo, M. Blouin, M. B. Bouché, A. Brêthes, F. Bureau, Th. Gauquelin, J.-M. Gobat, B. Jabiol, J.-F. Ponge, G. Rovera, B. Souchier, P. Taberlet, F. Toutain, A. Zanella.

# Inhalt

<b>Hintergrund</b>	<b>8</b>
<b>Die Bedeutung der Regenwürmer in den Bergen</b>	<b>10</b>
<b>Was wir über Regenwürmer wissen</b>	<b>12</b>
Boden, Würmer, Humus und Menschen	13
Was ist dieser Regenwurm eigentlich?	25

# Hintergrund

Im Anschluss an zahlreiche Artikel über das Bodenleben, die in letzter Zeit in den Medien veröffentlicht wurden, haben sich viele Menschen, von Landwirten, Gärtnern, Förstern und Naturforschern bis hin zu Wanderern, die einfach nur neugierig sind, wie die Natur funktioniert, Gedanken über das verfügbare Wissen zur Beurteilung der Qualität eines lebendigen Bodens gemacht. Man könnte sogar sagen, dass es ein Streben nach Regenwurmqualität (Häufigkeit und Vielfalt an Regenwürmern) für diejenigen gibt, die widerstandsfähige, lebendige Böden nutzen, managen und erhalten wollen.

Diese Broschüre soll einige Antworten geben und die folgenden Fragen im weiteren Sinne beantworten:

- Ist dieser Boden ein lebendiger Boden?
- Gibt es Regenwürmer in meinem Boden? Welche und wie viele?
- Wie erkenne ich Regenwürmer? Und wie schütze und erhalte ich sie?

Von den rapiden Zusammenbrüchen der biologischen Vielfalt und den damit verbundenen Dienstleistungen<sup>1</sup>, über die die Medien fast täglich berichten, ist auch biologischen Vielfalt des Bodens betroffen. Wie später genauer ausgeführt, garantiert die biologische Vielfalt des Bodens die Bildung von Humus, die Bindung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, dessen langsame Anreicherung das Erdsystem bereichert und stabilisiert.

Im Zuge dieses wachsenden Bewusstseins kommt eine neue Art der Erkenntnis aus den Kompostern (jenen Kisten, in denen unsere Grünabfälle verdaut werden, um sie in "braunes Gold" zu verwandeln). Es erinnert uns daran, dass die Fruchtbarkeit des Bodens seit jeher ein Kennzeichen wohlhabender, nachhaltiger Gesellschaften ist und, dass sein Verlust immer das erste Anzeichen für das Ende einer Zivilisation war<sup>2</sup>.

Wir hoffen, dass diese Broschüre ein bescheidener Beitrag dazu sein wird, dieses neue Wissen aufzubauen und die lebendige Bodenrevolution in die Tat umzusetzen.

#### **Quellen:**

**1** Blouin M., Hodson M. E., Delgado E. A., Baker G., Brussaard L., Butt K. R., Dai L., Dendooven L., Peres G., Tondoh E., Cluzeau D., Brun J.-J. (2013) – *A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services, European Journal of Soil Science, 64, 161-182.*

**2** Diamond J. (2009) - *Effondrements, Folio Essais, 2009, 880 p.*

# Die Bedeutung von Regenwürmern in den Bergen

In den gemäßigten Landschaften Nordeuropas werden Regenwürmer oft als wertvolle Helfer der Bauern und Gärtner bezeichnet, die die Böden der Ebenen kultivieren. Es wird häufig gesagt, dass Regenwürmer die größte tierische Biomasse in diesen Landschaften darstellen, die oft seit Jahrhunderten von Menschen bewirtschaftet werden.

Aber was wissen wir über sie, wenn wir uns in die Berge, insbesondere in die Alpen, begeben? Sind die steilen Hänge, die winterkalten und manchmal dünnen, oft steinigten Böden nicht zu viel für ihre anspruchsvollen Existenzbedingungen?

Informationen über sie sind nur spärlich vorhanden, und doch kann man feststellen, dass sie (fast) überall vorhanden sind, auch in großer Höhe. Unser Bodenökologieteam entdeckte sogar einige Regenwürmer auf einer Weide in 2.800 Metern Höhe in Maurienne.

In den Alpen wurde bisher wenig über diese Arten geforscht. Ohne zu weit auszuholen, gehören dazu die Arbeiten von Pietro Omodeo und Emilia Rota in Italien über die Taxonomie einiger Regenwürmer in alpinen Böden<sup>1</sup> und die von Rudolf Hofer in Österreich zur Aufklärung der Öffentlichkeit über das verborgene Leben des Bodens (Bundesland Tirol)<sup>2</sup>.

In der Schweiz bestätigt der Regenwurmspezialist Gérard Cuendet<sup>3</sup>, dass sie auch die größte tierische Biomasse in den Bergen darstellen, insbesondere in den Alpweiden, die er im Schweizerischen Nationalpark zwischen 2'400 und 2'500 Meter über Meer untersucht hat. Seiner Meinung nach hängt die Bedeutung des Vorkommens von Regenwürmern in den Bergen folgendem ab:

- die Beschaffenheit des Untergrundes, da auf sehr sauren Böden die wenigsten Regenwürmer vorkommen,
- das Volumen und die Häufigkeit der Niederschläge (Bodenfeuchtigkeit und Schneedecke bei Rückkehr des Gefrierpunktes),
- die zoogeographischen Bedingungen und die Landwirtschafts- und Weidepraktiken.

In Frankreich wurden bisher nur wenige Arbeiten zu Regenwürmern in der alpinen Bergwelt durchgeführt. Erwähnenswert ist jedoch die Forschungsarbeit von Jean-François Ponge und seinen Mitarbeitern über die Beteiligung von Regenwürmern an der Dynamik eines Fichtenbestandes in großer Höhe<sup>4</sup>.

Wir hielten es für interessant einige zusätzliche Erkenntnisse zu liefern, welchen auf Arbeiten von Jean-Jacques Brun (Forschungsdirektor, Emeritus) und den Wissenschaftlern des Bodenökologieteam vom Irstea Grenoble, insbesondere Sébastien De Danieli (aktiver Entwicklungsingenieur) und Bernard Juvy (pensionierter Assistenzingenieur).

#### **Quellen:**

- 1 *Omodeo P. et Rota E. (2004) - Observaciones taxonomicas sobre las lombrices de tierra de los Alpes Occidentales in A. G. Moreno et S. Borges (dir.), Avanas en taxonomia de lombrices de tierra, Editorial Complutense, Madrid, p. 189-220*
- 2 *Hofer R. (2017) - Die verborgene Welt des Bodentiere, Alpine Druck GmbH, Innsbruck, 56 p.*
- 3 *Cuendet G. (1994) - Importance des vers de terre (Lumbricidae) dans les écosystèmes alpins, Revue valdôtaine d'histoire naturelle, n°48, p. 381-386*
- 4 *Ponge J.-F., André J., Zackrisson O., Nilsson M.-C., Gallet C. (1998) - The Forest regeneration puzzle, BioScience, vol 48 n 7, 523-530*



Regenwurmaustreiben mit Senflösung © S. De Danieli



Regenwurmsammeln in den Bergen © J.-J. Brun

# Was wir über Regenwürmer wissen

# Boden, Würmer, Humus und Menschen

## Der Boden, die empfindliche Epidermis der Biosphäre



Verarmter Boden © J.-J. Brun

Der Boden ist die lebende Epidermis der Biosphäre der Erde. Er bildet sich nur sehr langsam im Verlauf von Jahrtausenden, kann sich aber innerhalb weniger Jahre abbauen, wenn keine Vorkehrungen getroffen werden.

Gegenwärtig geht in Frankreich alle zehn Jahre das Äquivalent eines Landkreises an Bodenoberfläche verloren. Dieser Bodenverlust wird unsere Widerstandsfähigkeit und unsere Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel stark einschränken.

Es ist wichtig, uns daran zu erinnern, dass die Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens mit der Menge und Vielfalt der darin enthaltenen Aggregate zusammenhängt. Die Herstellung von Aggregaten wird weitgehend durch die Regenwurmaktivität gesteuert.

Regenwurm-Aggregate binden organische und mineralische Materie eng zusammen. Auf diese Weise werden für das Pflanzenwachstum wichtigen Nährstoffe besser erhalten und der Kohlenstoff, der bei Überfluss in der Atmosphäre, den Treibhauseffekt verstärkt, wird besser gebunden und länger im Boden gespeichert<sup>1</sup>.

### Quellen:

<sup>1</sup> Gobat J.-M., Aragno M., Mathey W. (2017) - *Le sol vivant : bases de pédologie-biologie des sols*, Presses Universitaires Romandes, 848 p.

# Bodenleben, eine unterirdische Sinfonie

Das Bodenleben, auch Biodiversität des Bodens genannt, ist mit dem bloßen Auge nicht leicht zu erkennen. Es stellt ein Viertel aller bekannten Arten, ist aber in der Öffentlichkeit und bei Entscheidungsträgern immer noch weitgehend unbekannt.

Wissenschaftler sprechen nun von der "dritten biotischen Grenze", die noch zu erforschen ist. Sie folgt dicht hinter der Tiefsee und den Kronen der äquatorialen Wälder<sup>1</sup>.



Waldstreu © N. Sardat



Forscher weisen bereits seit vielen Jahren nach, dass diese biologische Vielfalt nicht nur eine Laune der Natur ist, sondern dass ihre Existenz mit den wichtigsten Prozessen in der Funktionsweise von Ökosystemen in Verbindung gebracht werden kann. Bereits 1881 sprach Darwin über die ökologische Rolle der Regenwürmer bei der Produktion von lebendigem Boden<sup>2</sup>.

**Quellen:**

- 1 André H.M., Noti M.-I., Lebrun Ph. (1994) - *The soil fauna: the other last biotic frontier, Biodiversity & conservation, Vol 3 n°1, p. 45-46*
- 2 Darwin C.R. (1882) - *Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale, (Traduction A. Berra), Ed. Syllepse, (2001), 196 p.*

## Regenwürmer, Tiere, die leicht zu erkennen sind

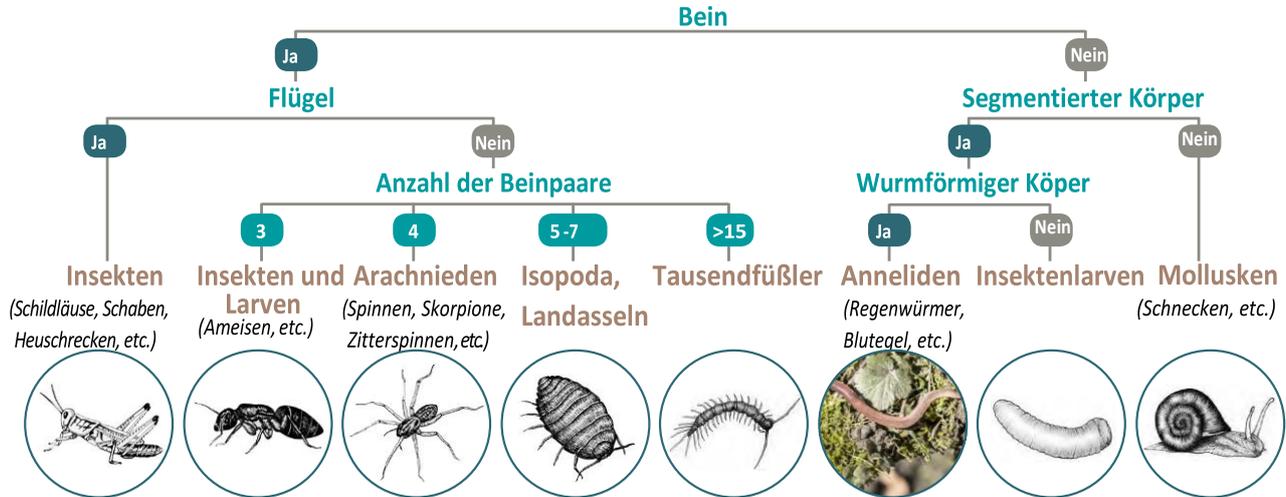
Es ist leicht, einen Regenwurm zu erkennen. Ohne Flügel und Beine kann sein segmentierter, länglicher Körper je nach Art zwischen 60 und 150 Ringe umfassen, daher der Name "Annelid" aus dem Lateinischen anellus, was "kleiner Ring" bedeutet. Jeder Ring hat vier Borstenpaare, die es ihm ermöglichen, sich horizontal zu bewegen, indem er mit ihnen am Substrat haftet. Für das Kriechen werden auch kräftige Längsmuskeln verwendet, die es ihm ermöglichen, sich langsam auszudehnen und, wenn nötig, schnell zu verkürzen, um einer Bedrohung zu entkommen. Jeder Ring hat auch kreisförmige Muskeln, so dass der Wurm sich sehr dünn machen um in Risse zu gleiten oder wie ein pneumatischer Kompressor anzuschwellen, wodurch die Spalten im Boden vergrößern kann. Diese beeindruckenden Muskeln, die mit einem mächtigen Verdauungsschlauch, der mit einer Vielzahl von Bakterien ausgekleidet ist, zusammenarbeiten, führen zu der berühmten Mischung aus abgestorbener organischer Substanz und mineralischer Bodensubstanz, auf der die Bodenfruchtbarkeit beruht. Von der gesamten Fauna im Boden haben Regenwürmer den größten Einfluss auf die Bodenqualität. Endogeische und anektische Arten sind echte Erdbohrer, Tunnelbohrer und biochemische Aktivatoren des edaphischen Kompartiments und erleichtern so die Widerstandsfähigkeit des Bodens (Fähigkeit, Störungen ohne Fehlfunktionen zu überstehen).



Regenwurm © J. Schmidt-Tesch

# Vereinfachter Schlüssel zur Bodenmakrofauna

nach Ruiz et al. (2008)



Zeichnungen©N.Sardat

# Regenwürmer, Ökosystem-Ingenieure und "Tunnelbauer"



*Die verschiedenen Gänge der unterschiedlichen Lebensstypen von Regenwürmern © N. Sardat*

Alle Kategorien von Regenwürmern verändern den Boden, in dem sie leben, durch das Anlegen von Erdhöhlen, die in Breite und Länge variieren. Kleine epigäische Würmer tragen jedoch nur sehr geringfügig zu diesen Löchern im Boden bei.

Es sind die endogeischen und anektischen Würmer, die es wirklich verdienen, als "Tunnelbauer" bezeichnet zu werden.

Endogeische Würmer graben in den oberen 30 Zentimetern des Bodens weitgehend horizontale Erdlöcher.

Anektische Würmer schaffen vertikale Erdlöcher, die über einen Meter tief sein können, je nach Boden sogar bis zu drei oder vier Meter.

Um eine Vorstellung zu vermitteln: Auf einer gemäßigten Wiese können die Regenwürmer bis zu 4.000 Kilometer Grabgänge pro Hektar anlegen<sup>1</sup>.

Alle diese stabilen, senkrechten oder manchmal schrägen Erdlöcher verbessern die Infiltration und den Abfluss des Oberflächenwassers. Wenn der Boden tief ist, kann man sogar einen Hochwasserschutzeffekt annehmen. Durch die Minderung des Abflusses und der Erosion, verbessert das unterirdische Gräbernetz die Wasserspeicherung. Das Wasserspeichervermögen eines erdwurmlösen Bodens kann durch die Einführung von Würmern in zehn Jahren um 25% verbessert werden.

## Quellen:

*1 Bouché M. B. (2014) - Des vers de terre et des hommes : découvrir nos écosystèmes fonctionnant à l'énergie solaire, Actes Sud, p. 187*

# Regenwürmer, Ökosystem-Ingenieure und "Erdarbeiter"

Durch die Aufnahme von Erde und der auf sie fallenden organischen Substanz, schaffen Regenwürmer eine gründlich vermengte Mischung mit bemerkenswerten Eigenschaften.

Dieses edaphische Elixier, auch als "lombrimix" <sup>1</sup> bezeichnet, verleiht dem Boden seine Fruchtbarkeit und ermöglicht so den Ökosystemen, ihre ganze Vielfalt zu entfalten. Darüber hinaus sind Agrarökosysteme in der Lage, eine hohe Produktivität aufgrund der Erhaltung und Verbesserung dieser wertvollen Mischung aufzubauen.

Der gesamte Kot, aus dem dieser Pflanzendünger besteht und der im Boden (in den Erdlöchern) und auf dem Boden in Form von Haufen, abgelagert wird, ist das Ergebnis eines als Bioturbation bezeichneten Prozesses.

Bei Dauerweiden kann dies eine 5 bis 6 cm dicke Schicht darstellen, was 500 bis 1.000 Tonnen Erde pro Hektar<sup>2</sup> entspricht. Aus diesem Grund kann man die Regenwürmer als echte "Erdarbeiter" oder "biologische Arbeiter" bezeichnen, da es kaum eine Wahl zwischen ihrer freien Arbeit (erneuerbare Sonnenenergie) und leistungsstarken, energieintensiven Landmaschinen gibt.

Die Regenwurmaktivität fördert einen vortrefflichen Prozess, der den Boden schont und die Bodenfruchtbarkeit erhält. Aus diesem Grund werden Regenwürmer als Ökosystemingenieure<sup>3</sup> bezeichnet.

## Quellen:

- 1 Bouché M. B. (2014) - *Des vers de terre et des hommes*, Actes Sud, p. 182
- 2 Bouché M. B. (2014) - *Des vers de terre et des hommes*, Actes Sud, p. 183
- 3 Lavelle P. et al. (1997) - *Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers*. *European Journal of Soil Biology* 33, 159-193



Kot eines anektischen Regenwurms

© J.-J. Brun

# Die gesamte Bodenfauna trägt zu einem lebendigen Boden bei

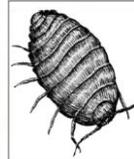
## Mikromorphologischer Miniatlas

Ökosystemingenieure

Streuverarbeiter



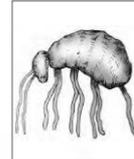
Regenwürmer



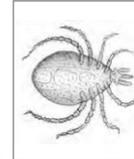
Asseln



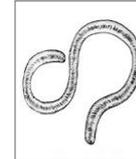
Tausendfüßler



Springschwänze



Milben



Enchyträen



Macro-Aggregate



Meso-Aggregate



Nebeneinanderstruktur

© Iristea-Zeichnungen © N. Sardat

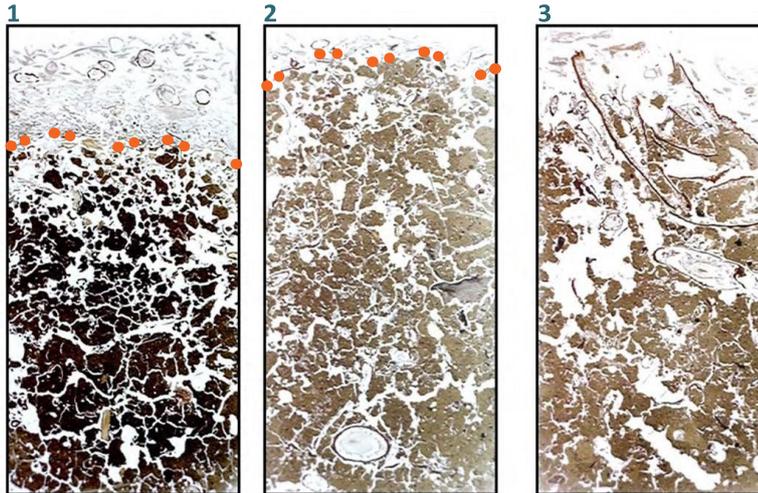
Tatsächlich trägt die gesamte Bodenfauna durch ihre jeweilige Aktivität zur Schaffung von Aggregaten und einem lebendigen Boden bei. Unsere Beobachtungen über dünne Humusschichten (Mikromorphologie) haben gezeigt, dass sich zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der Humus Mosaiken, mehreren verschiedenen Arten von nebeneinander liegenden Aggregaten bilden. Es existieren mehrere Arten von biologischen Aggregaten nebeneinander.

**Makroaggregate:** (2 cm - 250 Mikrometer) werden von Regenwürmern und Asseln gebildet. Regenwürmer sind die einzigen lebenden Organismen, die in der Lage sind, organische und mineralische Stoffe gründlich zu vermischen. Auf diese Weise produzieren sie jene organischen und mineralischen Komplexe, die der Schlüssel zur natürlichen Bodenfruchtbarkeit sind. Dies nennt man eine makroaggregierte Struktur.

**Meso-Aggregate:** (250 Mikrometer - 25 Mikrometer) werden von verschiedenen Organismen (Tausendfüßler, Springschwänze, Milben) gebildet, die Pflanzenreste zersetzen, verarbeiten und in Form von ovalem, hellbraunem bis dunkelbraunem Kot ausscheiden. Sie nehmen an der Mesoaggregation teil.

**Mikro-Aggregate:** (< 25 Mikrometer) werden hauptsächlich von Enchyträen gebildet. Ihre Exkremente kommen häufig in sehr sauren Böden vor und sind oft die einzigen Einschlüsse von organischer Substanz in der mineralischen Matrix. Deshalb spricht man hier von einer Nebeneinanderstruktur.

In den günstigsten Waldstandorten (tiefer Boden und schwach saurer pH-Wert) besteht der gesamte Boden aus Makroaggregaten, die von anektischen Regenwürmern geschaffen wurden

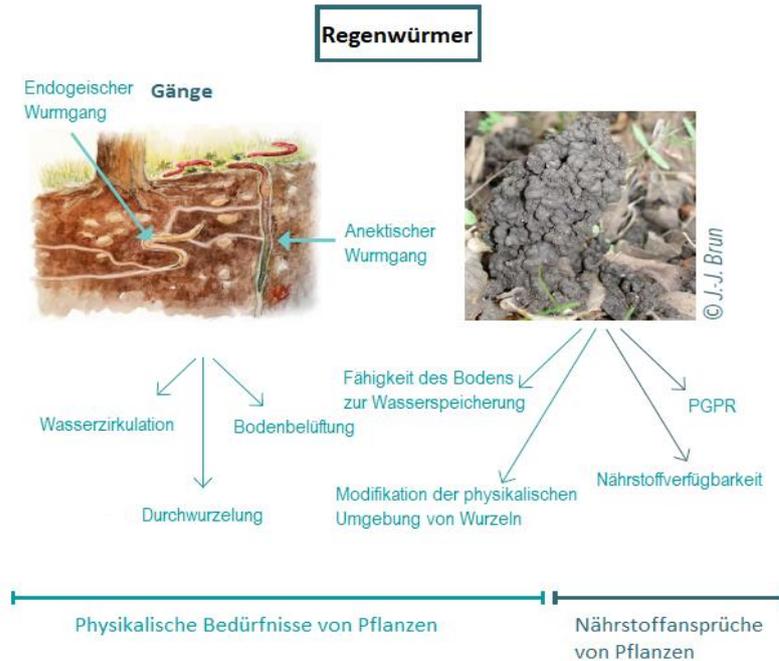


*Humus dominiert von Regenwurmaktivität (L. Caner et J.-J. Brun)*

**Zunehmende Aktivität der anektischen Regenwürmer durch Einbringen von Streu:**

- 1** Streu noch in Form von OL-Horizont vorhanden
- 2** Teilweise eingearbeitete fragmentierte Streu
- 3** Vollständig eingearbeitete Streu

# Die Gesundheit von Ökosystemen hängt stark von der günstigen Wechselwirkung zwischen Regenwürmern und Pflanzen ab



Man kann davon ausgehen, dass Boden- und Pflanzenleben seit langer Zeit Hand in Hand arbeiten.

Regenwürmer befriedigen zwei Hauptkategorien der wichtigsten Bedürfnisse von Pflanzen<sup>1</sup>:

- die physischen Bedürfnisse zur Bildung von Wurzelsystemen
- Nährstoffbedarf der gesamten Phytomasse

Dies erleichtert das Verständnis für die oben erwähnte Bedeutung der Regenwurmqualität, insbesondere im Hinblick auf Agrarökosysteme, die auf die von Regenwürmern bereitgestellten ökologischen Funktionen angewiesen sind, um eine effiziente Pflanzenproduktivität zu gewährleisten.

Die Regenwurmqualität betrifft auch natürliche Ökosysteme. Ihr Beitrag zur Kohlenstoffbindung, sowohl in der oberirdischen Biomasse als auch in den Bodenaggregaten, wird für die Politik einer der Schlüssel zur Eindämmung des Klimawandels sein (4 pro 1000 Programme)<sup>2</sup>.

#### **Quellen:**

1 Hedde M. and Zwicke M. (2020) - *Soil fauna and plant production*

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/production-agricole-agrosystemes/faune-du-sol-et-production-vegetale>

2 <https://www.4p1000.org/fr>

# Was ist dieser Regenwurm eigentlich?

In Europa gibt es 400 verschiedene Arten von Regenwürmern, von denen viele im Boden der alpinen Regionen zu finden sind. 1971 schlug Marcel B. Bouché eine erste Klassifizierung der Regenwürmer in 3 ökologische Kategorien (Epigäisch, Endogeisch, Anektisch) vor. Da sich viele Arten in einer Zwischenstellung zwischen diesen drei Kategorien befinden, können sie sich an unterschiedliche Bedingungen anpassen.

Auf der Grundlage der morphologischen Merkmale (Pigmentierung, Muskulatur usw.) und der physiologischen Merkmale (wie die Fähigkeit, in die Diapause zu gehen) werden die Kategorien und Unterkategorien bestimmt, die uns über ihre aktuelle Lebensweise informieren<sup>1</sup>.

Die Regenwurmproben, die von unserem Team in den verschiedenen Bergregionen rund um Grenoble entnommen wurden, zeigen:

- in den Wäldern das Vorkommen von durchschnittlich 6 bis 8 Arten,
- für Weiden, 10 bis 12 Arten,
- für Heuwiesen, 14 bis 16 Arten.

## Quellen

1 Bouché M. B. (1972) - *Lombriciens de France : écologie et systématique*, Ann. Zool., n°Hors série, INRA, n°72-2, 672 p.

# Die ökologischen Kategorien

## Epigäische Würme

Epigäische Arten machen 5% der gesamten Regenwurmbiomasse aus.

Sie gehören zu den kleinsten (1 bis 5 cm) und farbenprächtigsten (dunkle Farbe: Rot, Braun).

Sie leben an der Oberfläche in der Streu (Wälder), in den Resten von Feldfrüchten (Felder) oder in Wurzelmatte (Weiden).

Ihre Rolle im Ökosystem besteht darin frische organische Substanz in feine Fragmente zu zerlegen, jedoch:

- vermischen sie diese nicht mit mineralischer Materie
- bauen sie keine Gänge
- haben sie eine kurze Lebensdauer (maximal 6 Monate)
- haben sie eine hohe Mortalität (mehrere Raubtiere)
- haben sie keine Diapause



© S. DeDanieli

# Endogeische Regenwürmer

Endogeische Regenwürmer machen zwischen 20% und 40% der Regenwurmbiomasse des Bodens aus.

Ihre Größe reicht von 1 bis 20 cm

Ihre Färbung ist blass, aber charakteristisch:

- einige sind grau,
- andere sind rosa,
- einige können einen grünlichen Farbton aufweisen.

Sie leben in den oberen dreißig Zentimetern des Bodens und kommen an die Oberfläche, wenn ihre Höhlen überflutet sind.

- Sie bauen horizontale und subhorizontale Erdlöcher.
- Sie scheiden ihren organischen Kot in diesen Höhlen aus.



©S.DeDanieli

# Anektische Regenwürmer

In den gemäßigten Regionen machen die anektischen Arten zwischen 30% und 40% der Regenwurmbiomasse im Boden aus.

Sie gehören zu den größten (10 cm bis 110 cm) und einige Arten können 150 cm überschreiten.

Sie variieren von Rot bis Dunkelbraun, wobei die Farbe vom Kopf des Tieres zum Schwanz hin verblasst.

Sie haben eine lange Lebensdauer (zwischen 5 und 8 Jahren).

Sie haben wichtige ökologische Funktionen:

- Sie bauen stabile, vertikale Erdlöcher und ziehen frische oder sich zersetzende Pflanzenreste hinein. Auch das abfließende Wasser sickert in diese Höhlen ein, so wird der Oberflächenabfluss reduziert.
- Sie kleiden die Wände ihrer Stollen mit Humus, Schleim und Mikroorganismen aus und erleichtern so den Zersetzungsprozess und das Wurzelwachstum.
- Sie scheiden an der Oberfläche Kot aus, das lockert Bodenverdichtung und hilft die Schwerkrafterosion zu begrenzen.

# Die zwei Hauptkategorien der anektischen Regenwürmer

## Streng anektische Regenwürmer

- Sie machen eine Diapause, das bedeutet, dass ihre physiologischen Funktionen von Juni bis September abgeschaltet sind,
- Sie bauen ein weitverzweigtes Gangsystem.



©J.-L.Grossi

## Epi-anektische Regenwürmer

- Sie sind die am weitesten verbreiteten Regenwürmer.
- Sie sind reaktionsfreudig und reagieren schnell auf plötzliche Veränderungen in ihrer physischen Umgebung (Druck, Temperatur, Feuchtigkeit).
- Sie machen keine Diapause, können aber in eine Ruhephase (Verlangsamung der Funktionen) eintreten.
- Ihr Gangsystem ist nur wenig verzweigt.



©J.-J.Brun

# Regenwürmer können rauen Umweltbedingungen standhalten

Wenn die äußeren Bedingungen es erfordern, setzen Regenwürmer zwei wichtige Anpassungsmechanismen ein:

Die Ruhephase wird direkt durch einen Umweltfaktor ausgelöst, entweder durch Trockenheit (Ästivation) oder Kälte (Hibernation). Dieser Ruheprozess wird beendet, wenn die Ursache verschwindet. Alle Regenwürmer können in die Ruhephasen eintreten.

Die Diapause wird durch ein neuro-hormonales System gesteuert, das mit den lichtempfindlichen Zellen im Kopf des Regenwurms verbunden ist. Sie wird ausgelöst, um das Tier während der längsten Tage lethargisch zu machen. Bei Regenwürmern treten nur streng anektische Würmer in die Diapause ein.



*Regenwurm in der Ruhephase © J.-J. Brun*

Diese Fähigkeiten schützen Regenwürmern vor klimatischen Extremen und sind daher in Gebirgsumgebungen sehr nützlich. Der Boden in diesen Regionen ist oft dünn und abwechselnd Frost/Tau- und Nass/Trockenperioden ausgesetzt. Das Regenwurmpotential des Bergbodens bleibt erhalten, indem ein großer Teil der Regenwurmpopulation Ruhephasen macht.