

# VBB • BSA

VBB-Bulletin-BSA Nr. 16, 2015

## Die VBB mit neuem Gesicht



### Inhalt

Die Arbeitsgruppe VBB feiert 2015 – im Internationalen Jahr des Bodens – ihr 20-jähriges Jubiläum .....	3
Arbeitsgruppe VOLLZUG BODENBIOLOGIE VBB: das neue Gesicht der VBB .....	4
20 Jahre VBB: Regenwurmbeprobung im Kocherpark, Bern .....	6
10 Jahre Bodenmikrobiologie-Monitoring im Kanton Aargau .....	9
Initiative zur Sammlung von bodenbiologischen Studien mit Standortbezug in der Schweiz .....	15
Bodenbiologische Untersuchungen in der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) .....	16
Die mikrobielle Diversität in Böden des KABO-Netzes: Das KABO-MiDiBo-Projekt .....	20
Messung der biologischen Aktivität am Dauerbeobachtungsstandort «Oberacker» anhand des Köderstreifentests .....	21
Einfluss des Einsatzes von Regenwürmern auf einem rekultivierten Boden ohne A-Horizont .....	30

## **Einfluss des Einsatzes von Regenwürmern auf einem rekultivierten Boden ohne A-Horizont**

**Gerhard Hasinger**

*bio-conseil.ch sàrl, Pringy*

*g.hasinger@bio-conseil.ch*

**Roxane Kohler-Milleret, Séverine Didier**

**Claire Le Bayon**

*Université de Neuchâtel, Laboratoire d'écologie fonctionnelle*

*claire.lebayon@unine.ch*

### **Einführung**

Der Boden ist eine knappe und sehr begehrte Ressource, dies gerade in der dicht besiedelten Schweiz mit ihrer hoch entwickelten Infrastruktur. Immer öfter wird der Boden von Menschen verändert und durch den Bau von Strassen, Industrieanlagen und Siedlungen definitiv versiegelt oder vorübergehend abgetragen, sei es für kurze Zeit (Bau von Gas-, Wasser-, Glasfaserleitungen usw.) oder für längere Zeit (Nutzung des Untergrundes, Kiesabbau usw.). Eine Verschmutzung durch Schadstoffe – wie kürzlich im Wallis durch grosse Mengen von Quecksilber – kann eine Abtragung des Bodens erforderlich machen, damit die Deckschicht behandelt oder entsorgt werden kann. In den genannten Fällen können grossflächige Lücken im A-Horizont der Bodendecke entstehen.

Vor diesem Hintergrund stellen sich mehrere Fragen:

- Wie lange dauert es, bis sich der Boden von einer derartigen Schädigung erholt?
- Welche Faktoren beeinflussen diesen Prozess, und wie?
- Wie kann die Revitalisierung des Bodens gefördert werden?

Diese Fragen wurden teilweise zwischen 2005 und 2010 in einer ehemaligen Kiesgrube der Firma Toggenburger AG in der Nähe von Winterthur untersucht. Die Kiesgrube war mit Material des Horizonts B eines Braunerdebodens aufgefüllt worden.

Ein Horizont A wurde jedoch nicht aufgebracht.

Das Hauptziel der Arbeit war eine Biostimulation zu bewirken durch die Einbringung von Regenwürmern kombiniert mit Gaben von organischem Material, um die Wiederherstellung eines A-Horizonts zu begünstigen. Die Untersuchung wurde von der Hypothese geleitet, dass Regenwürmer als «Ökosystem-Ingenieure» durch Bioturbation die Entstehung eines A-Horizonts beschleunigen, indem sie organisches Material einbauen, Bodenaggregate bilden und Gänge graben.

Vier Forschungsfragen wurden formuliert:

F1: Können die auf einer Fläche ohne A-Horizont eingebrachten Regenwürmer überleben?

F2: Falls ja, breiten sich die Regenwürmer aus und kolonisieren sie die Umgebung der inokulierten Zonen?

F3: Hängt der Kolonisationserfolg vom Inokulationsaufwand (d. h. 2 % oder 4 % der Fläche) ab?

F4: Sind die Regenwürmer in der Lage, einen A-Horizont zu bilden und so die Fruchtbarkeit des Bodens zu verbessern?

### **Material und Methoden**

Lage und Chronologie: Die Parzelle «Grossacker» liegt in der Gemeinde CH-8404 Stadel in der Nähe von Winterthur im Kanton Zürich (Koordinaten: 700380/265380; Abb. 16). Sie wird an drei Seiten durch Ackerflächen und an einer Seite durch eine

Autobahnböschung begrenzt. Die Gesamtfläche beträgt rund 1.1 ha.



Abbildung 16: Parzelle «Grossacker», Gemeinde Stadel (ZH)

Tabelle 4: Bewirtschaftung und Eingriffe 1984–2012

Zeitraum	Bewirtschaftung/Versuche
1984–2004	Kiesabbau durch Firma Toggenburger AG
Sommer 2005	Ausbringen von Material des B-Horizonts einer Braunerde und danach von 66 Tonnen Kompost. Aussaat von OH Dormal. 2 Schnitte pro Jahr, das Schnittgut wird liegengelassen.
Sommer 2006	Voruntersuchungen im Hinblick auf die Versuchsordnung
Mai 2007	Untersuchung und Vorbereitung der Parzelle; Einbringen von 2640 Regenwürmern
2007–2010	Versuchserhebungen: Regenwurmpopulationen, Vegetation und Boden
Oktober 2011	Aussaat von Winterweizen; Übergabe der Parzelle an den Landwirt
Juli 2012	Weizenernte

**Versuchsprotokoll:** Die Parzelle wurde in 9 Teilparzellen von je 25×15 m unterteilt (Abb. 17). V1, V2 bezeichnen Flächen, die zu 4 % beziehungsweise zu 2 % inokuliert wurden. Mit T bezeichnete Flächen sind Kontrollflächen, die nicht inokuliert wurden. Jede Behandlung wurde in drei Replikaten (a, b und c) getestet. Die 9 Teilflächen wurden wiederum in 3 mal 5 Quadrate von 5×5 m unterteilt, die mit Koordinaten bezeichnet wurden (Cx,y). Jedes dieser Quadrate wurde in 25 Elemente (Ex,y) von 1×1 m

unterteilt. Das zentrale Element E3,3, welches inokuliert werden sollte, wurde mit «ci» kodiert.

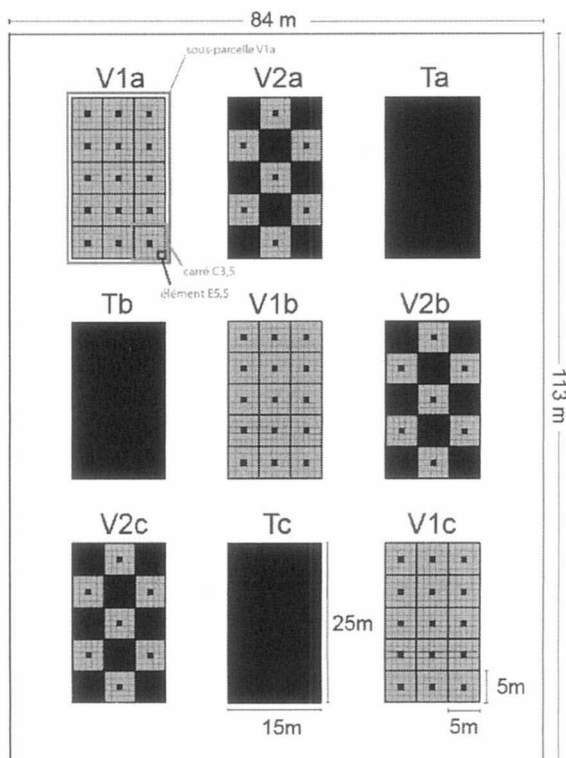


Abbildung 17: Unterteilung der Parzelle und unterschiedliche Behandlungen (V1, V2, T) mit Replikaten (a, b, c). Die schwarzen Punkte in der Mitte der Quadrate (ci) bezeichnen die mit Regenwürmern inokulierten Zonen.

**Biostimulationsversuch:** Insgesamt 66 Elemente (ci) im Zentrum der Quadrate wurden 20 cm tief ausgehoben. Das Loch wurde mit einer Mulchschicht und anschliessend mit Humus aufgefüllt. Danach wurden Regenwürmer eingebracht, die gemäss der Methode von Lawrence & Bowers (2002) in einer benachbarten Wiese entnommen und visuell in 2 ökologische Kategorien (endogäisch und anektisch) eingeteilt worden waren. In jedes der 66 Elemente wurden insgesamt 40 Regenwürmer (4 anektische und 36 endogäische) eingebracht (Abb. 18, 19 und 20). Je nach Behandlungsart wurden 4 % beziehungsweise 2 % der Fläche der Teilparzellen V1 und V2 inokuliert.



Abbildung 18: visuelle Identifikation und Kategorisierung der Regenwürmer. In jedem Becken befinden sich 40 Individuen.



Abbildung 19: Verteilung der Becken auf die Inokulationszonen ci.



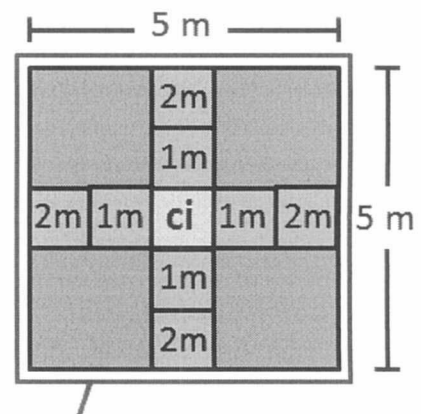
Abbildung 20: Inokulation mit Regenwürmern.

### Durchgeführte Erhebungen

Erhebung 1: Zur Beantwortung der Frage F1 (Überleben der Regenwürmer auf einer Fläche ohne A-Horizont) wurde anhand der oberirdischen Ausscheidungen (Kothäufchen) die Aktivität der Regenwürmer bestimmt. Um eine möglichst grosse Zahl von

Vorkommen zu erfassen, konzentrierte sich die Beobachtung auf die Behandlung V1. Die Kothäufchen wurden gezählt und den Elementen ci der Teilparzellen V1a, V1b und V1c zugeordnet.

Erhebung 2: Zur Beantwortung der Frage F2 (Ausbreitung der Regenwürmer und Kolonisierung der Umgebung der inokulierten Elemente (ci)) wurde während der Dauer des Versuchs, und zwar in 2008 und 2010, je eine Entnahme von Regenwürmern gemäss der Methode von Lawrence & Bowers (2002) durchgeführt. Bei der Entnahme wurde die Ausbreitung ausgehend vom ursprünglich inokulierten Element nach allen Seiten berücksichtigt (Abb. 21). Die Abundanz und die Gesamtbiomasse der Individuen wurden bestimmt. 2008 wurden die entnommenen Regenwürmer sofort wieder eingesetzt. 2010 wurden sie in 4%iger Formalinlösung fixiert, um in einem zweiten Schritt im Labor die verschiedenen Arten bestimmen zu können. Diese Erhebung 2 wurde auf den in Abb. 21 dargestellten 9 Elementen der mittleren Quadrate (C2,3) der Teilparzellen V2a, V2b und V2c durchgeführt.



Quadrat C<sub>2,3</sub> von Teilparzellen V<sub>2a</sub>, V<sub>2b</sub>, oder V<sub>2c</sub>.

Abbildung 21: Protokoll der Regenwurmentnahme für die Erhebung 2. Das mit Regenwürmern inokulierte Element befindet sich in der Mitte (ci).

Erhebung 3: Zur Bestimmung der Beziehung zwischen Kolonisationserfolg und In-

okulationsaufwand (F3) wurden die Abundanz und die Biomasse der Regenwürmer für die verschiedenen Behandlungen V1, V2 und T quantifiziert. Aus jeder der 9 Teilparzellen wurden 2 Elemente ausgewählt. Auf diesen wurde gemäss demselben Protokoll wie in Erhebung 2 vorgegangen. Zudem wurde ein Mini-Bodenprofil erstellt, um einen allenfalls vorhandenen Horizont A nachzuweisen und diesen zu charakterisieren (F4). Ergänzend dazu wurden Bodenproben für physikalisch-chemische Analysen im Labor genommen (pH<sub>KCl</sub> und pH<sub>H2O</sub>, Granulometrie, Glühverlust (LOI), Strukturstabilität, C/N-Verhältnis, CEC).

## Resultate und Diskussion

Zustand der Parzelle vor dem Einbringen der Regenwürmer: Die Parzelle besteht aus einer Braunerde mit Ausgangsmaterial Moräne (BRUNISOL; AFES 2009) und weist ausschliesslich einen B-Horizont auf. Dieser besitzt einen Tonanteil von etwa 30 % und einen pH-Wert von 7. Der Skelettanteil ist sehr hoch, und nur die obersten 4 cm sind locker. Der Rest des Profils ist sehr kompakt und besteht aus polyedrischen Aggregaten. Das organische Material ist heterogen verteilt und ist mehrheitlich nicht in die Mineralmatrix integriert. Sehr spärliche oberirdische Ausscheidungen (Kothäufchen) deuten auf das Vorhandensein von einigen Regenwürmern hin. Im Mai 2007 wurden auf der Versuchsfläche an zufällig ausgewählten Stellen in den Teilparzellen V1a, V1b, V1c 3 Entnahmen durchgeführt (Gesamtfläche von 3 m<sup>2</sup>). Dabei wurde die folgende Anzahl von Regenwürmern festgestellt: 49, 6, und 1.

Erhebung 1: Überleben der Regenwürmer: Die Aktivität der Regenwürmer, die anhand der Entstehung von Kothäufchen quantifiziert wurde, weist auf eine regelmässige Zunahme zwischen 2007 und 2009 hin. Die maximale durchschnittliche Produktion erreichte 244 Kothäufchen/m<sup>2</sup> im Jahr 2009 (Abb. 22). Offenbar haben die Regenwürmer aufgrund der Massnahmen, die die Inokulation begleitet haben, überlebt (Gaben von organischem

Material, Verzicht auf Bodenbearbeitung, Ansaat einer Rekultivierungsmischung). 2010 ging an denselben Standorten die Zahl der Kothäufchen markant zurück, möglicherweise bedingt durch die ausgeprägte Trockenheit im Sommer 2010, insbesondere in den Wochen vor der Beobachtung. Die Aktivität von Regenwürmern hängt eng mit den Milieubedingungen zusammen. Mehrere Wochen ohne Niederschlag führen zu einer Verlangsamung der Aktivität, denn die Individuen gehen in einen Ruhezustand über, bis sich die Bedingungen wieder verbessern.

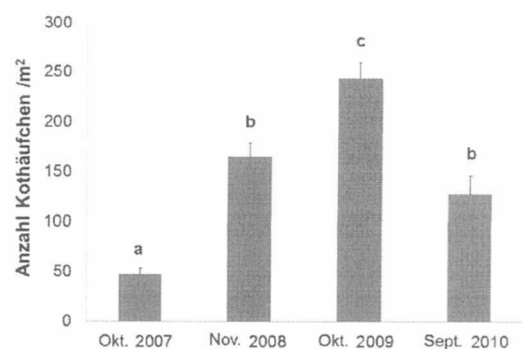


Abbildung 22: Entwicklung der Anzahl Kothäufchen pro m<sup>2</sup> bei der Behandlung V1. Die Buchstaben a, b und c weisen auf statistische Unterschiede hin.

Erhebung 2: Ausbreitung der Regenwürmer: 1 Jahr nach dem Einbringen von 40 Regenwürmern wurden im Element ci 448 Individuen pro m<sup>2</sup> gezählt. Zwischen 2008 und 2010 breiteten sich die Regenwürmer relativ homogen vom Inokulationselement (ci) über die gesamte Fläche des Quadrats (25 m<sup>2</sup>) aus. Dies gilt gleichermassen für 2008 und 2010 (Abb. 23). Allerdings handelt es sich nur um Trends, denn die Unterschiede zwischen den Erhebungen in ci und in 1 beziehungsweise 2 m Entfernung sind nicht signifikant. Die durchschnittliche Biomasse variiert nur geringfügig (unveröffentlichte Daten). 2010 war im Inokulationselement ci die Zahl der Regenwürmer geringer (255 Individuen/m<sup>2</sup>). Dieser Rückgang lässt sich insbesondere durch das Verschwinden epigäi-

scher Arten erklären (unveröffentlichte Daten). Klammert man die epigäischen Individuen von den Zählungen aus dem Jahr 2008 aus, liegt die Abundanz bei 134 Individuen/m<sup>2</sup>. Unter diesem Blickwinkel ist die Zahl der Individuen also nicht gesunken, sondern gestiegen.

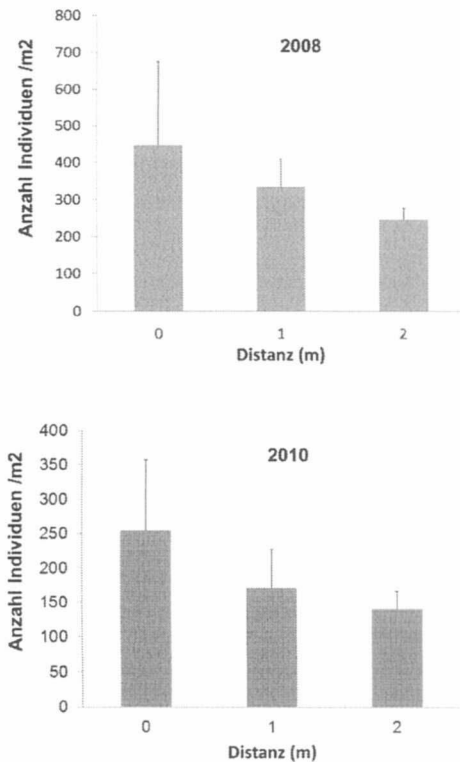


Abbildung 23: Abundanz der Regenwürmer pro m<sup>2</sup> abhängig von der Entfernung von ci (0 m) in den Jahren 2008 und 2010.

Erhebung 3: Abundanz und Biomasse der Regenwürmer bei den Behandlungen V1, V2 und T: Die durchschnittliche Abundanz der Regenwürmer beträgt für alle 18 Proben der Jahre 2008 und 2010 über die gesamte Parzellenfläche hinweg 249 beziehungsweise 87 Individuen/m<sup>2</sup>. Vernachlässigt man den 2008 festgestellten Anteil der epigäischen Arten, die 2010 praktisch nicht mehr präsent waren, beträgt die durchschnittliche Abundanz im Jahr 2008 75 Individuen/m<sup>2</sup> (Tab. 5).

Die ermittelten Werte für die verschiedenen Inokulationsverfahren unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Dies lässt

vermuten, dass ergänzend zur Inokulation eine natürliche Kolonisation der Versuchsparzelle ausgehend von den benachbarten Flächen stattgefunden hat. Keine der untersuchten Teilparzellen war ober- oder unterirdisch abgegrenzt. Daher lässt sich nicht feststellen, in welchem Umfang die Inokulation beziehungsweise die Migration von Regenwürmern zur Populationsentwicklung beigetragen haben.

Tabelle 5: Durchschnittliche Abundanz der Regenwürmer nach Behandlung in den Jahren 2008 und 2010. Die kursiv gedruckten Werte verstehen sich abzüglich der epigäischen Arten.

Behandlung	V1	V2	T
Jahr	Abundanz (Individuen/m <sup>2</sup> )		
2008	221/66	242/73	283/85
2010	37	110	113

Erhebung 3: Bildung eines A-Horizonts: Die Beobachtungen im Feld und die Analysen im Labor belegen die Bildung eines A-Horizonts mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 6.8 cm (Abb. 24). Innerhalb von 5 Jahren hat sich somit durch das Zusammenspiel der Pflanzenwurzeln und der Regenwürmer als «Bodeningenieure» ein A-Horizont gebildet.



Abbildung 24: Eines der 9 Bodenprofile vom April 2010. Die Untergränze des Horizonts A ist hervorgehoben.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Biostimulationsversuch in einer ehemaligen Kiesgrube, die mit Material aus dem B-Horizont einer Braunerde aufgefüllt wurde, die aber über keinen A-Horizont verfügte,

machte mehrere Phänomene deutlich: Zum einen haben die eingebrachten Regenwürmer überlebt und ausgehend von den Inokulationselementen die angrenzenden Flächen kolonisiert. Parallel dazu sind Regenwürmer von den angrenzenden Parzellen in die Versuchsparzelle eingewandert. Die Unterscheidung zwischen dem Einfluss der Biostimulation und demjenigen der Migration konnte nicht vorgenommen werden. Am Ende des Versuchs wurde, verteilt über die gesamte Parzelle, eine Abundanz von 87 Regenwürmern/m<sup>2</sup> festgestellt. Unserer Einschätzung nach ist die Rekolonisation der untersuchten Fläche grösstenteils auf die Migration zurückzuführen. Aufgrund der Versuchsanordnung lässt sich jedoch weder der Einfluss der Biostimulation noch derjenige der Migration präzise beziffern. Zum andern hat sich innerhalb von 5 Jahren ein Horizont A von 6.8 cm Mächtigkeit gebildet. Dies ist ein beweiskräftiges Resultat dieses ersten derartigen Versuchs in der Schweiz. Das Ergebnis muss indessen relativiert und in den spezifischen Kontext der untersuchten Parzelle eingeordnet werden. Um diesen Ansatz zur Rekonstitution eines A-Horizonts zu validieren, sind weitere Tests in anderen Situationen nötig.

Einige Fragen bleiben vorerst unbeantwortet:

- Wie gross ist die relative Bedeutung der Migration von Regenwürmern?
- Welche Eigenschaften muss ein B-Horizont zwingend aufweisen, damit sich die Regenwürmer entwickeln können?
- Wie muss die Pflanzendecke beschaffen sein (Dichte, C/N-Verhältnis) und wie muss sie bewirtschaftet werden, damit die Besiedlung durch Regenwürmer und deren Aktivität gefördert werden können?

Was die landwirtschaftliche Produktivität betrifft, so wurde die Parzelle 2011 dem Eigentümer zur landwirtschaftlichen Nutzung übergeben. Im Oktober 2011 wurde Winterweizen gesät. Bei der Ernte 2012 wurde ein Kornertrag von 80 % des Normwerts und

ein Strohertrag von 75 % des Normwerts erzielt (persönliche Mitteilung von J. Weidmann). Diese Ergebnisse sind ebenfalls ermutigend und bestätigen die relativ gute Fruchtbarkeit des Bodens.

#### Literatur:

- Baker G.H., Barrett V.J., Carter P.J., Williams P.M.L., Buckerfield J.C. – 1993. Seasonal changes in the abundance of earthworms (Annelida, Lumbricidae and Acanthodrilidae) in soils used for cereal and lucerne production in South Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 44, 6: 1291–1301.
- Baker G.H., Brown G., Butt K., Curry J.P., Scullion J. – 2006. Introduced earthworms in agricultural and reclaimed land: their ecology and influences on soil properties, plant production and other soil biota. *Biological Invasions* 8, 6: 1301–1316.
- Blanchart E., Albrecht A., Chevalier T., Hartmann C. – 2004. The respective roles of roots and earthworms in restoring physical properties of vertisol under a digitaria decumbens pasture (Martinique, WI). *Agriculture ecosystems & environment* 103, 2: 343–355.
- Bouché M.B. – 1972. *Lombriciens de France, écologie et systématique*. Institut national de la recherche agronomique. *Annales de Zoologie-Ecologie animale / numéro hors-série*, Paris.
- Boyer S., Wratten S.D. – 2010. The potential of earthworms to restore ecosystem services after opencast mining – A review. *Basic and Applied Ecology* 11, 3: 196–203.
- Brevault T., Bikay S., Maldas J.M., Naudin K. – 2007. Impact of a no-till with mulch soil macrofauna communities in a cotton cropping system.
- Buck C., Langmaack M., Schrader S. – 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Applied Soil Ecology* 14, 3: 223–229.
- Butt K.R., Frederickson J., Morris R.M. – 1997. The earthworm inoculation unit technique: An integrated system for cultivation and soil-inoculation of earthworms. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 3–4: 251–257.
- Butt K.R., Frederickson J., Lowe C.N. – 1999. Colonisation, survival and spread of earthworms on a partially restored landfill site. *Pedobiologia* 43, 6: 684–690.
- Capowiez Y., Cadoux S., Bouchand P., Roger-Estrade J., Richard G., Boizard H. – 2009. Experimental evidence for the role of earthworms in compacted soil regeneration based on field observations and results from a semi-field experiment. *Soil Biology & Biochemistry* 41, 4: 711–717.
- Cuendet G., Suter E., Stähli R. – 1997. *Peuplements lombriciens des prairies permanentes du Plateau suisse*. OFEFP, Cahier de l'environnement n° 291.
- Davis C.A., Austin J.E., Buhl D.A. – 2006. Factors influencing soil invertebrate communities in riparian grasslands of the central Plate River floodplain. *Wetlands* 26, 2: 438–454.
- Derouard L., Tondoh J., Vilcosqui L., Lavelle P. – 1997. Effects of earthworm introduction on soil processes and plant growth. *Soil biology & Biochemistry* 29, 3–4: 541–545.

- Duval J. – 1992. L'introduction de vers de terre dans une prairie. *Agrobio* 310 - 06.
- Edwards C.A., Bohlen P.J. – 1996. *Biology and ecology of earthworms*. Chapman & Hall, London, UK. 426 S.
- Eijsackers H. – 2010. Earthworms as colonisers: Primary colonisation of contaminated land, and sediment and soil waste deposits. *Science of the Total Environment* 408, 8: 1759–1769.
- Gobat J.M., Aragno M., Matthey W. – 2010. *Le Sol vivant*. 3ème édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse. 817 S.
- Hasinger G., Keller L., Marendaz E., Neyroud J.A., Vökt U., Weisskopf P. – 1993. *Le sol cet inconnu !* (2ème édition 2001). Editions Agridea, Lausanne, Suisse. 16 S.
- Lawrence A.P., Bowers M.A. – 2002. A test of the "hot" mustard extraction method of sampling earthworms. *Soil biology & Biochemistry* 34, 4: 549–552.
- Le Bayon R.C., Milleret R. – 2009. Effects of earthworms on phosphorus dynamics. *Dynamic soil, dynamic plant*, Global Science Books.
- Lee K.E. – 1985. *Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press: Sydney, Australia. 411 S.
- Lowe C.N., Butt K.R. – 2002. Influence of organic matter on earthworm production and behaviour: a laboratory-based approach with applications for soil restoration. *European Journal of Soil Biology* 38, 2: 173–176.
- Matthey W., Zettel J., Bieri M. – 1990. Invertébrés bio-indicateurs de la qualité des sols agricoles / Wirbellose Bodentiere als Bioindikatoren für die Qualität von Landwirtschaftsböden. Programme national de recherche « sol », Rapport 56, 1–141.
- Milleret R., Le Bayon R.C., Lamy F., Gobat J.M., Boivin P. – 2009. Impact of roots, mycorrhizas and earthworms on soil physical properties as assessed by shrinkage analysis. *Journal of Hydrology* 373, 3–4: 499–507.
- Muys B., Beckers G., Nachtergale L., Lust N., Merckx R., Granval P. – 2003. Medium-term evaluation of a forest soil restoration trial combining tree species change, fertilisation and earthworm introduction. *Pedobiologia* 47, 5–6: 772–783.
- Parmelee R.W., Crossley D.A.J. – 1988. Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a non-tillage agroecosystem on the Georgia Piedmont. *Pedobiologia* 32, 5–6: 355–361.
- Pelosi C. – 2008. Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. *AgroParisTech*.
- Piffner L. – 2011. Magazine spécial Pronatura 2011. Les vers de terre.
- Shipalito M.J., Dick W.A., Edwards W.M. – 2000. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research* 53, 3–4: 167–183.
- Sparovek G., Lambais M.R., da Silva A.P., Tormena C.A. – 1999. Earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) and organic matter effects on the reclamation of an eroded oxisol. *Pedobiologia* 43, 6: 698–704.
- Urbanek J., Dolezal F. – 1992. Review of some case-studies on the abundance and the hydraulic efficiency of earthworm channels in Czechoslovak soils, with reference to the subsurface pipe drainage. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 12: 1563–1571.