

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 130 (1950)

**Artikel:** Die Biologie des Bodens : Untersuchungen im Schweizerischen  
Nationalpark

**Autor:** Beaumont, Jacques de / Bach, Roman / Vischer, Wilhelm

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-90473>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 28.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Symposium Die Biologie des Bodens Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark**

**Vorsitz: J. DE BEAUMONT** (Lausanne), Präsident der Kommission  
zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks

## **Introduction**

par **Jacques de Beaumont** (Lausanne)

La Commission d'études scientifiques au Parc national a jugé qu'il serait intéressant, à l'occasion de la 130<sup>e</sup> assemblée de la S. H. S. N., à Davos, de mettre à l'honneur les recherches entreprises dans notre grande Réserve, en organisant un symposium d'un intérêt général. Nous avons choisi comme thème la biologie du sol, sujet souvent peu connu des zoologues et des botanistes, et dont l'étude pose une foule de problèmes.

Les recherches dans ce domaine ne peuvent être fructueuses que par l'étroite collaboration entre naturalistes des diverses disciplines. C'est le grand mérite du Dr W. LÜDI (Zurich), alors président de la sous-commission botanique de la C. S. P. N., de l'avoir compris et d'avoir créé, en 1940, la «Bodenbiologische Arbeitsgemeinschaft im Schweizerischen Nationalpark». Ce groupement réunit tous les collaborateurs des recherches au Parc dont les travaux ont trait à la biologie du sol. Ont fait partie, ou font encore partie de cette association: Prof. H. PALLMANN, Dr E. FREI, Dr F. RICHARD (pédologie), Prof. M. DÜGGELI (bactéries), Dr S. BLUMER (champignons), Prof. W. VISCHER (algues), Dr A. STÖCKLI (zoologie), Dr F. HEINIS (microfaune), Prof. T. WIKÉN (bactéries et champignons), Dr H. GISIN (arthropodes), Dr ED. ALTHERR (nematodes).

D'après le programme primitif, le but poursuivi était l'étude de la biologie du sol dans les forêts subalpines, principalement en deux points de la région du Fuorn, dont la végétation avait déjà été étudiée par le Dr BRAUN-BLANQUET et E. CAMPELL, et les sols par le Prof. PALLMANN et ses élèves. Des échantillons prélevés aux diverses saisons de l'année et dans les divers horizons des principales associations végétales devaient permettre aux collaborateurs d'en étudier la faune et la flore, et de noter les variations de celles-ci au cours de l'année. Pour diverses rai-

sons, ce programme n'a pas pu être suivi de façon aussi complète, mais un important travail a déjà été réalisé.

Les collaborateurs se sont réunis trois fois, sous la présidence du Dr LÜDI, le 13 avril 1940, pour mettre sur pied le programme d'études, le 6 février 1944 et le 13 novembre 1949, pour confronter leurs résultats et pour envisager l'avenir des recherches. Lors de la dernière de ces réunions, la discussion a mis en lumière les difficultés rencontrées, mais a montré aussi que les résultats obtenus étaient encourageants et que les travaux devaient être poursuivis, dans certains cas avec des méthodes un peu différentes.

Il est important de relever une fois de plus l'utilité de notre Parc national pour les recherches scientifiques. Des travaux tels que ceux dont il est question ici nécessitent en effet une permanence dans l'état des lieux qui ne peut être garantie que si la région reste à l'abri de toute influence humaine.

## 1. Die Böden des Schweizerischen Nationalparks

von Roman Bach (Zürich)

Von den Böden des Schweizerischen Nationalparks liegen verschiedene Untersuchungen vor. Hier sollen nur jene kurz dargestellt werden, die von den Bodenkundlern des Agrikulturchemischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich ausgeführt worden sind. Die Forschungen der Botaniker und Zoologen werden in besonderen Referaten behandelt werden.

### Böden der subalpinen Stufe

#### Böden auf Dolomit

##### *Allgemeines*

Von allen Parkböden sind die Böden auf Dolomit am eingehendsten untersucht worden (man vergleiche die Arbeiten von J. BRAUN-BLANQUET und H. PALLMANN, Veröffentlichung in Vorbereitung; H. PALLMANN und E. FREI, 1943; E. FREI, 1944, und F. RICHARD, 1945). Diese Untersuchungen sind durch Arbeiten über jurassische Kalkböden (R. LEUENBERGER, 1950, und R. BACH, 1950) ergänzt worden.

Der Dolomit verwittert hauptsächlich durch Spaltenfrost und durch Karbonatlösung. Die nichtkarbonatigen Bestandteile werden im Rückstand angereichert. Da die feinsten Karbonatteilchen mit der größten Oberfläche am raschesten gelöst werden, findet man auf Dolomit Bodenprofile, die in der Feinerde mehrere Dezimeter tief kein Karbonat mehr enthalten, während der ganze Boden noch bis zu oberst mit Karbonatskelett durchsetzt ist.

Die Humusbildung in Karbonatböden ist wie folgt zu kennzeichnen: Solange praktisch nur Karbonat mit dem organischen Material vermischt wird, entstehen sogenannte Erdalkalihumate, d. h. Humus-

stoffe mit sehr großem Kationen-Bindevermögen (Kationen-Umtauschkapazität) und hohem Anteil an  $\text{Ca}^{++}$ - und  $\text{Mg}^{++}$ -Ionen in der Umtauschgarnitur. Ist schon beträchtlich Ton im Boden angereichert, so entstehen bei der Vermischung mit organischem Material sogenannte Ton-Humus-Komplexe mit geringerer Umtauschkapazität (z. B. etwa 50 m val/100 g gegenüber 200 m val/100 g bei den Humaten).  $\text{Ca}^{++}$ - und  $\text{Mg}^{++}$ -Ionen dominieren auch in diesem Fall, solange Karbonat in der Feinerde vorhanden ist. Mit fortschreitender Entkarbonatung sinkt der Anteil der basischen Kationen an der Umtauschgarnitur, der Anteil der  $\text{H}^{+}$ -Ionen nimmt zu. Das Verhältnis der basischen Kationen unter sich wird aber günstiger: der relative Anteil von  $\text{Na}^{+}$  und  $\text{K}^{+}$  nimmt gegenüber  $\text{Mg}^{++}$  und  $\text{Ca}^{++}$  zu. Mit der Streu werden dem Boden die Nährstoffionen alljährlich in günstigerem Verhältnis wieder zugeführt, als sie im Muttergestein vorhanden sind oder bei der verschieden starken Auslaugung zurückbleiben. Bei der Beurteilung des Nährstoffgehaltes eines Bodens darf übrigens nicht bloß auf den Nährstoffgehalt in 100 g Feinerde abgestellt werden, sondern man muß mit dem Nährstoffgehalt des ganzen Wurzelraumes rechnen. Bei großem Nährstoffgehalt der Feinerde kann ein Boden nährstoffarm sein, wenn er zum größten Teil aus Skelett besteht. Anderseits kann geringer Nährstoffgehalt der Feinerde durch große Mächtigkeit des Wurzelraumes ausgeglichen werden. Besonders bei Karbonatböden ist diese Überlegung sehr wichtig. — Bei langsamem Abbau der Streu werden unter Umständen rein organische Auflagehorizonte gebildet. Weil der neutralisierende Dolomit darin fehlt, können diese vollständig versauern. Auch zufällig hineingeratenes Karbonatskelett kann die Versauerung nicht aufhalten, denn die Humussäuren werden auf dem Karbonat niedergeschlagen, bilden mit der Zeit eine geschlossene Humathülle und verhindern so die Karbonatnachlieferung.

Von den Verlagerungsprozessen bei der Bodenbildung ist die Auswaschung bereits erwähnt worden: der gelöste Dolomit wird im Sickerwasser aus dem Profil weggeführt. Dasselbe geschieht mit den Ionen, die aus der Umtauschgarnitur durch  $\text{H}^{+}$ -Ionen verdrängt und nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Der Auswaschung entgegen wirkt die Bodenschichtenmischung durch die Bodentiere, die immer wieder frische Mineralien aus dem Untergrund herauf und organisches Material in größere Bodentiefe bringen. Den Bodentieren ist z. T. auch eine besondere Verlagerungsart zuzuschreiben: die Bildung und Formung des Bodengefüges. Beim Durchgang durch die Därme der Tiere wird das Bodenmaterial innig vermischt und zu Lösungen verbunden, die im Boden mehr oder weniger stabil sind. Die Wasser- und Luftführung wird dadurch verbessert. In Karbonatböden ist die Bodenfauna sehr aktiv. Neutrale bis schwach alkalische Reaktion ist dafür wohl eine besonders günstige Voraussetzung. Dazu kommt, daß die Humuskarbonatböden wenig wasserhaltend, gut durchlüftet und deshalb warm sind.

Systematisch gehören die Böden auf Dolomit im Park zu den *Humuskarbonatböden*.

*Genetische Serie von Bodenprofilen*

Die verschiedenen Stadien der Vegetations- und Bodenentwicklung auf Dolomit in der subalpinen Stufe des Nationalparks sind von J. BRAUN-BLANQUET und H. PALLMANN (Veröffentlichung in Vorbereitung) untersucht worden.

Dem *Dryasstadium* in der Vegetationsentwicklung entspricht das *Initialstadium der Bodenbildung*. Der rohe Dolomitschutt hat nur ein geringes Wasser- und Nährstoffbindevermögen. Im Wurzelbereich der Pionierpflanzen wird etwas Humus und mineralische Feinerde angehäuft. Der Wasser- und Nährstoffhaushalt wird dadurch so weit verbessert, daß sich anspruchsvollere Pflanzen ansiedeln können.

Im darauffolgenden *Mugeto-Ericetum caricetosum humilis* (Erika-Bergföhren-Wald mit Zwergsegge) (in Südexposition und tieferen Lagen kommt dazwischen noch das *Pineto-Caricetum humilis*, der Zwergseggen-Waldföhren-Wald) ist der Boden etwas weiter entwickelt. Er weist im wesentlichen aber noch dieselben Merkmale auf: Ton- und Humusgehalt sind noch klein, die Rohböden nehmen immer noch große Flächen des Mosaiks ein. Die Vegetationsdecke ist sehr licht, sie mildert Ein- und Ausstrahlung und Wind- und Regeneinwirkung nur wenig. Das Bodenklima ist durch scharfe Temperaturwechsel und große Temperaturunterschiede sowie durch rasche Austrocknung gekennzeichnet. Geringer Nährstoffgehalt und schwach saure bis alkalische Reaktion sind daneben von zweiter Bedeutung.

Im *Mugeto-Ericetum hylocomietosum* (Erika-Bergföhren-Wald mit Waldmoosen) ist die Vegetationsdecke geschlossen. Der Boden ist ebenfalls über die ganze Fläche ziemlich gleichförmig ausgebildet. Das Profil zeigt eine saure, rein organische Humusaufklage auf einem höchstens schwach sauren bis alkalischen Mullhorizont, in dem die mineralische Feinerde mit dem organischen Material innig vermischt und mit Skelett durchsetzt ist. Im Mullhorizont herrscht eine lebhafte Regenwurmtätigkeit, während in den weniger entwickelten, leicht austrocknenden Profilen hauptsächlich Arthropoden zu finden sind. Der Wurzelraum ist einige Dezimeter mächtig, die Nährstoffversorgung für tiefwurzelnde Pflanzen daher sicher ausreichend. Deutlich ist der pH-Einfluß sichtbar: neben den tiefwurzelnden calci- und basiphilen Pflanzen findet man azidophile, die ihr Wurzelwerk nur in der sauren Humusaufklage entwickelt haben. Die Wasserversorgung im Profil ist günstig. Die Moraufklage ist Wasserspeicher und zugleich Verdunstungsschutz für die tieferliegenden Bodenschichten. Anderseits ist das Profil so durchlässig, daß es auch in Nässeperioden ausreichend durchlüftet ist. Der ausgeglichene Wasser- und Lufthaushalt im Verein mit der geschlossenen Vegetationsdecke sichert dem Profil ferner einen gleichmäßigen Wärmeverlauf. Die täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind kleiner, die Mitteltemperaturen liegen etwas tiefer als in den weniger entwickelten Profilen. Erosion und oberflächliche Hangbewegung infolge Frostwirkung werden durch die durchgehende filzige Humusaufklage verhütet.

Im *Mugeto-Rhodoretum hirsuti* (Steinrosen-Bergföhren-Wald) ist die Morauflage (Mor = basenarmer, saurer Humus) mächtiger, der Mullhorizont ist in Rückbildung begriffen. Regenwürmer finden sich kaum mehr im Profil. Der Wurzelraum wird je länger je mehr auf die Morauflage beschränkt. Diese hat ein sehr großes Wasserspeichervermögen. Der Untergrund ist aber so durchlässig, daß keine Vernässung eintritt. Der Temperaturverlauf in der Morauflage ist sehr ausgeglichen, die Mitteltemperatur ist noch niedriger. Die Kationen-Umtauschkapazität des Mors ist sehr groß, aber nur in der frischen Streu ist der Grad der Sättigung mit basischen Kationen noch einigermaßen bedeutend (um 20%), darunter sinkt er sehr rasch bis unter 5%. Stark saure Reaktion ist eine direkte Folge davon. Alle diese Faktoren sind für die Vegetation wohl in gleicher Weise von Wichtigkeit.

In der Klimaxgesellschaft, dem *Rhodoreto-Vaccinetum cembretosum* (Alpenrosen-Arven-Lärchen-Wald), sind die Bodenverhältnisse im wesentlichen dieselben, nur noch extremer. Der Wurzelraum ist ganz auf die Morauflage beschränkt; der Karbonatuntergrund ist für die Vegetation praktisch nicht mehr von Bedeutung.

#### *Lokalklimatisch-genetische Serie von Bodenprofilen*

Dieselben Vegetations- und Bodenentwicklungsstadien, wie sie eben beschrieben worden sind, findet man schön beisammen auf dem Plan-Posa-Hügel bei Fuorn. Die Untersuchungen von H. PALLMANN und E. FREI (1943) haben den engen Zusammenhang zwischen Vegetation, Boden und Lokalklima bewiesen, so daß man hier auch von einer lokalklimatischen Bodenserie sprechen darf (vgl. Tab. 1).

Bemerkenswert ist, daß die wirksame Mitteltemperatur in 10 cm Bodentiefe im *Mugeto-Rhodoretum hirsuti* *hylocomietosum* im Winter unter dem Gefrierpunkt liegt. Die Wärmeleitung im sehr lockeren Profil ist offenbar zu gering, um die vor dem Einschneien stark unterkühlten Bodenschichten nachträglich zu erwärmen. Die Untersuchungen haben ferner ergeben, daß sich die Maximal- und Minimaltemperaturen zur Kennzeichnung des Bodenklimas nur bedingt eignen. Zur Kennzeichnung des Luftklimas sind die Extremtemperaturen von Wert, da die Vegetation darauf mit Welken oder Erfrieren reagieren kann. Die Mächtigkeit und Dauer der Schneedeckung beeinflussen direkt auch die Böden. Kammeisbildung im Oberboden früh ausapernder Standorte lockert den Boden und macht ihn erosionsbereiter; die Reifung sehr wenig entwickelter Böden kann so fast verunmöglicht werden.

Zu den Resultaten seiner Zellulose- und Eiweißabbauversuche in Böden auf dem Plan-Posa-Hügel bemerkt F. RICHARD (1945), daß das Zusammenwirken der wichtigen Standortsfaktoren Feuchtigkeit, Wärme, Bodengefüge und Säurereaktion oft zu gegenläufigen Ergebnissen führe, so daß die nähere Deutung noch weiterer Abklärung bedürfe.

Tabelle 1. Vegetation, Boden und Lokalklima auf dem Plan-Posa-Hüge  
(vgl. H. PALLMANN und E. FREI, 1943)

Pflanzengesellschaft	Pineto-Caricetum humilis	Mugeto-Ericetum caricetosum humilis	Mugeto-Ericetum hylocomietosum	Mugeto-Rhodoretum hirsuti hylocomietosum
Kronenschluß der Bäume % Deckungsgrad der Kraut-Strauch-Schicht %	< 30 < 20	40—50 > 50	> 50 > 90	> 50 > 95
Exposition	S	SW und SE	NW und NE	N
Wirksame Mitteltemperaturen <sup>1</sup>	L O B <sup>2</sup>	L O B	L O B	L O B
Frühling	10,5 23 12,6	10,2 23,8 9,1	9,9 16,5 6,5	9,0 6,2
Sommer	16,7 31,3 17,4	16,5 29,2 12,2	15,1 23,4 9,7	14,6 21,6 9,7
Herbst	15,6 26,8 17,7	14,7 25 12,5	13,5 17,7 10	12,7 9,3
Winter	2,2 11 3,2	0,8 9 1,3	-0,6 -0,3 0,8	-1,6 -1,1 -0,8
Boden	initialer subalpiner Wald-HKB <sup>3</sup>	flachgründ. subalp. Wald-HKB	deckenmoriger subalpiner Wald-HKB	extrem deckenmoriger subalpiner Wald-HKB
Mächtigkeit der eigentlichen Humushorizonte cm	5	10	17	28
Humus im Profil unter 1 qm Bodenoberfläche kg	4,7	16,7	28,9	49,7
pH im Humushorizont	7,5	6,8	5,0—6,0	4,1—4,8

Wirksame Mitteltemperatur: aus der Rohrzucker-Inversion berechnet. <sup>2</sup> L = Luft 150 cm über dem Boden, O = Bodenoberfläche, B = Boden in 10 cm Tiefe. <sup>3</sup> HKB = Humuskarbonatboden.

#### Vergleich von Wald- und Weideboden

E. FREI (1944) hat den Boden eines Mugeto-Ericetum caricetosum humilis-Bestandes mit dem eines Trisetetum flavescentis auf der Alp Stavel-Chod verglichen. Einige Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Wald- und dem Weideboden sind folgende: Auf dem Weideboden wird praktisch kein saurer Rohhumus aufgehäuft. Der Humusgehalt ist im Weideboden geringer, das C/N-Verhältnis im Humus ist bedeutend enger. Die Durchlässigkeit für Wasser ist im Weideboden viel kleiner.

Tabelle 2. Vergleich eines Profils unter Mugeto-Ericetum caricetosum humilis und unter Trisetetum flavescentis (vgl. E. FREI, 1944)

Horizont		Wald			Weide		
		A <sub>0</sub>	kA <sub>1</sub>	kA <sub>2</sub>	A <sub>0</sub>	kA <sub>1</sub>	kA <sub>2</sub>
Mächtigkeit	cm	1-3	20	35	0-1	10-12	35
Porenvolumen	%	68			73		
Luftkapazität	%	19			15		
Wasserkapazität	%	49			58		
Hygroskop. Wasser	g/100 g	13,8	6,9	0,4	6,5	3,9	0,2
Wasserdurchlässigkeit	min/l HOH	1'20"			10-36		
Litergewicht der TS	g	831			621		
Skelettgehalt (IVer Skala)		I	II-III		0-I	II-III	
Bodenart	H.	t. L.	S.	H.	t. L.	t. S.	
Tongehalt (< 0,002 mm)							
der Feinerde	Gew. %	—	5,9	1,7	—	8,3	3,3
Humusgehalt der Feinerde	Gew. %	90	29,1	1,2	69,9	16,1	2,2
C/N (atomar) des Humus		55,8	29,9	27,6	22,1	8,2	30,0
Karbonat-CO <sub>2</sub> in der TS	Gew. %	—	23,5	44,0	—	20,4	40,2
Umtauschkapaz. T/100 g	mval	201,6	30,8	13,5	157,5	33,2	9,0
Sättigungsgrad	%	7,4	28,5	87,4	20,9	58,4	92,3
Na <sup>+</sup> -Anteil an T	%	0,2	0,4	0,7	0,3	1,0	1,4
K <sup>+</sup> -Anteil an T	%	1,6	3,1	2,6	6,8	10,7	8,6
Mg <sup>++</sup> -Anteil an T	%	3,6	6,5	31,8	3,8	3,9	14,4
Ca <sup>++</sup> -Anteil an T	%	2,0	18,5	51,8	9,8	42,7	68,0
pH		6,3	7,8	8,1	7,1	7,6	8,0
Pufferung gegen HCl	%	96	100	100		100	100
Pufferung gegen KOH	%	51	32	4		39	5

### Böden auf Verrucano

Es liegen Untersuchungen von H. PALLMANN (unveröffentlicht), H. PALLMANN und E. FREI, 1943, und F. RICHARD, 1945, vor. Diese werden ergänzt durch die Arbeiten von H. PALLMANN und P. HAFFTER, 1933, und H. PALLMANN, A. HASLER und A. SCHMUZIGER, 1938.

Der Verrucano im Park ist ein quarzreiches karbonatfreies Gestein. Er verwittert durch Spaltenfrost und durch Hydrolyse. Die Humusbildung ist auf dem Verrucano dadurch gekennzeichnet, daß die neutralisierenden basischen Kationen weitgehend fehlen. Von Anfang an wird daher Mor gebildet. In den initialen Böden, unter lichter Vegetation, kann dank der hohen Wärmeeinstrahlung die wenige anfallende Streu, die zudem meist ziemlich gemischt ist, innert Jahresfrist abgebaut und durch die Bodentiere mit der mineralischen Feinerde vermischt werden. Unter geschlossener Waldvegetation wird aber alsbald saurer Rohhumus auf dem Profil aufgehäuft. Die Durchwühlung im darunterliegenden Profilteil hört auf, der Humusgehalt schwindet darin allmählich. Die Versauerung schreitet rasch vorwärts, bis zur Zerstörung der Silikatgerüste. Unter dem Einfluß der Humusstoffe, die aus der Morauflage

durch das Profil perkolieren, werden die Sesquioxide – Eisen und Aluminium – in die Tiefe verlagert. Es entsteht unmittelbar unter der Moraufage ein völlig ausgelaugter Bleicherdehorizont, der fast nur noch aus Quarzsand besteht, und darunter ein rostfarbiger, etwas verfestigter Sesquioxidanreicherungshorizont. Der Wurzelraum ist in einem solchen *Podsol*-Profil auf die Moraufage beschränkt. Diese unterscheidet sich nicht wesentlich von der Moraufage auf einem Dolomitboden, wie aus dem Vergleich der Analysen eines Profils des *Mugeto-Rhodoretum hirsuti* und des *Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum* hervorgeht (Tab. 3, vgl. H. PALLMANN, unveröffentlicht, und F. RICHARD, 1945).

Tabelle 3. Vergleich der Analysen eines extrem deckenmorigen subalpinen Wald-Humuskarbonatbodens auf Dolomit und eines vollentwickelten Podsol auf Verrucano (vergl. H. PALLMANN, unveröffentlicht, und F. RICHARD, 1945)

Horizonte	Humuskarbonatboden				Podsol			
	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	kA <sub>2</sub>	kAC	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>s</sub>
pH (Juli) .....	4,8	4,1	7,2	7,5	4,5	3,7	4,5	5,0
Gesamthumus ..%	80,7	60,8	10,8	2,2	81,9	52,2	1,3	3,1
Gesamt-N .....	0,94	0,85	0,17	0,13	1,28	0,89	0,01	0,04
Austausch-Ca mval	26	29	21	13	18	8,4	0,9	0,9
MeCO <sub>3</sub> .....	0	0	78,2	96,5	0	0	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,09	0,1	0,03	0,01	0,15	0,09	0,005	0,02
H <sub>2</sub> O (bis 105° C) ..%	14	13,2	2,0	0,3	13,3	7,6	0,1	1,3
Zelluloseabbau .....	0,66 – 0,85	0,51 – 0,25	0,19 – 0,02	0,12	0,85	0,60 – 0,33	0	0,13
Eiweißabbau .....	0,04 – 0,07	0,04 – 0,03	0,11 – 0,09	0,14	0,04	0,07 – 0,05	0,07 – 0,05	0,15

Die Übereinstimmung der Eigenschaften der Moraufage der beiden Profile ist auffällig. Am meisten überraschen die Werte des Zellulose- und Eiweißabbaues. – Da der Wurzelraum in beiden Profilen auf die Moraufage beschränkt ist, ist es nicht verwunderlich, daß auf beiden schließlich die gleiche Klimaxgesellschaft, das *Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum*, stockt. In unmittelbarer Nähe des untersuchten *Mugeto-Rhodoretum hirsuti* findet sich dieses bereits, und zwar auf einem Boden, der sich morphologisch von dem des *Mugeto-Rhodoretum* kaum unterscheidet.

#### Böden auf gemischten Ablagerungen von Verrucano und Dolomit

Auf den verschiedenen Terrassen des Fuornbaches läßt sich die Vegetations- und Bodenentwicklung auf gemischten Ablagerungen von Verrucano und Dolomit sehr schön verfolgen (J. BRAUN-BLANQUET, F. RICHARD und R. BACH, unveröffentlicht). Was die Vegetation anbelangt, so verläuft die Entwicklung gleich wie auf Dolomit. Die Boden-

bildung verläuft anfänglich ebenfalls gleich, hingegen kann nach der vollständigen Auswaschung oder Immobilisierung des Dolomits Podsolierung eintreten.

### Böden der alpinen Stufe

Für die Beschreibung der Böden der alpinen Stufe des Parks muß man auf die Arbeit von J. BRAUN und H. JENNY (1926) über die Vegetations- und Bodenentwicklung in der alpinen Stufe der schweizerischen Zentralalpen zurückgreifen. Neuere Untersuchungen vom Park selbst liegen nicht vor, doch lassen sich nach unsrern Erfahrungen die Untersuchungsergebnisse, die andernorts in der alpinen Stufe gewonnen worden sind, auf den Park übertragen. Sie lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen.

Durch die Verwitterung werden die Böden allmählich tiefergründig. In den Anfangsstadien wird Humus angereichert; später bildet sich anscheinend ein Gleichgewicht zwischen Humusbildung und Abbau, das sich je nach Pflanzengesellschaft etwas verschieben kann. Rohhumus wird unter Rasenvegetation nicht angehäuft; der Abbau ist zu rasch, die Durchwühlung zu groß. Die Böden unterliegen stark der Auswaschung. Entkarbonatung, Entbasung und Versauerung sind die Folgen. Podsolierung tritt aber nicht ein, weil die Morauflagen fehlen. Die Profile gleichen sehr den *Braunerden*.

Klimaxgesellschaft ist sowohl auf Karbonat- als auf Silikatgestein das *Curvuletum*. Dies beweist, daß die physiologischen Bedingungen, die die Böden beider Gesteine der Vegetation schließlich bieten, dieselben sind. Die beiden Klimaxböden sind funktionell gleichwertig, *analog*, wie dies auch in der Nadelwaldstufe der Fall gewesen ist.

### Zusammenfassung und Schluß

Im Schweizerischen Nationalpark führt die Bodenbildung in der subalpinen Stufe auf Dolomit zu extrem deckenmorigen subalpinen Wald-Humuskarbonatböden, auf Verrucano zu Podsolen. Beide Böden haben eine mächtige Morauflage, in der im Klimaxstadium der Vegetation das *Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum* wurzelt.

In der subalpinen Stufe entstehen mit der Zeit braunerdeähnliche Profile; Klimaxvegetation ist darauf das *Curvuletum*.

Im einzelnen besteht eine bunte Mannigfaltigkeit der Böden, verursacht durch Verschiedenheiten des Gesteins, des Lokalklimas, des Reliefs, der Vegetation und des Alters der Böden.

Der Vegetationskundler muß sich vor Augen halten, daß der Boden zwar eine wichtige, aber doch nur *eine* Faktorengruppe im ganzen Lebensraum ist und daß die Möglichkeiten des Faktorenersatzes, z. B. zwischen Klima und Boden, mannigfaltig sind.

Der Bodenkundler seinerseits zieht aus den Forschungen der Mikrobiologen, Botaniker und Zoologen großen Gewinn, denn an vielen Prozessen der Verwitterung, Humusbildung und Verlagerung sind die Bodenorganismen direkt oder indirekt beteiligt.

Vorerst wird es sich darum handeln, das Inventar der Bodenlebewesen in den verschiedenen Böden aufzunehmen. Sicher ergeben sich schon daraus gewisse Korrelationen zwischen Organismen und Bodeneigenschaften. Die Beziehungen ursächlich abzuklären, wird die letzte und schwerste Arbeit sein.

Die Erforschung der Wechselbeziehungen zwischen Vegetation und Standort, besonders aber der Biologie des Bodens, ist eine reizvolle Aufgabe. Sie lässt sich nur lösen, wenn Mikrobiologen, Botaniker, Zoologen und Bodenkundler zusammenarbeiten.

### Literatur

- BACH, R., 1950. Die Standorte jurassischer Buchenwaldgesellschaften mit besonderer Berücksichtigung der Böden (Humuskarbonatböden und Rendzinen). Ber. Schweiz. Bot. Ges., 60, 51–152.
- BRAUN-BLANQUET, J., und JENNY, H., 1926. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., 63.
- FREI, E., 1944. Morphologische, chemische und kolloidchemische Untersuchungen subalpiner Weide- und Waldböden der Rendzina- und der Podsolserie. Ein Beitrag zur Humusklassifizierung. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 54, 267–346.
- LEUENBERGER, R., 1950. Beitrag zur Kenntnis der Humuskarbonatböden und Rendzinen im Schweizer Jura. Diss. ETH.
- PALLMANN, H., und HAFFTER, P., 1933. Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 42, 357–466.
- PALLMANN, H., HASLER, A., und SCHMUZIGER, A., 1938. Beitrag zur Kenntnis der alpinen Eisen- und Humuspodssole. Bodenkunde und Pflanzenernährung, 9/10, 94–122.
- PALLMANN, H., und FREI, E., 1943. Beitrag zur Kenntnis der Lokalklima einiger kennzeichnender Waldgesellschaften des Schweizerischen Nationalparks. Ergeb. d. wissensch. Unters. d. Schweiz. Nationalparks, 1, 437–464.
- RICHARD, F., 1945. Der biologische Abbau von Zellulose und Eiweiß-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften. Mitt. der Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw., 24, 297–397.

## 2. Botanische Untersuchungen

Von Wilhelm Vischer (Basel)

Im Jahre 1940 wurde auf Initiative des damaligen Präsidenten der Botanischen Subkommission der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission, Dr. W. LÜDI, eine bodenbiologische Arbeitsgemeinschaft ins Leben gerufen.

1. Ein möglichst vollständiges Inventar aller pflanzlichen und tierischen Organismen sollte für einige ausgesuchte Stellen der Wälder um

Il Fuorn, ca. 1900 m ü. M., aufgestellt werden. Gewählt wurde der Felsenhügel Plan Posa, der auf homogener Dolomitunterlage die ganze Entwicklungsserie der Renzinaböden und Wälder bietet: *Mugeto-Caricetum humilis*, *Mugeto-Ericetum carietosum humilis*, *Mugeto-Ericetum hylocomietosum* bis *Mugeto-Rhodoretum hirsuti*. Im God dal Fuorn, auf saurem Verrucano und Bundsandstein, mit Podsoprofil: *Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum*.

2. Als weitere Ziele kommen in Betracht: Veränderungen der Mikroflora im Zusammenhang mit der Bodenreifung und der Veränderung der Assoziationen, Rolle der Mikroorganismen (Aut- und Synökologie) im Gesamthaushalt der Böden.

Wegen des Fehlens genauer Untersuchungen im Alpengebiet ergab sich vorerst für die Mitarbeiter die Notwendigkeit einer allgemeinen systematischen Bearbeitung. Meist handelt es sich um kritische Gattungen, deren Systematik überhaupt einer gründlichen Abklärung bedarf, bevor die Formen genau bestimmt werden können.

An botanischen Arbeiten liegen bis jetzt erst vor: eine Bearbeitung der Heterokonten durch den Referenten<sup>1</sup> sowie einige vorläufige Ergebnisse von F. CHODAT über Algen aus andern Teilen des Parkgebietes<sup>2</sup>. Außerdem hat der leider verstorbene Prof. DÜGGELI einige Tabellen über das Vorkommen von Bakterien hinterlassen, die zurzeit noch nicht endgültig bearbeitet sind. Da seine Arbeiten z. T. ergänzt, z. T. auf neuer Grundlage aufgenommen werden sollen, vermag ich zurzeit darüber nicht zu berichten. Ebensowenig liegen abschließende Ergebnisse über die Bodenpilze von Herrn Dr. BLUMER vor, obwohl bereits eine recht große Zahl von Arten isoliert worden sind. Ich muß mich daher auf die Bodenalgen und die Probleme, die sich aus deren Bearbeitung ergeben, beschränken. Zur Bestimmung der Bodenalgen sind Reinkulturen nötig. Nach den üblichen Methoden wurden seit Beginn der Arbeiten ca. 200 Stämme isoliert. Sie gehören meist den Gattungen *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Dictyococcus*, *Stichococcus*, *Hormidium*, *Leptosira*, *Pleurostrum* usw., also solchen, deren Systematik vorerst in Ordnung gebracht werden muß, an. Als besonders interessant kann die Gattung *Chlorochytridion* hervorgehoben werden. Sie stellt eine neue Klasse der Flagellaten dar, die nicht durch vorne inserierte Geißeln, sondern durch ein hinten inseriertes Pulsellum charakterisiert ist, das den Zellkörper, wie den einer Kaulquappe, durch Ruderschläge nach vorne treibt. Die

<sup>1</sup> VISCHER, W., Heterokonten, Ergebnisse der wissensch. Unters. d. Schw. Nationalparkes, Neue Folge, I, 1945.

<sup>2</sup> CHODAT, F., Notes préliminaires sur la flore algologique des sols du Parc National, Actes de la Soc. Helv. Sciences Nat., Lausanne, 1928, II<sup>e</sup> partie, p. 191/192. Id., Etudes d'algologie du sol; sur le genre *Schizococcus* gen. nov., Berichte der Schweiz. Bot. Gesellsch., 40, 1931, p. XXIII-XXV. KOL, E. et CHODAT, F., Quelques algues nouvelles des sols et de la neige du Parc National Suisse, Bull. Soc. Bot. Genève, 25, 1934, p. 250-263. VISCHER, W., Über Heterokonten und heterokontenähnliche Grünalgen, Ber. Schweiz. Bot. Ges., 45, 1936, p. 399-403.

Zellen enthalten einen grünen Chromatophor mit Stärke und Pyrenoid. Der merkwürdige Organismus kann als Vertreter einer besondern Klasse, der *Opisthokontae*, betrachtet werden (vielleicht identisch mit *Pedinomonas* Korschikoff aus der Gegend von Charkow ?), und es ergeben sich wichtige Fingerzeige für die eventuelle Verwandtschaft niederer Pilze und vielleicht Tiere<sup>3</sup>. Aus diesem einen Beispiel geht hervor, wie vieles noch durch genaue Untersuchung der Bodenorganismen für die Systematik gewonnen werden kann.

Bei den Probeentnahmen wurde durch den Referenten darauf geachtet, die verschiedenen Horizonte getrennt zu untersuchen. Im ganzen

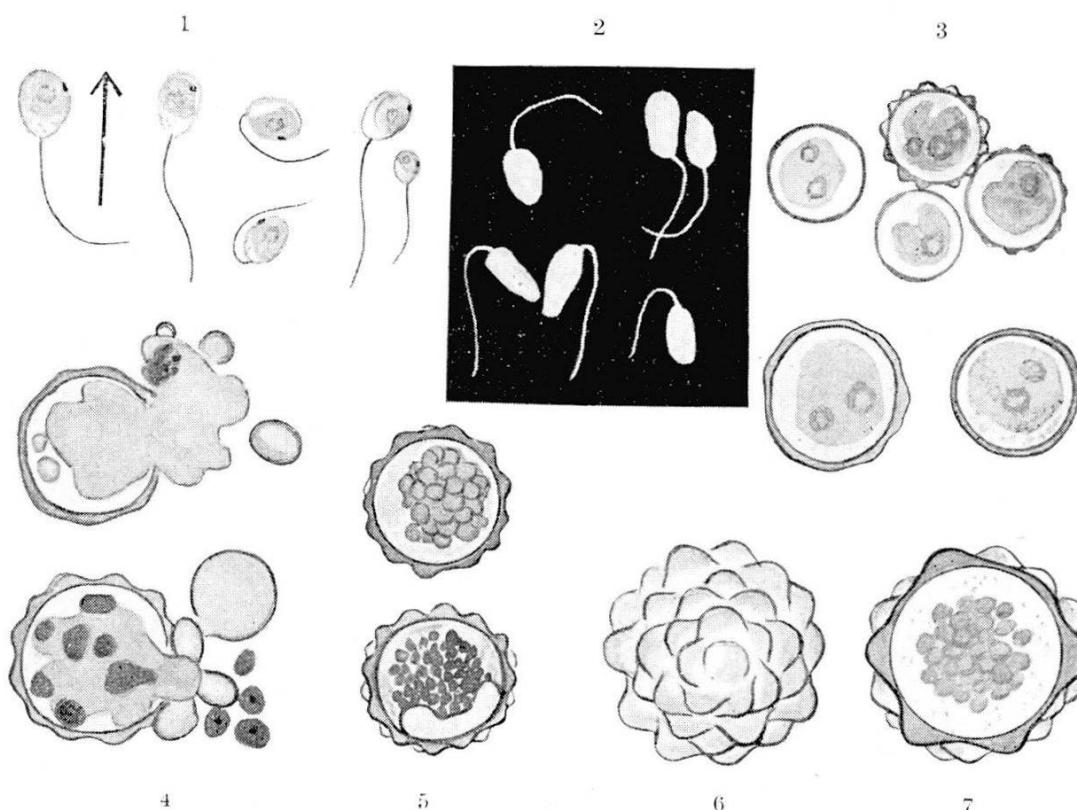


Abb. 1. *Chlorochytridion tuberculatum* (*Pedinomonas*?).

1. Zoosporen, Bewegungsrichtung durch den Pfeil angegeben.
2. Zoosporen in Nigrosin eingetrocknet.
3. Junge Sporangien mit einem Chloroplast und einem bis wenigen Pyrenoiden.
4. Zoosporangien nach Aufkochen, mit Jod, zerquetscht, Chloroplast herausgetreten, daneben Öltropfen, Stärke dunkel, Pyrenoide vermehrt.
5. Zoosporangien mit zahlreichen, zentralgelagerten Chloroplasten, im untern Exemplar Pyrenoide mit Jod gefärbt, Öl nach Aufkochen zu einem Tropfen vereinigt.
6. Sporangium von außen.
7. Sporangium optisch quer.

<sup>3</sup> Vgl. VISCHER, W., Über einen pilzhähnlichen, autotrophen Organismus, *Chlorochytridion*...; Verh. Natf. Ges. Basel, 56, 1945, S. 41–59. Id. *Pedinomonas* Korschikoff und eine neue Flagellatengruppe, *Opisthokontae*; Intern. Vereinigung für theor. und angew. Limnologie, Verhandl. 10, 1949, S. 504–510. GAMS, H., Remarques sur quelques flagellées; Festgabe der Hydrobiologischen Kommission der Schweiz. Naturf. Ges. für den 10. Kongreß d. Int. Verein. f. theor. u. ang. Limnologie, 1948, S. 65–69.

bestätigte sich die andernorts festgestellte Beobachtung, daß die obersten Schichten die zahlreichsten Keime enthalten. Jedoch kann wegen der großen Entfernung des Parkgebietes vom Untersuchungslaboratorium die genaue Feststellung der Keimanzahl nicht erfolgen, da beim Transport Ruhezellen in Hunderte von Sporen zerfallen können. Auch lassen sich bisher noch keine sichern Unterschiede der Algenflora verschiedener Dauerflächen feststellen. Folgerungen für das Parkgebiet werden sich erst nach genauer Abklärung der Systematik der kultivierten Arten ergeben können. Dasselbe gilt für den Vergleich mit der Algenflora anderer, entfernter Gebiete, für welche bisher Beispiele aus England, Dänemark, Österreich und Ungarn vorliegen, wenn auch kaum in an nähernder Genauigkeit wie aus dem Nationalpark.

### Biologie der Bodenalgen

Bekannt ist, daß manche Bodenalgen sowohl autotroph wie heterotroph leben können, indem sie mit Hilfe organischer Substanzen auch im Dunkeln gedeihen. Wie weit dies im Boden, bei Anwesenheit konkurrenzierender Bakterien und Pilze der Fall ist, steht noch offen. Diese Frage bildet eher ein Forschungsziel eigentlicher bodenkundlicher Laboratorien als unserer WNPK. Doch dürfte im großen und ganzen zu treffen, daß das Wachstum der Bodenalgen hauptsächlich in den obersten Schichten, soweit das Licht reicht, erfolgt und daß manche Keime von hier passiv in die Tiefe befördert werden. Immerhin ist auch die Ansicht von FEHÉR<sup>4</sup> zu erwähnen, wonach die grünen Bodenalgen auch in 1-2 Metern Tiefe mit Hilfe des Chlorophylls die Energie der infraroten Strahlen zur Assimilation des Kohlenstoffes ausnützen sollen. Die Versuche FEHÉRS sind aber zu ungenau. Eigene Versuche zeigen vorläufig, daß ohne organische Zusätze ein Wachstum der untersuchten Arten im Dunkeln nicht erfolgt. Wohl zeigen einige Arten auf Agar mit Abkochung verschiedener Böden (Lehm, Lauberde) im Dunkeln schwaches Wachstum. Es geht daraus hervor, daß in solchen Böden genügend organische Stoffe zur Verfügung stehen, um ein heterotropes Wachstum zu ermöglichen. Ohne organische Stoffe, auf rein mineralischem Agar, findet jedoch, in Übereinstimmung mit BEIJERINCK, CHODAT, FRITSCH usw., keine Entwicklung statt.

Verschiedene Arten verhalten sich verschiedenen Konzentrationen von Glukose gegenüber sehr verschieden. Einige gedeihen gut bei Zusatz von wenig bis 2,4 %; andere sind an eine bestimmte, niedere Konzentration gebunden, sind also streng stenoecisch:

Die auf Tabelle 1 dargestellten wenigen Beispiele zeigen, wie verschieden das Verhalten einzelner Arten gegenüber organischer Nahrung im Licht und im Dunkel sein kann.

<sup>4</sup> FEHÉR, D., u. FRANK, M., Untersuchungen über die Lichtökologie der Bodenalgen; Archiv f. Mikrobiologie, 7, 1936, S. 1-31.

Tabelle I

	A G A R					G E L A T I N E			
	Kompost-ab-kochung	Knop'sche Nährlösung $\frac{1}{3}$ + Glukose				Knop $\frac{1}{3}$	Knop $\frac{1}{3}$ + 1% Glukose		
		Gl. 0,2%	Gl. 0,6%	Gl. 2,4%	Gl. 1,0% Liebig 0,4%				
Dictyococcus Nr. 323	++	++++	+++++	+++++	++++	+	+	Licht	
	+	++++	+++++	+++++	++++	+	+	Dunkel	
Chloridella Nr. 216	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	Licht	
	+	+	+	+	+	+	+	Dunkel	
Chloridella Nr. 233	++++	++++	++++	++++	++	++++	++++	Licht	
	++	++	++	++	+	++	++	Dunkel	
Heterothrix Nr. 214	++++	++++	++++	++++	+	+	+	Licht	
	+	++++	+	+	+	+	+	Dunkel	
Nostoc Nr. 297	+++	++++	++	+	+	+	+	Licht	
	0	+++	0	0	0	+	+	Dunkel	

Zeichenerklärung

0 nicht — sehr schwach — schwach — ziemlich gut — gut — sehr gut  
+ — sehr schwach — schwach — ziemlich gut — gut — sehr gut

Einige Arten (*Dictyococcus*) werden durch Konzentrationen von 0,2–2,4 % Glukose sowie durch Zusatz von Liebigs Fleischextrakt im Lichte und im Dunkeln gefördert.

Andere Arten (*Chloridella*) werden durch ähnliche Konzentrationen zwar im Lichte, dagegen kaum oder gar nicht im Dunkeln gefördert.

*Heterothrix* verhält sich im Lichte ähnlich wie *Chloridella*, wird aber im Dunkeln bei niederer Konzentration von Glukose gefördert. *Nostoc* erträgt auch bei Licht nur schwache Glukosekonzentration und wird noch bei 0,6 %, im Dunkeln jedoch nur bei 0,2 %, gefördert.

Es bestehen somit eine ganze Anzahl von biologischen Typen, deren jeder im Boden offenbar an spezielle Ernährungsbedingungen gebunden ist, bzw. unter speziellen Bedingungen gedeihen kann. Verschiedene, unter dem Mikroskop nicht unterscheidbare Arten der Heterokontengattung *Botrydiopsis* unterscheiden sich sofort dadurch, daß die einen mehr autotroph, die andern mehr heterotroph sich verhalten, m. a. W. durch Glukosezusatz eher gehemmt bzw. gefördert werden. Je nach den gerade herrschenden Bedingungen im Boden (Anwesenheit von Zersetzungprodukten pflanzlicher und tierischer Lebewesen) wird die eine oder andere Art sich entwickeln. Zur Charakterisierung der Verhältnisse im Boden genügt es deshalb nicht, in der Liste eine «Sammelart», aufzuführen, sondern es ist die genaue Bestimmung der Art oder Rasse erforderlich.

Als Beispiel, wie innerhalb einer unter dem Mikroskop vermeintlich einförmigen Gattung eine große Mannigfaltigkeit von Arten besteht, wird die Gattung *Dictyococcus* näher behandelt. Etwa 20 «Arten» wurden auf Nähragar ohne und mit je 2 % Glukosezusatz, mit und ohne je 0,5 % Liebigs Fleischextrakt im Licht und im Dunkeln kultiviert. Innerhalb dieser Gattung ergeben sich starke Verschiedenheiten der Kulturen, mit oder ohne Schleimbildung, mit oder ohne Karotin, mit glatter oder runziger Oberfläche, mit oder ohne Förderung durch organische Nährstoffe usw. Die Einzelheiten sollen in einer späteren Publikation dargestellt werden. Es wiederholt sich hier bei Erdalgen, was bereits durch die Arbeiten von R. CHODAT, LETELLIER, JAAG usw. an Flechtengoniden (*Cystococcus*) festgestellt worden ist. Dieses Resultat läßt die Folgerung zu, daß je nach gerade herrschenden Bedingungen die eine oder andere Art im Boden in Überzahl auftreten wird und durch andere abgelöst werden kann.

Ein weiteres, eventuell für das Zusammenleben verschiedener Bodenbewohner wichtiges Problem besteht in der Bildung von Biotica durch einzelne Algen. Bisher ist hierüber wenig bekannt geworden, wenn auch einzelne Forscher deutlich auf eine solche Möglichkeit hingewiesen haben<sup>5</sup>, allerdings eher in bezug auf Bodenpilze. Mit Herrn Dr. E. BURLET zusammen ausgeführte Vorversuche haben gezeigt, daß einzelne Arten von Bodenalgen deutlichen Einfluß auf das Wachstum von *Bacillus subtilis* ausüben, teils fördernd, teils hemmend. Diese Versuche müssen mit verschiedener Konzentration und in bezug auf andere Organismen weiter ausgedehnt werden. Immerhin läßt sich schon auf Grund der vorliegenden Beobachtungen der Schluß ziehen, daß Bodenalgen in der Synökologie durch Ausscheiden von Biotica oder Antibiotica auf andere Organismen einen Einfluß ausüben, dessen Größe aber noch zu bestimmen ist.

So weit die Beobachtungen an Bodenalgen. Für andere Mikroorganismen, wie Bakterien und Pilze, gelten ähnliche Prinzipien. Die boden-

<sup>5</sup> SCHOPFER, W. H., Des vitamines dans le sol ?, Bull. de la Murithienne, 62, 1944/45, p. 53-61. PRATT, D. u. a., Chlorellin, an Antibacterial Substance from Chlorella, Science, N. S., 99, 1944, p. 351.

biologische Arbeitsgemeinschaft im Nationalpark hat bereits erfreuliche Ergebnisse gezeitigt, und es steht zu hoffen, daß die vorläufigen Resultate, insbesondere die systematische Bearbeitung der bis jetzt isolierten Arten, in absehbarer Zeit publiziert werden können. Für weitere Forschungen eigentlich biologischer Richtung benötigt die WNPK die Hilfe weiterer Kreise, und es möge an die Lehrkräfte der Universitäten sowie an jüngere Forscher der warme Appell ergehen, das bereits vorhandene Material zur Lösung allgemein wichtiger Probleme zu benützen und damit u. a. auch der Erforschung unseres Nationalparkes einen Dienst zu leisten.

### 3. La faune du sol

par Hermann Gisin (Genève)

Les Vers de terre sont les animaux endogés les plus apparents et les mieux connus. Depuis DARWIN (1882), de nombreuses études ont été consacrées à leur biologie. Leur action, tant mécanique que chimique, apparaît considérable, parfois décisive pour la fertilité du sol. Au point de vue de leur poids total par unité de surface d'un sol, ils dominent normalement l'ensemble des autres animaux endogés. En revanche, les Protozoaires dominent par le nombre d'individus, qui peut atteindre et même dépasser le milliard par dm<sup>2</sup> de sol. Déjà EHRENBURG (1837) leur a attribué un rôle important dans la formation de l'humus.

A part ces deux groupes, l'étude des autres animaux du sol a été négligée pendant longtemps. Il y a à cela plusieurs raisons. La récolte et la conservation rencontrent des difficultés techniques. Le triage direct, sous la loupe ou sous le microscope, des Nématodes et des Arthropodes de la terre est un procédé à la fois fastidieux et trop incertain. Puis ces animaux sont si frêles que certains de leurs caractères disparaissent sur des exemplaires conservés; il faut le plus souvent pouvoir les étudier à l'état frais, quelquefois sur le vivant. Ceci, en même temps que le grand nombre d'espèces, a pour conséquence un état encore très lacunaire de nos connaissances quant à leur distinction et à leur biologie. Enfin, aucun stimulant n'incitait à vaincre ces difficultés aussi longtemps qu'on considérait le rôle de ces endogés comme tout à fait secondaire par rapport aux Vers de terre et aux Protozoaires.

Mais les recherches de ces deux dernières décennies nous ont amenés à une révision de nos vues à ce sujet. D'abord les méthodes de capture, successivement améliorées, ont révélé que le nombre des Nématodes et des Arthropodes était beaucoup plus élevé qu'on ne le pensait. Il suffit de laisser se dessécher sur un treillis, un échantillon d'un dm<sup>3</sup> de terre, pour capturer au bas de l'entonnoir sur lequel le tout est abandonné, des centaines d'Acariens et autant de Collemboles et autres Insectes minuscules. Pourtant cette méthode, susceptible de perfectionnements, n'est guère d'un rendement supérieur à 50%. On procède d'une façon analogue, mais sous l'eau, pour les Nématodes, dont le nombre d'individus peuplant 1 dm<sup>3</sup> de sol est de l'ordre de 10 000 à 100 000. Un auteur danois, OVERGAARD, a décrit récemment une technique permettant

d'isoler 90% des Nématodes dans un volume de 1-4 cm<sup>3</sup> de terre ou de mousses. Mais il ne sera probablement jamais possible d'inventer une technique propre à extraire du même coup l'ensemble des différentes formes biologiques représentées par les animaux endogés.

Néanmoins, on est maintenant mieux à même d'apprécier l'activité de chacune d'elles. Evidemment ni le nombre des individus ni leur poids ne peuvent servir à en mesurer l'importance. ULRICH (1933) a calculé que le volume de nourriture consommée annuellement par le peuplement de 100 g. (poids sec) de feuilles mortes de hêtres était pour les Vers de terre de 8000 mm<sup>3</sup> (chiffres arrondis), pour les Collemboles de 8000 mm<sup>3</sup> également, pour les autres Insectes et les Myriapodes de 9800 mm<sup>3</sup> et pour les Arachnoïdes même de 14 500 mm<sup>3</sup>. Cela s'explique quand on pense que si le poids total des groupes d'animaux de petite taille est faible, la somme de leur surface active est en revanche considérable. OVERGAARD indique qu'une population de Nématodes ne pesant que le dixième de celle des Vers de terre consomme autant d'oxygène que cette dernière. Il s'ensuit que pour une saine compréhension de la biologie du sol, aucun des grands groupes de la faune endogée ne doit être négligé. On peut admettre que les 6 groupes suivants jouent un rôle d'une importance à peu près comparable: 1<sup>o</sup> les Protozoaires, 2<sup>o</sup> les Nématodes, 3<sup>o</sup> les Collemboles, 4<sup>o</sup> les Acariens, 5<sup>o</sup> le reste des Arthropodes endogés, 6<sup>o</sup> les Annélides (Lombrics et Enchytrées). Sans doute, le rôle de ces groupes n'est pas tout à fait de même nature. Mais nous ne sommes encore qu'imparfaitement renseignés sur ce point. Une grande partie des Nématodes, par exemple, se nourrit de bactéries, d'autres d'algues, sans que nous puissions bien juger ce que cela signifie pour le sol. Il y a des prédateurs parmi les Nématodes, les Acariens et d'autres Arthropodes; leur victimes sont probablement surtout des Collemboles. Ceux-ci vivent essentiellement en saprophages, avec toutefois certaines préférences alimentaires encore mal connues. L'action exercée sur le sol par les Arthropodes réside avant tout dans le dépôt de leurs déjections granuleuses, qui sont des mélanges intimes de particules organiques et minérales. Cela contribue d'une part à maintenir le sol dans un état grumeleux, favorable à la fertilité et, d'autre part, à accélérer l'humification des déchets organiques. On s'est rendu compte que l'humus doux des sols fertiles consiste principalement en excréments de Métazoaires; l'humus résultant d'une action purement microbienne est d'une qualité inférieure. Ainsi, dans une certaine mesure, la seule composition faunistique d'un sol permet d'en apprécier la valeur agronomique; en Autriche il existe déjà un service d'expertise organisé sur cette base. Ce service pourra tirer des conclusions de plus en plus étendues à mesure que nous parviendrons aussi à connaître la valeur indicatrice écologique des différents composants de la faune endogée. Car là, il y a aussi de grandes différences d'un sol à l'autre; on a vu complètement disparaître certaines espèces de Collemboles après une fumure azotée, par exemple; inversement, leur présence sera un indicateur biologique pour certaines conditions stationnelles.

La Zoologie du sol est en train d'ouvrir des horizons nouveaux; son étude doit être répartie entre une pléiade de spécialistes et poursuivie en collaboration avec des botanistes et des pédologues. Forme une telle communauté de travail, c'est le but des chercheurs agréés par la Commission scientifique du Parc national suisse. Mais le programme est vaste. Il a fallu commencer par le commencement: le relevé faunistique, voire même la classification, qui, sur beaucoup de points, reste encore à faire — au grand désespoir de ceux qui s'attendent à des résultats rapides d'un ordre plus général.

Plusieurs travaux principalement faunistiques sur les endogés ont déjà paru. Ce sont ceux de HANDSCHIN sur les Collemboles; de HEINIS sur les Protozoaires, Rotifères, Tardigrades et Nématodes du Sphagnum; de SCHWEIZER sur les Acariens; et de ALTHERR sur les Nématodes.

Mais les recherches d'ordre plus général ne sont pas oubliées non plus. Les spécialistes notent soigneusement les conditions de captures ou de prélèvements, ce qui leur est beaucoup facilité par le fait qu'ils retournent tous aux mêmes stations devenues classiques et de mieux en mieux connues à tous les points de vue. Ils s'aperçoivent alors vite que telle espèce ne vit pas dans n'importe quel milieu, mais semble liée à des conditions d'existence déterminées. Constatations indispensables comme guide pour le choix d'expériences à instituer en vue de résoudre des problèmes spéciaux.

Cette collaboration permet aussi d'aborder le problème du rapport et de la superposition de groupes écologiques d'organismes différents, en particulier des végétaux et des animaux. Je me suis attaché à ce problème à propos des Collemboles du sol profond. En comparant plus d'une centaine de relevés, j'ai d'abord constaté que la vingtaine d'espèces entrant en ligne de compte se divisait naturellement en trois groupes, de telle façon que les espèces du premier groupe cohabitaient très fréquemment entre elles, mais ne cohabitaient presque jamais avec les espèces du deuxième et du troisième groupe. Il en est de même pour le deuxième et le troisième groupe par rapport aux autres. J'ai ensuite cherché à dégager les traits communs des stations ayant fourni les espèces de chacun des trois différents groupes. Le résultat est assez parlant. Il y a une corrélation constante entre les trois groupes de Collemboles et les trois sols-types distingués, il y a 25 ans, dans la même région par les pédologues, et auxquels correspondent des groupements végétaux déterminés. Le premier groupement provient de sols primitifs (éboulis, graviers) portant une végétation de l'ordre des *Thlaspeetalia rotundifolii*. Un deuxième groupement correspond aux *Rendzina* avec les associations des *Seslerietalia coeruleae*, et le troisième groupement, le plus riche, vit dans des sols alpins humiques, acides, où poussent les groupements arbustifs et arborescents des *Vaccinieto-Piceetalia*.

La Zoologie du sol en est à ses débuts; elle exige des recherches de très longue haleine poursuivies en équipe sur des terrains non continuellement troublés par l'homme. Le Parc national en est un, à condition que son intégrité soit vraiment assurée.