



## La structure grumeleuse du sol

VÖKT U., Office de la protection des sols du canton de Berne, Gesellschaftsstrasse 78, CH-3012 Berne  
HASINGER G., Institut de recherche pour la culture biologique, CH-4104 Oberwil  
BORER F., Office de la protection de l'environnement, CH-4500 Soleure  
SCHOCH P., Stalden 35, CH-4500 Soleure

### Résumé

Les sols sont le support de tous les systèmes écologiques terrestres. Ils ne peuvent remplir leurs fonctions que si leur structure est intacte. Le «grumeau» est l'élément de base de cette structure intacte. Il est le résultat d'un processus de formation du sol qui s'est déroulé pendant des millénaires et dans lequel les organismes vivant dans le sol jouent un rôle prépondérant. Aujourd'hui, l'érosion, la battance et le tassement sont les signes visibles de la dégradation de la structure grumeleuse du sol.

Illustration : Peter Schoch, Soleure.

### Le «grumeau», résultat de l'activité des organismes vivant dans le sol

La structure grumeleuse du sol est le résultat de processus de formation du sol qui se sont développés durant des milliers d'années. De par leur manière de vivre, tous les organismes du sol jouent un rôle important dans cette évolution. Dès qu'un sol s'est formé, il est colonisé par d'innombrables organismes. En plus de multiples micro-organismes (bactéries, champignons, algues), des plantes se développent également sur cette surface encore peu fertile et sans structure. Les racines de

ces plantes sécrètent des mucosités qui lient les éléments du sol (sable, silt, argile) entre eux. Les galeries qu'elles créent ainsi sont stabilisées. Lorsque cette stabilisation ne s'effectue pas, les radicelles sont envasées par les éléments colloïdaux les plus fins du sol, lors de chutes de pluie, et ce phénomène peut entraîner le dépérissement de tout le système racinaire.

L'occupation toujours plus dense du terrain par des plantes enrichit de substances organiques la couche supérieure du sol et ces conditions permettent à des organismes plus importants de s'installer. En premier lieu intervient le ver de terre, qui ingurgite avec sa nourriture de fines particules de terre qui passent ainsi par son tractus digestif et sont alors intimement liées avec des substances organiques. Il en résulte des agglomérations argilo-humiques très stables. Les excréments des vers de terre sont évacués à la surface et se caractérisent par une bonne cohésion (stabilité interne). Riches en oxygène, ces petits amas sont rapidement occupés par des bactéries, des champignons et des algues. Certains processus de décomposition s'accroissent à la surface du sol, permettant ainsi aux substances organiques difficilement dégradables (humus stable) de s'enrichir et de former finalement une couche d'humus. La substance organique fait office d'enveloppe séparant les agrégats les uns des autres et les empêchant ainsi de s'agglutiner. Lorsque ces agrégats sont enterrés, ils gardent plus ou moins leur unité. Une nouvelle occupation

par des organismes vivant dans le sol (voir illustration) stabilise et régénère alors cette enveloppe d'humus.

Un autre genre de formation d'agrégats résulte des gonflements et contractions successifs de la terre fine. Grâce aux importantes capacités de rétention d'eau des minéraux argileux, le sol se gonfle lorsqu'il entre en contact avec de l'eau et se contracte lorsque celle-ci se retire. Cette réaction provoque des failles dans lesquelles des organismes (racines de plantes, bactéries, champignons, algues) peuvent s'introduire. Grâce à la colonisation par ces organismes et grâce aux activités de ceux-ci, une fine pellicule d'humus peut se former tout au long de ces failles. Cette évolution donne naissance à la structure caractéristique des sols présentant une forte teneur en argile : les agrégats sont polyédriques avec des surfaces de rupture anguleuses.

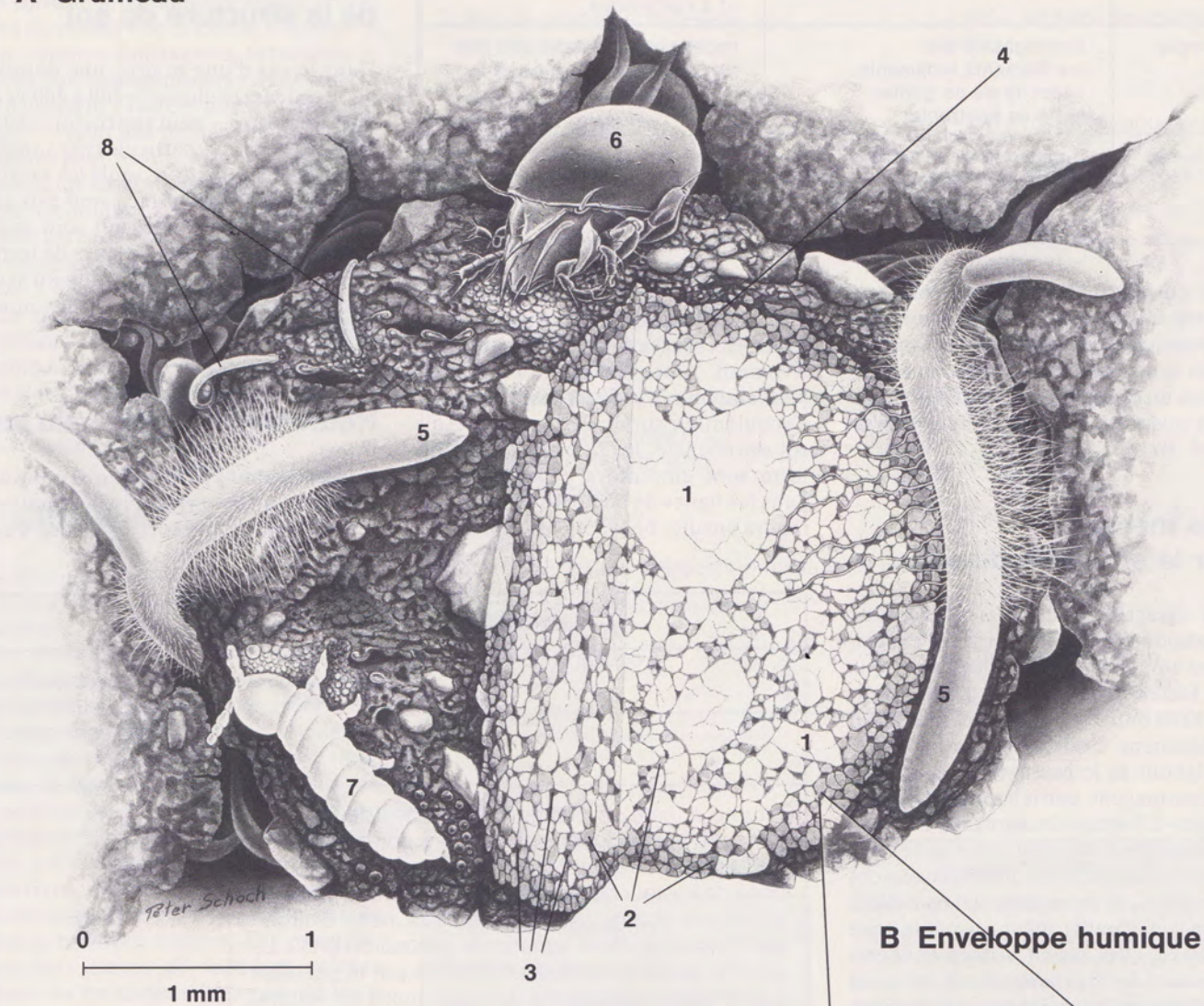
Les espaces entre les agrégats sont assez grands pour permettre le passage de l'eau (porosité grossière). L'air peut donc également circuler dans ces cavités. La surface chimiquement active de l'enveloppe d'humus est capable de lier les substances organiques. Cette fonction est particulièrement importante pour le filtrage des eaux de pluie.

### L'importance de la structure du sol

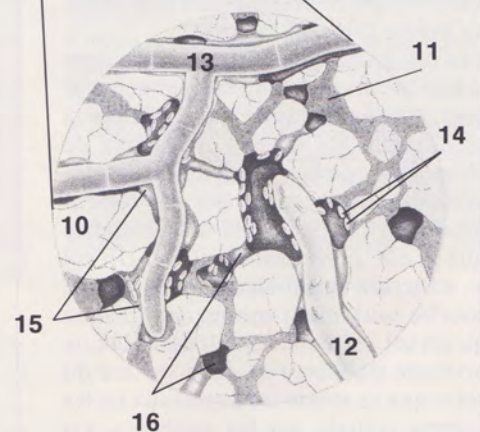
Le concept de structure du sol englobe la répartition du sable, du limon, de l'argile et de l'humus dans la composi-

# La structure grumeleuse

## A Grumeau



## B Enveloppe humique



### La structure grumeleuse

#### A Le grumeau à l'échelle macroscopique

- 1 Grains de sable (constituants minéraux du sol)
- 2 Humus (constituants organiques du sol)
- 3 Pores du sol (remplis d'eau et d'air)
- 4 Zone enrichie d'humus et de mucosités (enveloppe humique)
- 5 Pointe d'une racine avec poils absorbants
- 6 Acarien
- 7 Collembole
- 8 Nématodes

#### B Enveloppe humique à l'échelle microscopique

- 10 Particule de silt (constituant minéral du sol)
- 11 Association de micelles d'humus et d'argile (complexe argilo-humique)
- 12 Poil absorbant
- 13 Hyphe de champignon du sol
- 14 Bactéries
- 15 Pores partiellement remplis d'eau
- 16 Pores remplis d'air

**Tableau 1. Les éléments du sol et leurs propriétés.**

	Positives	Négatives
Sable	Perméable à l'air et à l'eau, améliore la portance	N'emmagasine ni l'eau ni les éléments fertilisants
Silt	Emmagasine bien l'eau	Perméabilité à l'eau et à l'air limitée
Argile	Emmagasine bien les éléments fertilisants, capacité de se gonfler et de se contracter	Imperméable à l'eau et à l'air
Humus	Substance de séparation entre les agrégats, surface chimiquement active (capacité de filtrage)	Faible portance

tion du sol. Si ces particules sont présentes séparément, ce sont leurs propriétés négatives qui sont renforcées ; si, au contraire, elles sont toutes agglutinées en grumeaux, ce sont leurs qualités positives qui s'expriment le plus (tabl. 1).

### Les menaces sur la structure du sol

Les agrégats sont très sensibles aux conditions climatiques, car les expositions importantes au soleil, ainsi que les fortes précipitations, affaiblissent les liens entre les particules, créant un phénomène d'effritement.

Le labour et le passage des machines endommagent partiellement l'«enveloppe» d'humus des agrégats. Ces derniers perdent alors leur effet de séparation et s'agglutinent progressivement en mottes. **Si ces mottes sont travaillées au moyen d'outils actionnés par la prise de force, elles seront brisées et libéreront ainsi de fines particules de terre qui s'infiltreront en profondeur à la prochaine averse (érosion interne).**

Les outils de travail du sol dégradent la surface du sol, stabilisée par des processus naturels, ainsi que les canaux creusés par les racines et les vers de terre. Lorsque la surface du sol est ouverte ou même retournée, elle devient beaucoup plus sensible à la battance que si elle n'est pas travaillée. Un sol à structure grumeleuse très stable souffre nettement moins des travaux qu'un sol à structure affaiblie. Si la fine pellicule stabilisatrice de la surface du sol — que ce soient les grumeaux ou les canaux creusés par les racines — est déchirée, les particules de terre fine sont emportées par les eaux de pluie et s'infiltreront en profondeur. Dans la première phase, ce processus s'opère verticalement, le long des pores grossiers et des espaces vides. Ces tassements

internes de la structure ne peuvent plus être corrigés mécaniquement. Tous les espaces s'emplissent progressivement. Alors, les eaux de pluie ne peuvent plus s'infiltrer assez vite et s'écoulent en surface. Si la surface du sol est instable, les fines particules de terre sont emportées et se déposent dans les lignes de déclivité (érosion). Il faudra ensuite beaucoup de temps aux

organismes vivant dans le sol pour réparer ces cicatrices : 100 ans pour une couche de 30 cm !

### Régénération de la structure du sol

Dans le cas d'une prairie, une densité de vers de terre élevée — 200 à 400 vers de terre par m<sup>2</sup> — peut restructurer 30 à 50 tonnes de fines particules par année. Dans cette évaluation, seuls les excréments évacués en surface sont pris en compte. Les déjections qui sont évacuées dans les canaux des vers de terre ne servent qu'à la régénération du système des galeries et non pas à une nouvelle formation d'agrégats.

### Rotation et structure du sol

Si, dans les années à venir, on continue d'appliquer des systèmes de rotation intensifs pour nos sols, il faudra s'at-

Etablissement d'un bilan des dégâts	
Causes	Poids de la terre dont la structure a été endommagée en t/ha · an
En une année, un champ de pommes de terre est parcouru par les roues de véhicule à concurrence de 200 à 300 % de sa surface. Les éléments profilés d'un pneu de tracteur occasionnent sur le sol une pression au moins quatre fois supérieure à celle exercée par l'ensemble de la surface de contact du pneu. Le volume de sol compacté et déformé par le passage d'un tracteur correspond donc au moins au volume des éléments profilés de ses pneus. La déformation et le tassement dégradent la structure grumeleuse du sol et la transmission de la force de traction sur le sol provoque de nouveaux dommages. La quantité annuelle de sol dont la structure se voit ainsi endommagée est estimée à 1 cm d'épaisseur environ	100
Le travail du sol endommage environ 5 à 10% des grumeaux, ce qui équivaut — lorsqu'on considère une profondeur de travail de 20 cm — à une épaisseur de sol non structuré de 1 à 2 cm	100-200
Lorsqu'un champ fraîchement labouré <b>passé l'hiver sans couverture végétale</b> , quelque 2 à 5 mm de fines particules de terre au moins sont lessivées. Ce phénomène est facilement reconnaissable à la multitude de petits cailloux qui recouvrent les champs au printemps, tels de petits îlots	20-50
Total des pertes	220-350

tendre à une destruction massive de la structure de ces sols avant trente ans. De telles perspectives annoncent le renforcement des effets négatifs des éléments constitutifs du sol – lequel deviendra de plus en plus improductif et difficile à travailler. Ensuite, il faudra au moins une centaine d'années – en cultures fourragères extensives – pour que les organismes vivant dans le sol puissent y recréer une structure saine. Il a fallu des milliers d'années à la nature pour former les terres agricoles que nous exploitons aujourd'hui avec des techniques qui n'ont jamais été aussi agressives. En trente ans de grandes cultures intensives, la structure des sols a déjà été massivement dégradée. Les mesures d'infiltration qui ont été effectuées ont montré que la perméabilité à l'eau des terres ouvertes a baissé d'un facteur cent ou mille par rapport à des bandes de terre utilisées comme prairies maigres.

## Conclusion

Il existe des rotations et des méthodes de culture qui permettent d'assurer la régénération de la structure des sols. En plus du choix de pneumatiques suffisamment souples pour épouser les inégalités du sol et ne pas créer d'ornières, il est important de procéder au travail du sol lorsque celui-ci est assez sec. Il faut donc réapprendre à ne travailler le sol que lorsqu'il est en condition favorable. Les organismes du sol ne peuvent quasiment plus survivre aux dégâts de provenance mécanique qui s'ajoutent à la charge des substances nocives. Par exemple, les taux élevés de cadmium relevés dans les excréments des vers de terre témoignent concrètement des apports actuels de substances dangereuses pour l'environnement, amenées par les activités humaines. Les conséquences de telles charges pour les organismes vivant dans le sol doivent encore être étudiées, tout comme les effets cumulés des dégâts d'origine mécanique et chimique.

### Exemples de bilans de rotation

Si l'on considère une rotation classique du canton de Berne comprenant 2 ans de prairies artificielles, 2 ans de céréales et 2 ans de cultures sarclées, le bilan de la structure du sol à l'hectare (pour un taux annuel de régénération de 5 mm) aura l'aspect suivant :

2 ans de prairies artificielles	+ 100 t de terre structurée
1 an de pommes de terre	– 300 t
1 an de betteraves sucrières	– 150 t
2 ans de céréales*	0 t
Bilan d'une rotation :	– 350 t (perte de structure)

Si l'on prend en compte un taux annuel de régénération de 3 mm de terre fine structurée, on obtient le bilan suivant :

2 ans de prairies artificielles	+ 60 t
1 an de pommes de terre	– 300 t
1 an de betteraves sucrières	– 150 t
2 ans de céréales*	0 t
Bilan d'une rotation :	– 390 t (perte de structure)

Dans une rotation à base de céréales :

3 ans de prairies artificielles	+ 90 t
1 an de pommes de terre	– 300 t
2 ans de céréales*	0 t
Bilan d'une rotation :	– 210 t (perte de structure)

Dans une rotation «céréales-prairies artificielles» :

3 ans de prairies artificielles	+ 90 t
2 ans de céréales*	0 t
Bilan d'une rotation :	+ 90 t (régénération de la structure)

\* Les dégâts sont compensés par la régénération.

### Summary

#### The soil crumb

Soils are the leading element of land ecosystems. Their functions are only accomplished on an intact soil structure. The crumb is the building stone of a sound soil structure. It is the result of a millennium lasting pedogenesis during which soil organisms hold an outstanding position. Processes of soil degradation such as erosion, siltation and compaction are the mechanisms responsible for the decline in crumb structure.

### Zusammenfassung

#### Der Bodenkrümel

Böden sind das tragende Element von Landökosystemen. Nur mit einer intakten Struktur können sie ihre Funktionen erfüllen. Der Krümel ist das Bauelement dieser intakten Struktur. Es ist das Resultat eines Jahrtausende dauernden Bodenbildungsprozesses bei dem die Bodenlebewesen eine herausragende Stellung einnehmen. Heute können an Böden zunehmend Erosion, Verschlammung und Verdichtung als Anzeichen einer geschwächten Krümelstruktur beobachtet werden.

Abbildung : Peter Schoch, Solothurn.