

# Essai de systèmes culturaux de Burgrain: aspects pédologiques

Urs Zihlmann<sup>1</sup>, Werner Jossi<sup>1</sup>, Hans-Rudolf Oberholzer<sup>1</sup>, Peter Weisskopf<sup>1</sup>, Walter Richner<sup>1</sup>, Heinz Krebs<sup>1</sup>, Ruedi Tschachtli<sup>2</sup> et Andreas Nussbaumer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

<sup>2</sup>Centre de formation professionnelle Nature et Nutrition BBZN, 6170 Schüpfheim

<sup>3</sup>Exploitation agricole de Burgrain, 6248 Alberswil

Renseignements: Urs Zihlmann, e-mail: urs.zihlmann@art.admin.ch, tél. +41 44 377 74 08



Le semis en bandes fraisées est une technique de culture qui d'une part confère de bonnes conditions de levée pour la graine par l'ameublissement du sol et qui, d'autre part, laisse une grande partie de la terre non travaillée, ménageant la vie dans le sol et améliorant la portance du sol pour les machines de récolte. (Photo: B. Nussbaumer, Burgrain)

## Introduction

Les points forts et les points faibles d'un sol de grande culture et ses réactions aux modes d'exploitation dépendent avant tout de sa constitution. Les caractéristiques d'un sol dépendent principalement de la roche-mère (p. ex. une moraine) sur laquelle il s'est formé, ainsi que de la situation topographique (p. ex. une dépression ou une colline). A long terme, c'est le matériau de base

qui détermine la composition de la terre fine en argile, limon et sable (p. ex. limon sableux) et les propriétés du sol par conséquent. Qu'un champ soit situé sur une éminence ou dans une dépression se traduit de manière marquée par le volume de terre à disposition des racines (terre superficielle ou profonde) et par conséquent sur la réserve en eau utilisable. En raison de cette diversité des sols, qui peut se rencontrer aussi à l'intérieur d'une parcelle, une même technique d'exploitation entraîne des

différences de comportement des plantes (par exemple, des différences de rendement) ainsi que différents effets sur les paramètres du sol (p. ex. l'activité des microorganismes). Sur la base des résultats obtenus de 1991 à 2008 (fin de l'expérience) dans l'essai de longue durée de Burgrain à Alberswil (LU), où l'on expérimentait trois systèmes culturaux sur deux sols différents, on a pu mettre en évidence des interactions entre le mode d'exploitation et les paramètres du sol.

## Matériel et méthodes

L'essai de systèmes culturaux a été conduit sur le domaine de Burgrain (520 m d'altitude), une exploitation mixte. Le site est caractérisé par un climat relativement doux (température moyenne annuelle: 8,5 °C) et des précipitations abondantes (1100 mm en moyenne annuelle). Cinq des six parcelles se trouvent sur des dépôts alluviaux limoneux sur lesquels se sont formés des sols profonds, mi-lourds, de type sol brun calcaire à gley. La couche supérieure renferme en moyenne 4 % d'humus et 22 % d'argile; le sous-sol est légèrement influencé par la nappe phréatique. Ce type de sol possède naturellement un potentiel de minéralisation de l'azote élevé. Une des parcelles d'essai repose sur des dépôts morainiques datant de la glaciation de Würm; il s'y est formé un sol brun, moyennement profond, faiblement acide, avec 2,6 % de matière organique et 17 % d'argile (tabl. 1).

Dans les séquences de rotation de 6 ans, 4 ans de terres ouvertes sont suivies de 2 ans de prairie temporaire (encadré). Pour pouvoir comparer les trois systèmes culturaux, ils ont été appliqués systématiquement sur des bandes de 65 ares découpées dans chaque parcelle (Zihlmann *et al.* 2010). La totalité des engrais de ferme de l'exploitation a été épandue sur les parcelles, mais de manière différenciée selon les systèmes culturaux. Dans le système bio, l'apport d'engrais de ferme de 1,7 unités

**Résumé** Dans l'essai de Burgrain 1991–2008 (commune d'Alberswil, LU) dont les sols reposent sur des limons alluviaux ou sur de la moraine, on a constaté que les paramètres mesurés dépendaient plus de la nature du sol que des différents systèmes culturaux appliqués, soit *Plintensif* (PER avec utilisation intensive de matières auxiliaires), *Plextensif* (PER avec utilisation restreinte de matières auxiliaires) et biologique. Les parcelles sur sol brun calcaire profond à gley, avec une teneur en humus de 4 % et un taux d'argile de 22 %, présentaient une meilleure stabilité structurale et un potentiel de minéralisation de l'azote beaucoup plus élevé que la parcelle peu profonde avec 2,6 % d'humus et 17 % d'argile. C'est pourquoi, sur cette dernière, le blé bio qui ne reçoit qu'une modeste fumure azotée atteint une teneur en protéines à peine suffisante. En revanche, les importantes disponibilités en azote dans les parcelles sur sol brun calcaire profond étaient parfois la cause de verse dans les céréales extenso. En sol brun calcaire, plus humide, la biomasse des vers de terre et des microorganismes était significativement plus élevée. Le travail du sol et les apports d'engrais de ferme ayant été les mêmes pour les trois systèmes, ceux-ci n'ont pas eu d'effets marqués sur la vie dans le sol; vers la fin de la phase expérimentale, seule la culture sans labour dans le procédé *Plextensif* a été suivie d'effets généralement positifs.

**Tableau 1** | Description des sols de l'essai de systèmes culturaux de Burgrain

Définition	Sol brun calcaire à gley	Sol brun faiblement acide
Roche-mère	Limon alluvial	Moraine würmienne
Profondeur utile pour les plantes	Importante (70–100 cm)	Moyenne (50–70 cm)
Texture (0–25 cm)	Limon (22 % d'argile)	Limon sableux (17 % d'argile)
Teneur en humus (0–25 cm)	4 %	2,6 %
pH (H <sub>2</sub> O)	7,5	6,2
Désignation abrégée dans le texte et les figures	Sol profond	Sol moyen

## Encadré | Description de l'essai de systèmes culturaux de Burgrain (1991–2008)

### Dispositif expérimental

6 parcelles de 2 ha sont subdivisées chacune en 3 bandes d'environ 65 a. Ces bandes sont exploitées selon 3 systèmes culturaux différents: *Plintensif*, *Plextensif* et Bio.

### Rotation des cultures

	1991–2002	2003–2008
1 <sup>re</sup> année:	Pommes de terre	Maïs d'ensilage
2 <sup>e</sup> année:	Blé d'automne	Blé d'automne
3 <sup>e</sup> année:	Maïs grain	Colza d'automne
4 <sup>e</sup> année:	Orge de printemps	Orge d'automne
5 <sup>e</sup> année:	Prairie temporaire	Prairie temporaire
6 <sup>e</sup> année:	Prairie temporaire	Prairie temporaire

### Travail du sol

**1991–2002:** Dans tous les systèmes: labour et herse rotative

**2003–2008:**

***Plintensif:*** Labour hors raie et herse rotative

***Plextensif:*** Cultivateur et herse rotative; semis en bandes fraisées pour le maïs d'ensilage

**Bio:** Labour hors raie et herse rotative

### Fumure et protection des plantes

***Plintensif:*** Intensité d'exploitation usuelle, PER\* réalisées, niveau de fumure élevé (engrais de ferme et engrais azotés minéraux), interventions phytosanitaires systématiques.

***Plextensif:*** PER\* réalisées, niveau de fumure réduit (engrais de ferme et engrais azotés minéraux), interventions phytosanitaires limitées, colza et céréales en production extenso.

**Bio:** Principes de l'agriculture biologique appliqués au niveau de la parcelle, pas d'engrais minéraux ni de produits phytosanitaires de synthèse.

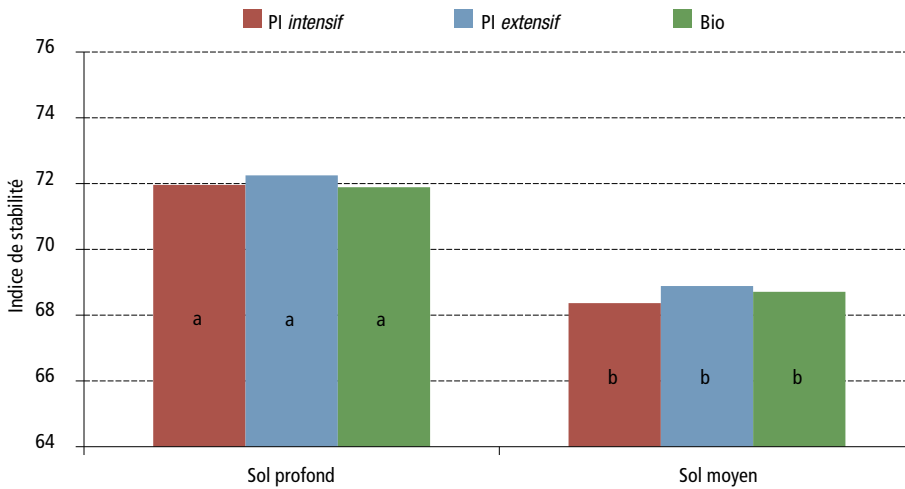
\*PER: prestations écologiques requises (conditions à remplir pour avoir droit aux paiements directs).

gros bétail fumure (UGBF) par hectare correspondait aux pratiques des exploitations biologiques de la région, compte tenu de leur charge en bétail. Dans les systèmes PI, environ 2,3 UGBF ont été épandus par hectare. Dans le système *Plintensif*, le purin a été épandu exclusivement sur les prairies temporaires. Sur les procédés *Plextensif* et Bio, les grandes cultures ont aussi été purinées régulièrement. De 1997 à 2008, les apports d'azote facilement disponible, tant sur les grandes cultures que sur les prairies temporaires, ont atteint en moyenne 148 kg N/ha par année dans le système *Plintensif*; dans le système *Plextensif*, les apports correspondaient à 78 % de *Plintensif* et, dans le système Bio, à 54 %. Dans cette même période, on a appliqué en moyenne 4 traitements phytosanitaires par an dans les grandes cultures du système *Plintensif*. En *Plextensif*, cette moyenne était réduite à deux grâce aux cultures extenso de colza et de blé. En Bio, le nombre moyen de traitements n'a été que de 0,6/an car il n'a été appliqué que du cuivre sur les pommes de terre.

## Résultats et discussion

### Structure du sol

La structure de la couche supérieure du sol est constamment soumise aux effets du gonflement, de la rétraction, de l'éclatement par le gel, du développement des racines, de l'activité des microorganismes, de la circulation des véhicules, du travail du sol ainsi que de la fumure. L'appréciation de la structure du sol d'après les profils pris à la bêche de 1992 à 2002 a permis d'identifier de nettes différences annuelles liées à l'évolution des conditions climatiques, à la culture en place ainsi qu'au moment et à la nature des interventions culturales; cependant, aucune différence entre les systèmes culturaux n'a pu être mise en évidence. Le travail du sol est certainement l'intervention la plus agressive sur la structure du sol. Or, la charrue et la herse rotative ont été les machines les plus utilisées dans les trois systèmes, et dans la plupart des cas au même moment, à une humidité du sol comparable. Les mesures de stabilité des agrégats au moyen de

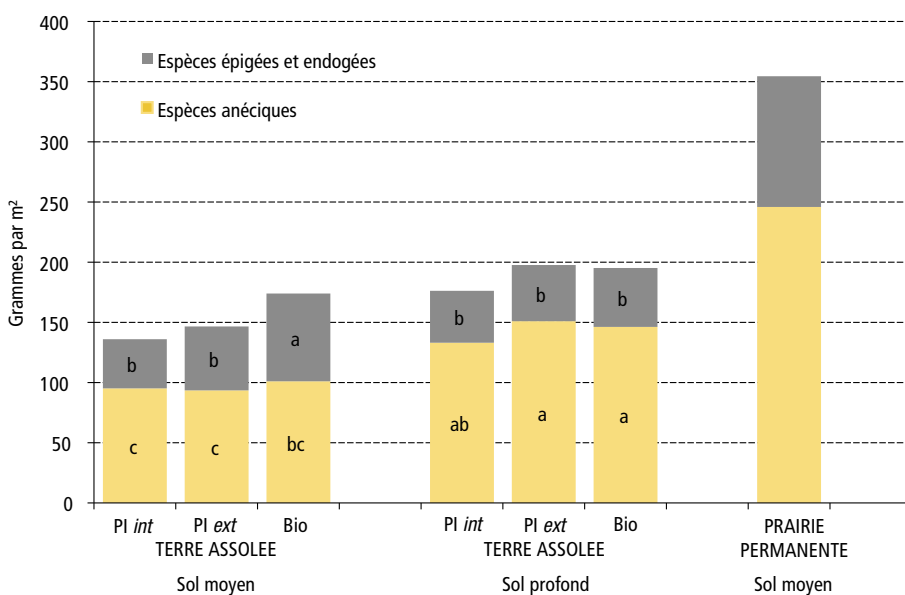


**Figure 1** | Stabilité des agrégats dans les trois systèmes culturaux examinés et sur les deux types de sol (moyennes globales 1992–2002); les valeurs les plus élevées correspondent à la meilleure stabilité. Des lettres différentes signalent des différences significatives (test de Tukey,  $P < 5\%$ ).

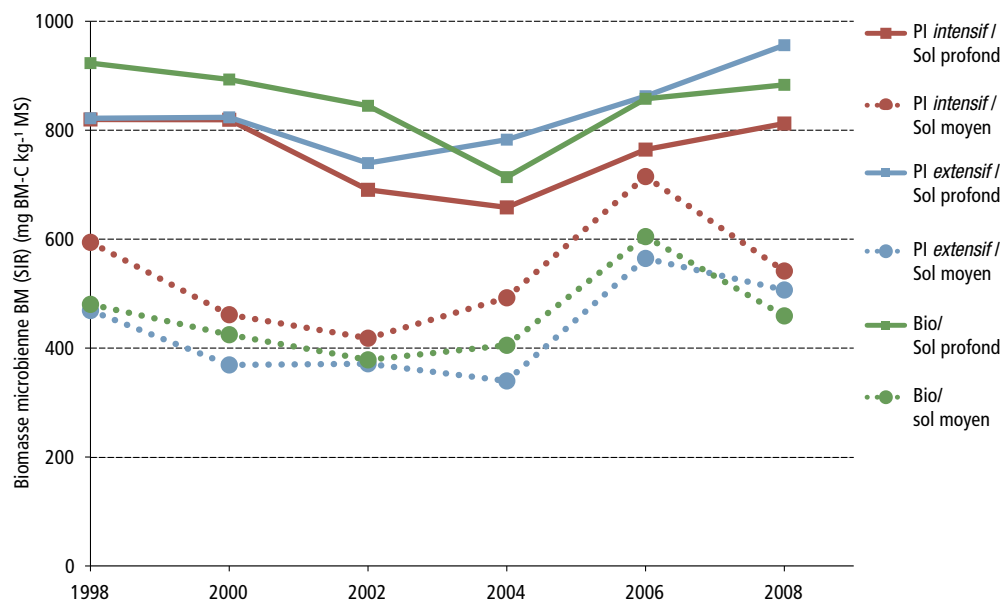
la méthode du tassement volumétrique (Zihlmann *et al.* 1999) n'ont pas révélé de différences liées aux systèmes culturaux. La stabilité des agrégats dépendait essentiellement des teneurs du sol en argile et en matière organique ainsi que de la réserve calcique. Grâce à leur teneur en argile et en matière organique, la stabilité de structure des parcelles sur sol profond était supérieure à celle des parcelles sur sol moyen aux teneurs en matière organique plus faibles (fig. 1).

### Vers de terre

En octobre, lorsque les vers de terre *anéciques* se tiennent dans la couche supérieure du sol, les populations ont été évaluées dans toutes les parcelles de chacun des trois systèmes culturaux sur six carrés de 50 × 50 cm. La terre de ces carrés a été prélevée à la bêche sur 25 cm de profondeur. Les vers de terre ont été dégagés à la main puis conservés dans une solution de formol à 4 % avant de passer au laboratoire pour y être comptés, ➤



**Figure 2** | Biomasse des différents groupes de vers de terre dans les trois systèmes culturaux et sur les deux types de sol (moyennes 1997–2002) et, pour comparaison, dans une prairie permanente voisine (Cuendet 1997). Des lettres différentes signalent des différences significatives (test de Tukey,  $P < 5\%$ ).

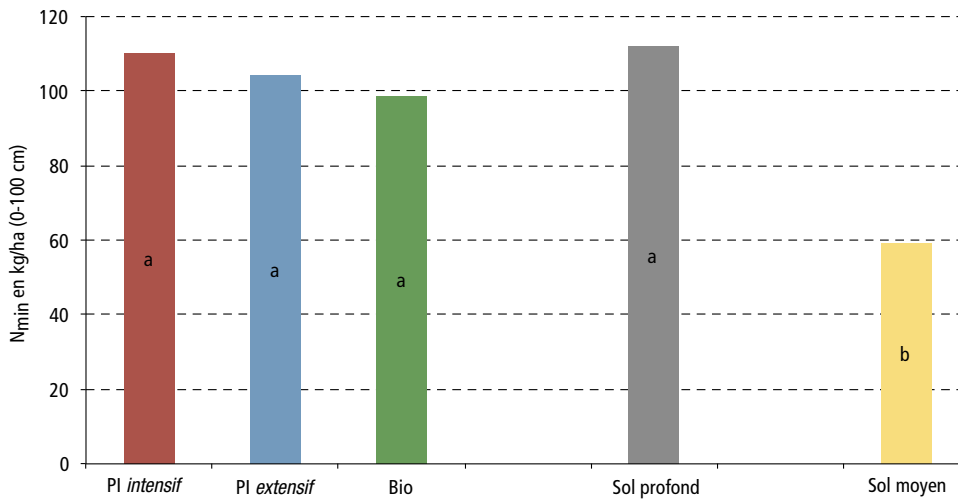


**Figure 3** | Evolution de la biomasse microbienne (BM déterminée par la méthode SIR) dans les trois systèmes culturaux en sol profond (moyennes des parcelles 3 et 5) ainsi qu'en sol moyen (parcelle 6).

pesés et classés selon les espèces. Pour évaluer une population de vers de terre, on préfère généralement se référer à leur biomasse car elle reflète mieux leur efficacité écologique que le nombre d'individus. En se basant sur leur mode de vie et sur leur taille, on distingue deux groupes de vers de terre qui colonisent la couche supérieure du sol (les espèces *épigées* et les *endogées*) et un groupe qui vit plutôt en profondeur, les *anéciques*. L'influence de la nature du sol sur l'abondance des vers de terre a été confirmée sur le site de Burgrain par Jäggi et al. 2002 (fig. 2). La parcelle sur sol moyen, exposée au sud, renfermait une biomasse de vers de terre systématiquement plus faible que celle des parcelles sur sol profond. C'est plus particulièrement la part des *anéciques* qui est significativement plus élevée en sol profond. Les populations de vers de terre les plus importantes ont été trouvées sur une prairie naturelle voisine où ils profitaient d'un couvert végétal permanent. Compte tenu du climat humide, la densité de vers de terre dans les systèmes culturaux expérimentés à Burgrain est plus élevée que dans les zones de grandes cultures typiques du Plateau suisse.

De 1997 à 2002, la biomasse moyenne de vers de terre du procédé Bio dépassait de 13 % celle de *Plintensif*, et *Plextensif* dépassait de 12 % le procédé *Plintensif*. On peut supposer que toutes les sortes de vers de terre ont bénéficié de la plus forte densité de mauvaises herbes dans le procédé Bio, et en partie aussi dans le procédé

*Plextensif*, qui leur fournissaient une pâture plus abondante. Dans les six ans de la rotation des cultures, on constate après deux années déjà, cultivées en pommes de terre puis en blé, que la biomasse des *anéciques* est au plus bas dans les trois systèmes, soit 96 g/m<sup>2</sup> en moyenne; c'est probablement dû au brassage intensif du sol lié à la mise en place et à la récolte des pommes de terre. Dans la culture de maïs qui suivait, cette biomasse avait légèrement augmenté, atteignant 116 g/m<sup>2</sup>. Après la quatrième année de culture, de l'orge de printemps, la biomasse a régressé à 107 g/m<sup>2</sup>. Ce qui est remarquable, c'est l'augmentation de quelque 80 % de la biomasse des *anéciques* durant les deux années en prairie temporaire, pour atteindre finalement 194 g/m<sup>2</sup>, soit près de 2000 kg/ha. Quant aux vers de terre qui vivent dans la couche supérieure du sol, leur petite taille fait qu'ils sont moins dérangés par les travaux du sol. Ainsi, leur biomasse est restée assez stable durant toute la rotation, autour de 50 g/m<sup>2</sup>, soit 500 kg/ha. Les semis sous litière et en bandes fraîsées exécutés dans le système *Plextensif* de 2003 à 2008 ont eu un léger effet bénéfique sur les vers de terre par rapport au labour systématique pratiqué dans les systèmes *Plintensif* et Bio; les différences n'étaient toutefois pas significatives. Pour stimuler plus efficacement le développement des vers de terre, il faudrait diminuer encore le brassage de la terre en appliquant systématiquement le travail du sol en bandes ou le semis direct (Jossi et al. 2011).



**Figure 4 |** Teneur du sol en azote minéral ( $N_{\min}$  dans la couche 0–100 cm) en fin de période de végétation (novembre) dans les trois systèmes culturaux et les deux types de sol (moyennes 1992–2007). Des lettres différentes signalent des différences significatives (test de Tukey,  $P < 5\%$ ).

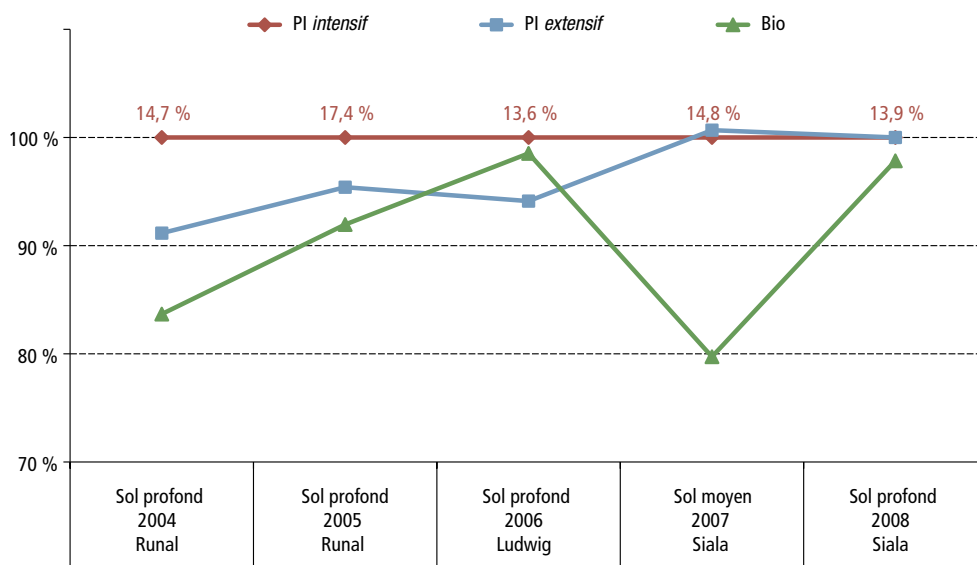
### Microbiologie du sol

Durant toute la période expérimentale, on a observé les effets des trois systèmes culturaux sur la quantité et sur l'activité des microorganismes du sol. A cet effet, on a prélevé tous les deux ans au printemps, à partir de 1998, des échantillons de sol dans la couche 0–20 cm à l'intérieur d'une surface de référence de 10 × 10 m délimitée dans chacun des trois systèmes culturaux. On a mesuré la respiration des microorganismes par le dégagement de  $CO_2$ , la minéralisation de l'azote par incubation en conditions aérobies, ainsi que la biomasse microbienne par la mesure de l'activité respiratoire induite par un substrat (SIR).

Les mesures ont montré que les paramètres microbiologiques étaient peu influencés par les systèmes culturaux appliqués; ils étaient en revanche très marqués par les caractéristiques physico-chimiques du sol des différentes parcelles. La figure 3 illustre l'évolution de la biomasse microbienne de 1998 à 2008. Les procédés placés dans la parcelle au sol moyen ont présenté les valeurs les plus faibles tant pour la biomasse microbienne que pour les autres paramètres microbiologiques. Ces valeurs étaient comparables à celles que l'on rencontre dans les sols de grandes cultures du Plateau suisse qui se sont formés sur moraine ou gravier. En revanche, dans les parcelles de Burgrain sur sol profond, on pouvait trouver des valeurs très élevées pour tous les paramètres microbiologiques, avec parfois des différences significatives entre les procédés.

En ce qui concerne la biomasse, le système Bio se révèle nettement supérieur au système *Plintensif* sur sol profond, et c'est l'inverse sur sol moyen. La différence entre les procédés Bio et *Plintensif* sur sol profond est restée semblable durant toute la période expérimentale, quoique avec une tendance à diminuer à partir de 2004. Toutefois, l'augmentation de la biomasse microbienne à partir de 2004 dans les parcelles *Plextensif* sur sol profond est remarquable. Cet effet est certainement à mettre en relation avec la culture sans retournement du sol pratiquée à partir de 2003 (semis sous litière et semis en bandes fraisées). Cette réaction n'a pas été observée dans les parcelles morainiques.

En résumé, on constate qu'il n'est pas possible de mettre en évidence des différences claires et explicables entre les systèmes culturaux examinés. Ce constat est surprenant par rapport aux résultats d'études internationales qui, pour la plupart, font état d'effets positifs de la culture biologique sur les microorganismes et leur activité (Alföldi *et al.* 2002). Cependant, d'autres travaux comparables effectués en Suisse ont abouti aux mêmes conclusions que les nôtres. Ainsi, des comparaisons réalisées dans la pratique en Suisse alémanique, sur des paires de parcelles exploitées l'une en Bio et l'autre en production intégrée, n'ont révélé des valeurs supérieures en culture Bio que dans 30 % des cas (Oberholzer et Mäder 2002). De même, dans l'essai DOK de longue durée à Therwil (BL), les prélèvements les plus récents ne révèlent aucune différence significative entre le pro- ➤



**Figure 5** | Teneur relative en protéines du blé d'automne dans les trois systèmes culturaux de 2004 à 2008 selon le type de sol et la variété (Plintensif = 100 %, teneurs effectives affichées).

cédé Bio et la production intégrée, quel que soit le paramètre microbiologique mesuré (Oberholzer *et al.* 2009). Dans l'essai de Burgrain comme dans l'essai DOK, les apports d'engrais de ferme ainsi qu'une rotation de cultures identique dans les deux systèmes expliquent les faibles différences voire l'absence de différences entre le système Bio et le système cultural correspondant aux PER.

#### Dynamique de l'azote dans le sol

La teneur en azote minéral ( $N_{\min}$ ) dans la couche 0–100 cm des sols est très fluctuante. De nombreuses analyses de la dynamique de l'azote durant plusieurs années et au cours de différents mois, sur des parcelles avec ou sans fertilisation azotée, ont montré que les sols profonds se caractérisaient par un potentiel de minéralisation de l'azote nettement plus élevé que celui des sols moyens. Les mesures  $N_{\min}$  effectuées de 1992 à 2007 dans toutes les cultures en novembre, soit à la fin de la période de végétation, confirment ces observations (fig. 4): la moyenne générale des valeurs enregistrées en sol profond atteignait 112 kg  $N_{\min}$ /ha, tandis qu'en sol moyen, les valeurs n'atteignaient que 59 kg  $N_{\min}$ /ha. Cependant, on n'a observé que de faibles différences entre les systèmes culturaux dans les teneurs en  $N_{\min}$  de novembre. Ainsi, la moyenne observée en Bio atteignait 99 kg  $N_{\min}$ /ha, soit seulement 10 % de moins que dans le procédé Plintensif qui se situait à 110 kg  $N_{\min}$ /ha.

C'est principalement en culture de blé extensive dans le procédé Bio que des quantités excessives d'azote minéral disponible ont parfois été la cause de verse, suivie de baisses de rendement. Les différences de potentiel de

minéralisation de l'azote entre les deux types de sol de Burgrain se sont aussi traduites par des différences de qualité des récoltes, notamment les teneurs en protéines du blé. De 2004 à 2008, en sol profond, la teneur en protéines du blé Bio n'était inférieure que de 7 % à celle du blé Plintensif. En sol moyen, où les fournitures d'azote par le sol sont plus modestes, cette différence atteignait 20 % (fig. 5).

#### Conclusions

Une bonne connaissance des sols, de leurs points forts et de leurs points faibles naturels, est nécessaire pour mettre en œuvre un système d'exploitation rationnel et durable. Les mesures culturales doivent donc être adaptées aux caractéristiques du sol. Si un sol se distingue par exemple par un potentiel de minéralisation de l'azote élevé, la norme de fumure azotée doit être réduite en conséquence, ce qui permet aussi d'éviter des dépenses inutiles. Si le sol est limoneux, il y a lieu de prendre des mesures visant à renforcer la stabilité de sa structure, par exemple en recourant au semis sous litière, au semis en bandes fraisées ou au semis direct afin de prévenir la battance et diminuer le risque d'érosion. ■

## Riassunto

### Importanza del suolo nella prova sui sistemi di coltivazione Burgrain

Nella prova Burgrain (1991–2008) condotta a Alberswil LU, con suoli su sedimenti alluviali e morenici si è dimostrato che la natura del suolo ha spesso avuto effetti maggiori sui parametri analizzati rispetto ai sistemi di coltivazione PI intensiva (PER con elevato impiego di mezzi ausiliari), PI estensiva (PER con ridotto impiego di mezzi ausiliari) e biologico. Le parcelle con terra bruna calcarea gleyficata a profondità elevata con 4 % di humus e 22 % di argilla avevano una struttura del suolo più stabile e un potenziale di mineralizzazione dell'azoto chiaramente più elevato, rispetto alle parcelle con terra bruna a profondità moderatamente elevata con 2,6 % di humus e 17 % di argilla. Pertanto, il frumento bio poco concimato con azoto su terra bruna calcarea ha raggiunto un contenuto proteico del grano in parte appena sufficiente. D'altro canto l'elevata disponibilità di azoto nella terra bruna calcarea ha provocato occasionalmente l'allettamento dei cereali a coltivazione estensiva. La biomassa dei lombrichi e microorganismi del suolo era significativamente superiore nella terra bruna calcarea, più umida. A causa di metodi di lavorazione del suolo simili e dell'impiego di concimi aziendali in tutti i sistemi, non sono emersi effetti dei singoli sistemi sugli organismi del suolo; soltanto la rinuncia all'aratura nella PI estensiva verso la fine dell'esperimento ha avuto ripercussioni in gran parte positive.

## Bibliographie

- Alföldi T., Fliessbach A., Geier U., Kilcher L., Niggli U., Pfiffner L., Stolze M. & Willer H., 2002. Organic Agriculture and the Environment. In: El-Hage Scialabba, Nadia and Caroline Hattam (Eds.). Organic agriculture, environment and food security, Food and Agriculture Organisation of the United Nation (FAO), Rome, chapitre 2.
- Cuendet G., 1997. Die Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. *Buwal Schriftenreihe Umwelt* 291, 1–92.
- Jäggi W., Weisskopf P., Oberholzer H.-R. & Zihlmann U., 2002. Die Regenwürmer zweier Ackerböden. *Agrarforschung* 9, 446–451.
- Jossi W., Zihlmann U., Anken T., Dorn B. & van der Heijden M., 2011. Un travail du sol réduit protège les vers de terre. *Recherche Agronomique Suisse* 2 (10), 432–439.
- Oberholzer H.-R. & Mäder P., 2002. Paarvergleiche bodenmikrobiologischer Parameter auf biologisch bzw. integriert bewirtschafteten Praxisparzellen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 58, 188–192.

## Summary

### Importance of the soil in the Burgrain farming-system trial

In the Burgrain field trial (1991–2008; Alberswil, Canton of Lucerne, Switzerland), where the soils have developed on alluvial and moraine sediments, it was found that the soil nature often had greater effects on the investigated parameters than the three different farming systems applied, which were «intensive IP» (Integrated Production) with intensive use of auxiliary substances, «extensive IP» with restricted use of auxiliary substances, and «organic». The alluvial Calcari-gleyic Cambisol plots with 4 % humus and 22 % clay content showed a more stable soil structure and a significantly higher nitrogen mineralisation potential than the decarbonated Cambisol plot on moraine with 2,6 % humus and 17 % clay. Because of this, the organic wheat grown on the moraine plot, fertilized with only small amounts of nitrogen, achieved no more than barely sufficient protein contents in some cases. In contrast, the high amounts of soil-borne nitrogen in the more humous gleyic soils occasionally led to lodging in the case of the extensively raised «Extenso» cereals. The biomass of earthworms and soil microorganisms was significantly higher in the alluvial than in the moraine soils. Because of the similar tillage methods and the use of farmyard manures in all three systems, there was little evidence for differences in soil biological parameters between the farming systems. Only reduced tillage in «extensive IP» towards the end of the trial provided generally positive results on these parameters.

**Key words:** farming system, organic farming, soil, microbial biomass, nitrogen.

- Oberholzer H.-R., Fliessbach A., Mäder P. & Mayer J., 2009. Einfluss von biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf biologische Bodenqualitätsparameter: Entwicklungen im DOK-Langzeitversuch nach pH-Regulierung. Wissenschaftstagung für ökologischen Landbau, Zürich. Accès: [http://orgprints.org/14512/1/Oberholzer\\_14512.pdf](http://orgprints.org/14512/1/Oberholzer_14512.pdf)
- Zihlmann U., Weisskopf P., Dubois D. & Tschachtli R., 1999. Burgrain: Bodenstruktur in unterschiedlichen Anbausystemen. *Agrarforschung* 6, 165–168.
- Zihlmann U., Jossi W., Scherrer C. et al., 2010. Comparaison entre production intégrée et production biologique – Essai de Burgrain. Résultats de l'essai sur les systèmes de production à Burgrain de 1991–2008. *Rapport ART 722*, 1–16.