

L'agriculture bio en comparaison

Résultats de 45 ans de l'essai DOC

Créé par des paysans – réalisé par des chercheurs

Des agriculteurs et des chercheurs de l'agriculture bio ont pris en 1978 l'initiative de créer une comparaison de l'agriculture biologique et conventionnelle et ont pour ce faire mis en place l'essai DOC. Il se trouve dans le Leimental au sud-ouest de Bâle, sur des sols fertiles sur lœss, dans le coin sud-est du Fossé du Rhin. Il est maintenant l'essai de comparaison de systèmes agricoles qui dure le plus longtemps dans le monde. Avec sa grande base de données et une banque d'échantillons, il offre jusqu'à aujourd'hui une plateforme idéale pour les projets de recherches les plus divers. Des dizaines de projets ont été réalisés ici au cours des 45 dernières années, et des milliers d'échantillons de terre et de plantes ont été analysés et mis en valeur. Il en est issu notamment 130 publications dans des revues scientifiques ainsi que de nombreux travaux de doctorat et de fins d'études. Cette fiche d'information présente et interprète de manière facilement compréhensible les principales constatations de cet essai.



Comment l'essai est-il conçu?

Les systèmes agricoles

L'essai DOC compare entre eux les systèmes agricoles biodynamiques (**D**), organo-biologiques (**O**) et conventionnels (**C**). Ces systèmes simulent des exploitations avec grandes cultures et production animale avec 1,4 unité de gros bétail fumure (**UGBF**) par hectare^[1]. Les systèmes bio suivent les directives de Demeter et de Bio Suisse. Les engrais de ferme viennent d'exploitations qui travaillent selon les systèmes correspondants. Les directives Demeter exigent l'utilisation de préparations spéciales pour les champs et les composts et que les travaux agricoles soient effectués en tenant compte des constellations cosmiques. Le procédé conventionnel correspond aujourd'hui à la production intégrée avec bilan de fumure équilibré, utilisation supplémentaire d'engrais minéraux selon les besoins et protection

phytosanitaire en fonction des seuils de tolérance économiques. Il y a en outre depuis le début de la deuxième rotation des cultures (1985) un procédé conventionnel qui ne reçoit que des engrais minéraux pour simuler une exploitation sans bétail (**M**).

La rotation des cultures

La rotation culturale de sept ans avec deux années de repos du sol sans labour avec prairie graminées-légumineuses est typique des exploitations agricoles suisses qui ont du bétail. Les cultures annuelles sont des sarclées (betteraves rouges, maïs, pommes de terre, choux blancs), des céréales (blé, orge) et une légumineuse à graines, le soja. Les cultures dérobées sont utilisées soit comme engrais vert soit comme fourrage.

La rotation des cultures est décalée dans le temps sur trois soles parallèles. Il y a donc chaque année trois cultures différentes de la rotation des cultures sur les parcelles de l'essai. La rotation des cultures est la même dans tous les systèmes agricoles. Elle représente donc un compromis entre les systèmes. Elle a été légèrement adaptée après chaque période d'assolement (PA), et la position des cultures a aussi un peu changé jusqu'en 2013. Au début il y avait de l'orge et du chou blanc – plus tard des betteraves rouges à la place du chou blanc qui donne beaucoup de travail. Il y avait dans chaque PA des pommes de terre, du blé d'automne et de la prairie graminées-légumineuses. Au début de la troisième PA (en 1992), une troisième année de prairie temporaire a été introduite à la place de l'orge car la rotation chargée en céréales avait provoqué dans tous les systèmes des problèmes de piétins. Du maïs et du soja sont cultivés depuis 1999 et la prairie temporaire est revenue à deux ans. Les raisons des changements étaient la préoccupation d'une utilisation optimale de l'azote dans la rotation ainsi que l'apparition – indépendante du système – de ravageurs comme le ver fil-de-fer dans les pommes de terre^[1].

La fertilisation

L'essai est effectué avec deux niveaux de fumure différents. Le niveau de fumure avec 1,4 UGBF/ha correspond à la densité animale moyenne d'une entreprise agricole en polyculture-élevage en Suisse. Avec le deuxième niveau de fumure, 0,7 UGBF/ha, tous les systèmes ne reçoivent que la moitié de la quantité d'engrais de ferme – ou d'engrais minéraux pour le système **C**. Les quantités d'azote, de phosphore et de potassium étaient dans les deux systèmes bio inférieures de 40 % à celles du système conventionnel avec engrais de ferme, le niveau de l'azote minéral

était dans les systèmes bio inférieur de 60 % à celui du système conventionnel. Dans les système bio, la quantité de matière organique apportée avec les engrais de ferme était diminuée par leur préparation spécifique en fonction des systèmes, car le système **O** utilise du fumier décomposé qui est brassé une fois, et le système **D** du compost de fumier qui contient en plus les préparations biodynamiques pour le compost. La stratégie de fumure des procédés conventionnels se base sur les principes pour la fertilisation des cultures agricoles en Suisse, qui ne tiennent compte que d'une partie de l'azote des engrais de ferme^[2].

La protection phytosanitaire

Il y avait à disposition en 1978 des produits phytosanitaires qui ne sont plus autorisés aujourd'hui parce qu'ils sont toxiques pour l'environnement, les utilisateurs-trices ou les consommateurs-trices. Les quantités utilisées étaient en partie très élevées. Les systèmes conventionnels utilisaient alors en moyenne 4 kg de matières actives par hectare et par année – nettement plus dans les pommes de terre et rien du tout dans les prairies. Les fongicides et les herbicides en représentaient la plus grande partie. Les quantités utilisées dans les systèmes conventionnels sont aujourd'hui nettement plus basses. Cela est dû à la disponibilité de nouveaux produits et au passage largement répandu à une utilisation en fonction des besoins. Dans le système **O**, l'utilisation de cuivre est autorisée pour lutter contre le mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*). Dans les procédés bio, les doryphores sont régulés avec un produit phytosanitaire biologique. Sinon l'agriculture biologique recourt à des méthodes préventives. En moyenne des rotations culturales et des cultures, les procédés bio ont utilisé 92 % de produits phytosanitaires de moins que les procédés conventionnels.

Tableau 1: Caractéristiques des systèmes agricoles de l'essai DOC

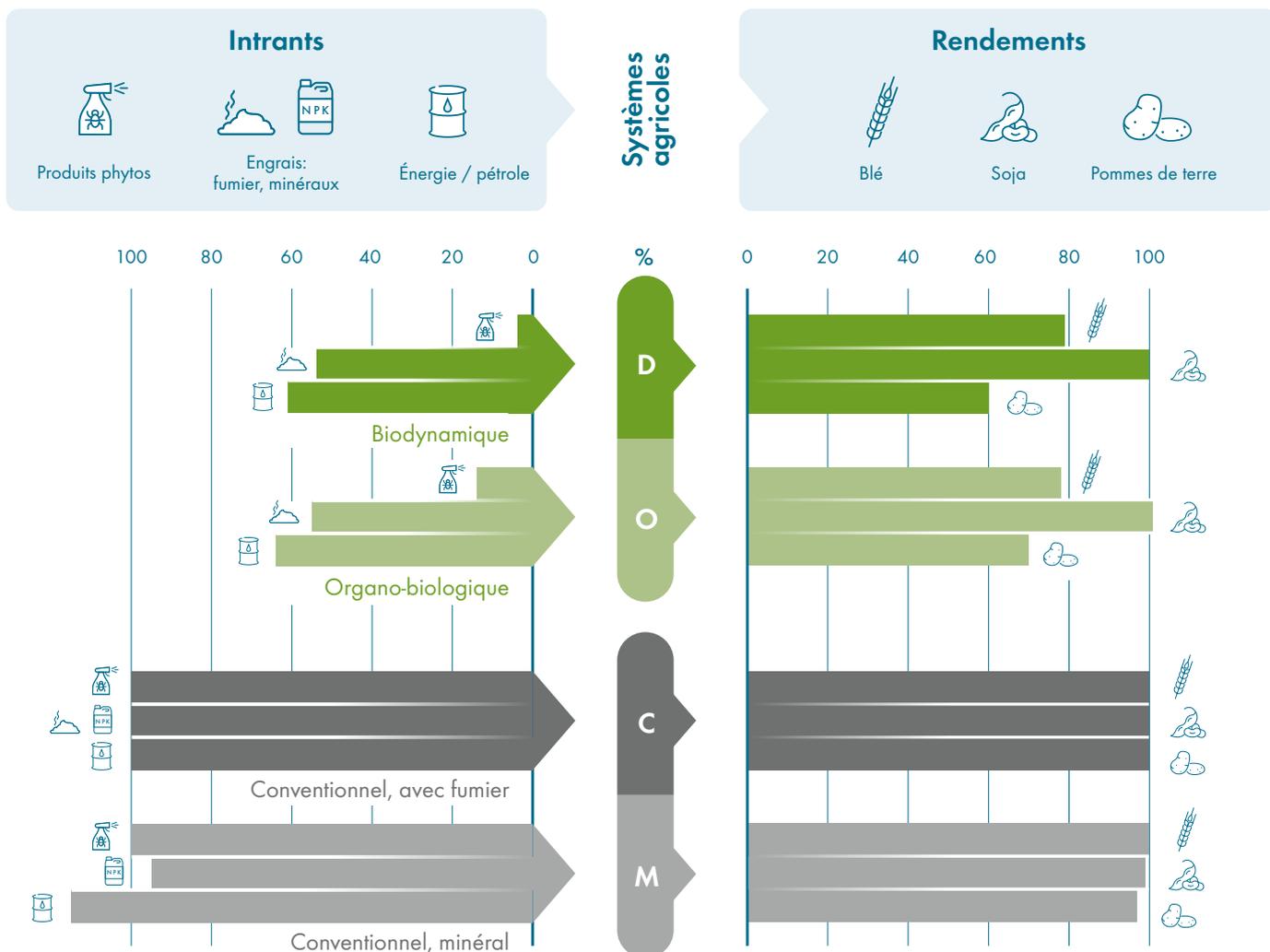
	Système agricole	D biodynamique	O organo-biologique	C conventionnel	M conventionnel, minéral
Fumure	Engrais de ferme	Compost de fumier et lisier	Fumier décomposé et lisier	Fumier en tas et lisier	-
	Engrais minéraux	Poudre de roche	Poudre de roche, potasse magnésienne	Urée, nitrate d'ammonium, Nitrate d'ammonium calcique, superphosphate triple, chlorure de potassium	
Protection phyto	Maîtrise des mauvaises herbes	Mécanique avec herbes étrilles et sarcleuses		Mécanique et avec herbicides	
	Maladies des plantes	Mesures indirectes	Mesures indirectes, produits cupriques dans les pommes de terre	Fongicides	
	Ravageurs	Biocontrol (<i>Bacillus thuringiensis</i>), extraits de plantes		Insecticides, Biocontrol, granulés antilimaces et mesures préventives	
	Particularités	Préparations biodynamiques	-	Régulateurs de croissance	

Les rendements bio restent stables à long terme

Les rendements relevés depuis le début de l'essai ont été stables dans les systèmes bio malgré une fumure limitée aux engrais de ferme. Alors que la diminution des rendements était inférieure de 20 % pendant les trois premières périodes d'assolement, elle s'est réduite à 15 % sur six périodes d'assolement. Les différences des rendements varient toutefois fortement selon les cultures. Alors que la diminution de rendement des prairies graminées-légumineuses a été inférieure de seulement 9 % dans les systèmes bio, elle a été très élevée avec 32 % dans les pommes de terre. Le rendement du blé bio était inférieur de 22 %, mais celui du maïs seulement de 12 %. Le soja a fourni des rendements équivalents^[3]. Les bons rendements bio des prairies temporaires et du soja sont dus à leur capacité de fixer de l'azote de l'air qui joue un grand rôle en

agriculture biologique. Dans le blé, le système **D** a atteint au cours des deux dernières périodes d'assolement des rendements légèrement supérieurs à ceux du système **O**, ce qui est peut-être dû à la variété issue de la sélection céréalière biodynamique. **O** a cependant obtenu un rendement des pommes de terre supérieur de 15 % à cause de la lutte plus efficace contre le mildiou. Les systèmes bio sont donc très efficaces: Ils produisent globalement 85 % des rendements conventionnels bien qu'ils n'utilisent que 50 % de nutriments et d'énergie et consomment 92 % de moins de produits phytosanitaires. La nette diminution des intrants a des effets sur la biodiversité, le climat et la fertilité du sol. Et les denrées alimentaires et fourragères sont en outre, ainsi que les eaux, moins contaminées par des engrais et des pesticides.

Figure 1: Intrants et rendements des systèmes de l'essai DOC sur toute sa durée

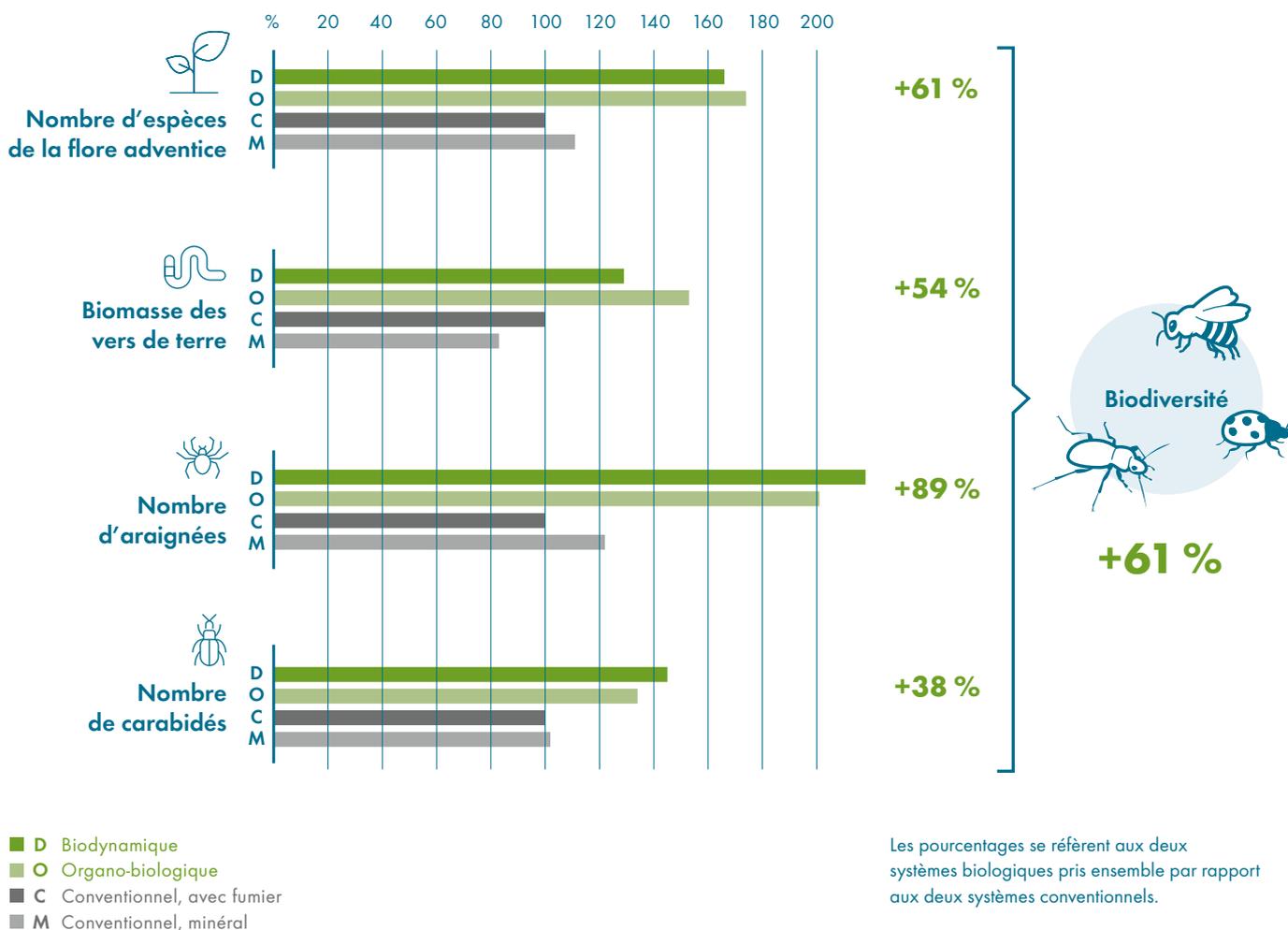


Davantage de biodiversité grâce à l'agriculture biologique

Les pertes de biodiversité exercent une forte influence sur l'agriculture. L'évaluation de la biodiversité dans l'essai DOC se base sur des espèces dont le rayon de mobilité ne dépasse pas beaucoup la grandeur des surfaces d'essai. À cause du renoncement aux herbicides, la diversité végétale et le stock grainier sont nettement plus élevés dans les systèmes bio que dans le système C^[4]. Mais les carabidés, les staphylinidés et les araignées étaient aussi environ deux fois plus fréquents dans les parcelles bio que dans le système C^[5]. Pendant les premières périodes d'assolement, les populations de vers de terre étaient aussi fortement réduites dans le système C^[6]. La fumure organique a favorisé le nombre et la diversité des nématodes qui se nourrissent de bactéries et de plantes. D'un autre côté, on a trouvé dans le système avec la fumure purement minérale davantage de nématodes qui mangent surtout des champignons^[5]. Les microorganismes

du sol se multiplient particulièrement fortement à la surface des racines, mais aussi dans le tube digestif des grands organismes du sol quand les résidus de récolte sont décomposés. La dynamique de leur structure de population est de ce fait étroitement liée avec celle des plantes et des animaux du sol. La société des bactéries a été influencée plus fortement par l'intensité de la fumure, celle des champignons l'a été plus fortement par les différences entre les systèmes^[7]. Dans les bio-systèmes, davantage de symbioses entre les champignons mycorhiziens et les plantes cultivées ont été trouvées. La symbiose mycorhizienne était particulièrement prononcée dans le système D pendant les stress hydriques. La société bactérienne plus diversifiée dans les sols du système O est restée plus longtemps active pendant les périodes de sécheresse, ce qui a influencé positivement la minéralisation de l'azote et donc en même la croissance des plantes^[8].

Figure 2: Indicateurs de la biodiversité

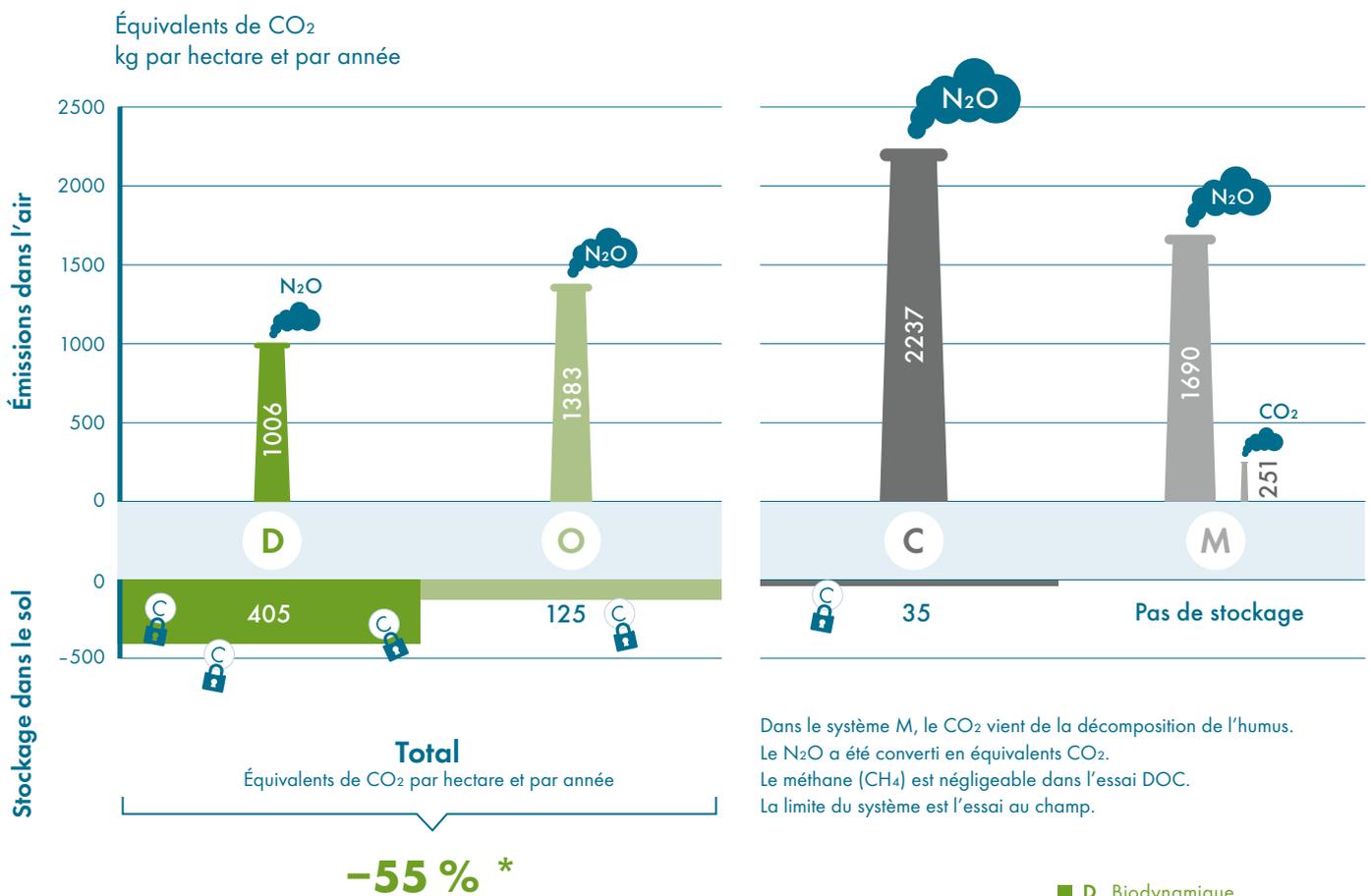


L'agriculture bio est bonne pour le climat

L'actuel changement climatique est causé par ce qu'on appelle les gaz à effet de serre (GES). Les trois plus importants GES responsable de ce changement sont le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Des mesures aussi bien pour la protection du climat que pour la résilience climatique sont discutées dans l'agriculture. Les système **D** est le seul système de l'essai DOC à stocker dans le sol une quantité substantielle de carbone (C) organique sous forme d'humus, vraisemblablement à cause du compostage du fumier^[9]. C'est en outre ici que les plus faibles émissions de protoxyde d'azote ont été mesurées, tandis que la forte fumure azotée a provoqué dans les systèmes conventionnels des taux d'émissions de GES plus élevées^[10]. Les émissions de GES des surfaces avec la fumure complète étaient inférieures de 63 % dans le système **D** et de 44 % dans le système **O** que dans

le système **C** avec engrais de ferme. Des modèles scientifiques qui évaluent le stockage du carbone dans le sol et sont la base pour les rapports climatiques internationaux partaient jusqu'ici de l'idée que les apports de carbone par les racines augmentent en fonction de la biomasse aérienne produite: Cela signifierait que plus le rendement d'une culture est élevé plus il y a de carbone stocké dans le sol, et donc que les systèmes agricoles conventionnels introduisent davantage de carbone dans le sol que les systèmes biologiques. Les résultats de l'essai DOC ont pu réfuter cette hypothèse pour le blé d'automne et le maïs. Ils montrent que les apports souterrains de carbone sont largement indépendants de la production de biomasse aérienne et que les systèmes biologiques présentent même des apports souterrains de carbone un peu plus élevés malgré des rendements inférieurs^[11].

Figure 3: Émissions de gaz à effet de serre provenant du sol sous forme de protoxyde d'azote (N₂O) et de CO₂



Dans le système M, le CO₂ vient de la décomposition de l'humus.
Le N₂O a été converti en équivalents CO₂.
Le méthane (CH₄) est négligeable dans l'essai DOC.
La limite du système est l'essai au champ.

* Les deux systèmes biologiques pris ensemble par rapport aux deux systèmes conventionnels.

- D Biodynamique
- O Organo-biologique
- C Conventionnel, avec fumier
- M Conventionnel, minéral

L'agriculture biologique favorise la fertilité du sol

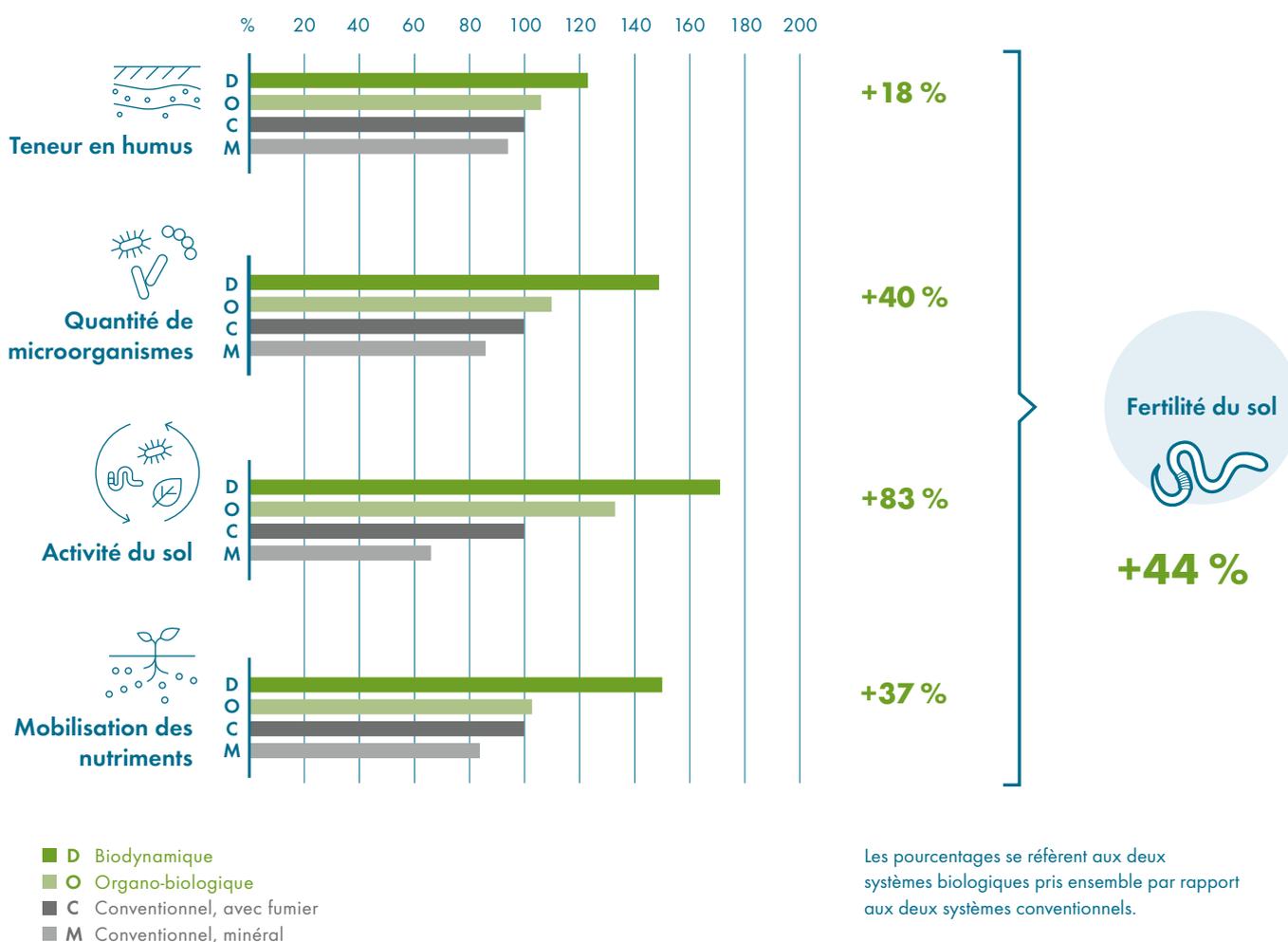
Les systèmes agricoles biologiques et biodynamiques présentent lorsque le sol est nu une surface moins battante. Les sols bio ont une structure plus stable. Dans le système conventionnel, le pH est descendu après 21 ans en dessous de la valeur limite. Maintenir le pH en dessus de 6 est important pour la structure du sol, l'activité biologique et la nutrition des plantes. Cela garantit une meilleure infiltration de l'eau et une meilleure protection contre l'érosion. 5 t de chaux ont été épandues par hectare. Les systèmes biologiques n'ont pas nécessité de chaulage.

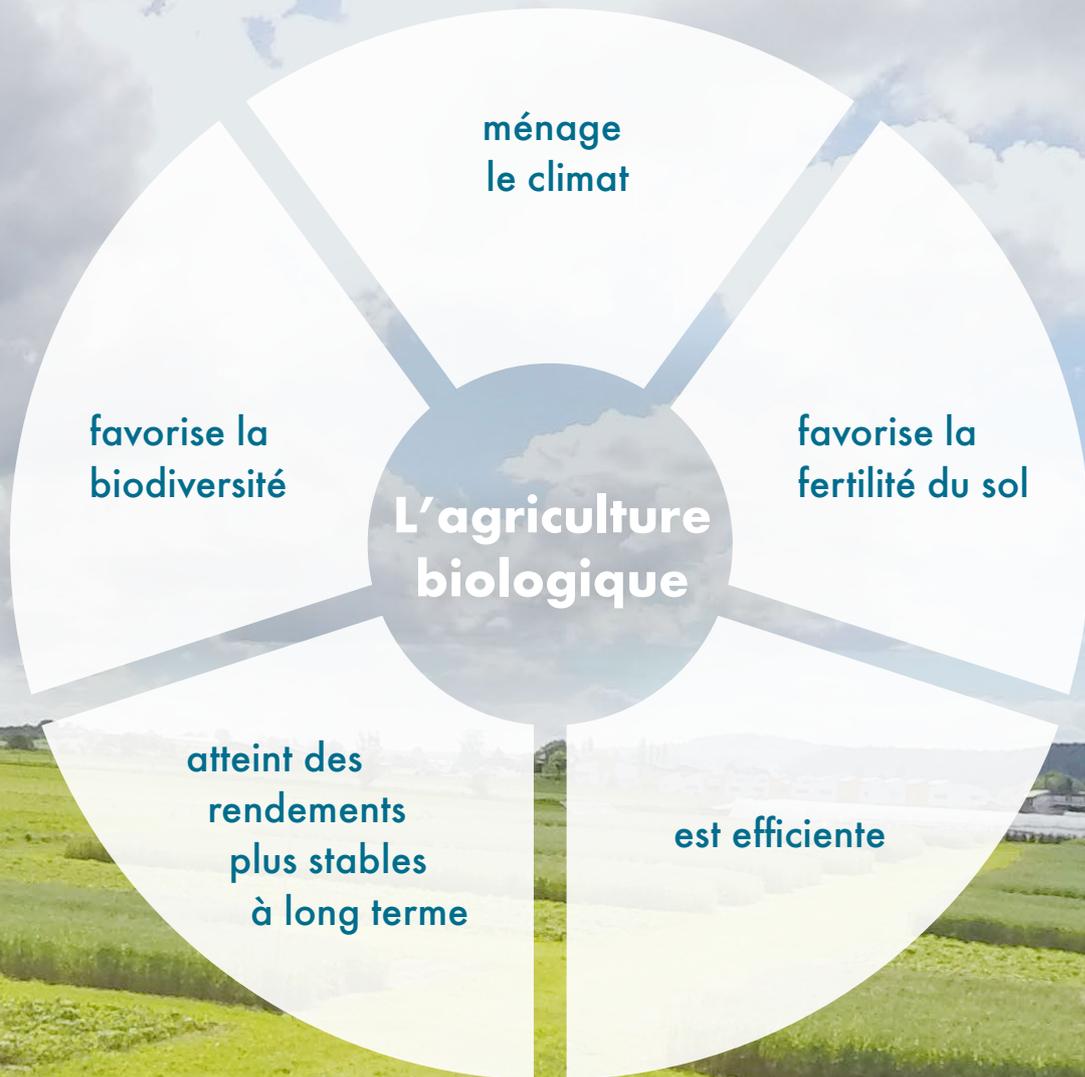
Dans les procédés avec le niveau élevé de fumure et des engrais de ferme, les teneurs et réserves d'humus étaient constantes ou ont augmenté. Sans engrais organiques ou avec la fumure réduite, les

sols ont perdu de l'humus^[9]. L'utilisation de compost de fumier a permis au système **D** d'atteindre des teneurs en humus significativement plus élevées que tous les autres procédés.

La biomasse microbienne (la quantité de microorganismes), son activité et son efficacité étaient nettement plus élevées dans les systèmes bio que dans les procédés conventionnels. Le potentiel de mobilisation du phosphore organique (activité de la phosphatase) était 50 % plus élevé dans le système biologique que dans le système conventionnel avec fumier. Tous les indicateurs de la fertilité du sol ont montré des valeurs meilleures dans les systèmes bio et en particulier dans le système biodynamique. La fertilité du sol dans **D** avec fumure réduite a atteint ou dépassé celles de **C** avec la fumure élevée^[9].

Figure 4: Indicateurs de la fertilité du sol





Résumé

L'agriculture biologique propose des solutions durables pour quelques-uns des problèmes les plus pressants de notre temps

Bibliographie

- 1 Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- 2 Carlen, C., Flisch, R., Gilli, C., Huguenin-Elie, O., Kuster, T., Latsch, A. J., Mayer, J., Neuweiler, R., Richner, W., Sinaj, S., Spring, J.-L. (2017). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz: GRUD. *Agrarforschung Schweiz*, 8, (6), 2017, 1-280
- 3 Knapp, S., Gunst, L., Mäder, P., Ghiasi, S., & Mayer, J. (2023). Organic cropping systems maintain yields but have lower yield levels and yield stability than conventional systems – Results from the DOK trial in Switzerland. *Field Crops Research* 302, 109072.
- 4 Rotchés-Ribalta, R., Armengot, L., Mäder, P., Mayer, J., & Sans, F. X. (2016). Long-Term Management Affects the Community Composition of Arable Soil Seedbanks. *Weed Science* 65(1), 73-82.
- 5 Birkhofer, K., Bezemer, T. M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fliessbach, A., Gunst, L., Hedlund, K., Mäder, P., Mikola, J., Robin, C., Setälä, H., Tatin-Froux, F., Van Der Putten, W. H., & Scheu, S. (2008). Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology & Biochemistry* 40(9), 2297-2308.
- 6 Pfiffner, L., & Mäder, P. (1997). Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Biological Agriculture and Horticulture – Entomological Research in Organic Agriculture* 15, 3-10.
- 7 Lori, M., Hartmann, M., Kundel, D., Mayer, J., Mueller, R. C., Mäder, P., & Krause, H.-M. (2023). Soil microbial communities are sensitive to differences in fertilization intensity in organic and conventional farming systems. *FEMS Microbiology Ecology* 99(6).
- 8 Lori, M., Piton, G., Symanczik, S., Legay, N., Brussaard, L., Jaenicke, S., Nascimento, E., Reis, F., Sousa, J. P., Mäder, P., Gattinger, A., Clément, J.-C., & Foulquier, A. (2020). Compared to conventional, ecological intensive management promotes beneficial proteolytic soil microbial communities for agro-ecosystem functioning under climate change-induced rain regimes. *Scientific Reports* 10(1), 7296
- 9 Krause, H.-M., Stehle, B., Mayer, J., Mayer, M., Steffens, M., Mäder, P., & Fliessbach, A. (2022). Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development* 42(6), 117.
- 10 Skinner, C., Gattinger, A., Krauss, M., Krause, H.-M., Mayer, J., Van Der Heijden, M. G. A., & Mäder, P. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific Reports* 9(1), 1702.
- 11 Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., & Mayer, J. (2018). Below ground carbon inputs to soil via root biomass and rhizodeposition of field-grown maize and wheat at harvest are independent of net primary productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265, 556-566

Plus d'informations

Podcast FiBL Focus

en allemand

Der DOK-Versuch – Anbausysteme im Vergleich

fi-bl.org > Infothek > Podcast > FiBL Focus > [Épisode N° 64](#)

Impressum

Institution éditrice

Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL
Ackerstrasse 113, case postale 219, 5070 Frick, Suisse
Tél. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fi-bl.org, fi-bl.org

Auteur-es: Vanessa Gabel, Andreas Fliessbach, Hans-Martin Krause, Paul Mäder (tous FiBL Switzerland)

Relecture: : Simona Moosmann (FiBL Switzerland)

Editors: Vanessa Gabel, (FiBL Switzerland)

Traduction: Manuel Perret (1418 Vuarrens)

Maquette: Patrick Baumann, Brigitta Maurer (both FiBL Switzerland)

Photos: Dominika Kundel (FiBL Switzerland) page 1, Tibor Fuchs p. 7

N° d'article du FiBL: 1793

Permalien: orgprints.org/id/eprint/54089/

Pour citer cette publication: Gabel V., Fliessbach A., Krause H.-M., & Mäder P. (2024). L'agriculture bio en comparaison – Résultats de 45 ans de l'essai DOC. Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, Frick. shop.fi-bl.org > 1793

Cette publication peut être téléchargée gratuitement depuis la boutique en ligne du FiBL: boutique.fi-bl.org

Les informations contenues dans cette fiche technique reposent sur les meilleures connaissances et sur l'expérience des spécialistes impliqués dans sa réalisation. Malgré tout le soin apporté, des erreurs et des imprécisions ne peuvent être exclues. Les auteurs et l'éditeur ne sauraient donc être tenus responsables de quelque inexactitude dans le contenu ou d'éventuels dommages consécutifs au suivi des recommandations.

2024 © FiBL

Pour des informations détaillées sur les droits d'auteur, voir: fi-bl.org/fr/copyright