



Grandes cultures bio sans bétail: résultats après 12 ans sur la ferme pilote de Mapraz

Josy Tamarcaz¹ et Maurice Clerc²

¹AGRIDEA, 1000 Lausanne 6, Suisse

²Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, 5070 Frick, Suisse

Renseignements: Josy Tamarcaz, e-mail: josy.tamarcaz@agridea.ch, tél. +41 21 619 44 24



Figure 1 | Deux rotations de cultures, avec un et deux ans de prairie temporaire, sont comparées à Mapraz.

Introduction

Le nombre d'exploitations de grandes cultures bio sans bétail ne cesse d'augmenter. La demande en produits biologiques de grandes cultures est vive et les prix à la production sont attractifs. Des agriculteurs-trices sans bétail se posent la question de la faisabilité d'une reconversion en bio, mais les références sur la durabilité et la viabilité d'un tel système manquent. Malgré les progrès de la recherche durant ces dernières années, il reste encore des questions ouvertes sur le plan technique, économique et de la durabilité.

Pour apporter des réponses pratiques à ces ques-

tions, le distributeur COOP, leader de la commercialisation des produits biologiques, finance un essai de longue durée sur ce thème. L'essai est mené par l'Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL. Le suivi et la mise en valeur de l'essai sont effectués par AGRIDEA.

Un essai de rotation culturale en grandes cultures biologiques sans bétail est conduit sur la ferme pilote de Mapraz à Thônex, Genève, depuis l'automne 1999. Une première période d'essai de six ans, de 1999 à 2005, comparant deux procédés (avec et sans fumure) sur une même rotation, a permis d'identifier quelques potentiels et risques de la grande culture bio sans bétail dans les sols lourds de Mapraz. Les rendements moyens n'ont pas été influencés par la fumure (com-



Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
 1725 Posieux
 026/ 407 72 21
 www.rechercheagronomiquesuisse.ch

Medienart: Print
 Medientyp: Fachpresse
 Auflage: 2'300
 Erscheinungsweise: 10x jährlich

Themen-Nr.: 541.3
 Abo-Nr.: 1008268
 Seite: 124
 Fläche: 254'492 mm²

post de déchets verts) et sont restés stables d'année en année; ils n'ont été que légèrement inférieurs aux références (Catalogue des marges brutes AGRIDEA-FiBL 2005), sauf pour la féverole, le trèfle violet et le blé après tournesol, pour lesquels ils ont été inférieurs aux références.

Deux mauvaises herbes ont causé des limitations de rendements pendant cette première période, le charbon des champs et le vulpin des champs (voir plus de

détails dans le le rapport intermédiaire 2000–2005 sur: www.srva.ch/files/mapraz_rapportintermediaire.pdf. L'essai s'est poursuivi de 2006 à 2011, sur la base suivante:

- abandon de la fumure et de la comparaison entre les procédés avec et sans fumure;
- introduction de la comparaison entre deux rotations culturales de six ans, comportant une, respectivement deux années de prairies temporaires (PT) à base de luzerne.

Tableau 1 | Les deux rotations de cultures à Mapraz de 2006 à 2011

Rotation A	Sole	Rotation B
Blé d'automne	1	Blé d'automne
Pois protéagineux de printemps*	2	Avoine de printemps
Blé d'automne	3	Féverole d'hiver
Féverole d'hiver	4	Blé d'automne
Blé d'automne	5	Prairie temporaire avec luzerne (2 ans)
Prairie temporaire avec luzerne (1 an)	6	Prairie temporaire avec luzerne (2 ans)

*Rotation A: le pois protéagineux a été cultivé en association avec des céréales en 2008 pour l'ensilage et depuis 2011 pour le grain.

Cet article fait le bilan des expériences acquises pendant la deuxième période de six ans d'essai.

Matériel et méthodes

Deux rotations culturales de six ans sont conduites en conditions bio sans bétail sur la ferme pilote de Mapraz depuis 2006 (tabl. 1). Le dispositif comprend douze parcelles de 92 × 30 m = 27,6 ares chacune. La largeur de 30 m est bien adaptée aux travaux des machines.

Le sol de Mapraz est lourd (39 à 49 % d'argile; 36 à 46 % de silt), profond (> 80 cm), riche en calcaire, avec un pH de 7,7 à 7,9, une bonne capacité de rétention en eau et un taux d'humus entre 3,8 et 5,4 %. Le sol des douze parcelles n'est pas homogène.

Tableau 2 | Rendements moyens 2007-2011 (en dt/ha; dt MS/ha pour les prairies)

Rotation A	Blé	Pois	Blé	Féverole	Blé	PT
	35,4	10,2	39,8	31,6	38,3	91,0
Rotation B	Blé	Avoine	Féverole	Blé	PT	PT
	41,0	45,9	21,9	39,1	88,2	90,4

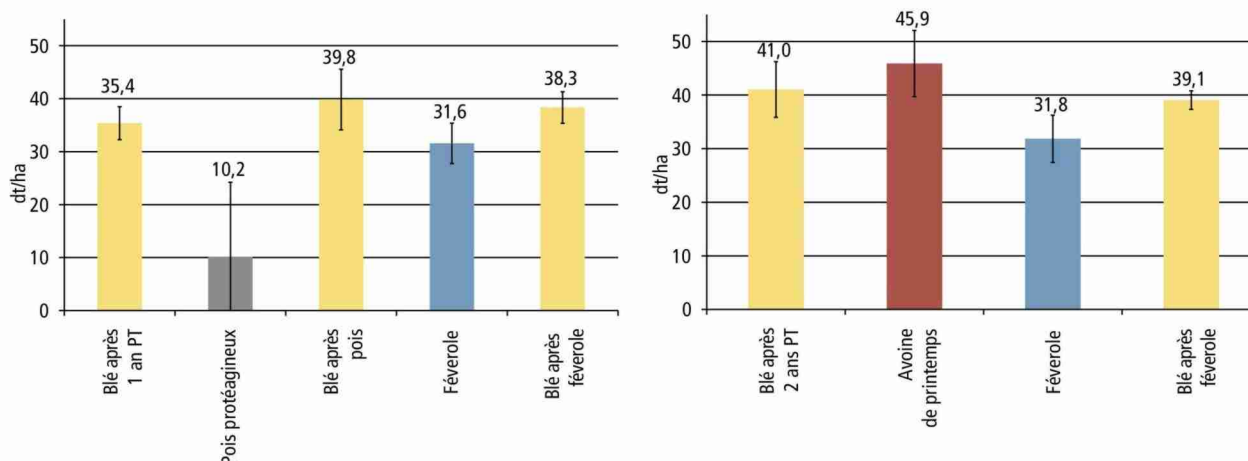


Figure 2 | Rendements moyens des cultures dans les rotations A et B (moyenne de 2007 à 2011).

Commentaires pour la prairie temporaire: La rotation «A» comprend un an de prairie temporaire à base de luzerne, trèfle violet, dactyle, fléole et ray-grass hybride (mélange standard 320) et la rotation «B», deux ans de prairie temporaire du même mélange standard.

Mapraz est une ferme pilote où l'on fait des observations sur un système mis en place, sans répétition. Plusieurs paramètres sont suivis et / ou analysés sur les deux rotations en place: rendements, état sanitaire des cultures, interventions culturales, observations du sol. Les données de l'année 2006 n'ont pas été prises en compte car il n'y a pas eu d'effet précédent (année de transition entre la première et la deuxième rotation). Nous avons toujours utilisé les données du «Catalogue de marges brutes 2011» d'AGRIDEA/FIBL comme référence ou pour les comparaisons.

Résultats et discussion

Rendements

Le niveau des rendements obtenus lors de la deuxième période d'essai (tabl. 2; fig. 2) est équivalent aux références pour la féverole d'hiver et l'avoine de printemps, légèrement inférieur aux références pour le blé et la prairie temporaire PT et catastrophique pour les pois

protéagineux.

Blé d'automne

Le rendement moyen pondéré de tous les blés de 2007 à 2011 s'élève à 38,7 dt/ha. Ce résultat est inférieur de 3,3 dt/ha (ou de 8 %) au rendement de référence du blé bio qui est de 42 dt/ha. C'est un résultat acceptable si l'on tient compte du fait que les cultures de Mapraz se pratiquent sans fumure.

Le rendement moyen est de 37,8 dt/ha pour les blés de la rotation A et de 40,1 dt/ha pour ceux de la rotation B. La différence des rendements entre les blés des deux rotations est faible (2,3 dt/ha en moyenne).

Le niveau des rendements des différents blés est assez proche et l'influence du précédent cultural n'est pas marquée.

Le rendement moyen des blés de la rotation A s'explique entre autres par trois situations particulières:

- blé sale après pois protéagineux en 2007: rendement de 31,3 dt/ha;
- mauvaise levée et nombre insuffisant de plantes et d'épis par m² après prairie temporaire en 2008: rendement de 33,2 dt/ha;
- blé après prairie temporaire où les légumineuses étaient absentes sur la moitié de la parcelle (dégâts de limaces) en 2009: rendement de 31,0 dt/ha.



Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
1725 Posieux
026/ 407 72 21
www.rechercheagronomiquesuisse.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 2'300
Erscheinungsweise: 10x jährlich

Themen-Nr.: 541.3
Abo-Nr.: 1008268
Seite: 124
Fläche: 254'492 mm²

Pois protéagineux

La culture de pois protéagineux en culture pure nous a conduits d'échec en échec, jusqu'à ce que nous ayons adopté la culture du pois en association avec l'orge. Sur cinq ans, la culture a dû être détruite deux années et ensilée une année. La raison de cet échec est la non maîtrise des mauvaises herbes. Les rendements moyens pour la période 2007 à 2011 sont de 10,2 dt/ha. La culture associée pratiquée depuis 2011 a présenté un bon résultat (29,8 dt/ha) qui sera encore amélioré par la suite.

Féverole

Le rendement moyen de la féverole d'hiver (31,7 dt/ha) est équivalent à la référence, avec des variations de 26,4 à 38,2 dt/ha selon les années et les parcelles. Le niveau de rendement de la féverole est le même pour les deux rotations de cultures.

Avoine

L'avoine a donné de bons rendements (45,9 dt/ha en moyenne), équivalents à la référence, mais avec un poids/hl moyen de 52,1 kg/hl, insuffisant trois années sur cinq (fourchette de 40,4 kg/hl en 2010 à 68,0 kg/hl en 2007).

Prairies temporaires

La prairie temporaire a été semée dans le blé ou après la récolte du blé. Deux à trois coupes sont effectuées par année. Le fourrage est vendu, sauf la dernière pousse, qui est laissée sur pied.

En raison des problèmes répétés de limaces à la levée des prairies temporaires, il a fallu ressemer ou pratiquer des sursemis à de fréquentes reprises. Cela a bien sûr péjoré le rendement, dont le niveau moyen est de 90 dt MS/ha sans compter la dernière coupe qui est laissée sur pied, c'est-à-dire 18 dt de moins que la référence. Les niveaux de rendement des prairies temporaires sont semblables pour les deux rotations de cultures.

Fertilisation

La fertilisation s'appuie sur trois piliers principaux:

- fixation maximale d'azote par les légumineuses (deux légumineuses à graines et une prairie temporaire d'une année dans la rotation A; une légumineuse à graines et une prairie temporaire de deux ans dans la rotation B);
- restitution de toutes les pailles dans les deux rotations;
- engrais verts avec légumineuses quand cela est possible (peu utilisé en raison des déchaumages répétés pour lutter contre le chardon).
- Les taux d'humus sont en légère augmentation de 1999 à 2012 et il n'y a pas de différence entre la rotation avec un an ou deux ans de PT.
- Le bilan humique, calculé avec la méthode des unités humiques de Leithold et Hülsbergen, présente:
- un solde légèrement positif pour la rotation avec un an de PT (+0,3 unités humiques);
- un solde clairement positif pour la rotation avec deux ans de prairie (+2,3 unités humiques).
- La restitution intégrale des pailles est un élément primordial de ces soldes positifs sur les deux rotations.

Pour comparaison, dans l'essai DOC (essai de longue durée mis en place à Therwil / BL en 1978), la teneur en humus a baissé pour le procédé sans aucune fumure de



2,7 % à 2,1 % en 21 ans. Seul le procédé avec des apports d'engrais de ferme équivalent à 1,4 UGBF et le mode de culture biodynamique ont réussi à maintenir le taux d'humus à son niveau initial (sol avec 15 % d'argile et

70 % de silt; rotation culturale avec deux ans de prairie temporaire sur sept) (Fliessbach et al., 2006).

Dans ce même essai DOC, le rendement du blé d'automne du procédé sans fumure a progressivement chuté pendant les 15 premières années, puis s'est stabilisé entre 65 à 70 % du rendement des procédés avec fertilisation (Fliessbach et al., 2006).

Approvisionnement en azote

A Mapraz, l'approvisionnement en azote se base sur la mise à disposition de l'azote synthétisé par les légumineuses aux autres cultures de la rotation.

Dans la rotation A, les deux légumineuses à graines (pois et féverole) et la prairie temporaire (avec luzerne et trèfle violet) reviennent tous les six ans. Il peut également y avoir des engrais verts comprenant des légumineuses. Le pois est cultivé un an sur six au lieu des un an sur sept préconisés en Suisse pour prévenir les maladies de rotation comme *Aphanomyces euteiches*, mais aucune maladie de rotation n'a encore été observée. Nous ne savons pas s'il y a une interaction négative entre les différentes légumineuses de la rotation concernant les maladies de la rotation. De tels problèmes ne sont pas à exclure.

Dans la rotation B, il y a une seule légumineuse à graine (féverole) et une prairie temporaire de deux ans (avec luzerne et trèfle violet). Le risque d'interactions négatives entre légumineuses est nettement plus faible. Tous les blés avaient une légumineuse à graine ou une prairie temporaire PT comme précédent: PT de un an, pois protéagineux ou féverole dans la rotation A et PT de deux ans ou féverole dans la rotation B.

Composition des PT et approvisionnement en azote

La part de légumineuse d'une prairie temporaire joue un rôle dans la capacité de celle-ci à fournir de l'azote aux cultures suivantes.

La levée de la prairie temporaire a été très irrégulière (légumineuses mangées par les limaces sur la partie sud)

sur la parcelle A6 en 2008. Cette mauvaise levée nous a poussés à ressemer une moitié de la parcelle. Au final, la partie ressemée était bien fournie en luzerne, alors qu'aucune légumineuse n'était présente sur l'autre moitié. Le rendement du blé mis en place sur cette parcelle l'année suivante a été particulièrement faible (31,0 dt/ha). En récoltant séparément ces deux moitiés de parcelle, nous avons constaté un rendement de 25,5 dt/ha sur la partie sans légumineuses dans la prairie temporaire précédente, alors qu'il a atteint 36,8 dt/ha sur l'autre moitié.

Cette observation montre l'importance d'une forte proportion de légumineuses dans une prairie temporaire pour fertiliser correctement la culture suivante.

Les rendements du blé après féverole ou pois sont comparables à ceux obtenus après prairie temporaire.

Adventices

Les deux adventices ayant posé problème entre 2006 et 2011, le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*) et le chardon des champs (*Cirsium arvense*), étaient fortement présentes lors de la 2e période de l'essai.

Chardon

La taille restreinte des parcelles ainsi qu'un moins bon recoupement des passages de machines de déchaumage ou des espaces non semés (de 30 à 80 cm parfois) sur les bords des parcelles favorisent aussi la multiplication du chardon.

La stratégie de maîtrise du chardon se base sur des déchaumages soutenus et un labour presque systématique. La part de PT dans la rotation (un ou deux ans de PT) influence aussi cette mauvaise herbe. Les chardons sont également coupés chaque année lorsqu'ils sont au stade bouton – début floraison.

- Lors de la première période d'essai, le temps de coupe manuel du chardon avait augmenté régulièrement d'année en année, pour atteindre 2,9 heures/ha en 2005 (fig. 3).
- La conjonction des déchaumages intensifs et de 2 années de prairie temporaire a permis une réduction du chardon dans la rotation B et une stabilisation



dans la rotation A, avec seulement un an de PT.

Vulpin des champs

La part en semis d'automne est élevée et la pression du vulpin des champs est importante, particulièrement dans le

blé et la féverole. On a dénombré jusqu'à 150 plantules de vulpin par m² sur certaines parcelles en automne. La herse-étrille n'a que peu d'efficacité contre le vulpin dans les cultures. Le blé et la féverole prennent toutefois le dessus après le démarrage de la végétation au printemps. Au moment de la récolte, la présence de vulpin est en général visuellement acceptable dans ces deux cultures, mais les rendements sont préterités.

Dès l'automne 2009, des faux semis systématiques ont été pratiqués avant l'installation de toutes les cultures, avec pour résultat une forte diminution du vulpin, le reléguant au niveau d'adventice secondaire.

Les autres adventices étaient présentes en faibles quantités. Elles ont été facilement combattues par le désherbage mécanique et leur densité n'a pas augmenté. Le nombre d'interventions mécaniques est resté stable de 2007 à 2011.

A part la rotation, la gestion des adventices s'appuie à Mapraz principalement sur des déchaumages réguliers de l'interculture, un labour presque systématique et une lutte directe avec la herse étrille (fig. 4).

- 2,5 déchaumages/an de culture en moyenne, avec une herse à disque, un chisel léger ou un chisel lourd.
- La lutte directe contre les mauvaises herbes s'est faite à la herse étrille avec en moyenne:
 - 1,8 passages dans le blé;
 - 1,3 passage dans la féverole;
 - 1,0 passage dans l'avoine.

Maladies et ravageurs

Les limaces (principalement les coïtrons *Deroceras reticulatum*) ont causé des dégâts notoires à la luzerne et au trèfle violet à la levée des prairies temporaires. Des rese-

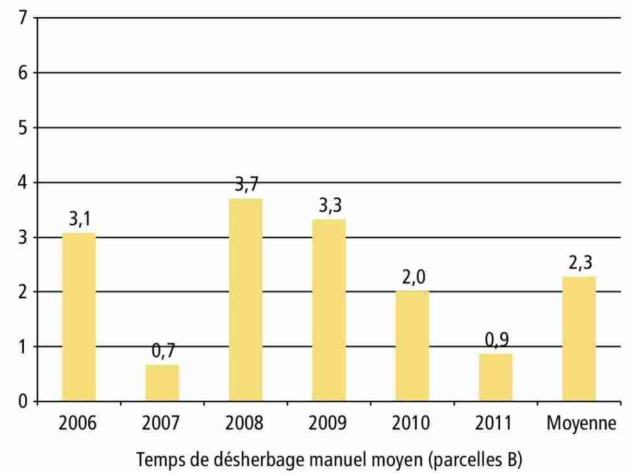
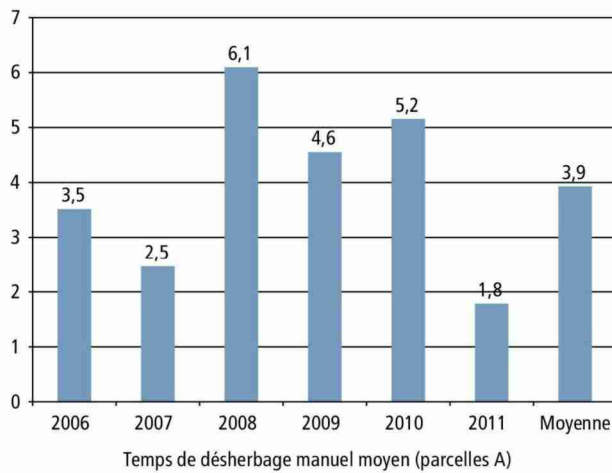


Figure 3 | Temps moyen de désherbage manuel du chardon en heures/ha.



Figure 4 | Déchaumage à Mapraz.



Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
 1725 Posieux
 026/ 407 72 21
 www.rechercheagronomiquesuisse.ch

Medienart: Print
 Medientyp: Fachpresse
 Auflage: 2'300
 Erscheinungsweise: 10x jährlich

Themen-Nr.: 541.3
 Abo-Nr.: 1008268
 Seite: 124
 Fläche: 254'492 mm²

mis ou des sursemis ont été nécessaires quatre ans sur six, dans trois quarts des situations à cause des limaces. Les maladies n'ont posé aucun problème particulier.

Marge brute comparable

La marge brute comparable de chaque culture et chaque parcelle a été calculée de la manière suivante: rendements moyens 2007 à 2011 et prix 2011 (tabl. 3).

Une «marge brute comparable d'assolement» a été calculée pour chacune des deux rotations de cultures. Les marges brutes comparables sont comparées avec une valeur de référence (catalogue marges brutes 2011).

Les meilleures marges brutes comparables sont celles des blés avec une légumineuse ou une PT comme précédent, et les moins bonnes sont celles du pois pur et des PT. La «marge brute comparable d'assolement» obtenue sur la rotation B est supérieure d'environ CHF 200.-/ha à celle obtenue sur la rotation A.

Le remplacement des pois protéagineux par une association pois-orge, dans la rotation A aurait permis d'améliorer la marge brute comparable moyenne de l'assolement de l'ordre de CHF 350.-/ha.

La marge brute comparable de la rotation B est inférieure de CHF 255.-/ha à la référence. La marge brute comparable de la rotation A est inférieure de CHF 672.-/ha à la référence. Ceci s'explique principalement par l'échec de la culture des pois protéagineux purs.

La rotation avec deux ans de prairie temporaire présente une meilleure marge brute comparable, avec moins de travail manuel.

Temps de travail

Les temps de travail (ne comprenant que les travaux des champs, sans les travaux complémentaires) ont été calculés d'après le nombre réel de passages effectués à Mapraz pour les travaux avec les machines (temps à

Tableau 3 | Marges brutes comparables par culture et «d'assolement» 2007-2011 (en CHF/ha)

Rotation A	Blé	Pois	Blé	Féverole	Blé	PT	Assolement	Référence
	3610	854	4057	3265	3905	1955	2939	3611
Rotation B	Blé	Avoine	Féverole	Blé	PT	PT		
	4179	2832	3282	3986	2259	2325	3137	3393



Tableau 4 | Temps de travail moyen à Mapraz (2007-2011)

	Traction	Manuel	Total
Rotation A	9,6	3,9	13,5
Rotation B	9,2	2,3	11,5

l'unité repris du rapport ART) et selon le temps réel pour les travaux manuels sur les parcelles (coupe des chardons).

Les temps de travail moyens sont supérieurs dans la rotation A (tabl. 4). Ceci est principalement dû aux travaux d'arrachage des chardons qui y sont 1,6 heures/ha plus élevés.

Conclusions pour la pratique

Après 12 ans d'essai de grandes cultures bio sans bétail, les enseignements suivants peuvent être tirés pour les conditions de Mapraz:

- Le bilan humique d'une ferme en grandes cultures biologiques sans bétail peut être positif si toutes les pailles sont restituées au sol. L'allongement de la prairie temporaire à deux ans permet d'améliorer notablement ce bilan.
- L'allongement de la durée de la PT à deux ans au lieu d'une année permet de réduire les chardons.
- Le vulpin des champs peut être maîtrisé par la pratique régulière du faux semis.
- La culture des pois protéagineux en association avec de l'orge permet d'obtenir des cultures propres avec des rendements bien supérieurs à ceux des cultures pures.
- La rotation avec deux ans de PT a demandé moins de travail que celle avec un an de prairie. C'est surtout le temps de travail pour l'arrachage des chardons qui fait la différence.
- Les rendements sont équivalents aux références bio pour la féverole et l'avoine, et inférieurs de 8% pour le blé et de 16% pour les PT.
- La «marge brute comparable d'assolement» obtenue sur la rotation B est supérieure d'environ CHF 200.-/ha

à celle obtenue sur la rotation A. En comptant le potentiel d'amélioration de cette marge par la culture des pois en association, la rotation A présenterait une meilleure marge d'assolement d'environ CHF 150.-/ha.

- La rotation avec deux ans de PT présente des avantages agronomiques et économiques par rapport à la rotation A (diminution des chardons et du temps de travail, meilleure marge brute, meilleur bilan humique).
- La marge brute comparable d'assolement est inférieure à la référence, de CHF 670.-/ha pour la rotation A et de CHF 250.-/ha pour la rotation B.
- L'essai se poursuit et permettra d'affiner les conclusions et de mieux déterminer si un tel système est praticable à long terme.

Le rapport complet se trouve sous:

www.agridea-lausanne.ch (Domaines de compétences/production et techniques/Agriculture biologique/Rapports d'essais). ■



Résumé

La ferme pilote de Mapraz a été mise sur pied pour répondre aux questions posées par la reconversion de fermes sans bétail à l'agriculture biologique. Après douze ans d'exploitation, dont les six dernières années ont comparé deux rotations (avec un ou deux ans de prairie temporaire PT), les rendements moyens sont inférieurs aux références de 8 % pour le blé ou comparables aux références bio pour la féverole et l'avoine. Les marges brutes sont inférieures de CHF 250/ha à CHF 670/ha aux références en agriculture biologique avec bétail.

La rotation avec deux ans de PT présente une meilleure marge brute (CHF 200/ha) et demande moins de travail (-2 heures/ha) que la rotation avec un an de prairie.

Le chardon des champs a pu être diminué par l'introduction de deux ans de PT dans la rotation. L'introduction de la pratique des faux-semis a permis de maîtriser le vulpin des champs. Les autres mauvaises herbes ne posent pas de problème.

Riassunto

Campicoltura bio senza bestiame: risultati dopo 12 anni sull'azienda pilota di Mapraz

L'azienda pilota Mapraz è stata istituita per rispondere alle domande poste dalla conversione di aziende agricole senza bestiame all'agricoltura biologica. Dopo 12 anni di attività, in cui negli ultimi 6 anni si sono confrontate 2 rotazioni (con 1 o 2 anni di prato artificiale -PA), le rese medie sono inferiori dell'8 % dei valori di riferimento per il frumento o risultano confrontabili ai valori di riferimenti bio per fava e avena. I margini lordi sono compresi tra CHF 250.- e 670.-/ha al di sotto dei valori di riferimento in agricoltura biologica con bestiame. La rotazione con 2 anni di PA presenta un margine lordo migliore (CHF 200.-/ha) e richiede meno lavoro (-2 ore/ha) rispetto alla rotazione con un anno di prateria.

Il cardo dei campi è stato ridotto con l'introduzione di 2 anni di PA nella rotazione. L'introduzione della pratica di falsa-semina ha consentito di controllare la coda di volpe. Le altre malerbe non rappresentano alcun problema.

Datum: 15.03.2013

RECHERCHE
AGRONOMIQUE
SUISSE



Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
1725 Posieux
026/ 407 72 21
www.rechercheagronomiquesuisse.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 2'300
Erscheinungsweise: 10x jährlich

Themen-Nr.: 541.3
Abo-Nr.: 1008268
Seite: 124
Fläche: 254'492 mm²

Summary

Organic farming without cattle: results after 12 years on the pilot farm Mapraz
The pilot farm Mapraz was set up to give an answer to various questions related to the conversion of farms without livestock to organic farming. After twelve years of evaluation whereof during the last six years two crop rotation systems were compared (one with one year temporary ley -TL and one with two years of TL) the result shows that the average wheat yields are 8 % lower than the comparability index for wheat or matchable to the organic comparability index for field bean and oat. The contribution margins are between CHF 250.-/ha and CHF 670.-/ha lower than the comparability index in organic agriculture with livestock.
The crop rotation system with 2 years of TL presents a better contribution margin (CHF 200.-/ha) and is less labour intensive (-2 hours/ha) than the crop rotation system with 1 year of TL.

Key words: organic farming, organic field cropping, weed control without herbicides.

Bibliographie

- Ryser J. & Vuilloud P., 2003. Bilan d'un essai de fumure phosphopotassique de 30 ans dans un sol argileux, *Revue suisse d'Agriculture* 35, 77–81.
- AGRIDEA, FiBL, 2011. Marges brutes, édition 2011 (ou: Catalogue marges brutes).
- Schmidt H., 2003. Viehloser Ackerbau im ökologischen Landbau. Evaluierung des derzeitigen Erkenntnisstandes anhand von Betriebsbeispielen und Expertenbefragungen. Justus-Liebig-Universität Giessen. Accès: <http://orgprints.org/5020/>
- Gazzarin C, 2011. Coûts machines 2011, Rapport ART 747, 1–56.
- Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D. & Schönmeier H., 1997. Humusbilanzierung: Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (éd.). Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Zeller Verlag Osnabrück, 5, 43–54.