

Essais de soja bio en 2014 (Techniques culturales et transformation alimentaire)



Essai de culture associée à Allens avant le 1^{er} sarclage



Visite de culture le 02.09.2014 à Estavayer-le-Lac



Un beau soja bio à Niédens le 17.09.2014

Maurice Clerc, FiBL (maurice.clerc@fibl.org)

07.05.2015

Avec un complément du 18.06.2016

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Le FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche
 Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
 FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria

FiBL Suisse
 Ackerstrasse 113, BP 219
 5070 Frick, Suisse
 Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Table des matières

		Page
	Résumé	2
1	Introduction	3
2	Objectifs	3
3	Description des essais	3
4	Résultats	5
4.1	Essais de soja en cultures associées, 2014	5
4.1.1	Essais en bandes de Allens VD, Lussery-Villars VD et Estavayer-le-Lac FR	5
4.1.2	Essai exact de Vaux-sur-Morges VD	9
4.1.3	Appréciation générale	10
4.2	Essai avec microorganismes, 2014	12
4.3	Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu	13
4.3.1	Essais de 2013	13
4.3.2	Essais de 2014	13
4.3.3	Comparaison des résultats de 2013 et de 2014	16
4.4	Autres activités	16
5	Remerciements	17
6	Bibliographie	18
7	Annexe	19

Résumé

Les activités suivantes ont pu être menées en 2014 :

Essais de cultures associées (un essai exact et trois essais pratiques) : l'essai exact n'a pas donné de différences significatives de rendement ; par contre, il a fourni des informations permettant de mieux comprendre le fonctionnement d'une association entre le soja et une plante accompagnatrice. Les autres essais ont montré que pour les associations principales testées (soja + avoine d'automne, soja + seigle d'automne, soja + sarrasin et soja + caméline), le rendement du soja était légèrement inférieur à celui du soja en culture pure sur sol avec peu de réserves en eau et avec la sécheresse de mai - juin 2014 (comme à Allens VD); par contre il était égal, voire légèrement supérieur à celui du soja en culture pure sur sol plus profond (comme à Villars-Lussery VD). Une baisse de rendement (de 18 % comme à Allens VD), en année avec printemps sec et sur sols à faibles réserves hydriques, n'est pas forcément problématique, si cela permet une forte diminution de la pression des adventices et donc si cela génère des coûts de désherbage (y compris manuel) très modestes.

Essai avec microorganismes: un essai (non financé par ce projet) a pu être conduit à Estavayer-le-Lac FR avec le le Rhizovital 42 (= bactéries). Nous avons testé l'interaction entre le travail du sol (labour classique ou travail réduit et superficiel du sol avant le semis du soja) et le recours au Rhizovital 42. Les bandes « travail réduit + Rhizovital 42 », « travail réduit sans Rhizovital 42 » et « labour sans Rhizovital 42 » donnèrent les mêmes rendements et teneurs en protéines ; la bande « labour + Rhizovital 42 » donna un rendement et une teneur en protéine plus élevée. En l'absence de répétitions, il n'est pas possible de dire si cette différence est significative.

Essais variétaux : 10 variétés d'Agroscope/DSP et de sélectionneurs étrangers furent comparées entre elles dans deux essais exacts à Domdidier FR (conditions bio) et Reckenholz ZH (conditions PER). Les rendements moyens furent très satisfaisants malgré l'été frais et humide. Comme en 2013, des critères intéressants pour le bio furent mesurés, tels que la vigueur au départ, la couverture du sol, la verse, la précocité. Des essais de transformation en tofu avec le soja de ces essais auront lieu à Agroscope Changins et dans une fabrique de tofu.

En ce qui concerne les échantillons des essais variétaux de 2013, l'aptitude à la transformation en tofu a été testée en automne 2014 à Agroscope Changins. On a ainsi identifié des variétés

avec rendement élevé en tofu et d'autres avec rendement plus faible en tofu. Le rendement en tofu n'était que faiblement corrélé à la teneur en protéines.

Ces comparaisons entre des variétés suisses et étrangères, en conditions bio et PER, au champ et au niveau de la transformation, sont nouvelles ; elles ouvrent des perspectives intéressantes pour développer la sélection variétale et la production de soja bio en Suisse.

Coordination avec les différents partenaires : le réseau de collaborations mis en place en 2013 a continué de se développer.

Visite des essais : durant la journée du 02.09.2014, quatre des sept essais de ce projet ont été visités par différents groupes de visiteurs.

Information aux producteurs : plusieurs producteurs ont bénéficié d'un conseil individuel pour la culture du soja. En septembre 2014, tous les producteurs ont reçu une lettre contenant des informations techniques importantes.

Développement de la production : les surfaces de soja continuent de croître.

1. Introduction

Les surfaces de soja bio pour le tofu augmentent en Suisse (45 ha en 2011, 131 ha en 2014, et environ 200 ha planifiés pour 2015). Les besoins estimés en soja bio de production suisse sont en augmentation. Les transformateurs envisagent de diversifier la palette des produits, ce qui va encore augmenter les besoins. On peut raisonnablement supposer qu'il faudrait produire 300 ha de soja bio d'ici 3 à 4 ans. Il y a donc du travail à faire pour y arriver. Les travaux et essais réalisés par le FiBL et Progana en 2014 s'inscrivent dans la continuité de ceux qui ont été menés les années précédentes ; ils veulent contribuer à faire sortir le soja de la niche de production pour devenir une culture de diversification de la rotation pratiquée par un grand nombre de producteurs bio.

2. Objectifs

Comme en 2013, les essais réalisés en 2014 ont cherché des réponses aux questions suivantes :

- est-il possible de maîtriser les adventices dans le soja par la technique de la culture associée ?
- est-il possible d'obtenir des cultures de soja plus productives grâce au recours à des micro-organismes complémentaires aux bactéries radicicoles?
- pour produire du tofu, que valent les variétés suisses de Agroscope/DSP, en comparaison avec les variétés utilisées dans les pays environnants ?



3. Description des essais

Les tableaux 1 à 5 informent sur les procédés des essais effectués en 2014.

Tableau 1 : Essai en bandes de soja en cultures associées à Allens VD, 2014

(Chez Corentin Tissot, agriculteur)

Procédé	Plante accompagnatrice		
	Espèce	Variété	Densité de semis
1	Aucune (Procédé « Contrôle »)	---	---
2	Caméline	Schaffhouse	6 kg/ha
3	Avoine d'automne	Wiland	450 grains/m ²
4	Seigle d'automne	Recrut	450 grains/m ²
5	Sarrasin alimentaire	La Harpe	60 kg/ha
6	Avoine de printemps	Gaillette	160 grains/m ²

Les n°s des procédés sont identiques aux n°s du tableau 7.

Tableau 2 : Essai en bandes de soja en cultures associées à Lussery-Villars VD, 2014
(Essai de Claude-Alain Gebhard, agriculteur)

Procédé	Plante accompagnatrice		
	Espèce	Variété	Densité de semis
1	Aucune (Procédé « Contrôle »)	----	----
3	Avoine d'automne	Wiland	235 grains/m ²
4	Seigle d'automne	Borfuro	425 grains/m ²
7	Epeautre	Ostro	150 épillets/m ²
8	Avoine rude	Exito	405 grains/m ²

Les n°s des procédés sont identiques aux n°s du tableau 7.

Tableau 3 : Essai en bandes de soja en cultures associées à Estavayer-le-Lac FR, 2014
(Essai de Patrice Marmy, agriculteur)

Procédé	Plante accompagnatrice		
	Espèce	Variété	Densité de semis
1	Aucune (Procédé « Contrôle »)	----	----
3	Avoine d'automne	Wiland	450 grains/m ²

Les n°s des procédés sont identiques aux n°s du tableau 7.

Tableau 4 : Essai exact de soja en cultures associées à Vaux-sur-Morges VD, 2014
(Chez Claude-Alain Gebhard, agriculteur. Essai en petites parcelles avec 4 répétitions)

Procédé	Plante accompagnatrice		
	Espèce	Variété	Densité de semis effective
1	Aucune (Procédé « Contrôle »)	----	----
2	Avoine de printemps	Gaillette	210 grains/m ²
3	Avoine d'automne	Wiland	635 grains/m ²
4	Seigle d'automne	Recrut	555 grains/m ²
5	Sarrasin alimentaire	La Harpe	60 kg/ha
6	Amidonnier	Lux	250 grains/m ²
7	Engrain	Ebners	205 grains/m ²
8	Avoine rude	Pratex	220 grains/m ²
9	Sorgho pour la prod. de grain	Leggoo	35 grains/m ²
10	Caméline	Schaffhouse	6 kg/ha
11	Féтуque rouge	Roland	25 kg/ha
12	Féтуque ovine	Bornito	21 kg/ha

Tableau 5 : Essai d'interactions entre variétés de soja et microorganismes à Estavayer-le-Lac FR, 2014

(Projet Mosabio ; essai en bande chez Patrice Marmy)

Bande n°	Soja variété	Travail du sol	Préparation supplémentaire
1	Aveline	Réduit, max. 10 cm de prof.	Rhizovital 42
2		Labour, 20 cm de prof.	Non
3		Labour, 20 cm de prof.	Non
4		Réduit, max. 10 cm de prof.	Rhizovital 42

Tableau 6 : Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu, 2014

Essais exacts à Agroscope, Reckenholz ZH (conventionnel) et chez Laurent Godel à Domdidier FR (bio), quatre répétitions

Variété		Classe de maturité (deutscher Sojaförderring)	Sélectionneur	Remarques
1	Amandine	000	Agroscope/DSP	Bonne aptitude à la transformation en lait de soja
2	Aveline	000	Agroscope/DSP	Variété standard pour le tofu en Suisse, bonne aptitude à la transformation en lait de soja
3	Protibus	00/000	Agroscope/DSP	Nouvelle variété, aptitude à la transformation en tofu à confirmer
4	Proteix	00	Agroscope/DSP	Variété standard pour le tofu en Suisse, relativement tardive
5	ES Mentor	00	Euralis via Saatbau Linz	Variété résistante à la verse, relativement tardive
6	Primus	00	Prograin Eurasia	Haute teneur en protéines
7	Korus	00	Prograin/RWA	Bonne résistante à la verse
8	Herta PZO	00/000	PZO/IG Pflanzenzucht	Vient du Canada, développement juvénile rapide, très haute teneur en protéines, PMG élevé
9	Cardiff	00	Saatbau Linz	Bonne résistante à la verse
10	Galice (CH 22177)	000/00	Agroscope/DSP	Nouvelle variété, rendement élevé, hile coloré en brun

4. Résultats

4.1. Essais de soja en cultures associées, 2014

Ces essais ont été mis en valeur dans le cadre du travail de bachelor de Noëmi Tondury et d'un travail de semestre de Roland Yerly.

4.1.1. Essais en bandes de Allens VD, Lussery-Villars VD et Estavayer-le-Lac FR

Les tableaux 1 à 3 indiquent les procédés d'essai.
Le tableau 7 indique les caractéristiques et les données culturales principales de ces trois essais.
Le tableau 8 renseigne sur les rendements obtenus.



Soja et avoine d'automne à Lussery-Villars VD le 27.06.2014

Tableau 7 : Caractéristiques et données culturales principales des essais en bande, 2014

Lieu d'essai	Allens VD	Lussery-Villars VD	Estavayer-le-Lac FR
Sol	Léger à mi-lourd, profondeur moyenne, structure non idéale	Mi-lourd à lourd, profond	Léger, profond
Précédent	Triticale d'automne	Blé d'automne	Blé d'automne
Date de semis	20.05.2014	10.05.2014	10.05.2014
Variété de soja	Aveline	Proteix	Proteix
Interligne du soja	50 cm	50 cm	50 cm
Semis des plantes accompagnatrices	Juste avant le semis du soja, avec le semoir à céréales, sur toute la surface		En même temps que le semis du soja, semoir Bertini, deux lignes de plantes accompagnatrices semées entre deux lignes de soja
Désherbage mécanique	Herse-étrille (2 x) et sarclage (1 x)	Sarclage (2 x)	Herse-étrille (2 x)
Largeur de la bande sarclée	Environ 32 cm	Environ 40 cm	-----
Date de récolte	29.09.2014	19.10.2014	29.09.2014

Adventices

A Estavayer-le-Lac, sur une parcelle avec une flore d'adventices estivales « typiques » telles que les chénopodes, les amarantes et les renouées, le soja associé avec l'avoine d'automne fut plus propre que le soja en culture pure (voir photo ci-dessous).

A Allens et à Lussery-Villars, tous les sojas associés furent relativement propres jusqu'à la récolte, sauf le soja associé avec l'avoine de printemps à Allens qui fut un peu plus sale (voir photos à la page suivante). Dans ces deux champs, il y a probablement très peu de semences d'adventices estivales typiques. L'avoine de printemps fut semé à une faible densité (= environ 35 % d'une densité de semis en culture pure) et eut un développement initial moins rapide que l'avoine d'automne.

Hauteur des plantes

A Allens, les sojas associés avec l'avoine de printemps, l'avoine d'automne et le seigle d'automne furent plus courts que les autres sojas de l'essai.

A Lussery-Villars et à Estavayer-le-Lac, les sojas associés furent plus courts que le soja en culture pure.



Soja et avoine d'automne 450 grains/m², Allens VD, 27.06.2014



Soja en culture pure à gauche ; soja et avoine à droite. Estavayer-le-Lac FR, le 31.07.2014

Verse

A Allens, dans le soja associé au sarrasin, le sarrasin devint très haut. Il finit par verser et entraîna le soja dans sa chute.

Chute des feuilles

A Allens et Lussery-Villars, la chute des feuilles dans le soja associé eut lieu plus tôt que dans le soja en culture pure.



*Soja en culture pure à Allens VD,
le 16.09.2014*



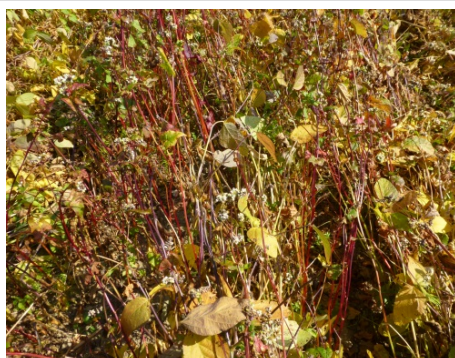
*Soja et seigle d'automne 450
grains/m2, Allens VD, 16.09.2014*



*Soja et avoine de printemps, 160
grains/m2, à Allens VD, le
16.09.2014*



*Soja et avoine d'automne 450
grains/m2, Allens VD, 16.09.2014*



*Soja et sarrasin alimentaire (60
kg/ha) à Allens VD, le 16.09.2014*



*Soja et caméline, 6 kg/ha, à Allens
VD, le 16.09.2014*

Rendements (voir tableau 8)

Dans les essais de Allens et Lussery-Villars, les rendements du soja associé en comparaison du soja en culture pure sont à mettre en lien essentiellement avec les différents types de sol et le déficit hydrique spécialement marqué en juin 2014, et non pas avec l'effet que les associations eurent sur les adventices. En effet, les parcelles concernées ne furent pas spécialement sales, en l'absence d'adventices estivales typiques pour la région.

A Allens, on a affaire à un sol pas très profond et à structure non idéale, à faibles réserves hydriques, sur lequel il n'y a pas eu de prairie temporaire depuis 30 ans. En juin 2014, l'ensemble du soja de la parcelle était très très peu développé en comparaison des autres sojas bio de la région et de celui de Lussery-Villars. Hormis le soja associé au sarrasin, qui est un cas spécial, on a obtenu, pour les cinq autres sojas associés, un rendement des sojas associés d'environ 18% plus faible que celui du soja en culture pure. Nous attribuons cette différence à la concurrence pour l'eau entre le soja et la plante accompagnatrice. Comme en 2012 et en 2013, cette concurrence pour l'eau a été limitée par le sarclage de l'interligne. Et ce sarclage n'a été effectué que sur une bande d'une largeur de seulement 32 cm environ dans l'interligne, pour laisser suffisamment de plantes accompagnatrices se développer à droite et à gauche de la ligne de soja. En résumé, étant donné le sol non idéal et le déficit hydrique, nous estimons qu'une baisse de rendement de seulement 18 % est plutôt un bon résultat, qu'il faut mettre en regard des frais de désherbage très réduits (= un seul sarclage avec une vieille sarcleuse peu performante et certainement déjà amortie).

Enfin, à Allens, le rendement du soja associé au sarrasin déçoit ; il est difficile de dire si ce mauvais résultat est uniquement du à la verse ou également à d'autres facteurs.

A Allens, des témoins non sarclés furent laissés. Les rendements furent de 20 à 50 % plus faibles que dans les sojas associés sarclés. On peut partir de l'idée que la concurrence pour l'eau entre le soja et les plantes accompagnatrices fut trop forte dans ces témoins.

A Lussery-Villars, on se trouve sur un sol profond et bien structuré, dans une cuvette, avec des réserves en eau plus élevées qu'à Allens et avec une présence régulière de prairie temporaire dans la rotation culturale. On a donc la bonne surprise d'avoir des sojas associés avec des rendements égaux ou supérieurs à ceux du soja en culture pure malgré la sécheresse de juin 2014.

A Estavayer-le-Lac, on a également un sol qui fonctionne très bien et qui est bien pourvu en humus. Dans le soja associé, sans aucun sarclage de l'interligne (!), et malgré des plantes plus courtes, le rendement obtenu fut pratiquement équivalent à celui du soja en culture pure, c'est un beau résultat.

En conclusion, ces trois essais en bandes ont tendance à montrer que sur sol fonctionnant bien, les effets négatifs possibles de la culture associées sont limités. Les années à venir donneront certainement l'occasion de confirmer ou infirmer ce résultat.

Tableau 8 : Rendement du soja en dt/ha (Essais en bandes de cultures associées, 2014)

Plante accompagnatrice	Allens VD	Lussery-Villars VD	Estavayer-le-Lac FR
1 Aucune (= contrôle)	29.0	20.3	29.3
2 Caméline	24.7		
3 Avoine d'automne	24.4	20.2	27.5
4 Seigle d'automne	25.8	30.3	
5 Sarrasin alimentaire	20.5		
6 Avoine de printemps	24.2		
7 Epeautre		23.4	

4.1.2. Essai exact de Vaux-sur-Morges VD

Le tableau 4 indique les procédés d'essai. Le tableau 9 indique les caractéristiques et les données culturales principales de cet essai. Le graphique 1 renseigne sur les rendements obtenus.

Tableau 9 : Caractéristiques et données culturales principales de l'essai exact de Vaux-sur-Morges VD

Sol	Mi-lourd, bonne teneur en humus, bonne structure
Précédent	Prairie temporaire
Date de semis	21.05.2014
Variété de soja	Aveline
Interligne du soja	50 cm
Semis des plantes accompagnatrices	21.05.2014
Désherbage mécanique	Sarcluse à pattes d'oies (1 x) et sarclage complémentaire manuel de l'interligne
Largeur de la bande sarclée	Environ 40 cm
Date de récolte	19.10.2014

Difficultés rencontrées

La mise en place des plantes accompagnatrices (avec un semoir manuel pour le jardinage) n'a pas été facile, de même que le semis du soja, son sarclage et sa récolte. Cela est dû aux particularités du dispositif d'essai qui a été choisi et au fait qu'on a affaire à des petites parcelles. Par ailleurs, la parcelle retenue pour la conduite de cet essai était très riche en éléments nutritifs, ce qui a conduit à une prolifération démesurée du chénopode blanc, a favorisé la verse du soja et a compliqué le suivi de l'essai.

Adventices

Le seigle d'automne, l'avoine d'automne, le sarrasin, la caméline et l'amidonnier couvrirent le sol le mieux et très rapidement. Mais cette couverture n'eut pas d'influence statistiquement significative sur la couverture du sol par les adventices. À l'œil nu, les parcelles de soja associé au sarrasin donnaient l'impression d'être les plus propres de toutes. L'avoine rude, l'engrain et l'avoine de printemps couvrirent le sol le moins bien.

Hauteur et biomasse des plantes de soja

Tous les sojas associés (sauf les sojas associés avec le sarrasin, l'avoine rude et l'engrain) furent plus courts que le soja en culture pure. Cela est dû à la concurrence pour l'eau entre le soja et la plante accompagnatrice et probablement aussi aux effets allélopathiques (mal connus et difficiles à apprécier) de certaines plantes accompagnatrices.

Mais le raccourcissement des plantes de soja sous l'effet des plantes accompagnatrices ne fut pas corrélé avec la biomasse de soja (mesurée le 01.08.2014), et il n'y eut pas de différence significative entre la biomasse du soja dans les différents procédés. Cela veut dire qu'il ne faut pas forcément trop s'inquiéter d'un raccourcissement des plantes de soja en début de végétation. Visuellement, cela peut effrayer quelque peu, mais cela ne porte pas forcément de conséquence sur le rendement, surtout si les précipitations sont suffisamment abondantes en été (comme cela fut le cas en juillet-août 2014), et si la surface foliaire au début de la floraison est suffisante. Des résultats d'essais aux USA ont montré que la biomasse du soja n'est pas forcément corrélée aux rendements en grains du soja.

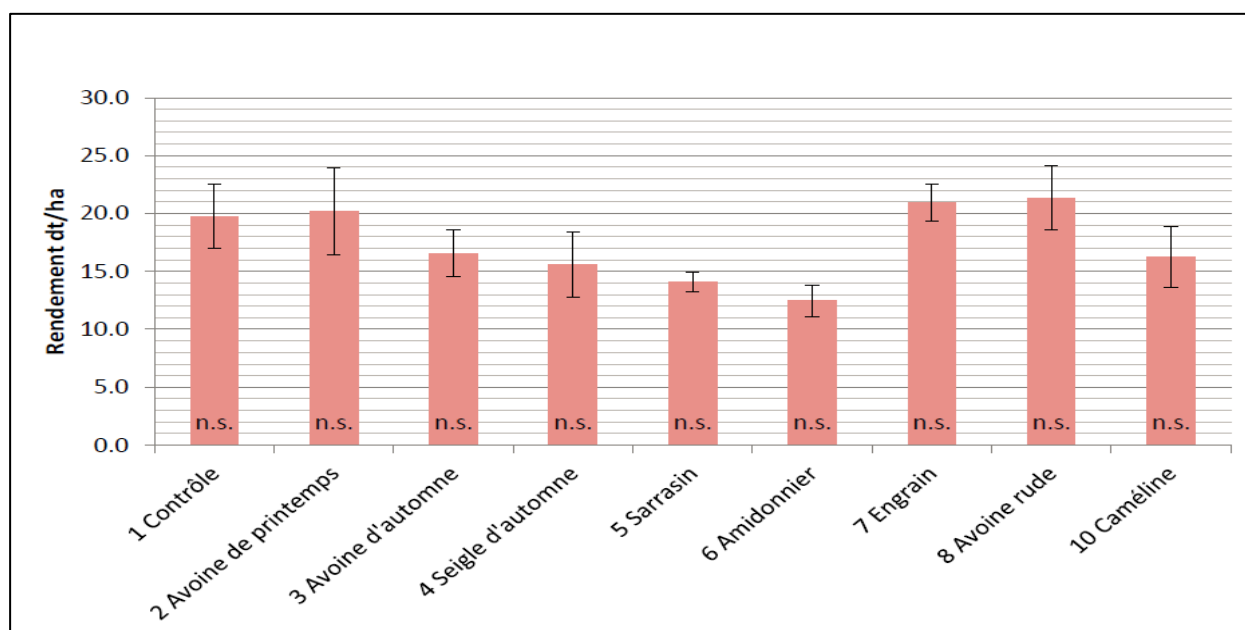
Il faut espérer que 2015 soit une année climatiquement différente de 2014 (par exemple assez de pluies en mai et juin, puis déficit hydrique en juillet et août), pour approfondir les questions soulevées.

Le sarrasin est un cas quelque peu particulier: cette plante n'a pas raccourci les plantes de soja mais a diminué la biomasse de soja ; et parmi toutes les plantes accompagnatrices, c'est le sarrasin qui en a produit le plus.

Rendements (voir Graphique 1)

Il y eut de grandes différences de rendements entre les procédés mais elles ne furent statistiquement non significatives. Les rendements furent les plus faibles avec le sarrasin et l'amidonnier comme plantes accompagnatrices, mais ce n'est qu'une tendance. Cette absence de différences significatives pourrait vouloir dire que les sojas associés n'ont pas fourni moins de rendement que le soja en culture pure, ce qui serait très positif. Mais cette absence de différences significatives est probablement surtout due aux difficultés rencontrées dans la conduite de l'essai.

Graphique 1 : Rendement du soja dans l'essai exact de Vaux-sur-Morges VD en 2014 (dt/ha)



Nombre de gousses et nombre de grains par gousses

Ces paramètres ont été mesurés dans l'essai de Vaux-sur-Morges, mais ils n'ont pas montré de différences significatives entre les procédés, et ils n'ont pas permis d'établir des corrélations claires avec les autres paramètres mesurés. De nouvelles mesures seront effectuées dans les essais de 2015.

On part de l'idée que si la plante de soja est concurrencée très tôt par la plante accompagnatrice, cela pourrait réduire le nombre de gousses ; et si la concurrence a lieu plus tard dans la saison, cela influencerait plutôt le nombre de grains par gousse et le poids de mille grains.

4.1.3. Appréciation générale

Conditions-cadres pour la réussite d'un soja associé

- Il faut en premier lieu avoir un sol qui « fonctionne » bien (bonne structure, teneur suffisante en humus...).
- Il faut recourir à une plante accompagnatrice qui a fait ses preuves dans les essais.
- Il faut effectuer un réglage fin de la concurrence pour l'eau entre le soja et la plante accompagnatrice. Cela est possible en optimisant la technique de sarclage de l'interligne (= largeur de la bande sarclée). Plus le sol fonctionne mieux, moins la concurrence pour l'eau entre le soja sera importante.

Appréciation des plantes accompagnatrices testées

- Le seigle d'automne et l'avoine d'automne sont des valeurs sûres. Ce sont les plantes qui posent le moins de problèmes. Les feuilles de ces plantes s'étalent bien dans l'interligne sarclé.
- En ce qui concerne le sarrasin, on n'a pas encore trouvé les variétés optimales pour accompagner le soja. Ce doivent être des variétés pas trop hautes, qui ne provoquent pas de verse du soja.
- Pour la caméline, la technique de semis doit être très soignée (= graines bien recouvertes de terre et /ou roulées) et il faut de l'humidité dans le sol après le semis. Mais on ne sait et comprend pas encore tout en ce qui concerne la caméline.
- Le sarrasin et la caméline laissent des graines au sol, qui peuvent salir la culture suivante.
- Deux nouveautés testées en 2014 méritent de continuer d'être examinées en 2015. Il s'agit de l'amidonnier (qui a montré un développement juvénile rapide et exubérant) et de l'épeautre.
- L'avoine de printemps et l'avoine rude ne semblent pas être des plantes intéressantes : elles ont un développement juvénile trop lent et pas assez abondant.
- La fétuque rouge et la fétuque ovine ne se développent pratiquement pas du tout. Les procédés avec ces deux plantes accompagnatrices ne furent pas récoltés.

Développements techniques futurs

Il s'agira d'améliorer la technique de semis des plantes accompagnatrices. Idéalement, il faudrait les semer en bande sur la ligne de semis du soja, sur 10 ou 15 cm de large, et avec un recouvrement régulier de terre. Il faudra également trouver et tester de nouveaux semoirs permettant d'effectuer le semis du soja et de la plante accompagnatrice en un seul passage. Enfin il y a certainement encore un potentiel d'optimisation (de réduction ?) de la densité de semis des plantes accompagnatrices ; il faudrait consacrer des essais pratiques uniquement à cette question.

Il est également intéressant de tester du soja associé à des plantes récoltables qui pourraient mûrir en même temps que le soja. Nous avons commencé à la faire mais nous n'avons pas encore de résultats intéressants.

Il serait aussi intéressant de tester le semis d'un mélange de semences de soja et d'avoine (ou de seigle) d'automne en un seul passage à un interligne de 25 à 30 cm et de sarcler l'interligne.

Semer le soja comme on sème les céréales ?

Certains agriculteurs ont testé le semis d'un mélange de semences de soja et d'avoine d'automne au semoir à céréale en un seul passage avec des interlignes usuels pour les céréales (= 12 à 15 cm). Ce fut le cas de Hubert Fleury sur une parcelle à Bassecourt JU en 2014.

Sur cette parcelle, il y a peu d'adventices estivales typiques comme les chénopodes, les renouées et les amarantes, mais plutôt du vulpin, qui ne nuit pas vraiment aux cultures semées tard au printemps comme le soja. Le fait de ne pas pouvoir sarcler mais de pouvoir seulement passer la herse-étrille a fonctionné dans ce cas : la parcelle fut relativement propre jusqu'à la récolte et le rendement du soja atteignit 23 dt/ha.



Soja et avoine d'automne semés au semoir à céréales à Bassecourt JU. Photo prise le 04.07.2013

Le semis du soja au semoir à céréales (avec ou sans plante accompagnatrice) est toutefois clairement déconseillé si on a beaucoup d'adventices estivales typiques, si on ne sait pas à l'avance quelle flore d'adventices on va rencontrer sur la parcelle et si on est sur un sol avec

peu de réserves d'eau. Nous estimons que les situations convenant à ce type de semis sont plutôt rares.

Message à faire passer dans la vulgarisation

De notre point de vue, il y a deux manières de cultiver le soja bio si l'objectif à atteindre est un champ absolument propre à la récolte :

- Le soja « high tech » : on recourt à une panoplie de machines de désherbage hyper performantes (sarcluse à doigts...), et qui recourt si nécessaire à un désherbage manuel résiduel sur la ligne (pour environ 40 à 80 heures de travail manuel par ha) ;
- Le soja « extensif » : c'est un soja associé, avec un sarclage sommaire de l'entreligne et pratiquement aucun travail manuel résiduel, mais avec des pertes de rendement potentielles de 5 à 15 %.

Le soja high tech nécessite des investissements en machines et en main-d'oeuvre, suffisamment de surfaces pour amortir ces machines et des parcelles idéales pour l'utilisation des machines. Le soja extensif convient bien à de petites productions de soja sur des parcelles de forme non idéale et en pente, et sur des exploitations ne voulant pas investir dans les machines ou dans la main-d'oeuvre.

Pour conclure sur le soja associé

Le soja associé est un thème de recherche non seulement en Suisse, mais également dans des pays comme les USA ou le Japon, en partie avec les mêmes plantes accompagnatrices qu'ici (par ex. le seigle).

Les résultats de nos essais et observations en 2014 sont cohérents avec les résultats des années précédentes. La poursuite du développement de la technique du soja associé est donc pertinente.

4.2. Essai avec microorganismes, 2014

Cet essai a été réalisé dans le cadre du projet Mosabio.

Tableau 10 : Données culturelles de l'essai avec microorganismes d'Estavayer-le-Lac FR en 2014

Lieu d'essai	Estavayer-le-Lac FR
Précédent culturel	Blé d'automne suivi d'un engrais vert hivernant (vesce, féverole et chou de Chine)
Date de semis	10.05.2014, variété Aveline
Densité de semis	Prévu : 75 grains/m ² . Réalisé : environ 60 grains/m ²
Désherbage	Mécanique
Date de récolte	29.09.2014

La bactérie radicicole épanchée fut le Histick. Le microorganisme appliqué en plus de la bactérie radicicole fut le Rhizovital 42. Il contient des bactéries qui « favorisent une activité du sol équilibrée, améliorent la vitalité et le rendement des plantes et permettent une croissance saine des végétaux » selon le fournisseur.

Rendements et teneurs en protéines (voir tableau 11)

Pour rappel, les bandes 1 et 2 sont en travail réduit du sol (à max. 10 cm de profondeur), les bandes 3 et 4 sont sur labour classique (à 20 cm de profondeur), et le Rhizovital 42 a été appliqué seulement sur les bandes 1 et 4. Les commentaires relatifs à l'influence du type de travail du sol sur le rendement et la qualité se trouvent dans le rapport du projet Mosabio et ne sont pas redonnés ici.

Les bandes « travail réduit + Rhizovital 42 », « travail réduit sans Rhizovital 42 » et « labour sans Rhizovital 42 » donnèrent les mêmes rendements et teneurs en protéines ; la bande « labour + Rhizovital 42 » donna un rendement et une teneur en protéine plus élevée. En l'absence de répétitions, il n'est pas possible de dire si cette différence est significative. Ces résultats doivent être confrontés à ceux obtenus au FiBL à Frick AG et en Allemagne.

Tableau 11 : Rendements et teneurs en protéine dans l'essai avec microorganismes d'Estavayer-le-Lac FR en 2014

Bande n°	Rendement trié séché dt/ha	Protéine %	Graisse %	Fibre %	Cendre %
1	24.5	45.2	17.0	4.6	5.8
2	24.3	45.2	17.4	4.6	5.7
3	24.2	45.8	16.7	4.7	5.7
4	28.9	47.1	16.6	4.5	5.8§

4.3. Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu

4.3.1. Essais de 2013

Les résultats des essais de 2013 ont été publiés dans le rapport du 19.02.2014 intitulé « Essais pratiques de techniques culturales dans le soja bio : résultats de 2013 ». Ce rapport ainsi que les rapports des années précédentes sont téléchargeables sur www.bioactualites.ch ⇒ Cultures ⇒ Grandes cultures ⇒ Légumineuses à graines

L'aptitude à la transformation en tofu des variétés examinées au champ en 2013 a été évaluée dans les laboratoires de Agroscope Changins (voir poster en annexe).

Protibus, Primus et Korus ont donné les meilleurs rendements en tofu, alors que Cardiff et Gallec ont donné les plus faibles rendements en tofu.

Le rendement tofu ne fut que faiblement corrélé au taux protéique. En effet, la qualité des sous-unités protéiques de la graine jouent également un rôle très important. Selon diverses études, certaines albumines ont une influence positive sur la fermeté du tofu ainsi que sur la capacité du réseau protéique à emprisonner de l'eau. Il ne faut donc pas rechercher uniquement des teneurs en protéines élevées, souvent synonymes de rendements au champ plus faibles, mais bien allier qualité et quantité des protéines, garantissant des rendements en tofu élevés et une fermeté optimale des produits fabriqués.

4.3.2. Essais de 2014

Le tableau 6 indique le nom et les caractéristiques des variétés testées en 2014 dans les essais de Reckenholz ZH et Domdidier FR. Le tableau 12 résume les données culturales.

Tableau 12 : Données culturales concernant les essais variétaux de Reckenholz ZH et Domdidier FR en 2014

Lieu d'essai	Reckenholz ZH	Domdidier FR
Statut	Conventionnel (PER)	Bio
Précédent cultural	Pommes de terre	Maïs-grain
Date de semis	21.05.2014	19.05.2014
Densité de semis	55 grains/m ²	68 grains/m ²
Bactéries radicicoles	Hi Stick	Hi Stick
Désherbage	Herbicide le 22.05.2014	Mécanique et manuel
Date de récolte	30.10.2014	09.10.2014
Qualité du soja récolté	Soja en partie noirci et très humide le jour de la récolte	Qualité satisfaisante

En bio, il faut disposer de variétés aptes à la transformation alimentaire. Sur le plan de la technique culturale, il est primordial de disposer de variétés :

- à fort développement juvénile ;
- avec masse végétale abondante, leur conférant un fort pouvoir de concurrence face aux adventices ;
- sans verse ;
- à maturité adaptée aux conditions du lieu.

Un développement juvénile rapide est d'autant plus facile à obtenir que le soja est semé tard, à partir de mi-mai, quand il fait chaud. Il est donc d'autant plus important de bénéficier de variétés précoces, arrivant à maturité même en cas de semis tardif.

Les informations qui suivent résument les principales observations et mesures effectuées sur ces critères et sur d'autres critères classiques comme le rendement, la teneur en protéines, etc... .

Vigueur au départ (= couverture du sol un mois après le semis)

A Domdidier, les variétés ES-Mentor et Cardiff montrèrent le 21.06.2014 une vigueur au départ significativement plus faible que les autres variétés, et Galice (= CH 22177) montra la meilleure vigueur au départ.

A Reckenholz, il y eut des différences significatives de couverture du sol (exprimée en %) entre les différentes variétés le 21.06.2014 : cette couverture varia entre 40.6 % pour Cardiff et 47.5 % pour Proteix et Aveline.



Protibus est moyennement développée à Domdidier FR le 27.06.2014



Galice (CH 22177) est très développée à Domdidier FR le 27.06.2014

Couverture du sol avant la fermeture des rangs

A Domdidier, lors de la fermeture des rangs (le 31.07.2014), la couverture du sol dépassait 90 % pour toutes les variétés, sauf pour Cardiff (86.3 %). Herta PZO couvrit le sol le mieux (98.8%), suivie par Amandine et ES Mentor (97.5%), puis par Protibus, Protéix et Korus (95.0%).

Verse

La résistance à la verse fut très différente d'une variété à l'autre. A Domdidier, le 31.07.2014, il n'y avait aucune verse sur Cardiff, Korus et ES Mentor, alors que Herta PZO, Galice (= CH 22177), Protibus et Protéix étaient déjà très affectées par la verse. A Reckenholz, la même classification put être observée à une date plus tardive dans la saison.



Aveline (à gauche) est debout ; Proteix (à droite) est versée. Domdidier FR, le 02.09.2014

Aptitude à la récolte

Aucune difficulté quelconque ne fut constatée lors de la récolte des différentes variétés. A Reckenholz, la hauteur des gousses les plus basses fut mesurée; elle varia entre 10 et 16 cm.

Lors de la récolte, la variété Korus était la moins affectée par le verse et donc la plus dressée, alors que la variété la plus versée était Proteix à Domdidier et Protibus à Reckenholz.

Concernant la précocité à la maturité à Reckenholz, Amandine fut la plus précoce et ES Mentor la plus tardive (sur la base de la détermination de la teneur en H₂O à la récolte).

A la page suivante, deux photos illustrent la maturité de quelques variétés à Domdidier le 15.09.2014.

Rendements (Graphique 2)

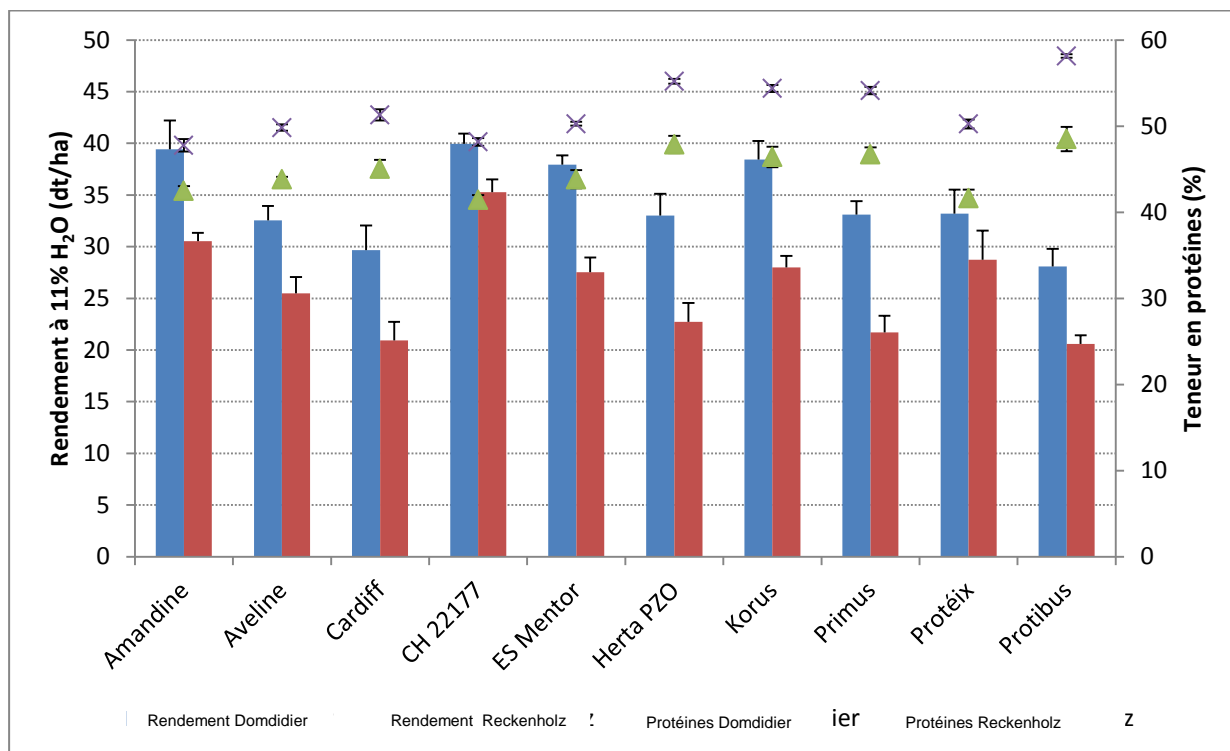
Les rendements furent tout à fait acceptables malgré l'été humide et frais ; ils s'élevèrent en moyenne à 34.5 dt/ha à Domdidier et à 26.1 dt/ha à Reckenholz (à un taux de H₂O ramené à 11 %).

A Domdidier, Galice (= CH 22177) a fourni le meilleur rendement, suivie par Amandine, Korus und ES Mentor ; Protibus ferma la marche avec 28.1 dt/ha.

A Reckenholz, ce fut également Galice (= CH 22177) qui donna le rendement le plus élevé, suivie par Amandine et Protéix. Ce fut également Protibus qui fournit le rendement le plus faible (20.6 dt/ha).

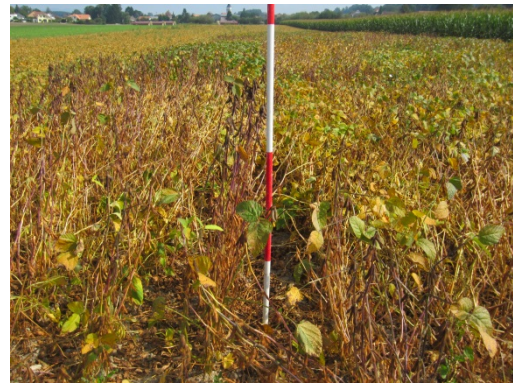
Globalement, il y eut une interaction significative entre les variétés et les lieux. Cela signifie qu'à part le cas de Galice (= CH 22177) et de Protibus, relatés ci-dessus, ce ne furent pas les mêmes variétés qui donnèrent des rendements élevés (respectivement des rendements faibles) à Domdidier et à Reckenholz.

Graphique 2: Rendement et teneur en protéine du soja dans les essais variétaux à Reckenholz ZH et Domdidier FR en 2014





Les variétés ES Mentor (à gauche) et Aveline (à droite) à Domdidier FR le 15.09.2014



Les variétés Amandine (à gauche) et Galice (= CH 22177, à droite) à Domdidier FR le 15.09.2014

Poids de mille grains (PMG)

Sur la moyenne des deux essais, Protéix a fourni le PMG le plus faible (181.7 g) et Primus le PMG le plus élevé (262.1 g). Sur ce critère, il y eut également une interaction significative entre le lieu et la variété.

Teneur en protéines

Complément du 18.06.2016 :

En raison du climat très humide et poussant à Zürich-Reckenholz en 2014, la récolte a été très tardive. En 2013, il y eut 435 mm de précipitations entre le semis et la récolte, alors qu'en 2014, il y en eut 527 mm. Peu avant la récolte, les graines de soja se sont successivement desséchées et réhumidifiées plusieurs fois, ce qui a entraîné une détérioration de l'aspect extérieur de la graine (voir photo). Les teneurs en protéines mesurées par l'analyse NIRS doivent être interprétées avec beaucoup de précautions, étant l'aspect extérieur des graines et son influence sur la réflexion de la lumière. Seule la comparaison entre les teneurs en protéines des variétés est intéressantes, mais pas les valeurs absolues.

Protibus a fourni aux deux endroits la teneur en protéines la plus élevée (58 % à Reckenholz et 48 % à Domdidier). A Reckenholz, Amandine eut la teneur la plus faible en protéines (48 %), et à Domdidier ce fut Galice (= CH 22177) qui eut la teneur la plus faible (41%).

La moyenne par lieu d'essai s'éleva à 51.9% à Reckenholz et à 44.8% à Domdidier. La classification des variétés fut différente d'un lieu à l'autre ; là également, il y eut une interaction significative entre le lieu et la variété.



Aspect des grains de soja récoltés dans l'essai de Zürich-reckenholz en 2014

Aptitude à la transformation en tofu

Les résultats des tests de transformation en tofu seront publiés à la fin de l'année 2015.

4.3.3. Comparaison des résultats de 2013 et de 2014

Le rendement moyen des deux essais (de Domdidier et Reckenholz) fut de 32.5 dt/ha en 2013 et de 30.2 dt/ha en 2014.

Il est intéressant de constater que les variétés Amandine et Korus ont fourni durant les deux années des rendements assez proches, alors que Primus et Cardiff ont donné en 2014 un rendement inférieur de 5 dt/ha à celui obtenu en 2013.

Les trois variétés ayant fourni les plus hauts rendements aussi bien en 2013 que 2014 furent Amandine, ES Mentor et Korus.

La moyenne des PMG (poids de mille grains) des variétés testées fut de 187 g en 2013 et de 220 g en 2014. Mise à part la variété Amandine (145 g), le PMG de toutes les autres variétés fut d'au moins 30 g plus élevé en 2014 par rapport à 2013.

Il en alla de même pour la teneur en protéines: elle s'éleva en moyenne à 39.9 % en 2013 et 48.4 % en 2014. La variété Protibus a fourni la plus haute teneur en protéines aussi bien en 2013 qu'en 2014.

Mais il faut être prudent dans l'interprétation de ces résultats : pour tous ces critères, les influences du lieu et de l'année sont très élevées.

4.4. Autres activités

Contacts établis entre les institutions et les acteurs de la branche du soja bio

Les nombreuses collaborations mises en place en 2013 se sont poursuivies en 2014, c'est très réjouissant. C'est une base très importante pour la poursuite du développement de la production de soja bio, pour le développement des collaborations avec les acheteurs et pour la diversification de la gamme de produits transformés.

Visite de culture

Le 02.09.2014, une visite de culture itinérante pour tous les participants à ce projet, pour quelques producteurs et pour quelques autres personnes intéressées a permis de se rendre sur les essais de Allens, Lussery-Villars, Estavayer-le-Lac et Domdidier. Un spécialiste allemand du soja ainsi qu'un producteur de soja bio alsacien étaient également présents.

Information technique aux producteurs

En septembre 2014, une information technique (en français et en allemand) rédigée au nom de Prokana, du Moulin Rytz et du FiBL fut envoyée à tous les producteurs. Les informations données concernaient les points à respecter pour préparer et réussir la récolte de soja. Cette information se trouve également ici : <http://www.bioactualites.ch/fr/cultures/grandes-cultures-bio/legumineuses-a-graines/recoltesoja.html> .

Réponses aux questions des producteurs

De nombreux producteurs téléphonèrent à M. Clerc pour avoir des informations techniques. Certains producteurs reçurent également une visite de M. Clerc pour évaluer ensemble l'état de leurs cultures de soja.

5. Remerciements

Le FiBL et Prokana remercient tout particulièrement les institutions et personnes suivantes qui ont contribué aux travaux et essais réalisés en 2014 :

- Bio Suisse : financement du projet ;
- Prokana : contribution au financement du projet
- Claude-Alain Gebhard, agriculteur, Vaux-sur-Morges : conduite de l'essai exact de cultures associées et mise sur pied d'un essai en bandes sur le même sujet ;
- Corentin Tissot, agriculteur, Allens : conduite d'un essai en bandes de cultures associées ;

- Patrice Marmy, agriculteur, Estavayer-le-Lac : conduite d'un essai en bandes de cultures associées ;
- Laurent Godel, agriculteur, Domdidier : conduite de l'essai variétal ;
- DSP, Delley : semis et récolte de l'essai variétal à Domdidier ; conditionnement des échantillons et mesure de la teneur en protéines des échantillons provenant des deux essais variétaux ;
- Moulin Rytz : réception des lots de soja ; acheminement de ces lots chez les industriels pour les essais de transformation en tofu ; aide à la logistique ; fourniture de semences et d'informations ;
- Haute-école d'agronomie HAFL à Zollikofen : contribution à la définition des procédés d'essais de cultures associées ; visites sur le terrain ; contribution financière pour indemniser les producteurs ;
- Noëmi Tondüry : travail de bachelor sur les essais de cultures associées ;
- Roland Yerly ; travail de semestre sur les cultures associées ;
- Agroscope : contribution à la définition des procédés d'essais ; conduite de l'essai variétal à Reckenholz ; battage de l'essai de Vaux-sur-Morges ; tests de transformation en tofu à partir des échantillons des essais variétaux de 2013 ;
- Jean-Philippe Barilier, agriculteur et entrepreneur de travaux pour tiers à Romanel-sur-Morges : semis des essais de Vaux-sur-Morges et d'Allens ; aide à la logistique ;
- Andermatt Biocontrol : fourniture du produit Rhizovital ;
- Migros : soutien au programme du FiBL visant à développer la production de protéines végétales fourragères en Suisse
- Les personnes qui ont assuré la relecture de ce document : Matthias Klais, FiBL ; Jürg Hiltbrunner, Agroscope; Hans Ramseier, HAFL; Olivier Duc, Prokana

6. Bibliographie

Rytz P., Moulin Rytz, 2014. Communications personnelles concernant les surfaces et les volumes de production du soja bio en Suisse.

Tondury N., 2014. Unkrautregulierung im Biosoja-Anbau. Einfluss von Untersaaten und Mischkulturen auf Verunkrautung und Ertragsbildung von Biosoja. Thèse de bachelor, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, Zollikofen, 62 p.

Yerly R, 2014. Cultures associées de soja biologique. Influence de plantes accompagnatrices sur le rendement du soja dans les cultures de production biologique. Travail de semestre, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, Zollikofen, 69 p.

7. Annexe

Béatrix C.A, De Grootte J.-C, Moullet O, Schori A, Clerc M., Aptitude à la transformation du soja. Poster, Agroscope, novembre 2014.

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV | 2014

Aptitude à la transformation du soja



Auteurs: Claude-Alain Béatrix, Jean-Charles De Grootte, Odile Moullet et Arnold Schori, Agroscope IPV. Maurice Clerc FIBL.

Agroscope, CH-1280 Nyon; www.agroscope.ch

Introduction

Le soja représente 67% des farines protéiques consommées dans le monde ! (Soystat, 2013). Mais il est également à l'origine de très nombreuses préparations culinaires asiatiques comme le tonyu ou « lait de soja », le tofu et bien d'autres. Grâce à ses qualités diététiques indéniables, la consommation de ces différents mets a beaucoup évolué en Occident.

En Suisse, depuis plusieurs années déjà, la demande de soja alimentaire issu de la culture biologique est en constante augmentation. La filière est à la recherche de variétés agronomiquement performantes, présentant des caractéristiques rhéologiques élevées et une haute valeur diététique.

En 2013, le FIBL, Agroscope et Prokana ont mis en place un essai variétal à Domdolder (FR) et à Reckenholz (ZH). Des lignées CH et étrangères précoces ayant un potentiel alimentaire élevé ont été retenues. Le laboratoire de la qualité de l'équipe de sélection d'Agroscope à Changins a récemment évalué l'aptitude à la transformation de ces différentes obtentions (Fig.1).



Fig. 1 : Fabrication du tofu dans le nouveau laboratoire de qualité de l'équipe de sélection du soja d'Agroscope.

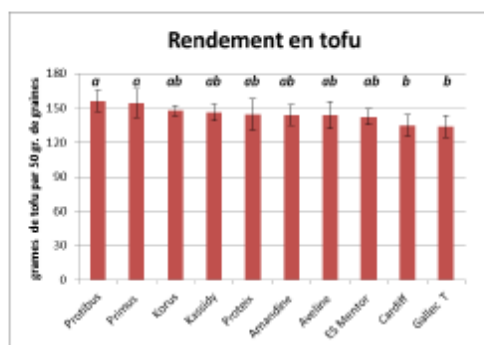


Fig. 2 : Masses de tofu moyennes produites (Domdolder, Reckenholz, 3 répétitions/lieu). Lettres => Différences à P<0.05.

Variétés	Tx protéique [%]	Lait [gr]	Tofu [gr]	Fermeté [gr]	MS [gr]	H ₂ O [gr]
Anova	/	P=0.274	P<0.01	P=0.495	P=0.002	P<0.01
Protibus	44.4	639.6	156.1	258.1	24.5	131.5
Primus	42.5	640.7	154.3	267.1	24.7	129.7
Korus	43.1	622.7	148.0	278.1	23.9	124.1
Kassidy	42.0	622.6	146.5	263.6	23.7	122.8
Protos	41.1	637.7	144.5	257.9	23.9	120.6
Ammandine	39.6	640.4	144.1	239.1	23.5	120.6
Aveline	40.9	627.3	144.0	277.7	23.9	120.1
ES Mentor	40.0	645.2	142.4	257.5	23.8	118.5
Cardiff	40.9	625.7	135.0	272.3	23.0	112.0
Gallic	40.4	624.5	134.1	259.3	22.7	111.4

Fig. 3 : Essai variétal du FIBL, Agroscope et Prokana 2013. Moyennes des principaux paramètres de qualité alimentaire. 2 lieux, 3 répétitions. P<0.05 = effet significatif de la variété.

Résultats

Le taux protéique de la graine, la quantité de « lait » obtenue, le rendement en tofu, la fermeté (point de rupture) ainsi que la matière sèche des tofus ont été mesurés.

Concernant la masse de tofu obtenue par unité de grains, l'analyse de variance a révélé un effet significatif de la variété (Fig.2). Elle n'a en revanche pas montré d'effets relatifs au lieu de culture ni d'interaction entre le lieu et la variété. Deux groupes de variétés se distinguent ainsi : les variétés types tofu, avec en tête Protibus, Primus et Korus, et les variétés conventionnelles, telles que Cardiff et Gallic (Fig.2).

Aucun effet n'a été relevé sur la quantité de lait obtenue et la fermeté du tofu (Fig.3). Les méthodes d'extraction du « lait » ainsi que le procédé de pressage expliquent peut-être partiellement ces résultats et devront à l'avenir être optimisés.

Conclusions

La quantité de tofu produite par unité de graines est un paramètre essentiel. Le rendement tofu n'est ici que faiblement corrélé au taux protéique ($R^2=0.56$). En effet, la qualité des sous-unités protéiques de la graine jouent également un rôle très important. Selon diverses études, certaines albumines ont une influence positive sur la fermeté du tofu ainsi que sur la capacité du réseau protéique à emprisonner de l'eau. Il ne faut donc pas rechercher uniquement des teneurs en protéines élevées, souvent synonymes de rendements au champ plus faibles, mais bien allier qualité et quantité des protéines, garantissant des rendements en tofu élevés ET une fermeté optimale des produits fabriqués.

Perspectives

Cet essai se poursuit en 2014 et 2015. Epaulée par son laboratoire, la sélection d'Agroscope va poursuivre ses recherches au niveau alimentaire sans négliger toutefois les paramètres agronomiques, synonymes de qualité et de stabilité des rendements.

Agroscope

