

Essais pratiques de techniques culturales dans le soja bio : résultats de 2013



Essai de Domdidier juste avant la récolte



Essai de Allens ; à gauche, la variété Gallec ; à droite, la variété Aveline



Essai de Vaux-sur-Morges

Maurice Clerc, FiBL (maurice.clerc@fibl.org)
Laurent Godel, ProGANA (laurent.godel@bluewin.ch)

Deuxième version du 19.02.2014

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	4
4.1	Essais de soja en cultures associées	4
4.2	Essais d'interactions entre variétés de soja, microorganismes et dosages	9
4.3	Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu	11
4.4	Autres résultats	14
5	Remerciements	15
6.	Annexe	16

Résumé

1.- Essais de cultures associées: les procédés soja + avoine d'automne, soja + seigle d'automne, et soja + caméline, ont donné, selon les cas, des rendements équivalents ou inférieurs de seulement 10 à 15 % à ceux du soja pur. Les cultures associées étaient propres (contrairement au soja pur), malgré l'absence totale de désherbage manuel et un désherbage mécanique minimal. Ces résultats confirment ceux de 2012. Dès 2014, on espère pouvoir en plus tester un aspect encore peu connu, à savoir la concurrence pour l'eau entre le soja et la plante accompagnatrice. Pour cela, on espère une année sèche.

2.- Essais avec microorganismes divers et bactéries radicicoles: le Rhizovital 42 (= bactéries) et le Ensdsopor dry Mix (= bactéries + mycorhizes) n'apportèrent pas d'augmentation du rendement du soja ou de sa teneur en protéines. Le doublement de la dose de bactéries radicicoles Histick n'apporta pas non plus d'améliorations. Ces essais doivent être poursuivis et interprétés en parallèle aux autres essais similaires ayant lieu au FiBL et en Allemagne. On part de l'idée que sur des sols à fertilité moyenne à élevée (comme ce fut le cas sur les sols des essais), ces techniques sont moins ou pas efficaces.

3.- Essais variétaux: 4 variétés d'Agroscope/ACW (Amandine, Aveline Protibus, Proteix) et 5 variétés étrangères (Es Mentor, Primus, Korus, Cassidy, Cardiff) ont été comparées. Les 9 variétés sont utilisables pour fabriquer du tofu. Concernant des critères particulièrement importants pour le bio (comme la concurrence des plantes face aux adventices par exemple), les essais ont fourni des observations intéressantes qu'il faudra répéter dès 2014. Certaines variétés étrangères ont montré des potentiels intéressants en comparaison des variétés suisses. Un lieu d'essai était bio et l'autre était en PER. La classification des variétés n'était pas la même pour les deux lieux. Cela pose la question de savoir s'il serait pertinent d'avoir des essais variétaux officiels en conditions bio en Suisse (ce qui n'est pas le cas actuellement).

4.- Autres résultats: les activités de 2013 ont éveillé un grand intérêt de la part des nombreux partenaires concernés (recherche, formation, commerce...). Elles ont fait se rencontrer des institutions et des personnes qui ne se connaissaient pas. C'est une base intéressante pour la poursuite des collaborations.

5.- Développement de la production : les surfaces de soja ont pratiquement doublé de 2011 (= env. 45 ha) à 2013 (= environ 80 ha). Les besoins estimés sont en augmentation (de 200 t en 2014 à 400 t en 2016). Une diversification de la palette de produits va probablement avoir lieu.

1.- Introduction

Les surfaces de soja bio pour le tofu augmentent en Suisse (45 ha en 2011, environ 80 ha en 2013). Les besoins estimés en soja bio de production suisse sont en forte augmentation. Pour y répondre, il faudrait environ 150 ha de soja en 2014, ce qui est presque le double de la surface de 2013. Les transformateurs souhaitent 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 4 à 5 ans. Il y a donc du travail à faire pour y arriver. Les travaux et essais réalisés par le FiBL et Progana en 2013 s'inscrivent dans la continuité de ceux qui ont été menés en 2011 et 2012, 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

Les essais réalisés en 2013 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 à l'optimisation de l'utilisation des bactéries radicicoles et éventuellement grâce au recours à des microorganismes supplémentaires ?
- que valent les variétés à tofu issues de la sélection suisse de Agroscope/DSP en comparaison avec les variétés utilisées dans les pays environnants ?



Visite de culture du 28.08.2013, avec Jürgen Recknagel, Deutscher Sojafördererring, au centre

3.- Description des essais

Les tableaux 1 à 3 informent sur les procédés des essais effectués en 2013.

Tableau 1 : Essais de soja en cultures associées, 2013

Essais en bandes à Vaux-sur-Morges VD chez Claude-Alain Gebhard et à Frick AG au FiBL

Bande	Plante accompagnatrice 1			Plante accompagnatrice 2	
	Espèce	Variété	Densité de semis	Espèce	Densité de semis
1	-----			-----	
2	Seigle automne	Wiandi	450 grains/m2		
3	Avoine automne	Wiland	675 grains/m2		
4	Avoine automne	Wiland	450 grains/m2	Trèfle Alexandrie	20 kg/ha
5	Avoine automne	Wiland	450 grains/m2		
6	Chicorée	Puna	15 kg/ha		
7	Caméline		6 kg/ha		

Tableau 2 : Essais d'interactions entre variétés de soja, microorganismes et dosages, 2013

Essais en bande chez Patrice Marmy, Estavayer-le-Lac FR, et Corentin Tissot, Allens VD

Bande n°	Soja variété	Bactérie radicicole, dose/ha	Préparation supplémentaire
1	Aveline	Normale	Non
5	Gallec	Normale	Non
2	Aveline	Double	Non
6	Gallec	Double	Non
3	Aveline	Normale	Rhizovital 42
7	Gallec	Normale	Rhizovital 42

4	Aveline	Normale	Endospor dry Mix
8	Gallec	Normale	Endospor dry Mix

Tableau 3 : Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu

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

	Variété	Classe de maturité (deutscher Sojaförderung)	Sélectionneur	Remarques
1	Amandine	000	ACW/DSP	Bonne aptitude à la transformation en lait de soja
2	Aveline	000	ACW/DSP	Variété standard pour le tofu en Suisse, bonne aptitude à la transformation en lait de soja
3	Protibus	00/000	ACW/DSP	Nouvelle variété, aptitude à la transformation en tofu à confirmer
4	Proteix	00	ACW/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	
7	Korus	00	Prograin/RWA	Variété résistante à la verse
8	Kassidy	00	Prograin	Nouvelle variété
9	Cardiff	00	Saatbau Linz	Variété résistante à la verse

4.- Résultats

4.1. Essais de soja en cultures associées

L'essai de Frick a été attaqué par les pigeons peu après la levée et a dû être abandonné. L'essai de Vaux-sur-Morges a donné des résultats très intéressants (voir tableaux 4 et 5).

- Il a été semé le 06.06.2013 à 60 graines/m². Le mauvais temps a empêché un semis plus précoce. Les plantes accompagnatrices ont d'abord été semées au semoir à céréales (sauf le trèfle d'Alexandrie, la chicorée et la caméline : semis manuel), à 15 cm d'interligne, puis le soja a été semé le même jour au semoir exact à 50 cm d'interligne.
- Par la suite, les parcelles (de 6 m de large) de soja associé ont été partagées en deux : sur 3 m de large, il y a eu deux sarclages ; sur les autres 3 m, il n'y a eu aucun sarclage. Aucun désherbage mécanique sur la ligne n'a eu lieu. Aucun désherbage manuel n'a été effectué, afin de bien pouvoir apprécier l'effet des plantes accompagnatrices sur la propreté de la culture.
- La récolte a eu lieu le 03.10.2013. Elle fut effectuée manuellement.
- Les plantes accompagnatrices n'étaient pas destinées à être récoltées.



Soja et avoine (450 grains/m²) le 21.06.2013 avant le 1^{er} sarclage



Soja et caméline le 21.06.2013 avant le 1^{er} sarclage

Tableau 4 : Couverture du sol et hauteur des plantes le 09.08.2013
(Essai de culture associée de soja, Vaux-sur-Morges, 2013)

	Procédé	Désherbage	Couverture du sol		Hauteur des plantes cm
			Soja et plante accompagnatrice %	Adventices %	
1	Soja	Sarclé	90	10	100
2	Soja + seigle d'automne 450 grains/m ²	Non sarclé	97	3	65
		Sarclé	97	3	80
3	Soja + avoine d'automne 675 grains/m ²	Non sarclé	99	1	60
		Sarclé	99	1	75
4	Soja + avoine d'automne 450 grains/m ² + trèfle d'Alexandrie	non sarclé	99	1	60
		Sarclé	99	1	75
5	Soja + avoine d'automne 450 grains/m ²	Non sarclé	97	3	60
		Sarclé	97	3	75
6	Soja + chicorée Puna 15 kg/ha	Non sarclé	95	5	65
		Sarclé	95	5	80
7	Soja + caméline 6 kg/ha	Non sarclé	97	3	75
		Sarclé	97	3	85

Adventices

Le tableau 4 montre que le soja en culture pure était nettement plus sale que le soja associé. Cela est resté ainsi jusqu'à la récolte. Même en fin de végétation, au moment où les feuilles de soja jaunissent, il y eut, dans les sojas associés, très peu de levées tardives d'adventices classiques telles que les chénopodes ou les amarantes. A la récolte, tous les sojas associés étaient très propres, tandis que le soja pur était en partie caché sous les chénopodes.

Hauteur des plantes

Le tableau 4 montre que le soja pur était plus haut que les sojas associés, par contre il a subi une légère verse. De leur côté, les sojas associés étaient plus courts et sont restés debout jusqu'à la récolte, car ils ont été freinés dans leur croissance en hauteur par les plantes accompagnatrices.

Dans les sojas associés non sarclés, le soja fut plus court que dans les sojas associés sarclés. En l'absence de sarclage, le soja a été trop concurrencé par la plante accompagnatrice.



Tableau 5 : Rendement

(Essai de culture associée de soja, Vaux-sur-Morges, 2013)

	Procédé	Désherbage	Rendement (dt/ha trié séché) le 03.10.2013
1	Soja	Sarclé	26.5
2	Soja + seigle d'automne 450 grains/m2	Non sarclé	16.0
		Sarclé	26.5
3	Soja + avoine d'automne 675 grains/m2	Non sarclé	13.7
		Sarclé	23.6
4	Soja + avoine d'automne 450 grains/m2 + trèfle d'Alexandrie	Non sarclé	8.4
		Sarclé	20.5
5	Soja + avoine d'automne 450 grains/m2	Non sarclé	14.5
		Sarclé	22.8
6	Soja + chicorée Puna 15 kg/ha	Non sarclé	10.7
		Sarclé	23.0
7	Soja + caméline 6 kg/ha	Non sarclé	19.0
		Sarclé	27.0

Nombre de mesures

4



Soja pur à la récolte, de facto il s'agit d'une association de soja et de chénopode.

Les résultats ci-dessus doivent être interprétés avec prudence car il s'agit d'un essai en bandes sans répétitions.

Rendements

Les procédés sans sarclage n'ont pas donné de rendements satisfaisants. Il faudra donc maintenir un sarclage au moins élémentaire dans les cultures de soja associé.

Les plantes accompagnatrices du procédé 4 (= avoine d'automne 450 grains/m2 + trèfle d'Alexandrie) ont provoqué une concurrence trop élevée du soja même dans la variante sarclée. Ce procédé sera abandonné dans les essais de 2014.

Dans les bandes sarclées, les autres procédés ont fourni des rendements de soja atteignant celui du soja pur (= procédés 2 et 7) ou étant inférieurs de seulement 10 à 15 % à celui du soja pur (= procédés 3, 5 et 6). C'est réjouissant, d'autant plus que ces résultats sont très semblables à ceux obtenus dans l'essai de 2012 à Vufflens-La-Ville VD :

- soja pur 23.4 dt/ha ;
- soja et seigle d'automne (450 grains/m2) 27.7 dt/ha ;
- soja et avoine d'automne (450 grains/m2) 25 dt/ha.

Dans les bandes sarclées, les meilleurs procédés (= procédés 2 et 7) ont fourni le même rendement que le soja pur malgré que leurs plantes étaient plus courtes de 15 à 20 cm. A première vue, il ne faut donc pas avoir peur de « raccourcir » les plantes de soja en leur adjoignant une

plante accompagnatrice, d'autant plus que ce « raccourcissement » permet de prévenir la verse.

Nombre de gousses et nombre de graines

Les comptages effectués sur ces critères sont difficilement interprétables. Nous attendons d'avoir davantage de résultats au cours des années qui suivront pour faire une interprétation correcte.

Etat des plantes accompagnatrices à la récolte

Le seigle d'automne et l'avoine d'automne ont formé très peu d'épis, et ces épis étaient généralement peu ou pas fécondés. Une présence de quelques épis dans la récolte de soja ne pose pas de problèmes au niveau de la prise en charge : en effet, les graines de céréales peuvent être éliminées correctement lors du triage.

A la récolte, le seigle d'automne, l'avoine d'automne et la caméline étaient sèches et n'entravaient pas la moisson du soja. Par contre, la chicorée Puna était encore verte et en pleine croissance. On peut s'imaginer qu'elle aurait quelque peu entravé la récolte mécanique du soja. Faudra-t-il garder la chicorée dans les essais de 2014 ? Affaire à suivre. Le trèfle d'Alexandrie était encore vert et formait un tapis aussi gênant que la chicorée Puna dans l'optique d'une récolte mécanique.

Appréciation générale et commentaires

Les plantes accompagnatrices suivantes ont donné le meilleur résultat du point de vue du rendement du soja, de la propreté de la culture et de l'aptitude à la récolte mécanique : le seigle d'automne, l'avoine d'automne et la caméline. Il faudra confirmer ces résultats au cours des années suivantes. Soulignons que ces résultats ont été obtenus sans une seule heure de désherbage manuel dans les cultures !

Durant les années 2012 et 2013, les sojas dans les essais de cultures associées de Vufflens-La-Ville et de Vaux-sur Morges n'ont pas souffert de manque d'eau. Cela peut expliquer les bons résultats mentionnés ci-dessus. Mais que se passera-t-il en présence d'une concurrence hydrique entre le soja et ses plantes accompagnatrices ? On ne peut pas exclure que dans une telle situation, le soja associé fournisse un rendement moins important que le soja pur. Toutefois, même avec un rendement moindre, le soja associé pourrait être intéressant sur des parcelles difficiles à sarcler correctement (sur pentes, avec cailloux, forme défavorable de la parcelle...) et si une mécanisation performante (telle qu'une sarleuse à doigts...) n'est pas disponible. Les années suivantes nous apporteront, espérons-le, des réponses à ces questions.

Les dix photos qui suivent ont été prises le jour de la récolte de l'essai (03.10.2013)



Soja et seigle d'automne 450 grains/m² (non sarclé)



Soja et seigle d'automne 450 grains/m² (sarclé)



Soja et avoine d'automne 675 grains/m2 (non sarclé)



Soja et avoine d'automne 675 grains/m2 (sarclé)



Soja et avoine d'automne 450 grains/m2 (non sarclé)



Soja et avoine d'automne 450 grains/m2 (sarclé)



Soja et chicorée Puna 15 kg/ha non sarclé



Soja et chicorée Puna 15 kg/ha (sarclé)



Soja et caméline 6 kg/ha (non sarclé)



Soja et caméline 6 kg/ha (sarclé)

Soja et avoine de printemps

Une association de soja et d'avoine de printemps a été cultivée, sur une parcelle adjacente à l'essai. L'avoine est arrivée à maturité bien avant le soja. Au centre collecteur, l'avoine put être séparée sans problème du soja, mais sa qualité fut médiocre (poids à l'hl très faible, grains avec symptômes de moisissure). L'effet de l'avoine de printemps sur la propreté de la culture fut visible, mais peut-être moins marqué que l'effet de l'avoine d'automne, et le soja fut affecté par la verse. Sur la base de cette seule expérience, il ne semble pas que l'association de soja et avoine de printemps soit très intéressante.

Soja et maïs



D'autres associations ont été testées à Vaux-sur-Morges, par exemple :

- le maïs plante entière et le soja (voir photo) ;
- le tournesol et le soja.

Il y avait deux lignes de maïs (respectivement de tournesol), puis deux lignes de soja, puis à nouveau deux lignes de maïs (resp. de tournesol), etc.

Le semis de ces associations avec un semoir monograine usuel fut difficile. Le soja a fourni un rendement de 22.8 dt/ha sur la surface qui lui était dévolue, à savoir la moitié de la parcelle. Il est trop tôt pour dire si ce genre d'associations a de l'avenir. En France, une recherche a actuellement lieu pour

produire du maïs et soja en association pour l'ensilage plante entière, et les résultats sont intéressants (voir http://www.pep.chambagri.fr/mydms/pep_bovins_lait/file_522f1e029df02.pdf).

4.2. Essais d'interactions entre variétés de soja, microorganismes et dosages

Les essais de Allens et de Estavayer-le-Lac purent être conduits de manière satisfaisante malgré les récoltes tardives dues à la météo pas facile.

Tableau 6 : Données culturales sur les essais de Allens et Estavayer-le-Lac

Lieu d'essai	Allens	Estavayer-le-Lac
Précédent cultural	prairie temporaire d'un an	maïs-grain
Date de semis	14.05.2013	27.05.2013
Densité de semis	87 grains/m ²	87 grains/m ²
Désherbage	mécanique et manuel	mécanique et manuel
Date de récolte	26.09.2013	28.09.2013 (parcelles 5, 1, 6) et 09.10.2013 (autres parcelles)

Bactéries radicicoles et microorganismes supplémentaires

La bactérie radicicole épandue fut le Histick.

Les préparations supplémentaires furent :

- 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)
- l'Endospor dry Mix (il contient des mycorrhizes et des bactéries (autres que les bactéries radicicoles) qui « fixent l'azote de l'air, solubilisent le phosphore dans le sol et produisent des hormones de croissance » selon le fournisseur).

Une instruction précise d'épandage de ces deux préparations fut élaborée à partir des informations fournies par les fabricants. Elle impliqua entre autre un nettoyage laborieux du semoir à l'air comprimé entre l'application de Rhizovital 42 et celle d'Endospor dry Mix.

Récolte de l'essai d'Estavayer-le-Lac

La récolte a débuté le 28.09.2013, puis fut interrompue après le battage de trois bandes d'essai, en raison de l'humidité excessive du grain. Le reste des parcelles ne put être battu que le 09.10.2013. Il est donc délicat d'interpréter les résultats du tableau 7 (ci-dessous) pour le site d'Estavayer-le-Lac.

Rendements et teneurs en protéines (voir tableau 7)

La variété Gallec a fourni un rendement plus élevé et une teneur en protéines légèrement plus faible que la variété Aveline.

Le doublement de la dose usuelle de bactérie radicicole Histick ne semble pas avoir eu d'influence sur le rendement et la teneur en protéines.

Le Rhizovital 42 et l'Endospor dry Mix semblent avoir eu peu d'effets :

- augmentation du rendement de Gallec à Allens et de Gallec et d'Aveline à Estavayer-le-Lac sous l'influence du Rhizovital 42 ?

- augmentation de la teneur en protéines d'Aveline sous l'influence de l'Endospor dry Mix ?

Les essais des années à suivre et la comparaison avec les résultats d'autres essais en Suisse et en Allemagne le diront peut-être.

Tableau 7 : Rendements et teneurs en protéine dans les essais de Allens et Estavayer-le-Lac

Bande n°	Soja variété	Bactérie radicicole Dose	Préparation supplémentaire	Allens		Estavayer-le-Lac	
				Rendement dt/ha séché trié	Protéine [%]	Rendement dt/ha séché trié	Protéine [%]
5	Gallec	Normale	non	38.2	40.1	23.3	42.4
1	Aveline	Normale	non	33.7	40.6	19.2	42.8
6	Gallec	Double	non	38.6	40.3	22.8	42.4
2	Aveline	Double	non	31.7	40.6	24.8	42.5
7	Gallec	Normale	Rhizovital 42	39.2	40.2	27.6	41.6
3	Aveline	Normale	Rhizovital 42	33.2	40.7	26.1	41.9
8	Gallec	Normale	Endospor dry Mix	34.9	40.3	26.7	41.5
4	Aveline	Normale	Endospor dry Mix	33.4	41.5	25.1	42.2



Semis à Allens le 15.03.2013 : atelier de mélange des semences avec les microorganismes et de nettoyage du semoir à l'air comprimé.



Nombreuses nodosités aussi bien à Allens qu'à Estavayer-le-Lac

Appréciation générale et commentaires

La double dose de bactéries radicicoles et les préparations supplémentaires ne semblent pas avoir eu beaucoup d'effet sur le soja. Cela est peut-être dû au fait que :

- les sols des parcelles d'essai avaient une fertilité suffisamment élevée ;
- les plantes de soja semblaient avoir suffisamment de bactéries radicicoles (environ 25 à 30 nodosités par plantes à Estavayer-le-Lac et 30 à 35 nodosités par plantes à Allens selon les comptages des 08. et 09.08.2013) ;
- qu'elles n'ont pas souffert de sécheresse ou d'un autre stress.

On part de l'hypothèse (à vérifier) que la double-dose de bactéries radicicoles et les préparations supplémentaires auraient eu davantage d'effets sur plantes stressées (sur sols avec structure non optimale, avec moins de nodosités sur les racines, en situation de manque d'eau...).

D'autre part on ne peut pas garantir à 100 % que la méthode de nettoyage du semoir entre l'application de Rhizovital 42 et celle de l'Endospor dry Mix ait permis un nettoyage suffisant du semoir, malgré tout le soin apporté à cette opération. Si le nettoyage n'a pas été suffisant, il y a eu un mélange partiel de ces préparations supplémentaires, il est donc difficile d'interpréter les résultats des essais. Pour 2014, il faudra réfléchir s'il est nécessaire ou non d'améliorer la technique de nettoyage en fonction des expériences réalisées ailleurs.

Soulignons enfin que sur les parcelles d'Estavayer-le-Lac et d'Allens, aucun soja n'avait été cultivé depuis au moins 20 ans. Cela était important pour donner aux différents procédés d'essai retenus toutes leurs chances pour exprimer tout leur potentiel.

4.3.- Essais de variétés suisses et étrangères pour le tofu

Les essais de Reckenholz et de Domdidier (voir tableau 8) ont pu être conduits de manière satisfaisante malgré les conditions météo pas toujours faciles.

Tableau 8 : Données culturales sur les essais de Reckenholz et Domdidier

Lieu d'essai	Reckenholz	Domdidier
Statut	conventionnel	bio
Précédent cultural	blé d'automne suivi d'une culture dérobée	maïs-grain
Date de semis	07.05.2013	14.05.2013
Densité de semis	68 grains/m ²	68 grains/m ²
Bactéries radicicoles	Hi Stick	Biodoz
Désherbage	chimique	mécanique et manuel
Date de récolte	02.10.2013	26.09.2013



A gauche, Soja Cardiff ; à droite, Soja Aveline. Domdidier, le 01.07.2013



Semis de l'essai variétal à Domdidier le 15.03.2013 avec un semoir ordinaire (pas de semoir d'essais à disposition).

En bio, il faut disposer de variétés aptes à la transformation alimentaire (tofu et autres produits à l'avenir). 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 précoce.

Un développement juvénile rapide est d'autant plus facile 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 effectuées sur ces quatre critères.

Développement juvénile (ou vigueur au départ), début juillet 2013

Des différences marquées étaient visibles au champ entre les variétés. Par exemple, à Domdidier, Cardiff et ES Mentor avaient un développement juvénile lent, alors que Aveline et Protibus avaient un excellent développement juvénile (voir photo de Aveline et Cardiff à la page précédente). Pour Cardiff, on ne sait pas si son développement juvénile lent est du à la variété ou à une vigueur germinative faible du lot de semence utilisé pour cet essai.

Couverture du sol par le soja (mi-août 2013)

Les variétés Cassidy, ES Mentor et Amandine couvraient très bien le sol, alors que Aveline le couvrait moins bien.

Il n'y a pas forcément un lien entre le développement juvénile et la couverture du sol. Par exemple, Aveline avait un développement juvénile excellent mais en août elle ne couvrait pas le sol à 100 % ; en effet, cette variété forme des tiges hautes mais ramifie peu. La variété ES Mentor a réagi exactement de la manière contraire : développement juvénile lent mais bonne couverture du sol en août.

Verse : aucune verse n'affecta les variétés.

Maturité des plantes

Les variétés les plus précoces furent Amandine, Aveline et Protibus (à Domdidier), respectivement Amandine (à Reckenholz). La variété la plus tardive fut ES Mentor sur les deux sites d'essai.



*A gauche, Amandine ; à droite, Primus .
Domdidier, le 04.09.2013*



*A gauche, Korus ; à droite, Aveline. Dom-
didier, le 04.09.2013*

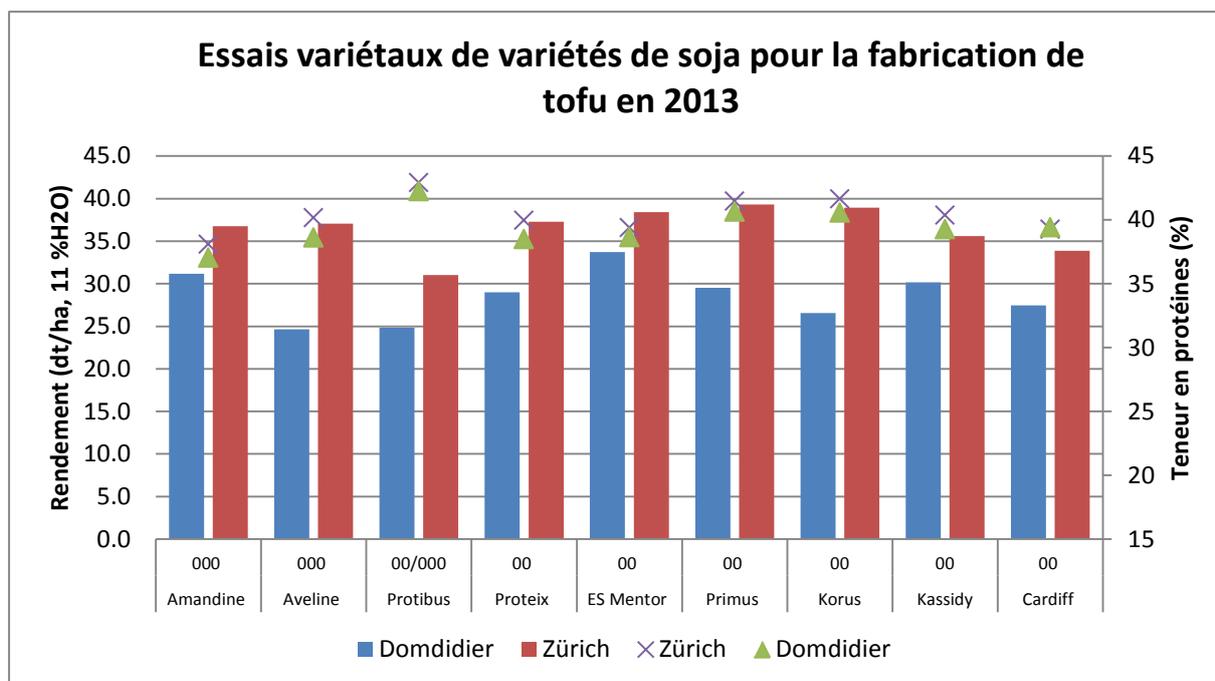
Aptitude à la récolte

Toutes les variétés purent être récoltées sans problème.

Rendements (graphique 1)

Les rendements furent élevés. Ils atteignirent en moyenne 28.6 dt/ha à Domdidier et 36.5 dt/ha à Reckenholz (calculés avec une teneur en eau de 11 %). Les variétés ayant le rendement le plus élevé n'étaient pas les mêmes à Domdidier qu'à Reckenholz. A Domdidier, ES Mentor atteignit le plus haut rendement (33.7 dt/ha) et Aveline le rendement le plus faible (24.7 dt/ha). A Reckenholz, Primus atteignit le rendement le plus élevé (39.3 dt/ha) et Protibus le rendement le plus bas (31.0 dt/ha)

Graphique 1: Rendement et teneur en protéine des variétés dans les essais de Reckenholz et Domdidier en 2013



Poids de mille grains (PMG)

Amandine et Protéix donnèrent les PMG les plus bas alors que Primus donna le PMG le plus élevé.

Teneur en protéines

La variété Protibus donna la teneur en protéines la plus élevée aussi bien à Reckenholz (42.9 %) qu'à Domdidier (42.3 %). La variété Amandine donna la teneur en protéines la plus faible à Domdidier (37.1 %) et à Reckenholz (38.1 %)

Aptitude à la transformation en tofu

Les grains récoltés dans les essais de Domdidier et Reckenholz seront livrés à des entreprises qui feront des essais de transformation en tofu et apprécieront ainsi leur qualité technologique. Ces travaux permettront d'apprécier et de quantifier les différents paramètres de qualité des variétés testées.

Appréciation générale et commentaires

Actuellement en Suisse, les variétés standard pour la production de tofu bio sont Aveline et Protéix. Or Aveline n'est pas très productive et Protéix est une variété à risques car relativement tardive, les années 2012 et 2013 l'ont confirmé. Il est donc pertinent de continuer de développer des variétés bien adaptées à nos besoins et à nos conditions. Agroscope et DSP le font dans leur travail de sélection, mais il est également intéressant de comparer le matériel génétique suisse aux variétés à tofu étrangères.

Dans les deux essais susmentionnés, Protibus a eu la teneur en protéines la plus élevée, elle fut plus précoce que Proteix et son rendement égala celui d'Aveline. Elle est donc intéressante.

La classification des variétés n'est pas la même dans les deux essais. Est-ce du au site différent ou au mode de production différent (bio – conventionnel) ? Par exemple à Domdidier, Aveline a eu un rendement nettement plus faible qu'à Reckenholz. Est-ce du à sa capacité de couverture du sol moins bonne (qui laisse davantage de place aux germinations estivales d'adventices) ? A cause de ce défaut, Aveline est-elle davantage concurrencée par les adventices en conditions sans herbicides qu'en culture conventionnelle ? Par contre, ES Mentor couvre bien le sol, cela explique-t-il qu'il y ait moins de différences de rendement pour cette variété entre les deux sites d'essai ? Ce ne sont là que des hypothèses. Dans le cas des essais de Domdidier et Reckenholz en 2013, on part de l'idée que ce sont les différences de sol et de climat qui expliquent essentiellement les différences de classification des variétés plutôt que les différences entre les modes de production.

Mais la poursuite de ces essais dès 2014 permettra peut-être aussi de se pencher sur la question suivante : serait-il pertinent de conduire des essais variétaux officiels de soja en conditions bio (ce qui n'est actuellement pas le cas en Suisse) ?



A l'étranger, des variétés avec hile coloré sont utilisées pour la fabrication de tofu. Or en Suisse, les fabricants de tofu ne travaillent pour le moment qu'avec des variétés à hile incolore. Durant les années à venir, faudrait-il envisager de tester quelques variétés à hile coloré et d'étudier avec les transformateurs concernés les possibilités de valorisation de ces variétés en tofu ou en autres produits dans les conditions suisses ? Parmi ces variétés à hile coloré, citons Opaline (d'Agroscope-DSP), Sultana, Sigiala et Protina. Concernant les liens entre la couleur du hile et la sélection variétale, voir l'annexe.

Autres variétés

Au Tessin, un agriculteur bio a semé à titre d'essai les variétés Falbala et Protibus. Protibus a donné de bons résultats (rendement, aptitude à la culture dans les conditions tessinoises).

4.4.- Autres résultats

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

Le programme de travail effectué en 2013 a permis de faire se rencontrer des institutions et des acteurs qui ne se connaissaient pas. Il en est résulté un intérêt relativement grand pour les travaux effectués et pour une poursuite des collaborations. C'est une base très importante pour la poursuite des activités dès 2014 et le développement de la production de soja bio. Ce développement est nécessaire étant donné la forte hausse de la demande.

Visites de cultures

A Vaux-sur-Morges, l'essai de soja en culture associée a été intégré au dispositif d'essais démonstratifs mis en place en vue de la journée technique organisée par l'association swiss no till le 11.09.2013. Ainsi, de nombreux agriculteurs bio et surtout non bio l'ont visité. Les échanges entre les agriculteurs ont été très fructueux.

A Reckenholz, un groupe composé de ressortissants allemands, de suisses et de français impliqués dans le projet IMIR a eu l'occasion de visiter l'essai variétal.

A fin août 2013, une visite de culture itinérante pour tous les participants à ce projet et pour quelques autres personnes intéressées a permis de se rendre sur les essais de Vaux-sur-Morges, Estavayer-le-Lac et Domdidier.

5.- Remerciements

Le FiBL et Prokana remercient tout particulièrement les institutions et personnes suivantes qui ont contribué aux travaux et essais réalisés en 2013 :

- Claude-Alain Gebhard, agriculteur, Vaux-sur-Morges : conduite de l'essai de cultures associées ;
- Corentin Tissot, agriculteur, Allens : conduite de l'essai d'interactions ;
- Patrice Marmy, agriculteur, Estavayer-le-Lac : conduite de l'essai d'interactions ;
- Laurent Godel, agriculteur, Domdidier, et membre du comité de Prokana : conduite de l'essai variétal ;
- Alfred Schädeli, agriculteur, Frick, ferme du FiBL : conduite de l'essai de cultures associées ;
- Bio Suisse : financement des essais ;
- Prokana : cofinancement des essais ;
- fenaco semences, Moudon : fourniture des semences des plantes accompagnatrices pour les essais de cultures associées ;
- 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 ;
- Haute-école d'agronomie HAFL à Zollikofen : contribution à la définition des procédés d'essai et des feuilles de notation ;
- Agroscope : contribution à la définition des essais ; conduite de l'essai variétal à Reckenholz ; battage de l'essai de Vaux-sur-Morges à Changins ;
- DSP, Delley : semis et récolte de l'essai variétal à Domdidier ; mesures de la teneur en protéines des différents lots ; conditionnement des échantillons provenant des essais variétaux ;
- Jean-Philippe Barilier, agriculteur et entrepreneur de travaux pour tiers à Romanel-sur-Morges : semis de l'essai de cultures associées à Vaux-sur-Morges ; aide à la logistique ;
- Andermatt Biocontrol : fourniture du produit Rhizovital ;
- Peter Leuenberger, Villarepos : fourniture du produit Endospor dry Mix.
- Migros : soutien au programme du FiBL visant à développer la production de protéines végétales fourragères en Suisse
- Association swiss no till : collaboration à la mise en place de l'essai de cultures associées de Vaux-sur-Morges.

6. Annexe

Amélioration de la résistance du soja au froid par la sélection variétale

La tolérance au froid se base sur deux mécanismes différents :

- une tolérance dite stricte ou vraie (aptitude d'une fleur à supporter un coup de froid, sans couler), et :

- aptitude à la compensation (une floraison décalée des différentes grappes de fleurs sur le même nœud permet de compenser les chutes de fleur antérieures).

Cette floraison décalée, « asynchrone » dans le temps des racèmes latéraux permet au soja de compenser un coup de froid survenu sur le racème principal.

La couleur de la pubescence est liée à la tolérance au froid. Les variétés à poils bruns ont majoritairement une floraison asynchrone, leur permettant de compenser un coup de froid. Ce phénomène explique que la très grande majorité des variétés cultivées au Nord des Alpes est à poils bruns. Les variétés à pubescence grise ont majoritairement une floraison synchrone, les racèmes fleurissant en continu, sans décalage marqué entre le racème central et les racèmes latéraux. Les sojas à poils gris seront donc en moyenne plus touchés par une période froide. Il existe bien sûr des exceptions, comme la variété Proteix, à poils gris, mais d'un bon comportement sous stress de froid.

La tolérance du soja au froid est liée à la couleur de la pubescence (= couleur des poils sur la tige) et non pas à la couleur du hile du grain.

Couleur de l'épiderme du grain

Toutes les variétés actuelles ont une cuticule jaune. Il existe toutefois une très forte diversité génétique dans cette espèce, avec des grains bruns, noirs, mats ou luisants, verts et bien sûr jaune. Les grains verts et noirs sont appréciés pour des usages particuliers.

Couleur du hile du grain

Les variétés de soja à hile coloré sont parfaitement utilisables en transformation alimentaire. Toutefois, les anthocyanes qui composent ces pigments sont solubles dans l'eau et leur forte présence peut colorer négativement le lait et le tofu.

Pour des lots fortement colorés, certains fabricants recourent au dé-pelliculage du grain avant fabrication. Ce procédé nécessite toutefois un équipement spécifique et augmente les frais, si bien que la fabrication artisanale y renonce souvent. Les hiles de coloration claire (jaune ou brun clair) contiennent suffisamment peu de pigments pour ne pas poser de problème pratique. A noter que les Australiens n'ont plus aucune lignée alimentaire à hile coloré.

Maurice Clerc, Claude-Alain Bétrix et Arnold Schori, 14.12.2014