

Cultures associées

Essais pratiques avec des semis d'automne et de printemps, canton de Fribourg, récolte 2017



Essai de cultures associées à Cournillens FR (sur le site de la Journée nationale des grandes cultures bio) le 05.07.2017



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG
WWW.FR.CH

Grangeneuve
www.grangeneuve.ch

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

Matthias Klaiss (matthias.klaiss@fibl.org),

Daniel Böhler (daniel.boehler@fibl.org),

Christine Arncken (christine.arncken@fibl.org)

05.12.2017

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction et problématique | 1 |
| 2. Lieux et procédés d'essais | 2 |
| 2.1 Semis d'automne..... | 2 |
| 2.2 Semis de printemps..... | 3 |
| 2.3 Informations concernant les espèces, les variétés et les densités de semis..... | 4 |
| 3. Résultats..... | 5 |
| 3.1 Cournillens FR, semis d'automne | 5 |
| 3.2 Grangeneuve FR, semis d'automne | 7 |
| 3.3 Cournillens FR, semis de printemps..... | 9 |
| 3.4 Grangeneuve FR, semis de printemps..... | 13 |
| 4. Cultures associées avec le lupin bleu: résultats de l'essai exact en 2017 à Mellikon AG | 15 |
| 5. Discussion et conclusions | 19 |
| 6. Remerciements | 21 |

1. Introduction et problématique

L'objectif de nos essais pratiques est d'approfondir nos connaissances sur les cultures associées en conditions biologiques et de rendre ces cultures attrayantes pour les agriculteurs. Depuis 2009, le FiBL teste chaque année, en plus des cultures associées semées en automne, différentes associations de légumineuses à graines et de céréales en semis de printemps. Dans un premier temps, les expériences ont porté sur des associations de pois et d'orge, parfois avec un troisième partenaire comme la caméline. Au fil du temps, des associations à base de féverole et, depuis 2013, des associations à base de lupin ont également été testées dans des essais pratiques et exacts. Les questions d'essai ont évolué au fil du temps. Les questions suivantes sont actuellement au premier plan:

- Le triticale et le blé sont-ils une bonne alternative à l'avoine en tant que partenaires des associations à base de féverole ou de lupin (étant donné que le marché de l'avoine fourragère bio est déjà presque saturé)?
- L'avoine rude, qui sert d'engrais vert, pourrait-elle également devenir un partenaire à associer à la féverole ou au lupin?
- Comment optimiser la maturation synchronisée entre légumineuses à graines et céréales en choisissant les bonnes variétés?
- Comment se comportent l'avoine, le triticale et le blé lorsqu'ils sont semés à une profondeur de 7 cm, en même temps que la féverole ou le lupin?

Lorsqu'il a été annoncé que la Journée nationale des grandes cultures bio aurait lieu à Cournillens FR en 2017, il a été décidé de transférer à Cournillens le site d'essai voisin de Givisiez, où les essais de cultures associées ont eu lieu en 2015 et 2016. A Cournillens, il y a à peu près les mêmes conditions pédo-climatiques qu'à Givisiez. En raison de cette Journée nationale, il a aussi été décidé de mettre en place, non seulement des semis de printemps comme 2015 et 2016, mais également des semis d'automne. Comme en 2015 et 2016, un essai a également été mené à l'Institut Agricole du Canton de Fribourg à Grangeneuve FR.



Photo 1: La ferme biologique de Frédéric Zosso à Cournillens FR, où a eu lieu la Journée nationale des grandes cultures bio en 2017. Photo du 23.10.2016, sur la parcelle où ont eu lieu les essais de cultures associées.



Photo 2: Essai de cultures associées avec semis d'automne et semis printemps à Grangeneuve FR, le 05.05.2017

2. Lieux et procédés d'essais

2.1 Semis d'automne

Tableau 1: Essais de cultures associées en 2017 dans le canton de Fribourg, semis d'automne, lieux d'essais et procédés

| | | | |
|---|---|---|-------------------|
| | Agriculteur ou institution | Institut agricole du Canton de Fribourg | Zosso Frédéric |
| | Lieu / Canton | Grangeneuve FR | Cournillens FR |
| Associations avec le pois protéagineux | | | |
| 1 | Pois protéagineux Curling 80 % et orge d'automne Cassia 40 % | | X |
| 2 | Pois protéagineux Enduro 80 % et orge d'automne Cassia 40 % | X | |
| Associations avec la féverole | | | |
| 11 | Féverole Olan 80 % et avoine d'automne Wiland 40% | | X |
| 12 | Féverole Olan 80 % et triticale d'automne Trialdo 40 % | X | |
| 13 | Féverole Olan 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % | | X |
| 14 | Féverole Olan 80 % et blé d'automne Ludwig 40 % | X | X |

2.2 Semis de printemps

Tableau 2: Essais de cultures associées en 2017 dans le canton de Fribourg, semis de printemps, lieux d'essais et procédés

| | Agriculteur ou institution | Institut agricole du Canton de Fribourg | Zosso Frédéric |
|---|--|---|-------------------|
| | Lieu / Canton | Grangeneuve FR | Cournillens FR |
| Associations avec le pois protéagineux | | | |
| I | Pois protéagineux Alvesta 40 % et orge de printemps Eunova 40 % | X | X |
| Associations avec la féverole | | | |
| 11 | Féverole Bioro 100 % | | X |
| 12 | Féverole Bioro 80 % et avoine de printemps Zorro 40 % | | X |
| 13 | Féverole Bioro 80 % et avoine rude Pratex 40 % | | X |
| 14 | Féverole Bioro 80 % et triticale Trado 40 % | X | |
| 15 | Féverole Bioro 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % | | X |
| 16 | Féverole Detpop 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % | | X |
| 17 | Féverole Bioro 80 % et blé de printemps Fiorina 40 % | X | X |
| Associations avec le lupin bleu | | | |
| 21 | Lupin Boruta 80 % et avoine de printemps Zorro 40 % | | X |
| 22 | Lupin Boruta 80 % et avoine rude Pratex 40% | | X |
| 23 | Lupin Boruta 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % | | X |
| 24 | Lupin Boregine 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % | | X |
| 25 | Lupin Boruta 80 % et blé de printemps Fiorina 40 % | | X |

2.3 Informations concernant les espèces, les variétés et les densités de semis

La variété d'orge d'automne Cassia est une variété à deux rangs. Les années précédentes, les essais pratiques ont montré que les variétés d'orge à deux rangs s'adaptent bien à l'association avec des variétés de pois protéagineux comme Curling ou Enduro, qui forment une masse verte plutôt modeste. (Par contre, les variétés d'orge à six rangs conviennent mieux à l'association avec des variétés de pois protéagineux très feuillues comme Dove.)

Selon Delley Semences et Plants SA (DSP), la variété de triticales Trado est en fait un triticales alternatif et non pas un triticales de printemps.

L'avoine rude a été semée pour la première fois en 2017 dans les essais pratiques de cultures associées. Faute d'expérience, il a été difficile de déterminer la densité de semis optimale. La densité de semis de référence pour la culture pure a été fixée à 63 kg/ha.

La variété-population de féverole Detpop a été sélectionnée en Allemagne par Werner Vogt-Kaute de Naturland Marktgesellschaft, un sélectionneur biologique. Selon ses données, elle a une bonne résistance à la sécheresse. Lors des essais en plein champ dans le Baden-Wurtemberg et en Hesse, elle a montré une résistance à la verse nettement supérieure à celle de la variété Bioro, mais par contre un rendement et une teneur en protéines légèrement inférieurs. Detpop est légèrement plus court que Bioro. En Allemagne, une densité de semences de 35 grains/m² est recommandée pour ces deux variétés de féveroles.

Les lupins utilisés sont des lupins à feuilles étroites, qu'on appelle souvent lupins bleus dans la pratique, bien que toutes les variétés n'aient pas des fleurs bleues. Pour les lupins non ramifiés (par exemple la variété Boruta), on a choisi une densité de semis de référence pour la culture pure qui est plus élevée que celle pour les lupins ramifiés (par exemple la variété Boregine) (voir tableau 3).

Pour le calcul de la densité de semis en kg / ha, il a été tenu compte des densités de semis de référence pour la culture pure (tableau 3), de la faculté germinative et du poids de mille grains.

Tableau 3: Essais de cultures associées en 2017 dans le canton de Fribourg: densités de semis de référence pour la culture pure

| Semis d'automne | | Semis de printemps | |
|---------------------|---|------------------------|---|
| Espèce | Densité de semis pour la culture pure, grains/ m2 | Espèce | Densité de semis pour la culture pure, grains/ m2 |
| Pois protéagineux | 100 | Pois protéagineux | 95 |
| Orge d'automne | 370 | Orge de printemps | 450 |
| Féverole | 40 | Féverole | 60 |
| Avoine d'automne | 450 | Avoine de printemps | 400 |
| Triticale d'automne | 450 | Avoine rude | 63 kg/ha |
| Blé d'automne | 475 | Triticale | 450 |
| | | Blé de printemps | 500 |
| | | Lupin bleu non ramifié | 160 |
| | | Lupin bleu ramifié | 130 |

Explications concernant les proportions respectives de semis, à l'aide d'un exemple

Pour calculer les proportions respectives de semis, on prend au départ la densité de semis préconisée en culture pure, qui correspond à 100 %. Par exemple, pour l'association de pois protéagineux Alvesta 80 % et de l'orge de printemps Eunova 40 %, le pois est semé à 80 % de la densité de semis recommandée en culture pure et l'orge à 40 %. La quantité totale semée équivaut ainsi à 120 %.

3. Résultats

3.1 Cournillens FR, semis d'automne

La culture précédente était du maïs plante entière. Après la récolte de ce dernier, du fumier de cheval composté a été épandu et enfoui par labour à 20 cm de profondeur. L'essai a été semé le 22.10.2016 (semis combiné : semoir et herse rotative) à 4 cm de profondeur. Le 15.03.2017, il y eut un passage de herse-étrille. La bande de pois protéagineux Curling 80 % et d'orge d'automne Cassia 40 % a été récoltée le 05.07.2017. La récolte des trois bandes restantes a eu lieu le 03.08.2017.

Conditions de croissance

L'avoine d'automne a mal hiverné, 75 % des plantes ont disparu. Par conséquent, la bande de féverole Olan 80 % et d'avoine d'automne Wiland à 40 % ressembla davantage à une culture pure de féverole qu'à une culture associée, et la féverole a versé. Par contre, il y avait très peu de verse dans les deux autres bandes de féverole associée.

Les quatre bandes sont restées pratiquement exemptes de mauvaises herbes jusqu'à la récolte, et la maturation des partenaires de l'association a été presque synchrone; les céréales n'ont mûri que quelques jours avant la féverole.

La féverole a été très vigoureuse. Les céréales associées ont beaucoup souffert de la concurrence de la féverole.



Photo 3: Au milieu, féverole Olan 80 % et avoine d'automne Wiland 40 % le 21.03.2017 à Cournillens FR ; l'avoine d'automne a disparu à 75 %. A droite, féverole Olan 80% et triticale d'automne Larossa 40%.



Photo 4: Féverole Olan 80 % et triticale d'automne Larossa 40 % le 08.06.2017 à Cournillens FR. Le triticale d'automne a été largement étouffé par la féverole.



Photo 5: A gauche, féverole Olan 80 % et triticale d'automne Larossa 40 %, pas de verse. A droite, féverole Olan 80 % et avoine d'automne Wiland 40 %, qui a disparu à 75 % ; verse totale. Cournillens FR, 20.06.2017.



Photo 6: Pois protéagineux 80 % et orge d'automne Cassia 40 %, Cournillens FR, 05.07.2017, le jour de la récolte

Rendement et part des partenaires dans le grain récolté

Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Essai de cultures associées en 2017 à Cournillens FR, semis d'automne: rendements et part des partenaires dans le grain récolté

| | | Rende- ment total (kg/a) | Part de la légumi- neuse (%) | Rende- ment de la légu- mineuse (kg/a) | Part de la céréale (%) | Rende- ment de la céréale (kg/a) |
|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|---|
| Association avec le pois protéagineux | | | | | | |
| I | Pois prot. Curling 80 % et orge d'aut. Cassia 40 % | 55.0 | 73.7 | 40.5 | 26.3 | 14.5 |
| Associations avec la féverole | | | | | | |
| II | Féverole Olan 80 % et avoine d'aut. Wiland 40 % | 32.5 | 77 | 25.0 | 23 | 7.5 |
| 13 | Féverole Olan 80 % et triticale d'aut. Larossa 40 % | 39.3 | 63.2 | 24.8 | 36.8 | 14.5 |
| 14 | Féverole Olan 80 % et blé d'automne Ludwig 40 % | 37.6 | 67.4 | 25.3 | 32.6 | 12.3 |

L'association de pois protéagineux et d'orge a été très productive. La féverole a moins rendu que le pois protéagineux, elle n'avait pas énormément de gousses. Les raisons ne sont pas claires, mais les causes possibles pourraient être le froid d'avril 2017. L'association de féverole et d'avoine donna la même part de grain de féverole (en kg/a) que les autres associations à base de féverole, malgré le fait qu'elle eut plus de place au champ, en raison de la disparition de l'avoine d'automne à 75 %. La part de légumineuses dans le grain récolté fut très élevée, en raison des excellentes conditions de croissance jusqu'à l'apparition des fortes chaleurs en juin.

3.2 Grangeneuve FR, semis d'automne

La culture précédente était du blé et de l'orge. En octobre 2016, 30 t/ha de fumier de bovins ont été épandus juste avant le travail du sol. L'essai a été semé le 28.10.2016. Deux passages de herse-étrille ont été effectués le 28.03.2017 et le 12.04.2017. La bande de pois protéagineux Enduro 80 % et d'orge d'automne Cassia 40 % a été récoltée le 17.07.2017. Les deux cultures de féverole associée ont été récoltées le 04.08.2017.



Photo 7: Féverole Olan 80 % et triticales Trialdo 40 %. Grangeneuve FR, 07.05.2017



Photo 8: Féverole Olan 80 % et blé d'automne Ludwig 40 % juste avant la récolte. Grangeneuve FR, 04.08.2017

Conditions de croissance

Les cultures associées n'ont pas levé de manière optimale. Elles ont bien hiverné, mais elles furent peu vigoureuses durant la première moitié du printemps. A partir du mois de mai, cependant, elles sont devenues très vigoureuses et ont très bien recouvert le sol. Après la récolte, une certaine quantité de mauvaises herbes était visible dans les féveroles associées, mais ces mauvaises herbes restèrent courtes et ne formèrent pas de graines. La maturité des partenaires des associations fut relativement synchronisée. Il n'y eut presque pas de verse.

Rendement et part des partenaires dans le grain récolté

Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5: Essai de cultures associées en 2017 à Grangeneuve FR, semis d'automne: rendements et part des partenaires dans le grain récolté

| | | Rendement total (kg/a) | Part de la légumineuse (%) | Rendement de la légumineuse (kg/a) | Part de la céréale (%) | Rendement de la céréale (kg/a) |
|--|---|------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Association avec le pois protéagineux | | | | | | |
| 2 | Pois prot. Enduro 80 % et orge d'aut. Cassia 40 % | 47.9 | 56.6 | 27.1 | 43.4 | 20.8 |
| Associations avec la féverole | | | | | | |
| 12 | Féverole Olan 80 % et triticales d'aut. Trialdo 40% | 31.6 | 69.8 | 22.0 | 30.2 | 9.6 |
| 14 | Féverole Olan 80 % et blé d'aut. Ludwig 40 % | 33.8 | 50.4 | 17.0 | 49.6 | 16.8 |

Dans l'association de féverole Olan 80% et de blé d'automne Ludwig 40%, il y eut une faible part de féverole dans le grain récolté (en kg/a), pour une raison pas très claire. Les résultats des deux autres cultures associées furent satisfaisants et comparables aux résultats des cultures associées semées en automne à Cournillens FR.

3.3 Cournillens FR, semis de printemps

La culture précédente fut du maïs plante entière. Après sa récolte, un engrais vert constitué de chou de chine a été semé. Le 14.03.2017, le chou de chine a été détruit et incorporé au sol avec un cultivateur à pattes d'oies. L'essai a été semé le 16.03.2017 (semis combiné : semoir à céréales et herse à disques), à 7 cm de profondeur pour toutes les bandes. La graine de lupin a été inoculée avec des bactéries radicicoles spécifiques. Le 19.04.2017, il y eut un passage de herse-étrille. Quelques plants de chou de chine n'ont pas été détruits et ont continué à pousser jusqu'à leur floraison ; mais à partir de la fin de mai, ils ont été étouffés par les cultures associées, ils ont séché et n'ont plus été visibles par la suite. La bande de pois protéagineux Alvesta 80% et d'orge de printemps Eunova 40% a été récoltée le 12.07.2017. La récolte des dix bandes restantes eut lieu le 03.08.2017.

Conditions de croissance

Toutes les cultures associées ont très bien levé et ont été très vigoureuses. Les céréales de toutes les espèces ont bien levé, mais elles ont plutôt peu tallé en raison la profondeur de semis de 7 cm. Les légumineuses à graines n'ont pas souffert de la sécheresse initiale, parce qu'elles ont été semées assez profondément.



Photo 9 : Lupin Boregine 80 % et triticales d'automne Larossa 40 %. Le triticales a bien levé malgré une profondeur de semis de 7 cm. Cournillens FR, 05.05.2017



Photo 10: Lupin Boruta 80% et avoine de printemps Zorro 40%. L'avoine semée à 7 cm de profondeur est probablement plus vigoureuse que le triticales visible sur la photo 9. Cournillens FR, 05.05.2017

Association à base de pois protéagineux

L'association de pois Alvesta 80% et d'orge de printemps Eunova 40% fut très vigoureuse ; elle a versé vers la fin de la saison de croissance.

Associations à base de féverole

Dès la mi-juin 2017, les féveroles ont étouffé l'avoine de printemps, le triticale et le blé de printemps, mais pas l'avoine rude (qui était très haute). Les plantes de féveroles devinrent très hautes. C'est la raison pour laquelle, à partir de début juillet 2017, de nombreuses associations à base de féverole ont légèrement versé et ont eu des tiges pliées voire cassées. Le jour de la récolte, la verse était spécialement marquée pour les trois bandes d'essai suivantes : féverole Bioro 100 % (culture pure), féverole Bioro 80 % et avoine rude Pratex 40 %, féverole Bioro 80 % et triticale d'automne Larossa 40 %, féverole Bioro 80 % et blé de printemps Fiorina 40 %. L'association de féverole Detpop 80 % et de triticale d'automne Larossa 40 % versa beaucoup moins et les plantes de féverole ne se sont pas pliées ou cassées.



Photo 11: Féverole Bioro 80 % et triticale d'automne Larossa 40 %. Cournillens FR, 05.07.2015. Beaucoup de féveroles sont déjà versées et pliées.



Photo 12: Féverole Detpop 80 % et triticale d'automne Larossa 40 %. Cournillens FR, 05.07.2015. Presque aucune féverole n'est versée ou pliée.

Associations à base de lupin

A partir du 20.06.2017, le lupin Boregine devint plus haut et plus dense que le lupin Boruta, il étouffa en partie le triticale associé; enfin il finit par verser complètement. Dans l'association de lupin Boruta 80% et d'avoine rude 40%, l'avoine rude devint beaucoup plus haute que le lupin; vers la fin de la période de végétation, elle versa légèrement et ainsi entraîna partiellement au sol le lupin. Les trois autres associations à base de lupin sont restées parfaites jusqu' à la récolte: la céréale associée ne fut pas étouffée et il n'y eut pas de verse.



Photo 13: A gauche, lupin Boruta 80% et triticale d'automne Larossa 40%. Au milieu : lupin Boregine 80% et triticale Larossa 40%, forte verse. A droite: lupin Boruta 80% et avoine rude Pratex 40%, verse partielle. Cournillens FR, 05.07.2017



Photo 14: Lupin Boruta 80% et avoine rude Pratex 40%. Cournillens FR, 05.07.2017

Maturation

Toutes les féveroles ont mûri de façon assez irrégulière. Dans l'association de féverole Bioro 80 % et d'avoine rude Pratex 40 %, l'avoine rude arriva à maturité bien avant la féverole. Dans les associations à base de lupin, seule le lupin Boregine a mûri de façon irrégulière. Dans l'association de lupin Boruta 80% et d'avoine rude Pratex 40%, l'avoine rude fut mûre bien avant le lupin. Dans les autres associations à base de lupin, la maturation fut assez synchrone.

Adventices

Après la récolte des associations à base de féverole, une certaine quantité de mauvaises herbes était visible au sol. Mais ces adventices restèrent courtes (environ 40 cm) et n'eurent pas de graines. L'association de lupin Boregine 80 % et de triticale d'automne Larossa 40 % présenta un enherbement tardif moyen, en raison de sa forte verse. Dans toutes les autres associations, l'enherbement du sol après la récolte fut très modeste et parfaitement acceptable.

Rendement et part des partenaires dans le grain récolté

Les résultats sont présentés au tableau 6.

Table 6: Essai de cultures associées en 2017 à Cournillens FR, semis de printemps: rendements et part des partenaires dans le grain récolté

| | | Rende- ment total (kg/a) | Part de la légumi- neuse (%) | Rende- ment de la légu- mineuse (kg/a) | Part de la céréale (%) | Rende- ment de la céréale (kg/a) |
|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|---|
| Association avec le pois protéagineux | | | | | | |
| I | Pois prot. Alvesta 40 % et orge de print. Eunova 40 % | 60.8 | 81.4 | 49.5 | 18.6 | 11.3 |
| Associations avec la féverole | | | | | | |
| 11 | Féverole Bioro 100 % | 29.5 | 100 | 29.5 | | |
| 12 | Féverole Bioro 80 % et avoine de print. Zorro 40 % | 34.8 | 67.7 | 23.6 | 32.3 | 11.2 |
| 13 | Féverole Bioro 80 % et avoine rude Pratex 40 % | 27.0 | 87.6 | 23.6 | 12.4 | 3.4 |
| 15 | Féverole Bioro 80 % et triticale d'aut. Larossa 40 % | 29.1 | 98.8 | 28.7 | 1.2 | 0.4 |
| 16 | Féverole Detpop 80 % et triticale d'aut. Larossa 40 % | 36.2 | 91.8 | 33.2 | 8.2 | 3.0 |
| 17 | Féverole Bioro 80 % et blé de print. Fiorina 40 % | 34.3 | 88.7 | 30.5 | 11.3 | 4.0 |
| Associations avec le lupin bleu | | | | | | |
| 21 | Lupin Boruta 80 % et avoine de print. Zorro 40 % | 50.7 | 33.4 | 16.9 | 66.6 | 33.8 |
| 22 | Lupin Boruta 80 % et Sandhafer Pratex 40 % | 29.1 | 57.4 | 16.7 | 42.6 | 12.4 |
| 23 | Lupin Boruta 80 % et triticale d'aut. Larossa 40 % | 49.3 | 40.2 | 19.8 | 59.8 | 29.5 |
| 24 | Lupin Boregine 80 % et triticale d'aut. Larossa 40 % | 37.9 | 81.7 | 31.0 | 18.3 | 6.9 |
| 25 | Lupin Boruta 80 % et blé de print. Fiorina 40 % | 41.9 | 37.9 | 15.9 | 62.1 | 26.0 |

L'association de pois et d'orge fut très productive. Les associations à base de féverole furent moins productives que les associations à base de pois ou de lupin. Les raisons sont sans

doute multiples: les féveroles avaient assez peu de gousses, elles ont souffert de la verse et de la casse, peut-être ont-elles aussi souffert de la chaleur estivale.

Comme l'année dernière à Givisiez, la part d'avoine dans le grain récolté était plus élevée que celle du triticale ou du blé. L'avoine exerce une concurrence plus forte sur la féverole. Avec le triticale en tant que céréale associée, la part de la féverole dans le grain récolté est plus élevée. La fonction de concurrencement des adventices exercée par le triticale devrait approximativement suffire, même si elle n'est pas aussi bonne que celle de l'avoine.

Comme on pouvait s'y attendre, la féverole Detpop a donné un rendement élevé et une part importante de grain dans la récolte (en kg (a)).

Le lupin Boregine eut une part très élevée de grain dans la récolte, mais il versa complètement. En année plus humide qu'en 2017, cette verse aurait donné un envahissement catastrophique de la parcelle par les adventices, et une récolte difficile.

Associations à base de féverole ou de lupin avec l'avoine rude: la part de la légumineuse à graine dans le grain récolté (en dt/ha) fut la même qu'avec les associations à base de féverole ou de lupin avec l'avoine fourragère. Par contre, la part de l'avoine fourragère fut très élevée et celle de l'avoine rude fut faible. On s'y attendait, car l'avoine rude est une plante d'engrais vert et a des grains beaucoup plus petits que l'avoine fourragère.

Teneurs en alcaloïdes dans les lupins

Les lupins blancs et les lupins bleus peuvent également être utilisés en alimentation humaine. En 2017, une entreprise alimentaire belge s'est intéressée à acheter la récolte de lupins de l'essai de Cournillens. Par précaution, un échantillon de la variété Boruta fut préalablement envoyé en Allemagne pour déterminer par analyse sa teneur en alcaloïdes.

Dans l'échantillon, on trouva 0,049 % d'alcaloïdes. D'après nos recherches, il n'y a pas de valeurs limites légales pour les alcaloïdes ni en Suisse ni en Allemagne. Pour la valorisation dans le canal alimentaire, il semble toutefois qu'une teneur maximale de 0,02 % soit exigée. Pour la valorisation fourragère, cette teneur est de 0.05 %. En Allemagne, pour les sélectionneurs de lupin, une variété est « libre d'alcaloïdes » si elle contient moins de 0.02 % d'alcaloïdes, et elle est « pauvre » si elle en contient moins de 0,05 %. En Australie, Nouvelle-Zélande, France et Grande-Bretagne, les autorités ont toutefois fixé une teneur légale maximale de 200 mg/kg dans la matière sèche (= 0,02 %). Nous avons ainsi considéré que l'échantillon de Cournillens était « en ordre » pour le canal fourrager, mais pas pour le canal alimentaire.

3.4 Grangeneuve FR, semis de printemps

Les cultures précédentes étaient le blé et l'orge. En octobre 2016, 30 t/ha de fumier de bovins ont été épandus et enfouis par labour. Puis du seigle à faucher en vert a été semé comme engrais vert. En mars 2017, il a été détruit par labour. L'essai a été semé le 20.03.2017 (profondeur de semis 4 cm) et passé à la herse-étrille le 12.04.2017. La récolte du pois protéagineux Alvesta 80% associé à l'orge de printemps Eunova 40% eut lieu le 18.07.2017. La récolte des deux associations à base de féverole n'a pu avoir lieu que le 04.08.2017 pour des raisons d'organisation, ce qui était environ une semaine trop tard.



Photo 15: A gauche, le pois Alvesta 80% + et l'orge Eunova 40%; à droite, les deux associations de féverole Bioro 80% avec le triticale Trado 40%, resp. le blé de printemps Fiorina 40%. Grangeneuve FR, 23.06.2017



Photo 16 : Féverole Bioro 80 % et triticale Trado 40 %, juste après la récolte. Une certaine quantité de mauvaises herbes restées courtes est visible. Grangeneuve FR, 04.08.2017

Conditions de croissance

Les trois associations ont très bien levé et furent très vigoureuses. Les féveroles devinrent plus hautes que les céréales associées, sans toutefois les étouffer de manière significative; vers la fin de la période de végétation, elles présentèrent une verse modérée et des plantes pliées ou cassées.

Dans les associations à base de féverole, les céréales associées furent mûres environ deux semaines avant la féverole, et la maturation de la féverole fut étalée. Le battage des féveroles s'est avéré difficile, il y eut des grains cassés et des gousses mal battues dans le grain récolté. Après la récolte, une certaine quantité de mauvaises herbes était visible dans les associations à base de féverole, mais les plantes de mauvaises herbes restèrent courtes et ne formèrent pas de graines.

Rendement et part des partenaires dans le grain récolté

Les résultats sont présentés au tableau 7.

Tableau 7: Essai de cultures associées 2017 à Grangeneuve FR, semis de printemps: rendements et part des partenaires dans le grain récolté

| | | Rende- ment total (kg/a) | Part de la légumi- neuse (%) | Rende- ment de la légu- mineuse (kg/a) | Part de la céréale (%) | Rende- ment de la céréale (kg/a) |
|--|--|--------------------------------|--|--|------------------------------|---|
| Association avec le pois protéagineux | | | | | | |
| I | Pois prot. Alvesta 80 % et orge de print. Eunova 40 % | 53.9 | 56.0 | 30.2 | 44.0 | 23.7 |
| Associations avec la féverole | | | | | | |
| 14 | Féverole Bioro 80 % et triticale Trado 40 % | 38.0 | 80.0 | 30.4 | 20.0 | 7.6 |
| 17 | Féverole Bioro 80 % et blé de print. Fiorina 40 % | 22.3 | 67.5 | 15.0 | 32.5 | 7.3 |

L'association de féverole Bioro 80 % et de blé de printemps Fiorina 40 % a fourni un rendement faible pour une raison non explicable. Les rendements des deux autres associations furent satisfaisants et comparables aux résultats des cultures associées de printemps mises en place à Cournillens FR.

4. Cultures associées avec le lupin bleu: résultats de l'essai exact en 2017 à Mellikon AG

Il vaut la peine de comparer les résultats de l'essai pratique de Cournillens FR avec ceux de l'essai exact de Mellikon AG. Cela consolide les connaissances concernant les possibilités de culture du lupin bleu sous forme de culture associée.

Pour la troisième année consécutive en 2017, le FiBL a conduit un essai exact de culture associée à base de lupin bleu (variété Boruta) sur de petites parcelles et avec trois répétitions. L'essai se situa sur la ferme biodynamique de Daniel Böhler à Mellikon/Rümikon AG. Le champ expérimental était situé juste à côté de la rive du Rhin, sur un terrain légèrement humifère, sablonneux-limoneux, avec un pH de 6,9 (= limite supérieure pour le lupin ; des sols acides conviennent mieux). Les procédés d'essai sont énumérés au tableau 8.

Tableau 8: Essai exact en 2017 à Mellikon AG, semis de printemps, cultures pures et associées à base de lupins bleus : procédés d'essai

| Associations avec le lupin bleu | | Remarques |
|--|---|--|
| 1 | Lupin Boruta 90 % et avoine de print. Buggy 20 % | |
| 2 | Lupin Boruta 90 % et avoine de print. Buggy 10 % | Buggy est une avoine hyper courte |
| 3 | Lupin Boruta 90 % et triticale Trado 20 % | |
| 4 | Lupin Boruta 90 % et triticale d'aut. ARTI 8 20 % | ARTI 8 est un triticale précoce et court de la sélection cécériale de Peter Kunz |
| 5 | Lupin Boruta 90 % et blé de print. Fiorina 20 % | |
| 6 | Lupin Boruta 90 % et orge de print. Eunova 20 % | |
| 7 | Lupin Boruta 90 % et fétuque rouge 33 % | La fétuque rouge fonctionne comme un sous-semis |
| Cultures pures | | Densité de semis |
| 8 | Lupin Boruta 100 % | 160 grains / m ² |
| 9 | Avoine de printemps Buggy 100 % | 400 grains / m ² |
| 10 | Triticale Trado 100 % | 450 grains / m ² |
| 11 | Blé de printemps Fiorina 100 % | 500 grains / m ² |
| 12 | Orge de printemps Eunova 100 % | 400 grains / m ² |

Conditions de croissance

L'essai a été effectué avec le moins de travail du sol possible. Il n'a pas été fertilisé. Après la culture précédente de maïs plante entière, des choux de chine ont été semés à l'automne 2016, ils se sont développés vigoureusement au cours de l'hiver. Le travail du sol s'est déroulé en trois étapes: cultivateur léger le 27.03.2017, herse le 30.03.2017 et cultivateur combiné avec une herse rotative le 04.04.2017.

Les lupins ont bien levé. Ils ne souffrirent pas des gelées tardives d'avril, tout au plus ont-elles contribué à un raccourcissement de la phase végétative de croissance. Cependant, la date de semis plutôt tardive (début avril 2017) a eu un effet défavorable sur la formation du rendement. Dans le cas des lupins, le semis le plus précoce possible a fait ses preuves.

En raison de la mise en place d'une culture de printemps en 2016 et du travail réduit du sol en mars 2017, la pression exercée par les mauvaises herbes fut élevée. Un passage avec une combinaison de herse-étrille et de sarcluse a été effectué en mai, mais il a quand même fallu effectuer un désherbage manuel pour arracher des chénopodes et des liserons.

Pendant la chaleur et la sécheresse de juillet, la maturation de la variété déterminée Boruta eut lieu très rapidement, de sorte que l'avoine et même le triticale ont mûri un peu plus tard que le lupin. La différence de maturité était d'environ une semaine. (Dans un essai de variétés qui se trouvait à proximité, les variétés ramifiées arrivèrent à maturité bien plus tard, et leur maturation fut bien synchronisée avec l'avoine associée). La meilleure synchronisation de la maturation a été obtenue avec le blé de printemps. L'orge de printemps fut tôt mûre beaucoup trop pour les lupins.

Dans certaines variétés de lupin bleu, les gousses ne furent pas résistantes à l'éclatement après une forte tempête estivale qui eut lieu juste avant la récolte, de sorte que certaines graines tombèrent au sol. Cependant, la variété Boruta fut relativement résistante à l'éclatement.

Adventices

Le pouvoir de concurrencement des mauvaises herbes par les différentes céréales a été évalué comme suit dans l'essai exact effectué à Mellikon AG 2017:

- Orge: tolérable
- Avoine: tolérable
- Triticale: tolérable à insuffisant selon la variété
- Blé : insuffisant

Rendement et part des partenaires dans le grain récolté

Les rendements furent inférieurs à ceux de l'essai exact de 2016 en raison des difficultés mentionnées ci-dessus. Toutefois, ils furent faibles non seulement pour les lupins, mais aussi pour les céréales associées (voir tableau 9). Pour les associations, le rendement total moyen était de 20,9 dt/ha. Concernant le rendement total, il n'y eut pratiquement aucune différence entre les associations avec les différentes céréales (17,4 à 22,7 dt/ha).

Les rendements des cultures pures de céréales ont montré que l'orge et le blé (respectivement 31,7 et 29,3 dt/ha) se sont mieux adaptés aux conditions de l'année 2017 que le triticale et l'avoine (respectivement 18,0 et 17,2 dt/ha). En conséquence, l'orge et le blé ont pu concurrencer plus fortement les lupins dans les associations, de sorte que les 30 % de lupins requis dans le grain récolté pour le droit à la « Contribution pour les cultures particulières » n'ont pas été atteints avec l'association de lupin et d'orge (seulement 10 %). Avec l'association de lupin et de blé, la part de lupin dans le grain récolté atteignit presque 30 %. Par contre, avec les associations de lupin associé à l'avoine ou le triticale, les 30 % furent dépassés (43 à 52 %).

Le lupin bleu en culture pure n'a produit que 14,4 dt/ha de rendement et n'a pas concurrencé suffisamment les mauvaises herbes. En termes de rendement global, toutes les associations furent meilleures que la culture pure du lupin. Les cultures associées ont donc apporté un gain de rendement et une légère diminution de la pression des mauvaises herbes. Toutefois, l'association de lupin avec la fétuque rouge n'a pas apporté d'avantages en 2017. La fétuque rouge n'a pas levé correctement et ne s'est pas vraiment établie sur le sol.

Tableau 9: Essai exact 2017 à Mellikon AG avec le lupin bleu Boruta, semis de printemps: rendements et part des partenaires dans le grain récolté

| | | Rendement total (kg/a) | Part de la légumineuse (%) | Rendement de la légumineuse (kg/a) | Part de la céréale (%) | Rendement de la céréale (kg/a) |
|--|---|------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Associations avec le lupin bleu | | | | | | |
| 1 | Lupin Boruta 90 % et Avoine de print. Buggy 20 % | 21.5 | 39.9 | 8.6 | 60.1 | 12.9 |
| 2 | Lupin Boruta 90 % et Avoine de print. Buggy 10 % | 17.4 | 49.1 | 8.5 | 50.9 | 8.9 |
| 3 | Lupin Boruta 90 % et triticale Trado 20 % | 19.9 | 52.3 | 10.5 | 47.7 | 9.4 |
| 4 | Lupin Boruta 90 % et triticale d'aut. ARTI 8 20 % | 21.5 | 43.2 | 9.3 | 56.8 | 12.2 |
| 5 | Lupin Boruta 90 % et blé de print. Fiorina 20 % | 22.7 | 30.2 | 6.9 | 69.8 | 15.8 |
| 6 | Lupin Boruta 90 % et orge de print. Eunova 20 % | 22.6 | 10.2 | 2.3 | 89.8 | 20.3 |
| 7 | Lupin Boruta 90 % et Fétuque rouge 33 % | 15.5 | 100 | 15.5 | 0 | 0 |
| Cultures pures | | | | | | |
| 8 | Lupin Boruta 100 % | 14,5 | | | | |
| 9 | Avoine de print. Buggy 100 % | 17,2 | | | | |
| 10 | Triticale Trado 100 % | 18,0 | | | | |
| 11 | Blé de print. Fiorina 100 % | 29,3 | | | | |
| 12 | Orge de print. Eunova 100 % | 31,7 | | | | |

Teneurs en alcaloïdes dans les lupins

Un examen sensoriel dans l'essai variétal tout proche ainsi que des enquêtes auprès de deux agriculteurs ont permis d'estimer que la teneur en alcaloïdes de certaines variétés était probablement plus élevée en 2017 qu'en 2016 et dépassait la teneur maximale de 0,05 % pour du lupin utilisé dans le canal fourrager. Des résultats d'analyses exactes vont encore arriver et permettre d'étayer ce jugement. La variété Boruta, que nous avons utilisée comme standard dans les essais de cultures associées, se trouvait dans la moyenne des variétés testées lors des essais sensoriels.

5. Discussion et conclusions

Associations de pois protéagineux et d'orge

Autant pour les semis d'automne que de printemps, les rendements et la part de pois dans le grain récolté (en kg/a) ont été moyens à élevés. Les conditions météorologiques ont été excellentes pour ces cultures associées (en particulier : ni trop peu, ni trop de pluie).

Associations à base de féverole

Les rendements ont été inférieurs à ceux des associations à base de pois protéagineux ou de lupins. Le nombre de gousses par plantes n'a pas été très élevé. Hypothèses: les féveroles d'automne ont-elles particulièrement souffert du froid de fin avril? Les féveroles de printemps ont-elles trop souffert de la chaleur de fin juin et des conditions de croissance luxuriante (plantes hautes, verse et plantes cassées)?

A Cournillens FR, la féverole (pratiquement pure) Olan de la bande n° 11 (dans laquelle l'avoine d'automne n'a pas passé l'hiver) a versé, tandis que dans l'association de féverole Olan et de triticale d'automne (bande n° 11) ou dans l'association de féverole Olan et de blé d'automne (bande n° 14), la féverole Olan n'a pratiquement pas versé. Dans les semis de féverole de printemps, cependant, la féverole pure n'a pas davantage versé que les féveroles associées. Ce sont plutôt les variétés qui ont eu une influence sur la verse : Detpop a été moins sensible à verse que Bioro.

Ces dernières années, on a souvent (mais pas toujours) observé un "effet de raccourcissement" de la céréale associée sur la féverole. Si on pourrait à l'avenir cumuler l'effet de variétés résistantes à la verse avec l'effet de raccourcissement de la céréale associée, on arriverait peut-être à avoir des cultures de féveroles plus satisfaisantes et plus stables d'année en année, sans verse et sans casse des plantes.

Ces dernières années, les cultures de féverole associée ont souvent laissé après la récolte un sol plus propre que des cultures pures de féverole, et l'avoine a eu un effet meilleur de prévention des adventices que les autres céréales associées. Toutefois, en 2017, cet effet positif n'a pas été forcément très visible dans les différents essais. Des essais pratiques devraient être poursuivis sur cet aspect.

La variété Detpop a tenu ses promesses, c'est réjouissant. Il est nécessaire de continuer à tester non seulement Detpop, mais aussi d'autres nouvelles variétés qui peuvent présenter un intérêt particulier pour les cultures associées.

Il faut continuer d'identifier des variétés de céréales à maturité assez tardive, qui mûrissent en même temps que la féverole. Ces céréales devraient également bien recouvrir le sol à un stade précoce. Dans le cas du blé, la variété Molinera, par exemple, recouvre bien le sol tôt au printemps, mais est-elle trop précoce? A l'opposé, les variétés tardives de Peter Kunz (Wiwa, Tengri...) ne couvrent pas bien le sol à un stade précoce, et lors d'un essai à Meinier GE en 2013, elles ont mûri plus tard que la féverole Olan.

Associations à base de lupin

Les rendements élevés de Cournillens FR 2017 sont réjouissants. Les associations avec l'avoine et le triticale ont un potentiel intéressant. En ce qui concerne les variétés de lupin, Boregine a été décevante, car elle a fortement versé. En raison de sa très forte croissance, elle a produit un grand nombre de gousses et les plantes sont devenues trop lourdes. Les plantes compagnes n'ont pas pu empêcher la verse. A l'étranger, sur des sols légers, cette variété est pourtant connue pour son rendement élevé et stable. Après plusieurs années d'essais concluants, nous pouvons affirmer que nous pouvons réussir la culture de lupin bio en Suisse ; à cet effet, il faut impérativement le semer en association, ce qui permet de maîtriser l'enherbement de manière satisfaisante. A partir de 2018, nous souhaitons promouvoir intensivement cette production. L'objectif est que les acheteurs puissent prendre en charge suffisamment de lupins bio, afin de pouvoir payer aux producteurs le prix indicatif fixé par Bio Suisse pour ce protéagineux de haute qualité.

L'avoine rude en tant que partenaire dans les associations

La variété Pratex utilisée en 2017 est trop précoce. Pour les essais à partir de 2018, il faudrait utiliser des variétés plus tardives. Il est possible de trouver des variétés tardives sur le marché des semences. L'idée est, comme avec le triticale ou le blé, de remplacer l'avoine fourragère par d'autres partenaires à associer aux légumineuses à graines, car le marché de l'avoine fourragère bio est saturé. Le grain d'avoine rude récolté peut être utilisé pour les semis d'engrais verts de la ferme. Il en va de même pour les féveroles et d'autres espèces: les agriculteurs sont encouragés à réfléchir de quelle manière ils peuvent produire leurs propres semences d'engrais vert pour réduire leurs coûts, ceci grâce aux cultures associées. En Suisse romande, certains agriculteurs commencent déjà à produire leurs propres semences d'engrais verts.

Profondeur de semis des céréales

Durant l'année plutôt sèche 2017, dans l'essai de Cournillens FR, les céréales ont pu bien lever et recouvrir le sol, malgré qu'elles aient été semées à 7 cm de profondeur. En 2016, ce fut également le cas à Givisiez FR, malgré des conditions très humides. Dans les deux cas, nous avons des sols pas trop riches en argile. Idéalement, cependant, les céréales ne devraient pas être semées à autant de profondeur, afin qu'elles puissent taller le plus possible et recouvrir le sol vite et bien. A l'avenir, des essais devraient être effectués avec des semoirs qui permettent de semer chaque graine à la profondeur idéale, comme le semoir Bertini. Certains agriculteurs pratiquent déjà ce mode de semis avec succès.

Densité de semis de la féverole et du lupin

Recourons-nous à des densités de semis de référence optimales pour la culture pure ? Ou bien devrions-nous les réduire, afin de mieux prévenir la verse ? Nous ne pensons pas que des densités de semis trop élevées aient été responsables de la verse de ces légumineuses à graines en 2017 ; c'est plutôt la sensibilité à la verse trop élevée de variétés comme les féveroles Olan et Bioro ou le lupin Boregine qui est responsable de ce problème. Il faut poursuivre les essais sur ce thème. Des teneurs excessives en azote dans les sols pourraient également favoriser une croissance trop luxuriante de ces légumineuses et donc leur verse.

6. Remerciements

Nous tenons à remercier les institutions suivantes pour leur soutien financier et technique:

- Bio Suisse, Fonds de soutien aux projets de grandes cultures (KABB), Andreas Messerli et Michele Hostettler
- Service de l'agriculture du Canton de Fribourg, Pascal Krayenbuhl, directeur

Un remerciement cordial est adressé aux agriculteurs et conseillers agricoles suivants, qui ont mis en place et conduit les essais de cultures associées:

- Frédéric Zosso, agriculteur bio, Cournillens FR
- Raphaël Grandgirard, Institut agricole du Canton de Fribourg

Les essais exacts avec les lupins ont été soutenus financièrement par la Fondation Corymbo, Bio Suisse, la Fondation Sur-la-Croix, l'Office fédéral de l'agriculture et bénéficient d'interactions avec les projets européens DIVERSIFOOD et LIVESEED.