

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



PROGRAMME ITADA III (2002-2006)

RAPPORT FINAL DU PROJET 05

Stratégies pratiques de production de protéagineux biologiques dans le Rhin supérieur

Projet cofinancé par l'initiative communautaire INTERREG III A Rhin supérieur Centre-Sud

Secrétariat ITADA : 2 allée de Herrlisheim F – 68000 COLMAR
Tél : 0(033)3.89.22.95.50 Fax :-95.59 e-Mail : itada@wanadoo.fr www.itada.org

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft

Le programme d'actions ITADA III est placé sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional d'Alsace et cofinancé par :

- le Fonds Européen pour le Développement Régional (programme INTERREG III Rhin supérieur centre-Sud),
- le Ministère de l'Alimentation et de l'Espace Rural du Land de Bade-Wurtemberg,
- le Ministère de l'Agriculture français
- le Conseil Régional d'Alsace,
- l'Agence de l'Eau Rhin Meuse,
- les Cantons suisses de Bâle Ville, Bâle-Campagne, Argovie
- la Confédération helvétique

Projet 05

Stratégies pratiques de production de protéagineux biologiques dans le Rhin supérieur

février 2006

Responsable de projet : Dr. Reinhold Vetter (IfuL-Müllheim-D)
Partenaires : Prof. Dr. Wilhelm Claupein, Dr. Dirk Kauter, Jens Poetsch (Univ. Hohenheim-Stuttgart-D)
Dr. Thomas Hebeisen, Claudia Frick (Agroscope FAL Reckenholz-Zürich-CH)
Joseph Weissbart, Armelle Buisson (OPABA-Colmar-F)
Associés : Gabi Schwittek, Christa Siebert (LAP Forchheim-D)
Dr. Peter Römer (SWS-Rastatt-D)

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, D-Müllheim (IfuL)
Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, D-Stuttgart-Hohenheim
Eidgen. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-Zürich-Reckenholz (FAL)
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, F-Schiltigheim (OPABA)
Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, D-Rheinstetten (LAP)
Südwestdeutsche Saatzucht Späth, D-Rastatt (SWS)

Sommaire

page

1	SITUATION INITIALE ET POSITION DU PROBLEME	14
2	POSITION DU PROBLEME ET OBJECTIFS	16
3	MATERIEL ET METHODES	18
3.1	Enquêtes auprès des producteurs	18
3.1.1	Culture de lupin en Suisse en 2001/02	18
3.1.2	Production de protéagineux en Allemagne en 2003/04	19
3.1.3	Associations céréales-légumineuses à grosses graines en Alsace en 2003	20
3.2	Caractéristiques locales des sites expérimentaux	20
3.3	Essais de régulation biologique des mauvaises herbes	29
3.3.1	Soja	29
3.3.2	Lupins blanc et bleu	42
3.4	Essais variétés	47
3.4.1	Pois protéagineux	47
3.4.2	Lupin blancs et bleus	52
3.4.3	Essais de comportement	61
3.5	Essais avec des types hiver et printemps de protéagineux	62
3.5.1	Féverole d'hiver	62
3.5.2	Pois d'hiver	68
3.5.3	Lupin d'hiver	72
3.6	Essais de lutte contre l'Anthracnose du lupin	80
3.6.1	Essai fongicide en Suisse en 2002	81
3.6.2	Essais traitements de semences et de végétation	82
3.7	Dynamique de l'azote après la récolte des protéagineux	88
3.7.1	Les reliquats présents dans la paille après différentes cultures	88
3.7.2	Dynamique des N_{min} du sol	88
4	RESULTATS ET DISCUSSION	92
4.1	Exploitation des références bibliographiques	92
4.1.1	Techniques culturales	92
4.1.2	Associations céréales-protéagineux	94
4.1.3	Exigences des différentes espèces de lupins vis à vis du sol	97
4.1.4	Dynamique de l'azote après protéagineux	104
4.1.5	Valeur alimentaire	106
4.1.6	Rentabilité économique	109

4.2	Enquêtes auprès des producteurs	112
4.2.1	Culture de lupin en Suisse 2001/02	112
4.2.2	Cultures de protéagineux en Allemagne 2003/04	114
4.2.3	Associations céréales-protéagineux cultivées en Alsace en 2003	116
4.3	Essais de régulation biologique des mauvaises herbes	119
4.3.1	Soja	119
4.3.2	Lupins blancs et bleus	147
4.3.3	Discussion sur la régulation biologique des adventices	154
4.4	Essais variétés	159
4.4.1	Pois protéagineux	159
4.4.2	Lupins blanc et bleu	164
4.4.3	Essais de comportement	183
4.4.4	Discussion des essais variétés	184
4.5	Essais de comparaison de protéagineux de type hiver et printemps	188
4.5.1	Féverole d'hiver	188
4.5.2	Pois d'hiver	202
4.5.3	Lupin d'hiver	219
4.5.4	Discussion sur la production de protéagineux de type hiver et printemps	238
4.6	Essais de lutte contre l'antracnose du lupin	243
4.6.1	Essai fongicide en Suisse en 2002	243
4.6.2	Essai de traitements des semences et en végétation	244
4.6.3	Discussion de la problématique antracnose chez le lupin	251
4.7	Dynamique de l'azote après la récolte des protéagineux	255
4.7.1	Quantités d' azote laissées dans les résidus après différentes espèces	255
4.7.2	Dynamique des N _{min} dans le sol	255
4.7.3	Discussion de la dynamique de l'azote après protéagineux	266
4.8	Discussion générale	268
5	CONCLUSIONS	272
6	RESUME	275
7	ANNEXES	277
7.1	Données météorologiques	277
7.1.1	Allemagne	277
7.1.2	Suisse	279
7.1.3	France	280
7.2	Enquêtes auprès des exploitants	281
7.2.1	Questionnaire d'enquête en Suisse pour la production de lupin 2001/2002	281

7.2.2	Questionnaire d'enquête auprès des exploitations produisant du soja – D - 2003	283
7.3	Essais de lutte biologique contre les mauvaises herbes	287
7.3.1	Soja	287
7.3.2	Lupins blancs et bleus	295
7.4	Essais variétés	299
7.4.1	Pois protéagineux	299
7.4.2	Lupins blancs et bleus	300
7.5	Essais de comparaison des types hiver et printemps de protéagineux	302
7.5.1	Féverole d'hiver	302
7.5.2	Pois d'hiver	306
7.5.3	Lupin d'hiver	310
7.6	Essais de lutte contre l'antracnose du lupin	315
7.6.1	Essai fongicide en Suisse 2002	315
7.6.2	Essais de traitements de semences et en végétation	315
7.7	Dynamique de l'azote après récolte de protéagineux	315
7.7.1	Reliquats N dans la paille après différentes cultures	315
7.7.2	Dynamique N _{min} dans les sols	315
7.8	Bibliographie	318

Tableau aperçu des essais selon la culture

Culture	Thème	Objet	Pays/Année	N° essai.	N° page		
					Méthode	Résultats	Annexe
Feverole	<i>Type hiver</i>	Variété, date de semis	D 2004-05	01			
		Choix variétal	F 2004-05	02	62	194	
Pois	<i>Variétés</i>	Choix variétal	F 2002-03	03		159	
	<i>Type hiver</i>	Variété, date de semis	D 2004-05	04	68		
		Choix variétal	F 2004-05	05	68	208	
Pois chiche	<i>Intérêt culture</i>	Essai comportement	D 2004-05	06		183	
Lupin jaune	<i>Intérêt culture</i>	Essai comportement	CH 2003-04	07	62	183	
Lupin bleu	<i>Variétés</i>	Choix variétal	CH 2002-04	08	52	164	
		Choix variétal	D 2003	09	55	164	
		Choix variétal	F 2003	10	55	175	
	<i>désherbage</i>	mécanique, variété	D 2003	11	42	147	
Lupin blanc	<i>variétés</i>	Choix variétal	CH 2002-04	12	52	164	
		Choix variétal	D 2003	13	55	164	
		Choix variétal	F 2003	14	55	175	
	<i>désherbage</i>	mécanique, techniques culturales	D 2004-05	15	42		
	<i>type hiver</i>	Essai comportement	CH 2003	16	72	219	
		Variété, densité, prof.	CH 2004	17	73	219	310
		Variété, date de semis	D 2004-05	18			
Choix variétal		F 2004-05	19		230		
Lupins	<i>anthracnose</i>	fongicides	CH 2002	20	81	243	
		Traitement de semences/ végétation	CH 2002-04	21	82	244	
		Traitement de semences, variété	D 2003	22	86	250	
Soja	<i>désherbage</i>	mécanique, variété	D 2003	23	29	119	287
		mécanique, techniques culturales	D 2004-05	24	29		
		mécanique, thermique	F 2003-04	25	31	131	
		Effet date de semis	F 2004	26	40		294
Dynamique de l'N		N dans les résidus de paille	D 2003-05	27	88	255	315
		N _{min} après différentes espèces	D 2003-05	28	88	256	315
		N _{min} après type hiver et printemps	F 2004	29	89		315

Description des tableaux

page

Tab. 1 : évolution des surfaces de protéagineux en ha en Suisse	18
Tab. 2 : répartition des agriculteurs enquêtés par voie de questionnaire écrit ainsi que des réponses par Canton et surfaces de lupins concernées (ares)	19
Tab. 3 : sites expérimentaux en Suisse	21
Tab. 4 : sites expérimentaux en Allemagne	22
Tab. 5 : Principales caractéristiques du sol du site essai variétés pois à Appenwihr - 2002	23
Tab. 6 : Sites des essais variétés pois, F-Sausheim et F-Appenwihr 2003	23
Tab. 7 : sites des essais variétés lupin, F-Sausheim et F-Herbsheim 2003	24
Tab. 8 : site de l'essai lutte contre les mauvaises herbes dans le soja, F-Holtzwihr 2003	26
Tab. 9 : sites des essais de régulation des adventices du soja, F-Holtzwihr und F-Appenwihr 2004	26
Tab. 10: Sites des essais comparaison des types hiver et printemps des lupines, féverole et pois,-Elsenheim et Sausheim 2004	27
Tab. 11: Principales caractéristiques des sols des sites d'essais lupin, féverole et pois 2005	28
Tab. 12 : Variantes, écartements et densités de semis dans l'essai désherbage biologique du soja de Buggingen, 2003)	29
Tab. 13 : Variantes pour le désherbage mécanique du soja, D-Heitersheim 2004 et D-Buggingen 2005	32
Tab. 14 : Itinéraires de désherbage comparés	36
Tab. 15: Outils et dates d'interventions des différentes variantes de l'essai de lutte contre les mauvaises herbes dans le soja, F-Holtzwihr 2004	39
Tab. 16: Techniques culturales mises en oeuvre pour les 2 dates de semis du soja, F-Appenwihr 2004	41
Tab. 17 : Variantes, écartements et densités de semis dans l'essai désherbage avec des lupins bleus (D-Buggingen, 2003)	42
Tab. 18: Variantes pour le désherbage mécanique du Lupin blanc, D-Heitersheim 2004 et 2005	44
Tab. 19: variétés de pois de printemps testées et origine, F-Appenwihr et Sausheim 2003	48
Tab. 20: précipitations et irrigation dans les essais variétés pois, F-2004	49
Tab. 21: itinéraire technique dans les essais variétés pois, F-2004	49
Tab. 22 : Synthèse des observations réalisées suivant le stade de la culture, 2003	52
Tab. 23: variétés de Lupins blanc et bleu testées dans les essais 2002 à 2004	53
Tab. 24: dates de semis et de récolte des essais variétés lupin bleu (LUb) et lupin blanc (LUB) lors des essais 2002 à 2004	54
Tab. 25: variétés, densités et Obtenteurs pour les essais variétés de lupin (D-Buggingen, 2003)	55
Tab. 26 : Variantés de lupins testées, F-Sausheim et F-Herbsheim 2003	57
Tab. 27 : Pluviométrie et irrigation pendant la campagne, en mm	58
Tab. 28 : itinéraire technique dans les essais variétés de lupin, F-2004	58
Tab 29 : Synthèse des observations réalisées suivant le stade de la culture	60
Tab. 30: Variantes dans les essais de féverole d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05)	63

Tab. 31: Itinéraires techniques pour les différents types sur les essais Elsenheim et Sausheim 2004 _____	65
Tab. 32 : Notations aux différents stades de la féverole, Elsenheim et Sausheim 2004 ____	66
Tab. 33 : Interventions culturales réalisées suivant le type de féverole, F-Elsenheim 2005	67
Tab. 34 : Variantes dans les essais pois d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05) _____	68
Tab. 35 : itinéraires techniques pour les différents types de pois à Elsenheim et Sausheim 2004 _____	70
Tab. 36 : Interventions culturales suivant le type de pois protéagineux, F-Elsenheim 2005 _____	72
Tab. 37 : caractéristiques des variétés testées en 2003/2004 à la FAL _____	73
Tab. 38 : les différents traitements de l'essai à trois facteurs de lupin d'hiver 2003/2004 _____	73
Tab. 39 : Variantes des essais lupin d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05) _____	74
Tab. 40 : Itinéraires techniques pour les différentes types de lupin à Elsenheim et à Sausheim 2004 _____	77
Tab. 41: notations en fonction du stade du lupin à Elsenheim et Sausheim 2004 _____	78
Tab. 42 : Interventions culturales suivant le type de lupin, F-Elsenheim 2005 _____	80
Tab. 43 : variantes testées dans l'essai fongicide en 2002 à Dielsdorf _____	81
Tab. 44 : aperçu des essais de lutte contre l'antracnose du lupin de 2002 à 2004 en Suisse _____	83
Tab.45 : Traitements de semences et en végétation contre l'antracnose dans les 3 années d'essais 2002- 2004 avec du lupin blanc et bleu _____	84
Tab. 46 : interventions et données principales du développement des essais anthracnose de 2002 à 2004 en Suisse _____	85
Tab. 47 : aperçu des variantes qui ont fait l'objet de prélèvements N_{min} du côté allemand _	89
Tab. 48 : Principales caractéristiques du sol et itinéraire cultural après récolte selon le site de prélèvement (essais lupin, féverole et pois, Elsenheim et Sausheim 2004) _____	91
Tab. 49 : Seuils de résistance au froid des différents protéagineux d'hiver selon le stade et l'appareil considéré (Source : CHAILLET I, Arvalis, données actualisées au 02/12/03) _____	94
Tab. 50: teneurs en protéines, en principaux acides aminés et rapports en acides aminés de différents protéagineux _____	107
Tab. 51: calcul de marges brutes pour divers oléo-protéagineux en AB dans le Rhin supérieur _____	110
Tab. 52 : Principales caractéristiques des mélanges céréales-protéagineux cultivés en 2003 en Alsace : _____	116
Tab. 53 : Résultats de l'essai lutte contre les mauvaises herbes du soja, D-Buggingen 2003 _____	120
Tab. 54 : résultats de l'essai de désherbage biologique du soja, D-Heitersheim 2004 ____	123
Tab. 55 : résultats de l'essai de désherbage biologique du soja, D-Buggingen 2005 ____	124
Tab. 56 : développement de la végétation du soja, D-Heitersheim 2004 et D-Buggingen 2005 _____	125
Tab. 57 : Probabilité de se tromper en affirmant l'existence de différences de densité moyenne entre blocs _____	132
Tab. 58 : Date de réalisation des principaux stades de développement suivant la date de semis : _____	146

Tab. 59 : rendement en grains et en protéines en fonction de la date de semis, F-Appenwihr 2004	146
Tab. 60 : résultats de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2004	148
Tab. 61 : résultats de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2005	149
Tab. 62 : calendrier de développement de la végétation de lupin blanc, D-Heitersheim 2004 et 2005	150
Tab. 63 : comparaison synthétique des variétés de pois de printemps – Sausheim 2003:	163
Tab. 64: Notation de verse des différentes variétés de lupin blanc et bleu dans les différents essais 2002-2004 . Note moyenne sur 4 répétitions	166
Tab. 65 : Rendements des variétés en q/ha (13% H ₂ O) dans les différents essais en moyenne de 4 répétitions.	169
Tab. 66 : Teneur en protéines en % de la MS pour différentes variétés des essais	170
Tab. 67 : résultats de l'essai Lupin blanc, D-Buggingen 2003	172
Tab. 68 : résultats de l'essai lupin bleu, D-Buggingen 2003	172
Tab. 69 : Tableau synthétique des caractéristiques des variétés de lupins bleus - 2003	179
Tab. 70 : aperçu synthétique des caractéristiques des variétés de lupin blanc - 2003 :	182
Tab. 71 : résultats de l'essai féverole d'hiver, D-Heitersheim 2004	189
Tab. 72 : résultats de l'essai féverole d'hiver, D-Heitersheim 2005	190
Tab. 73 : Rendements en grain, en protéines selon le type de variété de féverole et le site F-Elsenheim et F-Sausheim 2004	196
Tab. 75 : résultats de l'essai pois d'hiver, D-Heitersheim 2004	203
Tab. 76 : résultats de l'essai pois d'hiver, D-Heitersheim 2005	204
Tab. 77: nombre approximatif de pucerons verts par pied suivant le type de pois	209
Tab. 78 : Comparaison des PMG des pois protéagineux suivant la variété et le site d'essai (en g à 14 % d'humidité)	212
Tab. : 79 : Rendements grains et protéines des pois hiver et printemps à Elsenheim et Sausheim	212
Tab. 80 : Rendements en grain et en protéines suivant la variété de pois, F-Elsenheim 2005	217
Tab. 81: densités en plantes issues de comptages des différentes variantes à différentes dates : Moyennes de 4 répétitions et écart- type (italique)	221
Tab. 82: densité de plantes en mai, rendement grains, poids de 1000 grains et teneur en protéines des différentes variétés de l'essai lupin d'hiver à Reckenholz 2003/2004	222
Tab. 83: Résultats de l'essai lupin d'hiver, D-Heitersheim 2004	224
Tab. 84: Résultats de l'essai lupin d'hiver, D-Heitersheim 2005	225
Tab. 85 : Comparaison de la hauteur (cm) à la fin floraison des différentes variétés suivant le site	233
Tab. 86 : rendement en grain et en protéines en fonction de la variété et du site – Elsenheim et Sausheim 2004	235
Tab. 87 : Notations des attaques d'antracnose - moyenne sur 5 répétitions- à différentes dates dans l'essai fongicides à Dielsdorf 2002	243
Tab. 88 : comptage du nombre de gousses sur 10 plantes par répétition (n=50) et rendement parcellaire en moyenne des 5 blocs pour les différentes variantes	244
Tab. 89: densité moyenne et attaque d'antracnose en % - lupin blanc à Reckenholz 2002	245

Tab. 90	attaque tardive d'antracnose, densité et rendement en gousses à Reckenholz 2002	246
Tab.91	: densité et notes d'attaques de maladie et de verse dans l'essai antracnose avec du lupin blanc- moyenne de 4 répétitions.	249
Tab. 92	: rendement (moy. 4 rép.) en q/ha des différents traitements de l'essai de lutte contre l'antracnose en 2004 avec du lupin bleu	250
Tab. 93	: synthèse des résultats de l'essai traitement de semences à Reckenholz 2002	252
Tab. 94	: résidus d'azote et rapports C/N de la paille, rapport entre valeurs absolues N grain et paille	255
Tab. 95	: données météo les plus significatives pour la comparaison des années d'essais dans la région de projet du côté D	278
Tab. 96	: températures moyennes mensuelles et pluviométries pour les essais lupin de printemps des sites en Suisse	279
Tab. 97	: températures moyennes mensuelles et pluviométries pour les sites des essais lupin d'hiver CH pendant la période de végétation	279
Tab. 98	: dates d'interventions de lutte contre les m.h. du soja, D-2003	287
Tab. 99	: Aperçu des interventions pour la régulation des m.h. dans le Soja, D-2004	289
Tab. 100	: Dates des interventions culturales de l'essai désherbage du Soja, D-2005	291
Tab. 101	: Calendrier récapitulatif des opérations culturales et observations suivant les stades du soja- Holzwihr- 2003 :	293
Tab. 102	: dates d'interventions et de désherbage du lupin bleu, D-2003	295
Tab. 103	:Aperçu des dates d'interventions de l'essai désherbage lupin blanc, D-2004	297
Tab. 104	: dates d'interventions de l'essai désherbage du lupin blanc, D-2005	298
Tab. 105	: Résultats des différentes variétés de pois de printemps, F-Appenwihr 2002	299
Tab. 106	: interventions dans les essais féverole d'hiver, D-2003/04 und 2004/05	302
Tab. 107	: Dates de réalisation des principaux stades de la féverole sur l'essai 2004-05 à Elsenheim	304
Tab. 108	: Résultats moyens par variété de l'essai féverole, F-Elsenheim 2005	304
Tab. 109	: Comparaison des composantes du rendement des féveroles entre sites et années d'essais.	305
Tab. 110	: Interventions dans les essais pois d'hiver, D-2003/04 und 2004/05	307
Tab. 111	: Dates des principaux stades du pois protéagineux à Elsenheim 2004-05 :	307
Tab. 112	: résultats des pois hiver et printemps, F-Elsenheim 2005	308
Tab. 113	:comparaison des composantes de rendement du pois selon le site et l'année d'essai	309
Tab. 114	: interventions dans les lupins d'hiver, D-2003/04 et 2004/05	311

Description des figures

page

Fig. 1 : Rendements du lupin blanc à 13 % d'humidité dans la pratique de parcelles des Cantons de Bâle, Bern, Argovie, Soleure et Zürich en 2001 et 2002 en AB et production conventionnelle.	112
Fig. 2 : Nombre d'exploitations par catégorie de pH en 2001 et 2002 et rendement moyen atteint en Lupin blanc (sans prise en compte des cas de perte totale)	113
Fig. 3 : Répartition des réponses entre producteurs bio et conventionnels et entre types de lupin à la question d'une reconduite de la culture l'année suivante	113
Fig. 4: Dénombrement d'adventices dans le soja, D-Buggingen 2005	129
Fig. 5: rendements machine et biomasse aérienne des adventices dans le Soja, D-Heitersheim 2004 et. D-Buggingen 2005	130
Fig. 6 : densité d'adventices le 28.05.2003 selon les itinéraires	133
Fig. 7: évolution de la densité d'adventices sur le rang selon les itinéraires de désherbage	133
Fig. 8: Développement de la densité moyenne d'adventices par m ²	134
Fig. 9 : évolution du nombre de chénopodes par m ² sur le rang selon l'itinéraire	135
Fig. 10 : évolution de la densité moyenne de chénopodes suivant les itinéraires	136
Fig. 11 : évolution de la densité moyenne d'amarantes selon les itinéraires	136
Fig. 12 : nature et densité des adventices le 28.05.2003 selon les différentes variantes	137
Fig. 13 : densité de la culture de soja selon les itinéraires	139
Fig. 14 : rendement du soja selon les itinéraires	141
Fig. 15 : levée très hétérogène de l'essai soja (début juin), F-Holtzwihr 2004	142
Fig. 16 : Evolution de la densité d'adventices sur le rang selon l'itinéraire de désherbage, F-Holtzwihr 2004	143
Fig. 17 : évolution de la densité d'adventices, pluviométrie et itinéraires de désherbage en fonction de la date de semis, F-Appenwihr 2004	144
Fig. 18 : densité des adventices dominantes sur le rang suivant la date de semis et la date de comptage, F-Appenwihr 2004	145
Fig. 19: rendements machine et végétation aérienne des mauvaises herbes pour le lupin blanc, D-Heitersheim 2004 et 2005	154
Fig. 20 : Densité de levée et hauteur fin juin des variétés de pois de printemps, F-Appenwihr 2002	159
Fig. 21 : rendements des lupins blanc et belu de l'essai D-Buggingen, 2003	174
Fig. 22: rendement des type hiver et printemps de féverole, D-Heitersheim 2004 et 2005	193
Fig. 23: Evolution des densités de peuplement des féveroles d'hiver en fonction ds variétés et du site, F-Elsenheim et F-Sausheim 2004	194
Fig. 24 : Rendement des féverole d'hiver et de printemps en fonction de la variété et du site, F-Elsenheim et Sausheim 2004	196
Fig. 25 : Températures minimales journalières à Sélestat pendant les hivers 2003-04 et 2004-05	197
Fig.26 : Différence du nombre moyen de gousses par pied entre la zone touchée/non touchée par l'herbicide, pour les 2 variétés de féverole de printemps AURELIA et DIVINE, F-Elsenheim 2005	199

Fig. 27 : Comparaison du rendement net en grains entre variétés de féverole, sites et années d'essais en Alsace _____	200
Fig. 28 : Comparaison du Poids de Mille Grains entre variétés, sites et années d'essais en Alsace _____	200
Fig.29 : Pluviométrie et irrigation reçues par les féveroles de printemps à Elsenheim du 01/03 au 31/07 en 2004 et 2005 _____	201
Fig. 30 : rendements des pois d'hiver et de printemps, D-Heitersheim 2004 et 2005 ____	207
Fig. 31: Evolution des densités de pois d'hiver suivant la variété et le site, Elsenheim et Sausheim 2004 _____	208
Fig. 32 : comparaison des densités des pois d'hiver et de printemps à Elsenheim 2004 _	210
Fig. 33 : comparaison des densités des pois d'hiver et de printemps à Sausheim 2004 __	210
Fig.34 : comparaison des rendements en grains des pois d'hiver et de printemps suivant la variété et le site, Elsenheim et Sausheim en 2004 _____	211
Fig. 35 : densité au semis et au printemps des pois d'hiver et de printemps, F-Elsenheim 2005 _____	214
Fig. 36 : Comparaison de la densité et du rendement grains entre variétés de pois, F-Elsenheim 2005 _____	215
Fig. 37: Comparaison du rendement net en grains entre variétés de pois, sites et années d'essais en Alsace _____	216
Fig. 38 : Comparaison du nombre de grains par pied de pois entre variété, site d'essai et année _____	216
Fig 39 : Comparaison du Poids de Mille Grains (en g.) des pois entre variété, site et année en Alsace _____	217
Fig. 40 : Pluviométrie et irrigation reçues par les pois de printemps à Elsenheim du 01/03 au 31/07 en 2004 et 2005 _____	217
Fig.41 : rendements des lupins d'hiver et de printemps, D-Heitersheim 2004 et 2005 __	229
Fig. 42 : Evolution de la densité des lupins d'hiver en fonction de la variété et du site, F-Elsenheim und Sausheim 2004 _____	231
Fig. 43 : comparaison des densités de semis et de peuplement sortie hiver des types hiver et printemps F-Elsenheim 2004 _____	233
Fig. 44 : comparaison des densités de semis et de peuplement sortie hiver des types hiver et printemps F-Sausheim 2004 _____	233
Fig. 45 : Comparaison des rendements des type hiver et printemps en fonction de la variété et dun site, F-Elsenheim et Sausheim 2004 _____	234
Fig. 46 : Evolution de la proportion de pieds de lupin d'hiver présents par rapport au semis (dans la zone ayant subi le moins de dégâts de gibier), F-Ensisheim 2005 _____	236
Fig. 47 : Evolution de la proportion de pieds de lupin d'hiver présents par rapport au semis (dans la zone ayant subi le moins de dégâts de gibier), F-Elsenheim 2005 _____	237
Fig. 48 : levée des variétés de lupin blanc en fonction du traitement de semences (D-Buggingen 2003) _____	250
Fig. 49 : N _{min} après récolte du soja fonction de la variété et du point de mesure, D-Buggingen 2003 _____	257
Fig. 50 : N _{min} -développement après la récolte de différents protéagineux, D-Heitersheim 2004/2005 _____	257

Fig. 51 : N_{\min} après la récolte de différents protéagineux, D-Heitersheim/Buggingen 2005	257
Fig. 52 : évolution de la teneur en eau du sol, D-Heitersheim 2004/2005	259
Fig. 53 : évolution de la part de l'azote Ammonium dans l'azote total minéral, D-Heitersheim 2004/2005	260
Fig.54 : Reliquats azotés à la récolte, à l'entrée et à la sortie de l'hiver selon le site et l'espèce (F-Elsenheim et F-Sausheim 2004)	262
Fig.55 : Reliquats azotés sur les sites d'Elsenheim selon l'espèce, l'horizon et la date de prélèvement (F-Elsenheim 2004)	263
Fig.56 : Reliquats azotés après pois selon la variété, le site et la date de prélèvement	264
Fig.57 : Reliquats azotés à la récolte, à l'entrée et la sortie de l'hiver et pertes azotées hivernales estimées selon le site et l'espèce	264
Fig.58 : Répartition de la pluviométrie hivernale (du 01/10/2004 au 31/03/2005) à Marckolsheim.	265
Fig. 59 : Gains azotés entre la récolte et la sortie de l'hiver selon la parcelle et l'espèce	266
Fig. 60 : données météo dans la région du projet côté D pour 2003-2005	277
Fig. 61: températures maximales durant la période de végétation, Alsace 2004/2005	280
Fig. 62 : plan de l'essai lutte biologique contre les m.h. dans le soja, D-2003	287
Fig. 63: plan de l'essai régulation mécanique des m.h.- Soja, D-Heitersheim 2004	288
Fig. 64 : plan de d'essai désherbage du soja, D-Buggingen 2005	290
Fig. 65 :plan de l'essai désherbage du Soja, F-Holtzwihr 2003	292
Fig. 66 : influence de la date de semis sur le salissement en adventices du soja – Appenwihr- 2004	294
Fig. 67: plan de l'essai désherbage mécanique du lupin bleu, D-2003	295
Fig. 68 : plan de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2004	296
Fig. 69 : plan de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2005	298
Fig. 70 : plan de l'essai variétés pois de printemps, F-Appenwihr 2002	299
Fig. 71 : Plan de l'essai Lupin variétés/anthracnose (D-Buggingen, 2003)	300
Fig. 72 : Plan de l'essai variétal de lupin de printemps à Sausheim en 2003	301
Fig. 73 : plan des essais féverole d'hiver D-2003/04 und 2004/05	302
Fig. 74: plan des essais féverole et pois d'hiver, F-Elsenheim 2005	303
Fig. 75 : Dispositif expérimental pois d'hiver D-2003/04 et 2004/05	306
Fig. 76 : plan essais lupin d'hiver D-2003/04 et 2004/05	311
Fig. 77 : plan de l'essai lupin 2003-04 à Elsenheim	313
Fig. 78 : plan de l'essai lupin 2003-04 à Sausheim	314
Fig. 79 : pluviométrie hiver 2004-05 près de Sausheim	317

Structure du projet

Responsable du projet

Dr. Reinhold Vetter
Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IfuL)
Auf der Breite 7
D-79379 Müllheim
Tel. 0(049)7631/3684-0

Partenaires

Prof. Dr. Wilhelm Claupein, Dr. Dirk Kauter, Jens Poetsch; Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), D-70593 Stuttgart

Dr. Thomas Hebeisen, Claudia Frick; Eidgen. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich-Reckenholz

Joseph Weissbart, Armelle Buisson; Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace (OPABA), F-68000 Colmar

Associés

Dr. Peter Römer, Südwestdeutsche Saatzucht, D-76437 Rastatt

Gabi Schwittek, Christa Siebert, Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, D-76287 Rheinstetten

Collaborateurs

K. Hansmann, K. Heitz, K.-H. Gebhardt (Versuchstechnik IfuL); Naturlandbetrieb K. Ehrler (D-Heitersheim); Naturlandbetrieb F. Ruesch (D-Buggingen); B. Wolpert, M. Schloen (Univ. Hohenheim)

Chargés de projet et rédacteur

Armelle Buisson (F)

Claudia Frick (CH)

Jens Poetsch (D) – Coordination du rapport final

Coordination du projet et traductions

H. Clinkspoor, J. Recknagel (ITADA, F-Colmar)

Durée du projet

01.01.2002 au 31.01.2006

1 Situation initiale et position du problème

Le degré d'auto-provisionnement en protéines végétales pour l'alimentation des animaux d'élevage est voisin de seulement 23 à 24 % aussi bien pour l'UE-15 (2002/03) que pour l'UE-25 (2003/04). Le déficit est couvert presque exclusivement par des importations de (AEP, 2005). Avec la perspective de l'utilisation exclusive d'aliments fourragers produits à partir de l'AB imposée par une directive européenne à partir de 2005 pour l'élevage en agriculture biologique, il est évident qu'il faut s'attendre à un déficit croissant en matières protéiques sur le marché des aliments fourragers biologiques. Ce déficit ne pourra être en partie réduit que par une progression des surfaces biologiques en cultures protéagineuses à grosses graines.

Par ailleurs, les protéagineux représentent pour les exploitations de grandes cultures sans élevage, dont le nombre progresse toujours en AB, non seulement des productions économiquement attractives mais aussi des cultures précieuses pour l'apport d'azote qu'elles permettent dans les rotations.

A côté du soja, le lupin est une culture également intéressante, à haute valeur biologique et doté d'une teneur brute en protéines du grain qui peut atteindre jusqu'à 40 %. Des protéagineux plus traditionnels tels le pois et la féverole peuvent aussi livrer des rendements bruts en protéines comparables grâce à des niveaux de rendements plus élevés mais ils possèdent toutefois un ratio protéines/énergie plus faible. Le manque de stabilité du rendement, particulièrement chez le lupin, handicape actuellement la progression des surfaces. La production de lupin est totalement nouvelle en Suisse et en Allemagne elle repose sur les expériences acquises en Allemagne de l'Est.

La région du Rhin supérieur au carrefour du triangle des trois frontières allemande (Pays de Bade) / française (Alsace) / suisse (région baloise) est caractérisée par un été très chaud (températures moyennes de juin à août jusqu'à 20°C selon la situation), des précipitations annuelles qui suivant un gradient d'ouest en est progressent de 550-700 mm jusqu'à 1100 mm en Forêt Noire) et une sécheresse estivale assez prononcée (les mois d'été sont généralement en dessous de 80 mm de pluviométrie). Les types de sols varient très fortement depuis des sols sableux (pour partie chargés en cailloux) en passant par des sols d'alluvions (limoneux ou argileux) jusqu'aux sols de loess. Pour partie, les valeurs de pH des sols sont sensiblement au dessus de 7, surtout en Suisse.

En plaine du Rhin allemande, la culture de soja biologique s'est principalement développée en raison des bonnes conditions naturelles et des possibilités de commercialisation attractives existantes pour la transformation en tofu. En Alsace, la production de soja biologique progresse pour les mêmes raisons, tandis qu'en Suisse, en raison des conditions climatiques plus froides, la culture du lupin semble la mieux adaptée pour un futur développement.

Dans le cadre de l'initiative communautaire INTERREG II Rhin supérieur centre-Sud, un précédent projet de l'ITADA (1999-2001) a étudié le potentiel de marché et les intérêts pour l'alimentation humaine et animale du soja et du lupin et s'était intéressé aux stratégies de production en agriculture biologique. Des techniques de lutte non chimique contre l'antracnose du lupin transmis par les semences avaient également été testées et le suivi de la dynamique des nitrates après une culture de soja et de lupin dans le souci de déterminer les risques potentiels pour la nappe phréatique avait l'objet d'une attention particulière.

Il a été constaté qu'il existe dans la région une demande croissante en protéagineux biologiques et que l'on ne pouvait pas établir un lien direct avec un risque conséquent pour la qualité de l'eau souterraine, notamment pour ce qui concerne le soja dont la quasi totalité de l'azote symbiotique fixée est exportée par les produits récoltés. En complément, des connaissances ont été acquises sur les stratégies de conduite en Agriculture Biologique (AB) notamment au niveau de la lutte contre les mauvaises herbes, le choix de variétés de soja adaptées au milieu rhénan et l'efficacité de certaines techniques de traitement non chimique des semences pour lutter contre l'antracnose du lupin.

Malgré les résultats acquis, les questions restent encore ouvertes sur les points suivants :

- désherbage mécanique (en particulier pour la lutte contre les adventices au développement tardif)
- choix de variétés adaptées aux conditions pédo-climatiques (en particulier pour le lupin)
- optimisation de l'exploitation de l'eau du sol dans les conditions estivales fréquemment sèches du Rhin supérieur
- méthodes pratiques et efficaces de lutte non chimique contre l'antracnose du lupin
- sécurisation du rendement des protéagineux en production biologique.

2 Position du problème et objectifs

Les points suivants ont fait l'objet de travaux en lien direct avec les questions posées ci-avant :

- Optimisation et développement de stratégies pour la régulation biologique des mauvaises herbes des cultures de protéagineux à grosses graines à l'aide de pratiques classiques (étrillage et binage), d'outils spéciaux (bineuse à double étoile à doigts, houe rotative Yetter), de pratiques non mécaniques (destruction thermique, semis sous couvert) ou de variations dans les techniques culturales (écartement entre rangs, date de semis),
- Identification des variétés adaptées à la Région avec attention particulière pour les exigences vis à vis du milieu pour les lupins (sensibilité au pH),
- Test du comportement de la culture de pois chiche dans le Rhin supérieur,
- Test de l'intérêt de variétés de type hiver pour le lupin blanc, le pois et la féverole dans le Rhin supérieur à l'aide de comparaisons variétales (plusieurs formes hiver et printemps) et de techniques de production (date de semis, densité, profondeur de semis),
- Possibilités de lutte contre l'antracnose du lupin en production biologique avec pour point fort le traitement de semences,
- Essais complémentaires sur les résidus d'azote après protéagineux.

Les essais aux champs réalisés dans le cadre du projet ont été complétés par des études de laboratoire de partenaires du projet. Des enquêtes sur les pratiques ont apporté des connaissances sur les pratiques usuelles et les principaux problèmes rencontrés par les agriculteurs. L'exploitation des références bibliographiques actuelles oriente la structuration des résultats et complète ces derniers.

Le travail réalisé dans le cadre de la coopération transfrontalière entre les partenaires de la recherche et du conseil des trois pays (D / F / CH) a permis une mise en commun des différentes dimensions des questions posées et un enrichissement mutuel des conditions pratiques et ainsi une atteinte des objectifs plus efficiente et proche de la pratique :

- Développement de cahiers des charges transférables dans la pratique et de recommandations pour la production de soja, de lupins et éventuellement d'autres protéagineux, en particulier des types hiver, dans la région du Rhin supérieur,
- Développement de stratégies efficaces de maîtrise des mauvaises herbes en production biologique de légumineuses à grosses graines avec un accent particulier des travaux pour la culture de soja,
- Mise en place des bases de pratiques culturales pour un développement de la production biologique de protéagineux de type hiver dans les rotations chargées en cultures de printemps des exploitations biologiques du Rhin supérieur,
- Développement de pratiques pour la prévention ou la lutte contre les maladies et les ravageurs des cultures de protéagineux biologiques, en particulier l'antracnose du lupin,

- Mise en place des bases pour les techniques culturales permettant le développement des productions biologiques de protéagineux et la réduction du déficit régionale grâce à une meilleure régularité de rendement et une rentabilité économique renforcée,
- Rassemblement de données pour l'appréciation des risques d'atteintes à la qualité des eaux souterraines par le lessivage de nitrates après la culture de protéagineux.

3 Matériel et méthodes

Les supports tels que les questionnaires pour les enquêtes de terrain ou les plans des parcelles d'expérimentations ainsi que les protocoles détaillés des essais sont reportés en annexes.

3.1 Enquêtes auprès des producteurs

3.1.1 Culture de lupin en Suisse en 2001/02

En Suisse, des paiements directs ont été mis en place depuis l'année 2000 à hauteur de 1'500 sFr. par hectare de culture. Les surfaces de lupin sont aujourd'hui comme hier très faibles en comparaison des autres protéagineux, comme l'indique le tableau Tab. 1 :

Tab. 1 : évolution des surfaces de protéagineux en ha en Suisse

Année	1998	1999	2000	2001	2002
Pois protéagineux [ha]	2468	2680	2581	2919	3860
Féverole [ha]	398	270	275	300	340
Lupin [ha]	-	-	36	51	50

Afin de pouvoir mieux connaître les difficultés principales de la pratique et d'apprécier la poursuite du développement de la culture de lupin en Suisse il a été réalisé une enquête par voie écrite à l'aide d'un questionnaire.

Le questionnaire a été envoyé à 67 agriculteurs qui avaient cultivé du lupin en 2001 ou 2002. Les adresses ont été communiquées par les services des administrations agricoles des Cantons Zürich, Bale, Bern, Argovie, Soleure et Fribourg. Les points abordés concernaient le choix variétal, les techniques culturales, les maladies, le salissement en mauvaises herbes, les rendements et le type de valorisation du lupin. Ils devaient de plus dire s'ils envisageaient de cultiver encore du lupin l'année suivante.

Le retour a été très élevé pour une enquête par voie écrite avec un taux d'environ 50 %. Ainsi, c'est environ 50 % des surfaces déclarées emblavées en lupin en Suisse durant les années 2001 et 2002 qui ont été recoupées par l'enquête .

La répartition des agriculteurs enquêtés ainsi que celles des réponses s'est faite de la manière suivante.

Tab. 2 : répartition des agriculteurs enquêtés par voie de questionnaire écrit ainsi que des réponses par Canton et surfaces de lupins concernées (ares)

	2001		2002		2001 / 2002
	# agri. enquêtés / Retour	Surface totale / surface en retour en Ares	# agri. enquêtés / Retour	Surface totale / surface en retour en Ares	# agri. enquêtés / Retour
Bâle	1 / 0	45 / 0	3 / 1	178 / 50	3 / 1
Bern	14 / 8	1045 / 715	13 / 8	894 / 568	25 / 16
Argovie	9 / 3	670 / 274	2 / 1	100 / 20	10 / 3
Fribourg	1 / 0	25 / 0	0	0	1 / 0
Soleure	4 / 0	450 / 0	1 / 0	122 / 0	5 / 0
Zürich	10 / 2	? / 180	16 / 10	1415 / 840	23 / 12
Total	39 / 13	? / 1169	35 / 20	2709 / 1478	67 / 32

3.1.2 Production de protéagineux en Allemagne en 2003/04

2003

Afin de pouvoir obtenir des informations comparables de la part des exploitations en mode de production biologique dans la partie allemande du Rhin supérieur au sujet des cultures de légumineuses à grosses graines, il a tout d'abord été réalisé un protocole d'enquête unique (cf. Annexe) dans le but de pouvoir enquêter les points suivants :

- Exploitation : activité principale/secondaire, répartition des parcelles, principale branches d'activités de l'exploitation
- Site : localisation, climat, sols (réserve utile, richesse en éléments nutritifs)
- Succession culturale, fertilisation
- Techniques culturales : travail du sol, semis, variétés, lutte contre les mauvaises herbes, irrigation
- Observations culturales : levée au champ, couverture du sol, verse, salissement en mauvaises herbes maladies, ravageurs
- Rendement, valorisation de la récolte
- Estimations personnelles concernant les problèmes rencontrés, satisfaction vis à vis de la culture

Un entretien personnel a été réalisé chez 9 agriculteurs de la région d'une durée d'environ 2 heures, suivi d'une visite de leurs parcelles.

Chez 6 des enquêtés, il a été de plus réalisé des relevés au champ, peu de temps avant la récolte (août et septembre), afin de pouvoir évaluer la réussite de différentes stratégies de production. Ainsi, les paramètres suivants ont été relevés :

- Densité de végétation (comptages sur des placettes de 1 m de long)
- Salissement en adventices suivant les espèces, avec séparation de „sur le rang“ (sur 10 cm de large autour du rang de semis) et „l'entre-rang“ (espace à partir de 5 cm du rang de semis)
- Hauteur de végétation moyenne
- Degré de couverture en adventices (estimation en % sur 0,25 m²-cadre pour comptage)
- Degré de couverture de la culture (en % sur 0,25 m²-cadre pour comptage)

2004

L'enquête en 2004 a été réalisée avec le même contenu que l'année précédente et par voie postale. Le questionnaire a été envoyé à 7 producteurs (cf. Annexe) avec une enveloppe timbrée pour le retour. En raison d'un unique retour malgré des relances, il a été décidé de conduire l'enquête en solution alternative par interview téléphonique.

Exploitation

L'exploitation des enquêtes est faite de manière descriptive, avec d'un côté présentation de réponses à des questions individuelles où les savoirs pratiques font consensus et de l'autre les questions où les réponses aux problèmes posés restent ouvertes.

3.1.3 Associations céréales-légumineuses à grosses graines en Alsace en 2003

Objectifs

Une enquête a été réalisée sur la campagne 2002-03 pour faire un **état des lieux** des associations cultivées en Alsace et identifier les **principaux atouts et difficultés** de ces cultures ainsi que les principaux freins techniques à leur développement.

Méthode d'enquête

Pour cela, les fermes productrices de ces associations ont été recensées à partir des fichiers d'adhérents de l'OPABA et une enquête téléphonique. Puis de plus amples informations ont été collectées, chez une partie d'entre elles, au cours de deux visites : une première au printemps (après l'implantation de la culture) et une deuxième à l'automne (après la récolte).

Cette enquête a porté sur les caractéristiques du ou des mélanges réalisé(s), l'itinéraire technique suivi et la place du mélange dans la rotation, les conditions de production (type d'exploitation, de sol...), les résultats techniques et économiques de l'association, l'utilisation du mélange récolté et l'expérience de l'agriculteur quant aux associations.

Population enquêtée

8 des 19 fermes recensées ont été enquêtées, soit 88,5 ha emblavés avec une association céréale-protéagineux et, à peu près, une exploitation par type de mélange. Ce nombre n'est pas proportionnel au nombre total de fermes recensées par type de mélange, mais cela permet de nous renseigner sur la diversité des situations existantes.

3.2 Caractéristiques locales des sites expérimentaux

De manière synthétique, on peut présenter les sites badois et alsaciens situés en plaine rhénane sont chauds et secs alors que les sites suisses sont plus froids et plus arrosés de part leur altitude. Les principales caractéristiques des lieux d'essais sont présentées. Il y a eu parfois pour certains essais des écarts particuliers à ces valeurs.

On doit rappeler que pour ce qui concerne la mesure du pH du sol, les résultats d'une mesure pH selon la méthode H₂O (France) sont en général plus élevés de 0,3 - 0,7 unités que ceux selon la Méthode CaCl₂ (Deutschland) (HOFFMANN, 1991).

Tab. 3 : sites expérimentaux en Suisse

an- née	lieu	m.ü.M	Va- leur pH ¹	pH- ²	cal- cair e %	P ₂ O ₅ - richesse (CO ₂) ³	K ₂ O- richesse (CO ₂) ³	Mg- richesse (CO ₂) ³	Type de sol	Type de lupin
2002	Möhlin	308	6,5	7	0,2	réserve	suffisante	suffisante	Lehm sableux	blanc / bl.
2002	Wil	415	6	6,5	0	réserve	suffisante	suffisante	Lehm	blanc / bl.
2002	Thun	560	k.A.	k.A.	k.A.	réserve	pauvre	réserve	Lehm sableux	bleu
2002	Chan- gins	425	7,3	8,1	5,2	-	-	-	Lehm	blanc / bl.
2003	Möhlin	308	7	7,7	0,4	réserve	suffisante	suffisante	Lehm sableux	blanc / bl.
2003	Katzen- rüti	450	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	bleu
2004	Möhlin	308	6,9	7,4	0,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	bleu
2004	Wil	415	5,2	5,9	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	bleu
2004	Adlikon	433	7,4	7,9	4,4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	blanc / bl.

k.A. = pas de données

¹ CaCl₂-Methode

² H₂O-Methode

³ selon WALTHER U., MENZI H., RYSER J.P., FLISCH R., JEANGROS B., KESSLER W., MAILLARD A., SIEGENTHALER A.F. UND P.A. VUIOLLOU. 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 1 (7)

Tab. 4: sites expérimentaux en Allemagne

Année	2003		2004	2005	
exploitation ¹	Ruesch, Buggingen	Ruesch, Buggingen	Ehrler, Heitersheim	Ehrler, Heitersheim	Ruesch, Buggingen
parcelle ¹	Pearl-Acker	unterm Berg	Im Boden	Schwarzer Kirschbaum	Bienenmatt
Essais	Essai variétés lupin	désherbage Soja/Lupin	Protéagineux d'hiver désherbage Soja/ Lupin pois chiche	Protéagineux d'hiver désherbage Lupin pois chiche	Désherbage Soja
Type de sol	Lehm sableux, forte charge en cailloux	Lehm Limoneux	Limon	Lehm argileux	limon
pH ²	7,2	7,3	6,6	6,1	7,3
P ₂ O ₅ (mg/100g) ³	19 (C)	34 (D)	7 (B)	4 (A)	
K ₂ O (mg/100g) ³	27 (D)	29 (D)	10 (B)	14 (B)	
Mg (mg/100g) ³	12 (C)	7 (B)	14 (D)	24 (E)	
Humus (%)	1,7	1,9	Pas de données	Pas de données	
irrigation	oui	non	oui	oui	non
rotation					
2001	Soja	pois, moutarde	Soja	épeautre	Triticale
2002	Soja	féverole, moutarde	épeautre, CI	avoine/orge/pois,	féverole
2003	<i>essai</i>	<i>essai</i>	Blé hiver, culture inter.	Soja	blé
2004			<i>essai</i>	blé, CI avec seigle	tournesol
2005				<i>essai</i>	<i>essai</i>
Travail du sol avant l'essai	Labour hiver	Labour hiver après moutarde	Déchaumage après blé, labour automne après CI	Déchaumage après blé, labour automne après CI	

k.A. = pas de données SZF = culture intermédiaire (trèfle d'alexandrie ou de perse, vesce de printemps, RG)

1 les deux exploitations sont en AB (Naturland), toutes les parcelles sont au dessus de 220 m d'altitude

2 selon CaCl₂-Methode

3 classes de teneurs classiques en D:

A/B = forte carence C = alimentation optimale D/E = forte sur-alimentation

Essais en Alsace

Tab. 5 : Principales caractéristiques du sol du site essai variétés pois à Appenwihr - 2002

Sites d'essai	Appenwihr (68)
Type de sol	Argile très sableuse
Argile (%)	21
Limon (%)	24
Sable (%)	52
Pierrosité (%)	Nombreux cailloux
Matière organique (%)	2,3
pH eau	7,9
Date de début conversion	1974
Ante-précédent	Blé
Précédent	Maïs / Betterave fourragère

Tab. 6 : Sites des essais variétés pois, F-Sausheim et F-Appenwihr 2003

	Sausheim	Appenwihr
Type de sol	Limon argilo sableux	Argile très sableuse
% Argile	23,7	23,5
% Limon	53,5	23,7
% Sable	19,3	48,7
Pierrosité/ cailloux	négligeable	importante
% Matière Organique	3,3	2,4
CaCO ₃ (%)	0,3	1,1
Calcaire actif (%)	0	
P ₂ O ₅ (mg/kg)	< 10	180
K ₂ O (mg/kg)	190	360
MgO (mg/kg)	290	260
CaO (mg/kg)	4560	7710
pH eau	6,5	7,8

Sausheim				
Précédents	Culture	Irrigation	Fertilisation	Rendement (q/ha)
1998-1999	<i>maïs</i>	<i>oui</i>		100
1999-2000	<i>maïs</i>	<i>non</i>	20 t/ha de fumier	100
2000-2001	<i>maïs</i>	<i>non</i>	200 kg N/ha	100
2001-2002	<i>maïs +EV</i>	<i>non</i>		84
Appenwihr				
Précédents	Culture	Irrigation	Fertilisation	Rendement (q/ha)
1998-1999	<i>lupin</i>	<i>oui</i>		18
1999-2000	<i>orge d'hiver</i>		<i>fumier</i>	32
2000-2001	<i>soja</i>	<i>oui</i>		25
2001-2002	<i>Blé + EV</i>			37

Tab. 7 : sites des essais variétés lupin, F-Sausheim et F-Herbsheim 2003

	Sausheim	Herbsheim
Conversion	<i>depuis 2001</i>	<i>depuis 1983</i>
Type de sol	Limon argilo sableux	
% Argile	23,7	21,3
% Limon	53,5	33,1
% Sable	19,3	42,4
Pierrosité/ cailloux	négligeable	importante
% Matière Organique	3,3	3,2
CaCO ₃ (%)	0,3	0,42
Calcaire actif (%)	0	0
P ₂ O ₅ (mg/kg)	< 10	493
K ₂ O (mg/kg)	190	563
MgO (mg/kg)	290	361
CaO (mg/kg)	4560	4091
pH eau	6,5	7,4

<u>Sausheim</u>				
Précédent	Culture	Irrigation	Fertilisation	Rendement
1998-1999	<i>maïs</i>	<i>oui</i>		100
1999-2000	<i>maïs</i>	<i>non</i>	20 T/ha de fumier	100
2000-2001	<i>maïs</i>	<i>non</i>	200 U d'azote	100
2001-2002	<i>maïs (puis moutarde en engrais vert)</i>	<i>non</i>		84

<u>Herbsheim</u>				
Précédent	Culture	Irrigation	Fertilisation	Rendement
1998-1999	<i>poireau</i>	<i>oui</i>	20 T/ha de compost	25 T/ha
1999-2000	<i>féverole</i>	<i>oui</i>	20 T/ha de compost	35 q/ha
2000-2001	<i>céleri</i>	<i>oui</i>	20 T/ha de compost	20 T/ha
2001-2002	<i>blé alternatif (+ moutarde en engrais vert)</i>	<i>non</i>	20 T/ha de compost	40 q/ha

Les analyses n'ont pas révélé la présence de calcaire actif sur les deux sites. Cependant à Herbsheim, le pH est alcalin. Par ailleurs, la teneur en carbonates totaux, la teneur en sables ainsi que la présence de cailloux sont plus importantes à Herbsheim qu'à Sausheim.

Tab. 8: site de l'essai lutte contre les mauvaises herbes dans le soja, F-Holtzwihr 2003

% Argile	44,3
% Limon	45,0
% Sable	5,1
Pierrosité/ cailloux	<i>négligeable</i>
% Matière Organique	4,3
pH eau	7,2

Précédents	Culture	Fertilisation	Rendement (q/ha)
1998-1999	<i>féverole de printemps</i>		35
1999-2000	<i>blé d'hiver (puis phacélie)</i>	300 kg Guano 200 kg Farine de plume	45
2000-2001	<i>maïs grain</i>	15 T/ha de compost + vinasse de mélasse de betteraves	75
2001-2002	<i>maïs grain</i>	15 T/ha de compost + vinasse de mélasse de betteraves	75

Tab. 9: sites des essais de régulation des adventices du soja, F-Holtzwihr et F-Appenwihr 2004

Sites d'essai	Holtzwihr (68)	Appenwihr (68)
Type de sol	Argile limoneuse	Argile très sableuse
Argile (%)	28	21
Limon (%)	56	24
Sable (%)	11	52
Pierrosité (%)	Nulle	Nombreux cailloux
Matière organique (%)	2,2	2,3
pH eau	6,6	7,9
Date de début conversion	1998	1974
Ante-précédent	Maïs grain	Soja
Précédent	Blé alternatif suivi d'un engrais vert	Blé suivi d'un engrais vert (moutarde)
Travail du sol avant l'essai	Disques + Labour (15 cm) + herse rotative + rouleau	Labour (20/12) + 2 passages de vibroculteur (faux semis)

Les essais comparatifs de protéagineux hiver et printemps ont été mis en place sur des parcelles différentes suivant l'espèce, étant données les exigences de sol différentes de chacune (et particulièrement celles très restrictives du lupin).

Les caractéristiques de chacune des parcelles sont résumées dans le tableau suivant.

Tab. 10: Sites des essais comparaison des types hiver et printemps des lupins, féverole et pois,-
Elsenheim et Sausheim 2004

Commune	Elsenheim			Sausheim		
	Lupin	Féverole	Pois	Lupin	Féverole	Pois
Type de sol	Argile	Argile limoneuse		Limon argileux	Argile limono-sableuse	Limon argilo-sableux
% Argile	45,0	32,0		24,1	28,0	20,7
% Limon	30,0	44,1		59,9	49,4	40,2
% Sable	14,5	14,3		11,5	18,0	34,8
Pierrosité	0	Petits cailloux	Négligeable	0	0	Négligeable
% MO	4,06	12,1		2,09	1,89	2,11
pH eau	8,21	8,0		6,2	6,1	7,6
CaCO ₃ total (%)	1,6	19,4		0	0	0
CaCO ₃ actif (%)	0	NSP		0	NSP	NSP
P ₂ O ₅ (g/kg)	0,128 (JH*)	0,10 (méthode JH*)		0,66 (méth. D*)	0,50 (méth. D*)	0,26 (JH*)
K ₂ O (g/kg)	0,323	0,17		0,52	0,44	
conversion bio	2001			2000		
Précédent	Blé	Maïs ensilage	Maïs grain ou ensilage ?	Orge d'hiver	Blé de print 2003 avoine en oct 04	Orge d'hiver
Travail du sol I	Chisel + labour + rotoherse ou vibroculteur			Disques (sept) + vibroculteur (=> sans labour)		
Irrigable	Oui			Non		

Pour l'analyse du phosphore assimilable, JH = méthode Jorêt-Hébert (niveau de référence = 0,16) D = méthode Dyer (niveau de référence = 0,25) NSP = Ne Sais Pas, car l'analyse n'a pas été réalisée.

Les essais féverole et pois 2005 ont été mis en place sur la commune d'Elsenheim, comme en 2004, mais sur une parcelle très différente (plus caillouteuse, superficielle et moins riche en matière organique).

L'essai lupin d'Elsenheim, lui, a été mis en place, sur la parcelle voisine de l'essai 2004, aux caractéristiques très proches.

Tab. 11: Principales caractéristiques des sols des sites d'essais lupin, féverole et pois 2005

Commune	Ensisheim	Elsenheim	
Essais	Lupin	Lupin	Féverole - Pois
Zone naturelle		Ried noir calcaire	Ried brun caillouteux
Type de sol	<i>Limon-sableux</i>	Argile limono-sableuse	Limon argilo-sableux
% Argile	ND	33,1	23,2
% Limon	ND	34,2	30,5
% Sable	ND	24,7	39,5
Pierrosité	0	Négligeable	Nombreux cailloux
% MO	1,7	5,4	3,9
pH eau	5,9	8,1	8,0
CaCO ₃ total (%)	ND	7	9,9
CaCO ₃ actif (%)	ND	3,3*	3,3
P ₂ O ₅ (g/kg)	0,49 (D)	0,17 (JH)	0,59 (JH)
K ₂ O (g/kg)	0,42	4,3	20,0
Date du début conversion bio	2000	2001	
Travail du sol habituel	Disques + vibro-culteur	Chisel + charrue + rotoherse ou vibroculteur	
Irrigable	Non	Oui	

Pour l'analyse du phosphore assimilable, JH = méthode Jorêt-Hébert (niveau de référence = 0,16),

D = méthode Dyer (niveau de référence = 0,25)

ND = Non Déterminé.

* : l'essai a été mis en place là où il n'y avait pas d'effervescence de l'acide au contact du sol.

3.3 Essais de régulation biologique des mauvaises herbes

Une régulation non chimique des mauvaises herbes réussie est un facteur important pour l'obtention de bon rendement en production biologique de protéagineux. Il existe d'un côté des interactions entre l'exploitation de l'espace et le pouvoir de compétition de la végétation (densité, écartement entre rangs, date de semis, développement juvénile) et de l'autre côté la faisabilité, la date et l'efficacité des interventions (binage, étrillage, désherbage thermique). Le salissement tardif en mauvaises herbes qui ne peuvent pas être combattues directement est aussi un point d'importance particulière dans les cultures de protéagineux.

Des essais de désherbage biologique ont été réalisés pour les cultures de soja et de lupin. Dans les essais de pois et de féverole (Chap. 3.5), différentes stratégies ont été mises en oeuvre par les partenaires du projet.

3.3.1 Soja

La culture de soja est actuellement en agriculture biologique la production de protéagineux la plus significative dans le Rhin supérieur. La charge pour la maîtrise des adventices est encore généralement très élevée tandis qu'un salissement tardif dans les rangs reste souvent problématique et provoque des réductions de qualité à la récolte. Il existe encore un besoin d'optimisation des pratiques à ce niveau.

3.3.1.1 Désherbage mécanique et choix variétal (D-Buggingen, 2003)

Afin de mesurer l'efficacité basique du binage et de l'étrillage sur une culture de soja (*Glycine max*) il a été réalisé en 2003 un essai de comportement avec 4 variantes et deux variétés au pouvoir de compétition différent vis à vis des adventices.

Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé dans une parcelle de production de la région à Buggingen (Tab.). Un écartement réduit et une densité de semis renforcée ont été appliqués aux variantes sans binage afin d'augmenter le pouvoir de compétition de ces variantes par une fermeture de l'interrangs plus rapide. La densité de semis des variantes "Pratique" ont été conditionnées par la technique de semis (semer monograine). Le Tab. donne un aperçu des variantes.

Tab. 12 : Variantes, écartements et densités de semis dans l'essai désherbage biologique du soja de Buggingen, 2003)

	variété	écartement	densité	interventions
Témoin	Quito (00)	15 cm	100 gr./m ²	Étrillage de prélevée
	Dolly (00/000)			
Etrillage	Quito (00)	15 cm	100 gr./m ²	Étrillage de prélevée 1x étrillage de post-levée
	Dolly (00/000)			
Binage	Quito (00)	30 cm	70 gr./m ²	Étrillage de prélevée 1 x binage
	Dolly (00/000)			
Pratique	Quito (00)	50 cm	78 gr./m ²	Étrillage de prélevée 3 x binage + étrillage
	Dolly (00/000)			

Groupe de précocité : 00 plus tardif que 00/000

gr : graines germantes

L'essai de comportement a été réalisée selon un dispositif blocs avec deux répétitions, dans lequel le 1er facteur de variation était le traitement de régulation en mauvaises herbes et le second facteur le traitement variété. Les traitements étaient randomisés à l'intérieur des blocs. Les tailles de parcelles étaient de 3,00 x 6,70 m (20 m²) à 4,50 x 6,70 m (30 m²) pour la variante "Pratique".

Conduite de l'essai

Préparation du lit de semences : passage de herse au printemps et juste avant semis

Inoculation des semences : produit „fix-fertig“ 4 jours avant semis en solution liquide

Semis : 28.04.2003

Semoir classique avec deux passages (2x passages de 1,50 m, profondeur de semis env. 4 cm)

Variante „Pratique“ avec semoir monograine (largeur 4,50 m, profondeur env. 7 cm)

Toutes les variantes, y compris le témoin, ont fait l'objet d'un étrillage à l'aveugle en post-semis pré-levée car on considère l'effet toujours intéressant. La variante „Pratique“ a été réalisé par l'agriculteur avec son matériel suivant des modalités et une date de semis spécifiques. Les variantes "étrillage" et "binage" réalisées en adaptation aux largeurs des parcelles et n'ont pas pu être aussi fréquentes que souhaitées pour des raisons de trop grandes contraintes économiques.

Notations et mesures

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été systématiquement relevées :

levée (BBCH 09)

début floraison (BBCH 61)

fin floraison (BBCH 69)

maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :

- levée
- à la fin de la période d'interventions de désherbage mécanique
- à la récolte (par des prélèvements avec des cadres de 1 m²)

Au début et à la fin floraison, les paramètres suivants ont été relevés :

- hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)
- couverture du sol par les plantes (pourcentage estimé à l'aide de cadres)
- verse (en cas d'apparition)

Salissement en mauvaises herbes

Les mauvaises herbes ont été dénombrées sur des placettes repérées de 1 m² :

- comptage des plantes avec séparation selon les espèces sur chaque parcelle aux stades début floraison et fin floraison
- biomasse des adventices à la récolte (estimation par prélèvements)

Récolte

Les rendements en matière sèche grain et végétation ainsi que la biomasse des mauvaises herbes ont été estimés par des coupes sur des placettes (cadre de 1 m²). Les PMG, la teneur en protéines du grain et la teneur en azote des pailles ont été mesurés.

Le reste des parcelles a été récolté à l'aide d'une MB afin de mesurer le rendement. A l'aide d'échantillons, les teneurs en humidité et les taux d'impuretés ont déterminés afin de ramener les rendements à la norme de 9 % d'eau.

A cause de l'extrême sécheresse, la variété Dolly avait subi un fort égrenage avec plus de 50% de gousses éclatées avant la récolte. Aussi, il a été réalisé une estimation des grains tombés au sol par un prélèvement manuel sur les 4 parcelles de Dolly (avec 1 seule répétition) sur 0,5 m² afin de pouvoir faire une meilleure appréciation du rendement potentiel.

3.3.1.2 Lutte mécanique contre les mauvaises herbes et techniques culturales (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)

Sur la base des expériences de 2003 et des informations issues de la pratique des agriculteurs, diverses stratégies ont été étudiées en 2004, pour lesquelles la variété n'a pas varié. En 2005, les variantes ont été encore une fois adaptées et réalisées avec des outils d'agriculteurs en grandes parcelles. Les hypothèses suivantes ont été testées :

Une économie de temps de travail est possible sans incidences négatives en présence de forts salissements en adventices (moins d'interventions / vitesse de travail plus élevée).

Des techniques de semis avec des écartements réduits (30 ou 15cm) renforcent le pouvoir de compétition du couvert et améliore son exploitation de l'espace, tandis que l'on peut biner plus longtemps avec un fort écartement (50 cm ou plus).

Un semis tardif permet d'écourter la phase juvénile d'installation de la culture et la végétation possède un meilleur pouvoir de compétition.

Des semis sous couverts (trèfle blanc, caméline) réduisent la croissance des mauvaises herbes (en particulier des levées tardives), sans faire de concurrence notable à la culture principale.

Avec la bineuse à double étoiles à doigts (Kress-Fingerhacke), le salissement dans le rang peut être significativement réduit.

La houe rotative (Yetter-Rotorhacke) permet un désherbage efficace dans l'interrang et sur le rang avec un grande rapidité d'intervention (vitesse d'environ 20 km/h).

Dispositifs expérimentaux

Le Tab. 13 présente un aperçu des variantes pour les deux années avec l'écartement entre rangs correspondant ainsi que les interventions réalisées. La fréquence et les dates d'interventions furent dépendantes des conditions climatiques. La variante „Semis tardif“ a été faite par référence à la variante V1. La stratégie habituelle (grand écartement, passages intensifs de herse étrille et de bineuse) a été dédoublée (V2 + V3) en 2004, en 2005 seulement réalisée selon la pratique usuelle de l'exploitant. La houe rotative Yetter a été introduite en 2005 dans l'essai allemand suite à l'arrêt des essais en Alsace. Un premier passage à la herse étrille en aveugle en pré-levée a été introduit comme base systématique.

L'essai 2004 a été réalisé dans une parcelle de production à Heitersheim (Tab 4) et a été réalisé selon un dispositif monofactoriel avec randomisation au sein de blocs avec 4 répétitions. La taille des parcelles était de 1,50 m × 10,70 m. Le semis de toutes les parcelles a été réalisé avec un semoir à expérimentation (Drilltechnik). Les interventions ont été faites pour partie avec du matériel d'agriculteur et pour partie avec du matériel à expérimentation.

L'essai 2005 a été réalisé dans une parcelle de production à Buggingen (Tab 4) et toutes les interventions ont été faites avec du matériel d'exploitants, bien que différentes techniques de semis ont du être introduites. La taille des parcelles élémentaires a été augmentée pour atteindre (selon l'outil) 3,20 m voire 4,90 m x 18,00 m. En raison d'un espace disponible limité, l'essai a été réalisé selon un dispositif monofactoriel avec 4 répétitions (cf. Annexe).

Tab. 13 : Variantes pour le désherbage mécanique du soja, D-Heitersheim 2004 et D-Buggingen 2005

Var.	Description	Ecart	Interventions
2004			
V1(04)	„faible écartement“	30	Étrillage en pré-levée, 3x binages
V2(04)	„Intensif“	30	Étrillage en pré-levée, 4x binages et étrillages
V3(04)	„binage tardif“	50	Étrillage en pré-levée, 4x binages (à intervalles de temps + longs)
V4(04)	„bineuse à doigts“	50	Étrillage en pré-levée, 4x binages avec des éléments étoiles à doigts en plus
V5(04)	„semis tardif“	30	Semis 3 semaines plus tard, Étrillage en pré-levée, 3x binages
V6(04)	„étrillage“	15	Étrillage en pré-levée, 3x étrillages de post-levée
V7(04)	„trèfle blanc“	30	Comme V1, semis du trèfle blanc lors du dernier binage, 1000 gr./m ²
V8(04)	„cameline“	30	Étrillage en pré-levée, 1x étrillage de post-levée, puis sous semis de la cameline à 350 gr./m ²
2005			
V1(05)	„Pratique usuelle“	54	Étrillage de pré-levée, 4x binages + étrillages
ages	„Semis tardif“	54	Semis 3 semaines après, étrillage pré-levée, 2x binages + étrillages
V3(05)	„bineuse à doigts“	54	Étrillage de pré-levée, 3 x binages avec les doubles étoiles à doigts en plus
V4(05) ¹	„houe rotative“	54	Étrillage de pré-levée, 2x passages de la houe
V5(05)	„faible écartement“	30	Étrillage de pré-levée, 3x binages
V6(05) ²	„étrillage“	17	2 x étrillages de post-levée
V7(05) ²	„cameline“	17	1x étrillage puis sous semis de cameline à 350 gr./m ²

Ecart en cm ¹ intervention finale avec bineuse équipée de pattes d'oies n'a pas pu être réalisée (végétation trop exubérante à cette date)

² étrillage de pré-levée impossible à cause d'un semis trop en surface (technique de semis différente)

Réalisation

Préparation du semis : herse alternative, une fois de plus pour le semis tardif

Variété : Ohgata (groupe 00/000) en 2004, Amphor (groupe 00) en 2005

Inoculation avec *Bradyrhizobium japonicum* (Produit ‚Fors 48‘)

Technique de semis : semis en ligne et pour V1(05) - V4(05) : semis monograine

Densité : 70 grains/m² pour toutes les variantes (variations occasionnées par le type de semis ; V6(04): 100 gr./m², V1(05) - V4(05): 85 gr./m² ; prise en compte pour les taux de levées)

Date de semis :

27.04.2004 (semis tardif : 18.05.2004)

12.05.2005 (semis tardif : 31.05.2005) – retard dû aux conditions climatiques

Sous semis :

cameline (lignée) : semis manuel à la volée juste avant le passage de herse étrille, environ 3 semaines après le semis de soja (18.05.2004 et 01.06.2005)

trèfle blanc (variété Rivendel) : semis manuel à la volée juste avant le 3^{ème} binage (21.06.2004)

Protection phytosanitaire (une année seulement):

Produit répulsif «Arbin » contre les lièvres (18.05. + 04.06.2004)

Les dates d'interventions ainsi que les outils utilisés sont détaillés en annexe.

bineuse Kress avec étoile à doigts

Étoile en plastique pour la destruction des adventices entre les plantes sur le rang

Emploi en combinaison avec la bineuse à pattes d'oie

Disponible en 2 tailles et 3 duretés



Photo 1 : utilisation de la bineuse à doigts Kress sur lupin (cf. Chap 3.3.2.2.)

houe rotative Yetter

Roues à étoiles avec des cuillers en acier pour la destruction des jeunes adventices indépendamment de l'écartement de la culture

Bonne sélectivité de la culture si passages aux stades adéquates

Aération des surfaces de sols croutées

Vitesse de travail de 10-20 km/h



Photo 2 : houe rotative Yetter

Paramètres relevés

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été systématiquement relevées :
levée (BBCH 09)
couverture de l'inter-rang (BBCH dépendant de l'écartement entre rangs)
début floraison (BBCH 61)
fin floraison (BBCH 69)
début chute des feuilles (BBCH 91)
maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (Plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :
levée

à la fin de la période d'interventions de désherbage mécanique

Au début et à la fin floraison, les paramètres suivants ont été relevés :

hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)

couverture du sol par les plantes (pourcentage estimé à l'aide de cadres)

couverture du sol par le sous semis (pourcentage estimé à l'aide de cadres)

En fonction des événements, les maladies, ravageurs et la verse observée ont également fait l'objet de notations.

Salissement en mauvaises herbes

Les mauvaises herbes ont été dénombrées sur les surfaces de placettes repérées :

comptage des plantes à partir du stade 4 feuilles ou selon le cas 5 cm de haut

séparation selon les espèces

notation en juin, juillet et août

distinction de la localisation spatiale

adventices „dans le rang“: distance +/- 5 cm de la ligne de semis

adventices „dans l'inter-rang“: distance de la ligne de semis > 5 cm

biomasse des adventices à la récolte.

Récolte

Finalement, la végétation présente dans les placettes mises en place pour dénombrer les adventices a été récoltée afin d'estimer les rapports entre matières sèches du grain de la culture, de la végétation de la culture (paille) et des mauvaises herbes.

Pour mesurer le rendement, on a récolté sur une largeur de 1,50 m (2004 : parcelle entière, 2005 : milieu de parcelle). Les taux d'humidité et d'impuretés occasionnées par les mauvaises herbes ont été déterminées à partir d'échantillons pris sur les récoltes afin de rapporter le rendement aux normes standard.

3.3.1.3 Désherbage mécanique et thermique (F-Holtzwihr, 2003/04)

Essai 2003

Objectif

Cet essai sur **soja** vise à comparer l'efficacité de **différentes méthodes de désherbage**, y compris celle du désherbage thermique, pour identifier l' (les) itinéraire(s) le(s) plus adapté(s) aux conditions de culture dans la région du Rhin Supérieur (conditions pédoclimatiques, variétés).

L'essai vise, plus précisément, à répondre aux questions suivantes :

- Quel est l'effet de ces itinéraires de désherbage sur les différentes adventices présentes ?
- Quel est leur effet sur la culture de soja ?
 - le passage au stade levée du soja est-il trop risqué pour la culture ?
 - le désherbage thermique ne freine-t-il pas un peu le développement du soja ?
- Quel est leur effet sur la production de soja, en quantité et en qualité (telle la teneur en protéines) ?
- Quels sont les itinéraires les plus favorables suivant les outils et les adventices ?
 - est-ce que le désherbage thermique est intéressant à introduire dans l'itinéraire technique, malgré son coût ?
 - quel est l'itinéraire optimum de désherbage utilisant à la fois une herse étrille et une bineuse ?
 - est-il possible de maîtriser les adventices seulement avec l'utilisation de la herse étrille, avec un écartement réduit des rangs et des passages précoces et fréquents de cet outil ?

Dispositif expérimental

L'essai compare 4 itinéraires de désherbage. Chaque modalité est implantée sur une surface de 9 m x 21 m = 189 m² et est répétée 2 fois, en raison de l'inégale répartition des adventices sur toute parcelle. Chaque essai est ainsi implanté en 2 blocs complets. Chaque bloc comporte aussi une zone témoin de la largeur du semoir, et avec un écartement entre rangs de 42,5 cm pour permettre le binage. Ces témoins visent à connaître le peuplement des adventices en l'absence de désherbage en début de culture et d'en déduire l'efficacité des différents itinéraires de désherbage comparés. (plan en annexe).

Pour 3 des 4 modalités testées, la densité de semis est de 70 gr/m² et l'écartement de 42,5 cm entre rangs pour permettre de biner entre les rangs. Une de ces modalités fait appel à un désherbeur thermique en plus de la bineuse. Pour les 2 autres modalités, les outils de désherbage utilisés sont la herse étrille et la bineuse, mais les dates d'intervention sont différentes entre ces 2 modalités.

Pour la 4^{ème} modalité, l'écartement est de 15 cm entre rangs et la densité de semis est de 100 gr/m² dans l'objectif d'une plus rapide couverture du sol et pour tester un itinéraire sans binage, avec uniquement le passage de la herse étrille.

Cependant les modalités exactes de chaque itinéraire comparé (nombre de passages pour chaque outil, stades du soja lors du passage...) ont été fonction des conditions climatiques, de la population d'adventices de l'année et de la disponibilité de l'agriculteur (tableau n°1 ci-dessous). Un passage plus précoce de bineuse était notamment prévu, mais n'a pas pu être effectué.

Tab. 14 : Itinéraires de désherbage comparés

	Ecartement entre rangs (cm)	Densité visée (gr/m²)	Prélevée / levée (stade crosse)	Levée (coty- lédons fer- més)	2 feuilles vraies unifol- liées	3ème nœud
Itinéraires			15/05/03	20/05/03	28/05/03	11 et 12/06/03
1	42,5	70		Thermique sur le rang		Binage
2	42,5	70	Herse étrille			Binage
3	42,5	70			Herse étrille	Binage
4	15	100	Herse étrille		Herse étrille	Herse étrille
Témoin	42,5	70	Aucune intervention			

Le désherbage thermique a été réalisé à l'aide d'un appareil en phase liquide, à l'avant du tracteur, avec un brûleur dirigé sur chaque rang et à une vitesse de 3-3,5 km/h.

Les passages de herse étrille sont d'autant plus agressifs et rapides que le soja est développé, donc plus résistant. Lors du passage le plus précoce, les dents de la herse étrille sont ainsi disposées de façon la moins verticale possible et la vitesse est de 2 km/h maximum.

La bineuse utilisée est équipée de soc type « patte d'oie » travaillant environ 28 cm de large entre les rangs. Il n'y a pas de disques de buttage ou de protection de la culture.

Conditions d'expérimentation

Cet essai a été mis en place à Holtzwihr, dans le Haut-Rhin, sur une parcelle en agriculture biologique depuis plus de 10 ans, dans le Ried, à proximité d'une forêt et les cultures avoisinantes sont majoritairement du maïs.

Cette parcelle dispose ainsi d'un fort potentiel, mais en contre-partie, la pression des adventices risque d'être importante, d'autant plus que la parcelle a été inondée et que les précédents maïs ont du favoriser les adventices de cette culture, à savoir des adventices de printemps, comme celles du soja.

Opérations culturales autres que celles de désherbage

- Préparation du sol : labour en janvier, puis herse rotative en mars.
- Semis du soja le 07/05/03 (variété Dolly).
- Passage de rouleau après le semis.

- Absence d'irrigation.
- Ecimage début août de tout l'essai à l'aide d'une débroussailleuse manuelle.
- Récolte le 24/09/03.

Mesures et observations

En cours de culture

- Relevé des stades de développement du soja

Relevé de la date de levée, des stades « 2 feuilles vraies unifoliées », « 1^{ère} feuille trifoliée », « 3^{ème} nœud » et « début floraison » et des stades du soja lors des interventions de désherbage et des comptages.

- Comptage des pieds de soja

Délimitation de 6 placettes de 2 rangs adjacents (ou 4 rangs adjacents pour l'itinéraire 4, à écartement réduit entre rangs) sur 1 m de long pour chaque parcelle élémentaire.

Comptage du nombre de pieds de soja sur chacune de ces placettes, dès que possible et entre chaque intervention de désherbage.

- Mesure de la hauteur du soja

En cours de floraison et après la fin de celle-ci, sur 6 pieds par parcelle élémentaire.

- Identification et comptage des adventices :

Sur le rang, dès que c'est possible et entre chaque intervention de désherbage pour évaluer l'effet de chacune de ces opérations culturales. Comptage du nombre d'avertices par espèce et sur le rang de gauche de chaque placette déjà délimitée pour le comptage du soja (ou le 2^{ème} rang en partant de la droite, pour l'itinéraire 4), à savoir sur une surface de 15 cm de large x 1 m de long.

Remarque :

Le comptage des adventices est effectué sur le rang, car la pression des adventices la plus problématique est celle sur le rang en terme de concurrence pour le soja. Mais la densité moyenne, rang et interrang confondus, peut être calculée à partir de la densité sur le rang.

En effet, la herse étrille et le désherbeur thermique interviennent en plein. Ils ont donc un effet semblable sur le rang et l'interrang, et de l'ordre de 70 % d'efficacité d'après les références bibliographiques (CHOLLET *et al.*, 2001). A l'opposé, la bineuse est très efficace dans l'interrang (près de 100 % d'efficacité d'après la bibliographie et visuellement pour cet essai), mais, en l'absence de buttage, comme c'est le cas pour cet essai, son effet est quasi-nul sur le rang.

Sous ces hypothèses, la densité moyenne comprenant le rang et l'interrang peut donc être obtenue de la façon suivante :

- avant le binage, elle est identique sur le rang et l'interrang,

- après celui-ci, la surface non binée (sur le rang, où des adventices sont encore présentes) représente 35 % environ de la surface totale, dans les conditions de cet essai (27,5 cm de large travaillé sur 42,5 cm entre les rangs).

- Autres observations, si nécessaire :

- notation de la verse

- notation des dégâts de maladies ou ravageurs

A la récolte

Rendement machine

Pesée du poids récolté par parcelle élémentaire. Calcul du rendement brut par parcelle.

Qualité de la production

Prélèvement d'un échantillon de 400-500 g par parcelle élémentaire (à la fin de la trémie).

Mesure du taux d'humidité à la récolte à l'aide d'un humidomètre (dans un silo).

Détermination du taux d'impuretés pour chaque échantillon.

Déduction du rendement net à 9 % d'humidité.

Constitution d'un échantillon moyen pour l'ensemble de l'essai.

Evaluation du PMG pour celui-ci.

Evaluation du taux de protéines par un laboratoire.

Méthodes d'analyses

Les moyennes obtenues pour chaque variable sont comparées entre itinéraires ou entre dates à l'aide de l'analyse de la variance, pour identifier les différences significatives¹. Puis, s'il y a des différences significatives au risque d'erreur de 5 %, le test de Newmann et Keuls (test de comparaison multiple de moyennes) est effectué. Ces analyses sont réalisées à l'aide du logiciel Statbox (ITCF).

Essai 2004

Objectif

Comme en 2003, cet essai vise à comparer l'efficacité de plusieurs itinéraires de désherbage, utilisant différents outils de désherbage : la herse étrille, le désherbeur thermique, la bineuse patte d'oie et en plus cette année la houe rotative (cf photo ci-dessous).

Il s'agit de comparer l'effet de ces différents itinéraires sur les adventices et sur le soja (en cours de culture et en terme de production).

Dispositif

Quatre itinéraires de désherbage sont comparés :

¹ Une différence sera considérée comme significative lorsque le risque d'erreur de se tromper en affirmant l'existence de différences entre les modalités est inférieur à 5 %. Une « tendance » sera mentionnée quand ce risque sera compris entre 5 et 10 %.

- l'itinéraire standard (n°1) faisant appel seulement à une herse étrille et une bineuse patte d'oie, comme généralement chez les producteurs bio de soja dans la région,
- l'itinéraire « thermique » (n°2), où un désherbage thermique a lieu au 1^{er} stade de levée du soja (cotylédons encore fermés) à la place de la herse étrille par rapport à l'itinéraire standard,
- l'itinéraire « houe rotative » (n°4), où la herse étrille de l'itinéraire standard est remplacée par la houe rotative,
- l'itinéraire « minimum » (n°3), où un des 2 passages de herse étrille a été économisé cette année par rapport à l'itinéraire standard.

Pour les modalités n°1, 2 et 4, l'itinéraire technique réalisé est, autant que possible, celui le plus adapté, avec les outils à disposition, suivant la population d'adventices, le stade du soja et les conditions pédoclimatiques.

Tab. 15: Outils et dates d'interventions des différentes variantes de l'essai de lutte contre les mauvaises herbes dans le soja, F-Holtzwihr 2004

N°	Itinéraire	Outils à disposition	Début de levée* (21/05/04)	2 ^{ème} feuille trifoliée* (09/06/04)	4 ^{ème} feuille trifoliée* (21/06/04)
1	Standard	HE + bineuse P	HE	HE	Bineuse P
2	Thermique	HE + bineuse P + Thermique	Thermique	HE	Bineuse P
3	Minimum	HE + bineuse P	HE		Bineuse P
4	Houe rotative	Houe + bineuse P	Houe	Houe	Bineuse P

Légende : * = Stade des pieds de soja les plus avancés dans la croissance (soit environ 60 %)

HE = herse étrille

Bineuse P = bineuse patte d'oie

Chaque modalité est implantée sur une surface importante de 9 m x 31 m = 279 m², pour permettre l'utilisation des différents outils de l'agriculteur du semis à la récolte.

Chaque modalité est répétée à 2 endroits de la parcelle (plan en annexe) et sur chaque parcelle élémentaire, 6 placettes de 0,5 m² chacune (1 rang sur 1 m de long) ont été délimitées.

Conduite de l'essai

Pour cet essai, la variété de soja Ohgata a été utilisée. Elle a été inoculée, puis semée à l'aide d'un semoir monograine (combiné à une herse rotative et un rouleau), le 10/05/04 à une densité de 52 gr/m² environ avec un écartement de 50 cm entre rang. Un rouleau a ensuite été passé.

Cet essai n'a pas été irrigué.

Paramètres relevés

Des observations sur les adventices et le soja ont été réalisées sur chacune des placettes élémentaires en cours de culture :

- identification et comptage des adventices (nombre total et par espèce dominante), sur le rang² et dans l'interrang, dès qu'elles sont visibles, entre chaque intervention de désherbage et après la chute des feuilles du soja,
- comptage des pieds de soja par placette dès qu'ils sont visibles et entre chaque intervention de désherbage,
- mesure de la hauteur des pieds de soja à début floraison et à maturité,
- estimation du pourcentage de sol recouvert par le soja à début floraison.

Le stade de développement atteint par le soja est aussi relevé lors des interventions de désherbage et des comptages, tout comme le stade des principales adventices présentes³.

Pour la récolte, en raison des conditions pluvieuses depuis début octobre, l'essai n'a pas pu être récolté avec la moissonneuse-batteuse de l'agriculteur, comme prévu initialement. Le rendement a donc été estimé par la récolte manuelle de 4 placettes de 1 m² chacune (2 rangs sur 1 m de long) par parcelle élémentaire. L'humidité a été mesurée sur un échantillon moyen à l'aide d'un humidimètre et le taux de protéines a été évalué par un laboratoire sur un échantillon moyen de grains de l'itinéraire standard.

3.3.1.4 Influence de la date de semis (F-Appenwihr, 2004)

Objectif

Un essai soja a été mis en place pour comparer 2 dates de semis du soja, l'une précoce (fin avril), l'autre normale (autour du 10 mai).

Il fait suite au constat que les adventices les plus problématiques sur soja dans la région sont les chénopodes et amarantes, qui lèvent début mai en même temps que le soja.

L'objectif de cet essai est d'évaluer si un semis plus précoce permet au soja d'avoir un peu d'avance sur la levée des chénopodes et amarantes, et d'être ainsi plus compétitif.

Des observations et mesures ont été réalisées jusqu'à la récolte pour voir aussi si la différence de date de semis pouvait avoir un impact sur la production du soja.

Dispositif

Pour cela, un essai disposé en 3 blocs a été mis en place chez un agriculteur bio à Appenwihr (plan de l'essai en annexe).

Chaque modalité est implantée sur une surface importante de 6 m x 60 m = 360 m², pour permettre l'utilisation des différents outils de l'agriculteur du semis à la récolte.

Sur chaque parcelle élémentaire, 5 placettes de 0,5 m² chacune (1 rang sur 1 m de long) ont été délimitées.

Conduite de l'essai

Comme pour les autres essais soja 2004 du programme, la variété Ohgata a été utilisée. Elle a été inoculée, puis semée à l'aide d'un semoir monograine (précédé d'une herse rotative et

² Sur le rang, l'identification et le comptage des adventices ont été effectués sur 10 cm de large (et 1 m de long). Pour l'interrang, ils ont été réalisés sur la gauche de la zone « rang » déjà observée, sur 1 m de long et 20 cm de large.

³ Stade 1 = adventices au stade cotylédons, stade 2 = moins de 4 feuilles, stade 3 = entre 4 feuilles et la hauteur de la culture, stade 4 = adventices plus hautes que la culture.

d'un rouleau), à une densité de 65 gr/m² environ et avec un écartement de 50 cm entre rangs.

Les interventions de désherbage ont été effectuées à l'aide d'une herse étrille et/ou une bineuse patte d'oie suivant les stades du soja et des adventices. La conduite de désherbage la plus adaptée possible a été réalisée pour chacune, dans les conditions de l'agriculteur (conditions météorologiques, disponibilité...), et donc de façon indépendante l'une de l'autre. Les interventions sont résumées dans le tableau suivant :

Tab. 16: Techniques culturales mises en oeuvre pour les 2 dates de semis du soja, F-Appenwihr 2004

	Date 1 : semis précoce	Date 2 : semis normal
Date de semis	27/04/04	14/05/04
Herse étrille en pré-levée	04/05/04	
Herse étrille en post-levée		30/05/04
Herse étrille + bineuse	27/05 & 15/06/04	15/06/04
Bineuse	09/06/04	
Irrigation	01/07 & 02/08 (2 x 30 mm)	
Date de récolte	02/10/04	

Paramètres relevés

Des observations sur les adventices et le soja ont été réalisées sur chacune des placettes élémentaires en cours de culture :

- identification et comptage des adventices (nombre total et par espèce dominante), sur le rang et dans l'interrang, dès qu'elles sont visibles, entre chaque intervention de désherbage et après la chute des feuilles du soja,
- comptage des pieds de soja par placette dès qu'ils sont visibles et entre chaque intervention de désherbage,
- mesure de la hauteur des pieds de soja à début floraison et à maturité,
- estimation du pourcentage de sol recouvert par le soja à début floraison.

Le stade atteint par le soja est aussi relevé lors des interventions de désherbage et des comptages, tout comme le stade des principales adventices présentes.

Le rendement brut a été obtenu par pesée du poids de grains récoltés avec la moissonneuse de l'agriculteur pour chaque parcelle élémentaire. Pour chacune, un échantillon de 400-500 g a été prélevé pour déterminer le taux d'humidité (à l'aide d'un humidimètre) et le taux d'impuretés et en déduire le rendement net à 9 % d'humidité de chaque parcelle élémentaire. Ces échantillons ont aussi été utilisés pour évaluer le PMG des grains récoltés.

Ensuite, un échantillon moyen des 3 parcelles de chaque modalité a été constitué pour l'analyse du taux de protéines par un laboratoire.

3.3.2 Lupins blanc et bleu

Il a tout d'abord été réalisé un essai en 2003 avec du lupin bleu, puis ensuite les essais ont été poursuivis avec du lupin blanc car celui-ci semblait s'avérer plus adapté (meilleure couverture du sol et plus forte productivité) aux conditions locales dans l'essai allemand de comparaison variétale 2003.

3.3.2.1 Désherbage mécanique et choix variétal pour le Lupin bleu (D-Buggingen, 2003)

Afin de constater les effets du binage et de passages de herse étrille sur les végétations de lupin bleu (*Lupinus angustifolius*), un essai a été réalisé en 2003 avec 4 variantes et 2 variétés différentes au niveau de leur pouvoir de compétition.

Dispositif expérimental

L'essai a été mis en place dans une parcelle de production de la région du projet (Buggingen) dotée d'une faible pente (Tab.). Un faible écartement entre rangs a été retenu pour les variantes sans binage, afin d'augmenter leur pouvoir de compétition par une couverture plus rapide du sol par la végétation. La densité de semis a été adaptée au type variétal (type monotige ou ramifié). Le Tab. donne un aperçu des variantes avec les écartements entre rangs et les densités de semis.

Tab. 17 : Variantes, écartements et densités de semis dans l'essai désherbage avec des lupins bleus (D-Buggingen, 2003)

Lutte contre les mauvaises herbes.	Variété	Densité	Ecartement	Interventions
témoin	Borlu (ramifié)	94 gr./m ²	15 cm	Étrillage pré-semis
	Boruta (monotige)	121 gr./m ²		
Herse étrille	Borlu (ramifié)	94 gr./m ²	15 cm	Étrillage pré-semis Etrillage post-semis
	Boruta (monotige)	121 gr./m ²		
Binage	Borlu (ramifié)	94 gr./m ²	30 cm	Étrillage pré-semis Binage
	Boruta (monotige)	121 gr./m ²		
Programme intensif	Borlu (ramifié)	94 gr./m ²	30 cm	Étrillage pré-semis Binage + Etrillage
	Boruta (monotige)	121 gr./m ²		

L'essai de comportement a été réalisé en blocs avec deux répétitions, avec en premier facteur le traitement pratique de désherbage et le critère variété en second facteur et randomisation des parcelles. La taille des parcelles était de 3,00 x 6,70 m (20 m²).

Conduite de l'essai

Préparation du sol : passage de herse au printemps puis juste avant le semis

Traitement à l'eau chaude des semences pour désinfection préventive contre l'antracnose (méthode non chimique prometteuse travaillé dans la phase initiale du premier projet)
30 min dans l'eau chaude à 50°C, 24 H de séchage

Inoculation des semences : préparation „HiStick“ directement avant le semis

Semis : 27.03.2003

Semis en rangs en parcelles doubles avec un semoir à petite parcelle (2x passages de 1,50 m, profondeur de semis d'environ 5 cm)

Toutes les variantes, y compris le témoin, ont fait l'objet d'un passage de herse étrille à l'aveugle en pré-levée, car l'effet est considéré comme positif. De manière non préétablie, un passage de herse étrille a également été réalisée en post-levée si bien que les différenciations ne se sont faites qu'après coup, où chaque variante a encore une fois fait l'objet d'un passage.

Paramètres relevés

Le même protocole d'essai était initialement envisagé pour le lupin que pour le soja en 2003 (Chap. 3.3.1.1). Cependant le site (pH7,3) s'est révélé défavorable pour les variétés de lupins bleus utilisées. Les plantes ont montré une faible croissance, ce qui a eu pour suite un salissement extrême en mauvaises herbes et anormal. L'essai de comparaison de modalités de désherbage n'était alors plus représentatif et a été abandonné, seules les notations suivantes étant réalisées.

Densités de peuplement : 25.04. et 25.06.

Hauteur de la végétation : 25.06.

Salissement en mauvaises herbes (note visuelle : 1= propre, 5= très sale) : 25.06. et 17.07.

L'essai a été interrompu le 17.07. Une exploitation des rendements n'avait aucun sens à la vue de l'état de la culture.

3.3.2.2 Lutte mécanique contre les mauvaises herbes et techniques culturales du lupin blanc (D-Heitersheim, 2004-05)

En 2004, un essai analogue à celui réalisé sur soja (Chap. 3.3.1.12) a été installé avec 8 variantes. En 2005, un essai adapté à partir des résultats et des observations faites a été mis en place avec seulement 6 variantes.

Dispositifs expérimentaux

Le Tab. 18 présente un aperçu des variantes pour chaque année avec les écartements entre rangs et les interventions réalisées. Les champs d'essai ont été installés dans des parcelles de producteurs (Tab 4) avec des dispositifs monofactoriels en blocs avec randomisation avec quatre répétitions. La fréquence et les dates d'interventions ont été naturellement fonction des conditions climatiques.

En 2004, la taille des parcelles était de 1,50 m × 10,70 m. Un passage aveugle de herse étrille a été réalisée sur toutes les parcelles. Une analyse de sol de la parcelle d'essai réalisée après la récolte 2004 a montré un pH de 5,9 ainsi que de faibles teneurs en P₂O₅ (6 mg/100 g sol en classe B) et en K₂O (5 mg/100 g sol en classe A).

En 2005, les parcelles mises en place furent nettement plus grandes avec une largeur de 2 passages d'outils et une longueur doublée (3,00 m x 20,00 m). Le semis tardif a été instauré comme standard et une variante „ semis précoce “ introduite.

La largeur des parcelles de la variante V6 (05) a été portée à 3,40 m suite à l'utilisation pour la mise en œuvre de la herse à doigts du tracteur de l'exploitation doté d'un plus grand encombrement. En raison de la persistance de l'humidité du sol, le semis précoce V2(05) ainsi que celui du trèfle blanc V6(05) ont été réalisés plus tardivement que prévu dans le protocole. A cause de précipitations répétitives, il n'a pas été possible de réaliser le passage en aveugle, en pré-levée, de la herse étrille et le binage n'a pu intervenir que tardivement, si bien qu'au total il n'y a eu beaucoup moins de passages qu'en 2004.

Tab. 18: Variantes pour le désherbage mécanique du Lupin blanc, D-Heitersheim 2004 et 2005

Var.nr.	Description	Ec art	Interventions
2004			
V1(04)	„Standard“	30	Étrillage de pré-levée, 3x binages
V2(04)	„Intensif“	30	Étrillage de pré-levée, 4x binages et étrillages
V3(04)	„binage tardif“	50	Étrillage de pré-levée, 4x binages (intervalles + longs entre passages)
V4(04)	„bineuse à étoiles à doigts“	50	Étrillage de pré-levée, 4x binages avec des étoiles à doigts en plus
V5(04)	„semis tardif“	30	semis 4 semaines plus tard, Étrillage de pré-levée, 4x binages
V6(04)	„étrillages“	15	Étrillage de pré-levée, 3x étrillages de post-levée
V7(04) ¹	„trèfle blanc“	30	Étrillage de pré-levée, 2x binages, lors du 2ème binage semis sous couvert de trèfle blanc, 1000 gr./m ²
V8(04)	„cameline“	30	Étrillage de pré-levée, 1x étrillage de post-levée, puis semis sous couvert de cameline, 350 gr./m ²
2005			
V1(05)	„Standard“	30	2x binages
V2(05)	„Semis précoce“	30	Semis 2 ½ semaines plus tôt, 3x binages
V3(05)	„Intensif“	30	1x binage et étrillage, 1x binage
V4(05)	„étrillage“	15	1x étrillage de post-levée
V5(05)	„buttage“	50	1x binage, 1x Häufelkörper
V6(05) ²	„trèfle blanc“	50	„semis directt“ dans une culture de TB en cours de levée, 1x binage avec étoiles à doigts sans socs à pattes d'oies

Ecart : écartement entre rangs (cm)

¹ un troisième binage aurait été avantageux, mais ne pouvait plus être réalisée suite à la mise en place du trèfle blanc

² en raison d'un fort salissement, mulchage supplémentaire entre les rangs (suite au travail manuel seulement sur une. répétition sur 2.)

Conduite de culture

Préparation du semis : herse alternative; V5(04) ainsi que V1(05), V3(05), V4(05), V5(05) deux fois

Variété : Amiga (Florimond Desprez)

Inoculation avec *Rhizobium lupini* (Produit ‚HiStick‘)

Technique de semis : semis en lignes (semoir à expérimentation)

Densité de semis : 70 gr/m² pour toutes les variantes

Date de semis :

04.03.2004 (semis tardif : 01.04.2004)

04.04.2005 (semis précoce : 17.03.2005)

semis sous couvert :

cameline 2004 (lignée) : semis manuel à la volée immédiatement avant le passage de herse étrille, env. 6 semaines après le semis de lupin (16.04.2004)

trèfle blanc 2004 (variété Rivendel) : semis manuel à la volée immédiatement avant le second binage (10.05.2004)

trèfle blanc 2005 (variété Rivendel) : semis manuel à la volée 2 ½ semaines avant le semis de lupin (17.03.2005), roulage

fertilisation (uniquement en 2005 : 14.04.2005):

37,5 kg P₂O₅/ha (Physalg 25)

75 kg K₂O/ha; 25,5 kg S/ha (sulfate de potasse 50)

Protection phytosanitaire (uniquement en 2004) :

Traitement de semences contre l'antracnose (trempage dans un bain d'eau chaude : 30 min à 50°C., séchage : 24 heures avec de l'air à 30°C)

Répulsif contre les lièvres = Arbin (18.05. + 04.06.2004)

Destruction manuelle de *Cirsium arvense* sur 3./4. répétitions., afin d'éviter des ronds aléatoires (15.06.2004)

Irrigation : 16.07.2005 (20 mm)

Les dates des interventions sont détaillées en annexe.

Paramètres relevés

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été systématiquement relevées :

levée (BBCH 09)

couverture de l'inter-rang (BBCH dépendant de l'écartement entre rangs)

début floraison (BBCH 61)

fin floraison (BBCH 69)

début chute des feuilles (BBCH 91)

maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :

levée

à la fin de la période d'interventions de désherbage mécanique

Au début et à la fin floraison, les paramètres suivants ont été relevés :

hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)

couverture du sol par les plantes (pourcentage estimé à l'aide de cadres, impossible en 2005 à cause de l'irrégularité du semis)

couverture du sol par le sous semis (pourcentage estimé à l'aide de cadres)

En fonction des événements, les maladies, les ravageurs et la verse observée ont également fait l'objet de notations.

Salissement en mauvaises herbes

Les mauvaises herbes ont été dénombrées sur les surfaces de placettes repérées :

comptage des plantes à partir du stade 4 feuilles ou selon le cas 5 cm de haut

séparation selon les espèces

notation en juin et juillet

distinction de la localisation spatiale

adventices „dans le rang“: distance +/- 5 cm de la ligne de semis

adventices „dans l'interrang“: distance de la ligne de semis > 5 cm

biomasse des adventices à la récolte (s.u.)

Récolte

Finalement, la végétation présente dans les placettes mises en place pour dénombrer les adventices a été récoltée afin d'estimer les rapports entre matières sèches du grain de la culture, de la végétation de la culture (paille) et des mauvaises herbes.

Pour mesurer le rendement, on a récolté sur une largeur de 1,50 m (2004 : parcelle entière, 2005 : milieu de parcelle) le reste des parcelles. Les taux d'humidité et d'impuretés occasionnées par les mauvaises herbes ont été déterminées à partir d'échantillons pris sur les récoltes afin de rapporter le rendement aux normes standard.

3.4 Essais variétés

Le choix de variétés adaptées, tant à la production en mode biologique qu'aux conditions pédoclimatiques de la région du Rhin supérieur, est un facteur important pour l'atteinte de haut niveau de rendement et de régularité de production. Les tests variétaux suivants ont été réalisés dans le cadre d'essais de comparaison entre type hiver et printemps (Chap. 3.5).

3.4.1 Pois protéagineux

Essai F-Appenwihr 2002

Variétés comparées

Huit variétés ont été comparées : ALLIANCE, HARDY, JACKPOT, METAXA, NITOUCHE, POWER, SPONSOR, XSARA.

Localisation

L'essai a été mis en place sur une parcelle en agriculture biologique depuis 1974, appartenant à M. BOLCHERT à Appenwihr (68), dans la plaine du Rhin.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif en 4 blocs, avec des parcelles élémentaires de 3 x 10 = 30 m² chacune (plan en annexe). A côté de l'essai, une parcelle élémentaire a été ensemencée avec la variété BADMINTON, variété témoin en production conventionnelle.

Conduite de l'essai

Préparation du sol : Labour le 15/01/02, herse rotative le 15/03/02 puis en combiné avec le semoir fin mars.

Semis : Fin mars, avec un semoir à céréales, à 35 cm d'écartement et environ 80 graines/m².

Irrigation : les 19/06, 22/06 et 03/07, soit 85 mm au total.

Désherbage : Herse étrille le 28/04, herse étrille et binage le 08/05, binage le 17/05.

Mesures et observations

Des relevés concernant la densité, la compétitivité par les adventices et la question des maladies et ravageurs ont été réalisés en cours de culture, suivant le protocole recommandé par l'ITAB (ITAB, 2001) comme pour les essais variétaux 2003 (voir paragraphe ci-dessous). Une évaluation du rendement était aussi prévue. Mais l'essai a été détruit par les pucerons et non récolté.

Essais variétés pois de Appenwihr et Sausheim en 2003

Cet essai de différentes variétés de pois protéagineux de printemps vise à évaluer les variétés les plus adaptées aux conditions pédoclimatiques dans la région du Rhin Supérieur, et

plus particulièrement celles les plus compétitives en pur (pas de mélanges) par rapport aux adventices.

En effet les problèmes d'enherbement de cette culture limitent fortement son développement dans la région en agriculture biologique.

Les critères importants à prendre en compte en conduite AB sont ainsi (ITAB, 2001) :

- une forte capacité de couverture du sol,
- une hauteur du couvert élevée,
- une bonne capacité de ramification,
- une bonne tenue de tige,
- la tolérance aux maladies et ravageurs,
- éventuellement un faible PMG, pour diminuer le coût des semences, sachant qu'il faut semer dense en agriculture biologique pour favoriser la compétition envers les adventices.

Variétés comparées

11 variétés de pois protéagineux de printemps sont évaluées, à savoir : Abaque, Alliance, Attika, Cosmos, Dolmen, Hardy, Laser, Lumina, Metaxa, Nitouche et Rialto.

En France, les variétés Nitouche et Metaxa constituent les témoins dans les essais en agriculture biologique. Les autres variétés sembleraient intéressantes en bio et à tester d'après d'autres essais ou les données des obtenteurs.

2 variétés de pois de protéagineux ont été mises en place, comme bordure, sur les essais :

- Badminton, variété témoin du conventionnel,
- Bilbo, reçue sans commande.

Tab. 19: variétés de pois de printemps testées et origine, F-Appenwihr et Sausheim 2003

Variétés	Obtenteurs ou représentants
Abaque	GAE
Alliance	Laboulet
Attika	Nickerson
Cosmos	Sem-Partners
Dolmen	Agri-Obtentions
Hardy	Serasem
Laser	Lécureur
Lumina	Cebeco semences
Metaxa	Agri-Obtentions
Nitouche	Lemaire-Deffontaines
Rialto	Sem-Partners
Badminton	Florimond-Desprez
Bilbo	Lemaire-Deffontaines

Localisation de l'essai

Cette comparaison a été mise en place chez deux agriculteurs dans le Haut-Rhin, sur des parcelles conduites en agriculture biologique : à Sausheim (près de Mulhouse) et Appenwihr (près de Colmar)

Tab. 20: précipitations et irrigation dans les essais variétés pois, F-2004

Sites	Altitude	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet	
		(m)	P	I	P	I	P	I	P	I	P
Sausheim	248	0	0	13	0	17	0	34	0	21	0
Appenwihr	211	0	0	28	10	14	30	45	85	14	0

P = Précipitations (mm), I = Irrigation (mm)

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est conditionné par le matériel de récolte et la quantité de graines à disposition par variété.

A Sausheim, la récolte pouvant être réalisée avec une moissonneuse- batteuse d'expérimentation, l'essai est constitué de 3 blocs, soit 3 répétitions pour chaque variété. Au semis, chaque parcelle fait 3 m de large sur 12 m de long, soit 36 m² par variété et par répétition (Fig. n°1).

A Appenwihr, la récolte ne peut se faire qu'avec une moissonneuse – batteuse de type agriculteur. Une bande de 3 m de large par 42 m de long (soit 126 m²) a donc été mise en place pour chaque variété.

Sur les 2 sites et pour chaque variété, la densité de semis visée est de 90-100 gr/m².

Itinéraire technique :

il est fonction de l'agriculteur, mais il est identique pour chaque microparcelle.

Tab. 21: itinéraire technique dans les essais variétés pois, F-2004

	Sausheim	Appenwihr
Précédent	maïs ensilage + engrais vert (moutarde)	Blé + engrais vert (moutarde)
Préparation du sol	05/03/03	Labour le 27/01 + herse rotative le 01/03
Semis	13/03/03	18/03/03
Fertilisation	non	20 T/ha de fumier de bovin le 25/01
Irrigation	non	oui
Désherbage	non	Herse étrille le 10/05
Pulvérisation	non	Roténone les 31/05 et 02/06
Récolte	08/07/03	18/07/03

Mesures et observations

Elles suivent pour l'essentiel les recommandations de l'ITAB (ITAB, 2001).

Dates de réalisation des différents stades

Relevés de la date de levée et des stades 3-4 feuilles, 8-10 feuilles, début floraison, fin floraison, maturité/récolte

Remarque : « stade début floraison » signifie que 50 % des plantes ont au moins une fleur ouverte.

Remarque : le stade de la variété Badminton est pris comme repère pour déclencher la notation sur toutes les variétés de l'essai et les effectuer ainsi à la même date.

Production, composantes du rendement et qualité

Nombre de pieds/m² (=> taux de pertes)

Au stade 3-4 feuilles (après la levée), comptage du nombre de plantes présentes sur au moins 6 placettes de 0,25 m².

Si nécessaire, évaluation de la régularité à la levée par une note.

Rendement machine

Pesée du poids par parcelle récoltée ; évaluer si nécessaire les pertes à la récolte.

Mesure du taux d'humidité à la récolte (avec un humidomètre).

Calcul du rendement à 14 % d'humidité.

Teneur en eau, PMG, taux de protéines

Prélèvement d'un échantillon de 400 -500 g par parcelle élémentaire (ou par bande à la fin de la trémie).

Évaluation du PMG (aux normes à 14 % d'humidité)

Évaluation du taux de protéines par un laboratoire, puis calcul du rendement en protéines.

Compétitivité de la culture vis-à-vis des adventices

Vigueur de développement

Au stade 4-5 feuilles (ou au stade 3-4 feuilles si la parcelle est éloignée), par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= très faible développement
- 5= très fort développement.

Hauteur du couvert

A la fin floraison (quand la hauteur est maximale) et à la récolte : estimation de la hauteur moyenne du couvert (en ne considérant que la partie encore haute, si la parcelle a commencé à verser).

Capacité à couvrir le sol

Au stade 8-10 feuilles, avant début floraison, par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= très faible taux de couverture
- 5= très fort taux de couverture.

Salissement par les adventices

A début floraison et à la récolte, par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= pratiquement pas d'adventices

- 5= très nombreuses adventices.

Remarque : La notation de salissement au stade début floraison permet de repérer l'effet sur les adventices des différences variétales en terme de mise en place du couvert en début de cycle.

La notation à la récolte permet d'apprécier le salissement final, qui, à l'inverse de la première notation, traduit le comportement des variétés **en fin de cycle**. Une variété qui verse beaucoup en fin de cycle, favorise la croissance des mauvaises herbes. Ces dernières ne sont plus préjudiciables au rendement en fin de cycle, mais elles multiplient les risques pour la culture suivante en augmentant le stock d'adventices dans le sol.

Ravageurs et maladies

Remarque : pour les attaques de sitones et de pucerons, on ne s'attend pas à obtenir des différences entre variétés. Une notation sur des plantes réparties sur l'ensemble de l'essai est suffisante (autrement dit des notations par parcelle élémentaire ne sont pas nécessaires).

Sitones

Au stade 3-4 feuilles, notation de l'intensité des attaques sur une dizaine de plantes à l'aide de l'échelle de notations des dégâts (CANTOT, 1986) : le nombre d'encoches sur la deuxième feuille permet de mesurer l'effet des sitones à l'âge adulte.

Pucerons

A début floraison, placement d'un récipient blanc sous la végétation, secouer les feuilles ; comptage du nombre de pucerons y tombant. Cette mesure est répétée 5 fois par placette, s'il semble y avoir des différences entre les variétés.

Maladies

Surveillance de l'apparition de maladies (anthracnose, mildiou, rouille, etc.) lors de chaque visite. En cas d'attaque significative, identification de la (les) maladie(s) en cause et établissement d'un classement relatif des variétés sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= pas d'attaque

- 5= forte attaque de la maladie

Eventuellement pour l'anthracnose (mais méthode plus lourde)

Notation à la récolte de l'intensité d'attaques sur les gousses sur 20 tiges par variété (cf. échelle de notation).

En effet, cette maladie apparaît souvent tardivement, en fin de cycle. On peut s'attendre à des différences entre variétés, l'anthracnose étant une maladie qui se développe à partir du bas de la plante : généralement, les variétés hautes (gousses plus élevées) sont moins affectées.

Tenue de tige

Calcul du rapport entre la hauteur du couvert à la récolte et la hauteur maximale du couvert à floraison. Si nécessaire, notation de la verse en cours de végétation et à maturité.

Tab. 22 : Synthèse des observations réalisées suivant le stade de la culture, 2003

Stade	Compétitivité r/ adventices	Tenue de tige	Ravageurs, maladies	Production
3-4 feuilles	- Vigueur de développement (1 à 5)		Notation sitones + surveillance	- Nombre pieds/m ² (=> taux de pertes) - Régularité à la levée
8-10 feuilles (avant floraison)	- Capacité à couvrir le sol (1 à 5)		Surveillance	
Début floraison	- Salissement par les adventices (1 à 5)		Notations pucerons + surveillance	
Fin floraison	- Hauteur maximale du couvert	Notation de la verse	Surveillance	
Avant maturité	- Capacité de ramification		Surveillance	
A la récolte	- Salissement par adventices (1 à 5) - Hauteur du couvert	- Rapport hauteur couvert à la récolte/ hauteur à fin floraison - Notation de la verse	Notation anthracnose	- Rendement machine à 14 % d'humidité - PMG à 14 % d'humidité - Taux de protéines - Teneur en eau

Les relevés indiqués en italique seront réalisés s'ils s'avèrent nécessaires et envisageables.

Méthodes d'analyses

Les moyennes obtenues pour chaque variable seront comparées entre variétés à l'aide de l'analyse de la variance, puis du test de Newmann et Keuls (test de comparaison multiple de moyennes), à chaque fois que ce sera possible. Ces analyses sont réalisées à l'aide du logiciel Statbox.

3.4.2 Lupin blancs et bleus

Des essais variétés avec des types blancs et bleus ont été conduits dans les trois pays, car l'aptitude du site requise pour les espèces de lupins dans le Rhin supérieur est encore incertaine. En raison de leur forte sensibilité à l'anthracnose ainsi que de leur faible productivité et leur relative préférence pour les sols plutôt sableux (nord-est de l'Allemagne) les lupins jaunes n'ont été mis en place à titre de démonstration que dans un des essais en Suisse.

3.4.2.1 Essais de comparaison variétale en Suisse 2002 - 2004

Il n'existe pas en Suisse d'essais officiels pour les lupins. C'est pour cette raison que des essais en petites parcelles ont été réalisés durant les trois années du projet sur plusieurs sites avec différentes variétés de lupin blanc et bleu. Ainsi, il a été possible à la fin du travail de pouvoir conseiller les agriculteurs dans le choix de variétés adaptées aux conditions culturales suisses.

Dispositif expérimental

En lupin bleu, 15 variétés au total ont été testées et quatre encore non inscrites. En lupin blanc, trois variétés ont été testées (Tab. 23). Les variétés de lupin bleu et blanc comparées ont été systématiquement séparées dans les essais. Chaque groupe faisait l'objet d'une sous randomisation. En 2002, les variétés de lupin bleu ont été également séparées entre variétés mono-tiges et variétés ramifiées, afin de pouvoir récolter plus tôt les variétés mono-tiges en raison de leur plus forte précocité. Cette distinction a été abandonnée les années suivantes et les variétés de lupin bleu ont été toutes récoltées en même temps.

Tab. 23: variétés de Lupins blanc et bleu testées dans les essais 2002 à 2004

Variété	Type	Densité [gr/m ²]	Couleur de graine	Inscription liste, var. Land	Couleur fleurs	Année de tests CH
Lupin blanc (<i>Lupinus albus</i>)						
Amiga	ramifié	65	blanc	1985, F	blanc-bleu	02 / 03
Fortuna	ramifié	65	blanc	2001, D	blanc	02 / 03
Bardo	ramifié	65	blanc	1996, D	blanc	02
Lupin bleu à feuille étroite (<i>Lupinus angustifolius</i>)						
Apr 82	ramifié	100	brun	-	blanc	03
Aniska	ramifié	100	blanc	-	blanc	03
Arabella	ramifié	100	panaché	2002, D	blanc	02 / 03 / 04
Baron	ramifié	100	Brun clair	2003, D	violet- bleu	04
Bolivio	ramifié	100	panaché	1999, D	blanc-rose	02 / 03 / 04
Boltensia	ramifié	100	blanc	1999, D	blanc-rose	02 / 03 / 04
Bora	ramifié	100	blanc	2000, D	blanc-rose	02 / 03 / 04
Bordako	ramifié	100	blanc	1997, D	blanc	02 / 03
Boregine	ramifié	100	blanc	2003, D	blanc	03 / 04
Borlana	ramifié	100	blanc	2001, D	blanc-rose	02 / 03 / 04
Borlu	ramifié	100	brun clair	2002, D	violet- bleu	02 / 03 / 04
Idefix	ramifié	100	blanc	2004, D	blanc-rose	04
Rose	ramifié	100	blanc	-	blanc	04
Vitabor	ramifié	100	panaché	2004, D	bleu -violet	04
V6-1	ramifié	100	blanc	-	blanc	04
Boruta	monotige	130	panaché	2001, D	violet clair-rose	02 / 03 / 04
Borweta	monotige	140	blanc	1997, D	blanc	02 / 03
Sonet	monotige	120	brun foncé	1998, D	bleu	02 / 03 / 04
Prima	monotige	140	blanc	2001, DK	blanc	03 / 04

La comparaison des variétés s'est faite selon un essai bloc à quatre répétitions. Les parcelles élémentaires étaient de 10 m² (6.7×1.5 m). La surface récoltée par variété sur chaque site a donc atteint 40 m².

Chaque parcelle comprenait 7 rangées avec un écartement de 15 cm. En 2004, uniquement à Will, il a été semé 4 rangs à 30 cm d'écartement afin de contrôler les mauvaises herbes par binage.

La densité de semis était conforme aux recommandations de l'obtenteur en tenant compte du poids de mille grains et de la faculté germinative. La semence était traitée avec la spécialité Rovral sauf le site AB à Wil où les semences étaient non traitées. .

Les semences ont été inoculées avant le semis par mélange à sec avec *Bradyrhizobium lupini*.

La lutte contre les mauvaises herbes a été faite avec le produit Stomp SC [400 g/l pendimethaline] à la dose de 4 l/ha. En règle générale, les mauvaises herbes les plus développées ont été arrachées à la main juste avant la récolte. La pression en adventices n'a posé de problèmes dans aucun site. Les espèces suivantes n'ont pas été bien maîtrisées : (énumération sans classement) : amarante (*Amaranthus retroflexus*), chénopode (*Chenopodium album*), rumex à feuilles obtues (*Polygonum lapathifolium*), renouée persicaire (*Polygonum persicaria*), renouée liseron (*Polygonum convolvulus*), gaillet gratteron (*Galium aparine*), arroche étalée (*Atriplex patula*) et liseron des champs (*Convolvulus arvensis*).

Conduite des essais

Le Tab. rassemble les dates de semis et de récolte des lupins bleus et des lupins blancs sur les différents sites.

Tab. 24: dates de semis et de récolte des essais variétés lupin bleu (LUB) et lupin blanc (LUB) lors des essais 2002 à 2004

Année	Lieu	Semis	Récolte LUB	Récolte LUB
2002	Möhlin	8 avril	31. juin (variétés monotiges) / 16. août (variétés ramifiées)	18 septembre
2002	Thun	4 avril	14 août	-
2002	Wil (Bio)	4 avril	31. juillet (monotige) / 14. août (ram.)	23 août
2002	Changins	4 avril	14 août	14 août
2003	Möhlin	17 mars	29. Juli	29 juillet
2004	Möhlin	30 mars	18 août	-
2004	Wil (Bio)	31 mars	18 août	-

Notations et mesures

La densité a été mesurée au stade 4 feuilles. En 2002, les plantes ont été comptées sur trois placettes de un mètre séparées dans chaque parcelle. A Changins, les densités n'ont pas été dénombrées. En 2003, les comptages ont été fait sur 3 placettes de 2 m par parcelle , en 2004 sur 2 placettes de 2 m.

La verse des lupins a été notée selon les situations. Une notation a été faite toujours quelques jours avant la récolte. La verse a été notée de 1 à 9, avec 1 = pas de verse, 9 = plantes plaquées au sol .

D'autres dégâts tels que par exemple les dégâts de gibier ont été notés selon les cas. Des maladies n'ont été notées qu'en 2002 pour les lupins car dans les autres essais aucune maladie n'a été constatée.

La récolte a été soigneusement séchée, nettoyée et pesée à la FAL. L'humidité du grain a été déterminée à la récolte et après le séchage. Le rendement en grains a été rapporté à une teneur en humidité de 13%. Le PMG a été mesuré et la teneur en protéines brute déterminée selon la méthode d'incinération Dumas.

3.4.2.2 D-Buggingen, 2003

Dans cet essai à double facteurs, il a été testé les variétés de lupin blanc (*Lupinus albus*), de lupin bleu (*Lupinus angustifolius*) ainsi que des associations des deux espèces ainsi que deux objets dont les semences n'avaient pas été traitées chimiquement contre l'antracnose. Par la suite, seuls les essais variétés sont présentés alors que le facteur traitement de semences est présenté en détail au chapitre 3.6.2.2.

Dispositifs expérimentaux

L'essai a été réalisé sur une parcelle d'agriculteur dans la région du projet à Buggingen (Tab. 4). Le Tab. 25 présente les variétés testées avec les densités correspondantes ainsi que les obtenteurs et les années d'inscription. Les mélanges So 13 et So 14 ont été testés avec 50 % de la densité de semis.

Tab. 25: variétés, densités et Obtenteurs pour les essais variétés de lupin (D-Buggingen, 2003)

Type de végétation, densité de semis	variété	Obtenteur, Inscription
So 1	<u>Lupin bleu</u>	Bolivio
So 2	Variétés ramifiées	Bordako
So 3	100 gr/m ²	Borlu
So 4	<u>Lupin bleu</u>	Boruta
So 5	Variétés monotiges	Borweta
So 6	130 gr/m ²	Sonet
So 7		Amiga
So 8	<u>Lupin blanc</u>	Arès
So 9		Fortuna
So 10	70 gr/m ²	Lublanc
So 11		Rondo
So 12		Fabiola
So 13	<u>Associations</u>	Fortuna + Bolivio
So 14	35 + 50 / 65 gr/m ²	Amiga + Boruta

L'essai a été réalisée avec un dispositif blocs à trois répétitions, avec séparation à l'intérieur du bloc des variétés de lupin blanc et de lupin bleu (y inclus les mélanges) qui ont été rassemblées en deux sous parties randomisées. Comme 3 variantes de traitement des semences ont été réalisées (2 méthodes + témoin non traité), il y avait pour chaque variété un total de 9 parcelles.

La taille des parcelles individuelles était de 3,00 m (double largeur du semoir) x 3,33 m = 10,00 m².

Conduite de l'essai

A cause d'une des méthodes de traitement de semences et des tests de germination achevés seulement après le semis, les densités atteintes ont varié pour partie de celles ciblées, ce qui a été pris en compte dans l'exploitation des résultats.

Préparation du lit de semences : passage de herse au printemps et juste avant semis

Inoculation des semences : préparation "HiStick"

Semis : 27.03.2003, écartement 15 cm, profondeur de semis env. 5 cm

Désherbage :

- Étrillage de pré-levée (01.04.2003)
- Étrillage de post-levée (02.05. et 07.05.2003)
- Intervention manuelle (entre autres *Chenopodium album* et *Cirsium arvense*, 02.06.2003, seulement sur une répétition suite au travail considérable)

Irrigation g: 04.06. (30 mm), 11.06. (40 mm), 25.06. (40 mm)

Mesures et observations

Développement de la culture

La densité (plantes/m²) a été mesurée à différentes époques :

À la levée (comptage)

À la floraison (comptage)

À la récolte (à partir d'échantillons sur un cadre de 1 m²)

Plusieurs caractères ont été relevés durant la floraison :

Hauteur de végétation (distance sol → feuille du haut)

Couverture du sol par les plantes (pourcentage avec le cadre estimatif „Göttinger Schätzrahmen“)

Salissement en m.h. (1 = pas sale, 5 = m.h. dominantes), détermination des adventices principales

verse (si présente)

Récolte

Les rendements en grains et en paille ainsi que les composantes de rendement (gousses/plante, grains/gousse, PMG), les teneurs en protéines des graines et la teneur en N des pailles ont été déterminés à partir de coupes de placettes (cadre de 1 m²)

Le reste des parcelles a été récolté avec la moissonneuse et les rendements parcellaires mesurés en tenant compte des humidités et des puretés déterminés à l'aide d'échantillons. En raison d'anomalies de mesures, les valeurs pour le lupin bleu ont été abandonnées si bien que l'estimation du rendement a été fait à partir des coupes de placettes.

3.4.2.3 F-Sausheim et F-Herbsheim, 2003

Cet essai de différentes variétés de lupin de printemps vise à évaluer les variétés les plus adaptées à l'agriculture biologique et aux conditions pédoclimatiques de la région du Rhin Supérieur, en particulier aux sols avec un pH supérieur à 7 et éventuellement avec du calcaire actif.

Les critères importants à prendre en compte en agriculture biologique sont (ITAB, 2001) :

- une forte capacité de couverture du sol,
- une hauteur du couvert élevée,
- une bonne capacité de ramification,
- une bonne tenue de tige,
- la tolérance aux maladies et ravageurs,
- éventuellement un faible PMG, pour diminuer le coût des semences, sachant qu'il faut semer dense en agriculture biologique.

Variétés testées

Dans les parcelles d'essais en place chez des agriculteurs bio., 8 variétés de lupin de printemps sont comparées, à savoir :

- 4 variétés de lupin blanc : Lublanc, Arès, Amiga et Rondo,
- 4 variétés de lupin bleu : Bolivio, Borlu, Sonet et Boruta (avec Boltensia en plus sur un des sites).

La densité de semis est fonction du type de lupin et de la variété et correspond à celle conseillée par l'obtenteur ou, le cas échéant, celle mise en place par l'institut suisse, FAL, en considérant 90 % de graines germantes.

Tab. 26 : Variantes de lupins testées, F-Sausheim et F-Herbsheim 2003

Variétés	Type	Obtenteur	PMG (g)	F.G. (%)	Pureté (%)	Densité de semis conseillée (gr/m ²)
Bolivio	Bleu ramifié	Saatzucht Steinach	154	75	99	100
Borlu			179	94	99	100
Boltensia			158	88	99	100
Boruta	Bleu		143	90	99	130
Sonet	monotige	Kruse Zaatzucht	159	86		140
Amiga	Blanc	Florimond-Desprez	307	92		65
Arès		C.A.N.A.	329			65
Lublanc		INRA Agri-Obtentions	300			65
Rondo		Secobra	330			65

F.G. = Faculté Germinative

Remarque : la F.G. du lot de semences obtenu pour la variété Bolivio est faible.

Conduite des essais

Cet essai a été mis en place chez deux agriculteurs, sur des parcelles en agriculture biologique :

- à Sausheim (près de Mulhouse), dans le Haut-Rhin
- à Herbsheim (près de Benfeld), dans le Bas-Rhin.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est conditionné par le matériel de récolte et la quantité de graines à disposition par variété.

A Sausheim, la récolte est réalisée avec une moissonneuse- batteuse d'expérimentation. Les types bleus et blancs ayant des précocités différentes, l'essai est plus exactement conduit comme 2 essais juxtaposés et les variétés de chaque type sont cultivées en 3 blocs, soit 3 répétitions pour chaque variété. Au semis, chaque microparcelle fait 3 m de large sur 12 m de long, soit 36 m² par variété et par répétition.

Sur ce site, sont ainsi comparées 4 variétés de lupin bleu d'une part et 4 variétés de lupin blanc d'autre part.

A Herbsheim, la récolte ne peut pas être réalisé avec une moissonneuse-batteuse d'expérimentation. Une bande de 3 m sur 50 m de long (soit 150 m²) a donc été mise en place pour chaque variété, les lupins étant regroupés par type (bleu ou blanc) pour faciliter le semis et permettre la récolte par une moissonneuse-batteuse de type agriculteur à 2 dates différentes (une pour les lupins bleus, une pour les lupins blancs).

Sur ce site, 5 variétés de lupin bleu d'une part et 4 variétés de lupin blanc d'autre part sont évaluées.

Données climatiques

Tab. 27 : Pluviométrie et irrigation pendant la campagne, en mm

Sites	Altitude (m)	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet	
		P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
Sausheim	248	0	0	13	0	17	0	34	0	21	0
Herbsheim	150	0	0	19	30	96	0	78	0	68	

P = Précipitations (mm), I = Irrigation (mm) (d'après les relevés des agriculteurs)

12/06/03 : de gros grêlons sont tombées à Herbsheim

Première quinzaine d'août 2003 : chaleur exceptionnelle

Ces relevés montrent que l'alimentation hydrique a été plus importante à Herbsheim qu'à Sausheim, en raison de l'irrigation en avril et les précipitations en mai, juin et juillet.

Itinéraire technique :

Il est fonction de l'agriculteur, mais il est identique pour chaque microparcelle.

Tab. 28 : itinéraire technique dans les essais variétés de lupin, F-2004

	Sausheim	Herbsheim
Préparation du sol	05/03/03	labour le 15/02, puis vibroculteur le 10/03
Semis	14/03/03	22/03/03
Fertilisation	non	20 T/ha de compost en janvier
Irrigation	non	oui
Désherbage	non	herse étrille le 02/05
Récolte	lupin bleu : 08/07/03	lupin bleu : 01/08/03 lupin blanc : 11/08/03

Mesures et observations

Elles sont à peu près semblables à celles effectuées sur les essais variétaux de pois de printemps et elles suivent pour l'essentiel les recommandations de l'ITAB (ITAB, 2001).

Dates de réalisation des différents stades

Relevés de la date de levée et des stades 3-4 feuilles, 8-10 feuilles, début floraison, fin floraison, maturité/récolte

Remarque : « stade début floraison » signifie que 50 % des plantes ont au moins une fleur ouverte.

Remarque : le stade de la variété Badminton est pris comme repère pour déclencher la notation sur toutes les variétés de l'essai et les effectuer ainsi à la même date.

Production, composantes du rendement et qualité

- Nombre de pieds/m² (=> taux de pertes)

Au stade 3-4 feuilles (après la levée), comptage du nombre de plantes présentes sur 6 placettes (à Sausheim) ou 10 placettes (à Herbsheim) de 0,25 m² chacune.

*Si nécessaire, évaluation de la **régularité à la levée** par une note.*

- Rendement et taux d'humidité

Dans le cas d'une récolte machine, pesée du poids par parcelle récoltée; évaluation si nécessaire des pertes à la récolte.

Dans le cas d'une récolte manuelle, récolte de 3 à 4 placettes de 1 m² chacune, puis pesée.

Mesure du taux d'humidité à la récolte (après pesée d'un échantillon avant et après son passage à l'étuve).

Calcul du rendement à 14 % d'humidité.

- PMG, taux de protéines

Prélèvement d'un échantillon moyen de 400 -500 g par variété.

Comptage du PMG (aux normes à 14 % d'humidité).

Évaluation du taux de protéines par un laboratoire, puis calcul du rendement en protéines.

Compétitivité de la culture vis-à-vis des adventices

- Vigueur de développement

Au stade 4-5 feuilles (ou au stade 3-4 f. si la parcelle est éloignée), par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= très faible développement

- 5= très fort développement.

- Hauteur du couvert

A la fin floraison (quand la hauteur est maximale) et à la récolte : estimation de la hauteur moyenne du couvert (en ne considérant que la partie encore haute, si la parcelle a commencé à verser).

Si nécessaire, notation de la verse en cours de végétation et à maturité.

- Capacité à couvrir le sol

Au stade 8-10 feuilles, avant début floraison, par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= très faible taux de couverture

- 5= très fort taux de couverture.

- Salissement par les adventices

A début floraison et à la récolte, par appréciation visuelle, établissement d'un classement relatif des variétés entre elles, sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= pratiquement pas d'adventices
- 5= très nombreuses adventices.

Remarque : La notation de salissement au stade début floraison permet de repérer l'effet sur les adventices des différences observées entre variétés en terme de mise en place du couvert en début de cycle.

La notation à la récolte permet d'apprécier le salissement final, qui, à l'inverse de la première notation, traduit le comportement des variétés **en fin de cycle**. Une variété qui verse beaucoup en fin de cycle, favorise la croissance des mauvaises herbes. Ces dernières ne sont plus préjudiciables au rendement en fin de cycle, mais elles multiplient les risques pour la culture suivante en augmentant le stock d'adventices dans le sol.

Ravageurs et maladies

Surveillance des ravageurs et de l'apparition de maladies (anthracnose, mildiou, rouille, etc...) lors de chaque visite. En cas d'attaque significative, identification du ravageur ou de la (les) maladie(s) en cause et établissement d'un classement relatif des variétés sur une échelle de 1 à 5 :

- 1= pas d'attaque
- 5= forte attaque de la maladie

Tab 29 : Synthèse des observations réalisées suivant le stade de la culture

Stade	Compétitivité r/ adventices	Tenue de tige	Ravageurs, maladies	Production
3-4 feuilles	- Vigueur de développement (1 à 5)		<i>Notation sitones</i> + <i>surveillance</i>	- Nb. pieds/m ² (=> taux de pertes) - <i>Régularité à la levée</i>
8-10 feuilles (avant floraison)	- Capacité à couvrir le sol (1 à 5)		Surveillance	
Début floraison	- Salissement par les adventices (1 à 5)		Notations pucerons + surveillance	
Fin floraison	- Hauteur maximale du couvert	<i>Notation de la verse</i>	Surveillance	
A la récolte	- Salissement par adventices (1 à 5) - Hauteur du couvert	<i>Notation de la verse</i>	<i>Notation anthracnose</i>	- Rendement machine à 14 % H ₂ O - PMG à 14 % H ₂ O - Taux de protéines - Teneur en eau

Les relevés indiqués en italique seront réalisés s'ils s'avèrent nécessaires et envisageables

Méthodes d'analyse

Les moyennes obtenues pour chaque variable sont comparées entre variétés à l'aide de l'analyse de la variance, pour identifier les différences significatives entre variétés. Puis, s'il y

a des différences significatives au risque d'erreur de 5 %, le test de Newmann et Keuls (test de comparaison multiple de moyennes) est effectué. Ces analyses sont réalisées à l'aide du logiciel Statbox.

3.4.3 Essais de comportement

3.4.3.1 Pois chiche (D-Heitersheim, 2004/05)

Après l'extrême sécheresse de l'été 2003, il a été décidé de tester l'intérêt de la culture de pois chiche dans le Rhin supérieur en 2004 et 2005. Cette culture pourrait en raison de son utilisation en alimentation animale procurer de bonnes marges malgré sa productivité moindre en comparaison des autres protéagineux, et s'avérer intéressante en particulier dans les sites aux sols sableux et non irrigables.

Dispositif expérimental

Les pois chiche ont été installées dans une parcelle d'agriculteur à Heitersheim (Tab 4). En raison de la difficulté à se procurer des semences, des graines produites en mode biologique et vouées à la consommation ont été récupérées chez différents producteurs (graines fermières pour rapunzel). La dimension des parcelles d'essais était de 10,00 m x 1,50 m.

2004 : quatre parcelles 'Rapunzel', pas de facteurs de variation

2005 : Rapunzel et Davert Mühle pour un „essai variétés " avec 3 répétitions (9 parcelles, pas de bordure)

Conduite culturale

Inoculation

2004 : par défaut de produit d'inoculation pour pois chiche, essai d'un mélange d'inoculant pour lupin et soja

2005 : Rhizobione spécifique pour pois chiche; humide (bouillie sur les graines) et sèche (complément dans la trémie du semoir)

Semis : 27.04.2004 et 12.05.2005

Préparation du semis avec herse (2004) ou herse Kreiselegge (2005)

Écartement : 30 cm

Densité de semis : 45 graines/m² (faculté germinative inconnue)

Désherbage mécanique

2004 : herse étrille, 3 x binages

2005 : 1x binage

Exploitation

En plus du comptage des levées, le développement de la végétation a fait l'objet d'observations (croissance, couverture du rang, mise en place de nodules sur les racines, période de floraison, maladies). Les rendements ont été estimés en 2005 à l'aide de récolte de placettes.

3.4.3.2 Lupin jaune (Suisse, 2003/04)

En dehors des lupins blanc et bleu, le lupin jaune (*Lupinus luteus*) est aussi intéressant. Il possède une teneur en protéines plus élevée que les deux autres espèces et fait également l'objet d'un travail de sélection. Le lupin jaune ne faisait pas partie des espèces étudiées dans le cadre du projet mais nous l'avons cependant semé en 2003 et 2004 sur de petites surfaces.

En 2003, une parcelle a été semée dans la même parcelle que l'essai de lutte contre l'antracnose avec la variété Borsaja.

En 2004, une nouvelle lignée de provenance danoise⁴ portant le nom provisoire LWA1 a été intégrée à l'essai variétal de lupin bleu.

En 2003, il n'a été réalisé aucune notation ou observation. En 2004, les observations et notations faites ont été les mêmes que celles prévues dans le cadre de l'essai variétés. (cf. Chapitre 3.4.2.1)

3.5 Essais avec des types hiver et printemps de protéagineux

Les types hiver de lupin blanc, féverole et pois protéagineux, permettent une meilleure valorisation de la ressource en eau accumulée en hiver dans les sols ainsi qu'une durée de végétation plus longue. Il est alors possible d'atteindre des rendements plus élevés et plus réguliers qu'avec les types printemps – car la période de floraison sensible au déficit hydrique peut se dérouler avant l'installation de la sécheresse estivale. Un autre avantage, spécialement intéressant pour la région du Rhin supérieur où dominant les cultures de printemps, est le développement de la végétation de la culture avant celui des mauvaises herbes estivales.

Les avantages cités des types hiver ont été testés dans des comparaisons directes avec des types printemps. Il a également été étudié les résistances au froid de différentes variétés, les sensibilités aux maladies et ravageurs ainsi que les stratégies de production pour le Rhin supérieur.

3.5.1 Féverole d'hiver

3.5.1.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

La première année, il a été étudié l'influence de la date de semis sur le développement avant l'hiver, la résistance aux conditions hivernales et la productivité d'une variété hiver en comparaison du rendement d'une variété de printemps semée à deux dates différentes. En seconde année, l'essai a été reconduit mais avec cette fois trois variétés de type hiver.

⁴ Bjarne Jørnsgård, The Royal Veterinary and Agricultural University, Plant Breeding and Crop Science, Agrovej 10, bygn. 8-66, DK-2630 Taastrup

Dispositif expérimental

Les dispositifs étaient du type blocs à deux types de facteurs avec 4 à 8 variantes et trois répétitions. Les féveroles d'hiver ont été semées à deux dates différentes à l'automne. En comparaison, une variété de printemps déjà éprouvée a été semée à deux dates au printemps (Tab.). Toutes les variantes ont été randomisées aléatoirement. La taille des parcelles expérimentales était de 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 30: Variantes dans les essais de féverole d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05)

Date de semis		variété	Obtenteur / représentant
2003/04	2004/05		
14. Oct.	14. Oct.	Karl	GAE Recherche
12. Nov.	16. Nov.	Diva ¹	Agri Obtentions
		Olan ¹	Semagra
04. Mars	17. Mars	Aurelia	Saatzucht Gleisdorf
01. Avril	04. Avril		

¹ seulement dans l'essai 2004/05

Les essais ont été réalisés chaque année sur des parcelles d'agriculteurs à Heitersheim (Tab. 4). Une analyse de sol faite après la récolte de 2004 sur la surface d'essai a montré une teneur en K₂O plus faible que celle de la moyenne de la parcelle (5 mg/100 g, sol classe A).

Conduite culturale

Préparation du semis : sur toute la surface lors du premier semis avec une herse alternative, puis pour les parcelles concernées avec une herse rotative jumelée avec une kroskillette (printemps 2004)

Semis : écartement 50 cm, densité 30 gr./m² (type hiver) à 40 gr./m² (type printemps)

Désherbage : pour les deux années d'essais interventions uniquement à la sortie de l'hiver en raisons d'une humidité excessive du sol au préalable

2003/04 : type hiver 1 x étrille, 3 x binages – type printemps 1 x étrille en pré-levée, 1 x étrillage en post-levée, 2 x binages

2004/05 : type hiver seulement 1 x binage possible – type printemps 2 x binages, premier passage pour le semis tardif avec une herse étrille en plus

Fertilisation (seulement 2^{ème} année d'essai):

14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha als weicherdiges Rohphosphat (Gafsa 27)

25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (als Patentkali)

Irrigation : 16.07.2005 (20 mm)

Paramètres relevés

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été systématiquement relevées :

levée (BBCH 09)
couverture de l'inter-rang
début floraison (BBCH 61)
fin floraison (BBCH 69)
maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (Plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :

levée (nov. – avril ; selon la date de semis)
à la fin de l'hiver voire au début du printemps (mars-avril)

Avant et après l'hiver, il a été noté également

stade de la culture (déc.)
développement végétatif (à la reprise de la végétation en avril : 1 = fort développement, 9 = faible développement)

Au début et à la fin floraison, les paramètres suivants ont été relevés :

hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)
verse (note 1 = aucune verse, 9 = verse totale ; note supplémentaire à la récolte)
couverture du sol par les plantes en %
couverture du sol par les mauvaises herbes en %

Formation du rendement

A la récolte, les placettes établies pour le comptages de levée et autres suivis ont été coupées afin de déterminer les composantes du rendement (densité de tiges, nombre de gousses, nombre de grains, PMG) ainsi que les matières sèches du grain et de la végétation.

Le reste des parcelles a été récolté avec la moissonneuse batteuses. A l'aide de prise d'échantillons, la teneur en eau et la charge en impuretés de la récolte ont été déterminées et le rendement calculé aux normes de 14% d'humidité du grain.

A l'aide des prélèvements faits sur les placettes, les teneurs en N du grain et de la végétation ont été analysées afin de calculer les teneurs brutes en protéines, le ratio en N entre grains et paille, ainsi que la quantité d'azote présente dans la partie aérienne des plantes.

3.5.1.2 Choix variétal (F-Sausheim et Elsenheim, 2004/05)

Essais Sausheim et Elsenheim 2004

Variétés comparées

Pour comparer l'adaptation des types hiver à ceux de printemps pour la féverole, les 2 variétés dites les plus résistantes au froid (KARL et DIVA) ont été mises en place ainsi que 2 variétés de printemps, l'une autrichienne qui serait bien résistante à la sécheresse (AURELIA) et l'autre appréciée par les agriculteurs alsaciens (DIVINE).

Localisation

Cet essai comparatif a été mis en place chez 2 agriculteurs bio :

- à Elsenheim (67), chez M. STEGLE,
- à Sausheim (68), chez M. TRITSCH.

L'objectif est d'obtenir ainsi des résultats plus représentatifs, prenant en compte la variabilité des conditions de production, car celles-ci peuvent être très influentes en agriculture biologique (telles le sol, la conduite culturale de l'agriculteur, la population d'adventices, la pression parasitaire).

Dispositif expérimental

Chaque essai a été conduit selon un dispositif en 3 blocs, pour tenir compte du risque d'hétérogénéité sur le terrain. Cependant, comme les types hiver et printemps ont a priori des dates de maturité – donc de récolte - différentes, chaque essai a été divisé en 2 essais juxtaposés, un pour chaque type (hiver ou printemps), chacun étant cultivé en 3 blocs (plan en annexe). Il y a ainsi 3 répétitions par variété.

L'ensemble des interventions culturales étant réalisées avec le matériel de l'agriculteur (y compris la récolte), chaque parcelle élémentaire a une assez grande surface : 5,5 x 38 = 209 m² à Elsenheim et minimum 6 x 35 = 210 m² à Sausheim.

Conduite de l'essai

Les interventions culturales ont été réalisées par l'agriculteur et adaptées suivant le type hiver ou printemps. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Tab. 31: Itinéraires techniques pour les différents types sur les essais Elsenheim et Sausheim 2004

	Elsenheim		Sausheim	
	Fév. H	Fév. P	Fév. H	Fév. P
Préparation du sol	Chisel+labour+ rotoherse	Chisel+labour+ reprise avec vibroculteur	Disques (sept)+ vibroculteur (nov)	Disques+ vibroculteur (mars)
Semoir	Semoir à céréales (à ergots et à socs)		Semoir à céréales de type semis direct (à ergots et à disques)	
Interrang	17 cm		17 cm	
Date de semis	31/10/03	18/03/04	07/11/03	18/03/04
Densité de semis	35 gr/m ²	60 gr/m ²	35 gr/m ²	60 gr/m ²
Fertilisation	Aucune		Aucune	
Irrigation	12/05/04, 25 mm		Aucune	
Herse étrille	28/03/04	24/04/04	31/03/04	28/04/04
Contre les pucerons	Rien	Rien	Rien	Roténone le 16/06/04
Récolte	10/08/04	03/09/04	30/07/04	Non récoltées

Légende : Fév. = Féverole, H = Hiver, P = Printemps

En raison de l'été pluvieux, les récoltes ont été retardées, particulièrement celle de la féverole de printemps à Elsenheim qui n'a pu être réalisée que début septembre.

Mesures et observations

A la levée, sur chaque site et dans chaque parcelle élémentaire, 6 placettes de 1 m² chacune ont été délimitées. Puis, en cours de culture, des relevés (concernant la compétitivité par les adventices, les maladies et ravageurs ainsi que différentes composantes du rendement) ont été effectués sur chacune de ces placettes. Le rendement a été obtenu via la récolte de chaque parcelle élémentaire, variété par variété⁵, avec une machine de type agriculteur.

Les paramètres relevés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tab. 32 : Notations aux différents stades de la féverole, Elsenheim et Sausheim 2004

Stade	Compétitivité r/ adventices	Ravageurs, maladies	Production
Levée (et sortie hiver ⁶)			- Densité (pl/m ²) => taux de pertes
4-5 feuilles (un mois après la fin de l'hiver)	- Vigueur de développement*	Surveillance (<i>Notation sitones</i>)	
8-10 feuilles (avant floraison)	- Capacité à couvrir le sol (% couverture)	Surveillance	
Début floraison	- Hauteur du couvert - Salissement par les adventices (% couverture du sol)	Notations pucerons + surveillance	
Fin floraison	- Hauteur maximale du couvert	Surveillance	
Avant maturité		Surveillance	- Nombre de tiges fructifères/pied - Nombre de gousses/pied => Nombre moyen de gousses /tige fructifère
A la récolte	- Salissement par les adventices (% couverture) - Hauteur du couvert (=> tenue de tige)	Surveillance	- Rendement machine à 14 % d'humidité - PMG à 14 % d'humidité - Taux de protéines - Teneur en eau - % Impuretés

- * Note de 1 à 9 : avec 1 = très bon (objectif de l'agriculteur) et 9 = très mauvais

- les relevés indiqués en italique sont réalisés seulement s'ils s'avèrent nécessaires.

⁵ Les 3 blocs pour une même variété ont été récoltés successivement pour que la pureté variétale soit la meilleure possible sur l'échantillon du dernier bloc, sur lequel a été réalisée ensuite, par un laboratoire, l'analyse du taux de protéines.

⁶ Pour les variétés d'hiver

Les dates de réalisation des principaux stades ont aussi été relevées (levée, début et fin floraison, maturité).

Essai Elsenheim 2005

Variétés comparées

Les mêmes variétés qu'en 2004 ont été mises en place sur l'essai : DIVA et KARL en variétés d'hiver, AURELIA et DIVINE en variétés de printemps. A côté de l'essai, la nouvelle variété DISCO, marque FEVITA (faible teneur en tanins et vicine-convicine), a été semée pour observer son comportement.

Localisation

Cet essai comparatif a été mis en place chez M. STEGLE, à Elsenheim (67) comme en 2004, mais sur une parcelle beaucoup plus caillouteuse et au sol à faible réserve en eau.

Dispositif expérimental

Comme en 2004, cet essai a été mené selon un dispositif en 3 blocs, en regroupant les variétés d'hiver d'un côté et celles de printemps de l'autre (plan en annexe). Chaque parcelle élémentaire a une assez grande surface : $6,5 \times 50 = 325 \text{ m}^2$.

Conduite de l'essai

Les interventions culturales ont été réalisées par l'agriculteur et adaptées suivant le type hiver ou printemps. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Tab. 33 : Interventions culturales réalisées suivant le type de féverole, F-Elsenheim 2005

	Hiver	Printemps
Précédent	Blé	Blé
Préparation du sol	Chisel+charrue + herse+ rotoherse	Chisel+ charrue + reprise avec vibroculteur +rouleau (avant et après semis)
Semoir	Semoir à céréales (à ergots et à socs)	
Interrang	17 cm	
Date de semis	13/11/04	18/03/05
Densité de semis	40 gr/m ²	60 gr/m ²
Fertilisation	Aucune	
Irrigation	03/06/05 & 23/06/06 (50 mm au total)	1, 18 & 23/06/05 (75 mm au total)
Herse étrille	Fin mars et 14/04/05	06/04 et 14/04/05
Récolte	05/08/05	05/08/05

Remarque : Le semis des féveroles d'hiver a été réalisé dans de très mauvaises conditions (sol assez collant), la dose de semis a donc été augmentée.

Mesures et observations

Le même protocole qu'en 2004 a été suivi pour la détermination des placettes et les notations. Seuls les comptages du nombre de tiges fructifères par pied et du nombre de gousses par pied n'ont pas été réalisés.

3.5.2 Pois d'hiver

3.5.2.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

L'effet du choix variétal et de la date de semis a été étudiée lors de deux années d'essais sur le développement avant l'hiver, la résistance aux conditions hivernales et la productivité d'une variété hiver en comparaison du rendement d'une variété de printemps semée à deux dates différentes.

Dispositif expérimental

Les dispositifs étaient du type blocs à deux facteurs de variations avec 8 variantes et trois répétitions. Trois variétés de pois d'hiver ont été semées à deux dates différentes à l'automne. En comparaison, une variété de printemps déjà éprouvée a été semée à deux dates au printemps (Tab.). Toutes les variantes ont été randomisées aléatoirement. La taille des parcelles expérimentales était de 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 34 : Variantes dans les essais pois d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05)

Date de semis		variété	Obtenteur/ représentant
2003/04	2004/05		
14. Oct.	14. Oct.	Iceberg	Danisco
12. Nov.	16. Nov.	Cheyenne	GAE Recherche
		Lucy	GAE Recherche
04. Mars	17. Mars	Hardy	Norddt. Pflanzenzucht
01. Avril	04. Avril		

Les essais ont été réalisés chaque année dans une parcelle d'agriculteur à Heitersheim (Tab 4). Une analyse de sols faite après la récolte de 2004 sur la surface d'essai a montré une teneur en P₂O₅ plus faible que celle de la moyenne de la parcelle (5 mg/100 g sol classe. A) et en K₂O (8 mg/100 g sol classe. B).

Conduite culturale

Préparation du semis : sur toute la surface lors du premier semis avec une herse alternative puis pour les parcelles concernées avec une herse rotative jumelée avec une kroskilette

Semis : écartement 30 cm, densité 90 gr./m²

Désherbage : pour les deux années d'essais interventions uniquement à la sortie de l'hiver en raisons d'une humidité excessive du sol au préalable

2003/04 : 1 x étrille, 1 x binage – type printemps 1 x étrille en pré-levée, et pour le semis tardif un deuxième binage supplémentaire

2004/05 : seulement 1 x binage possible – type printemps : un passage de herse étrille en plus pour le semis tardif ; arrachage de chardons dans une répétition sur 2

Fertilisation (seulement 2 ème année d'essai):

14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha als weicherdiges Rohphosphat (Gafsa 27)

25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (als Patentkali)

Protection phytosanitaire (seulement en 2004) : application de Herba Vetyl le 10.06.2004 contre les pucerons (matière active : pyrèthre, quantité env. 935 ml m.a. / ha)

Paramètres relevés

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été relevées :

levée (BBCH 09)

couverture de l'inter-rang

début floraison (BBCH 61)

fin floraison (BBCH 69)

maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (Plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :

levée (nov. – avril ; selon la date de semis)

entrée d'hiver (nov.-dec. selon les levées)

à la fin de l'hiver voire au début du printemps (mars-avril)

Avant et après l'hiver, il a été noté également

- stade de la culture au repos végétatif (déc.)
- développement végétatif au printemps (à la reprise de la végétation en avril : 1 = fort développement, 9 = faible développement)

Au début et à la fin floraison, les paramètres suivants ont été relevés :

hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)

verse (note 1 = aucune verse, 9 = verse totale ; note supplémentaire à la récolte)

couverture du sol par les plantes en %

couverture du sol par les mauvaises herbes en %

Composantes du rendement

A la récolte, les placettes établies pour le comptages de levée et autres suivis ont été coupées afin de déterminer les composantes du rendement (densité de tiges, nombre de gousses, nombre de grains, PMG) ainsi que les matières sèches du grain et de la végétation.

Le reste des parcelles a été récoltée avec la moissonneuse batteuses. A l'aide de prise d'échantillons, la teneur en eau et la charge en impuretés de la récolte ont été déterminées et le rendement calculé aux normes de 14% d'humidité du grain.

A l'aide des prélèvements faits sur les placettes, les teneurs en N du grain et de la végétation ont été analysées afin de calculer les teneurs brutes en protéines, le ratio en N entre grains et paille, ainsi que la quantité d'azote présente dans la partie aérienne des plantes.

3.5.2.2 Choix variétal (F-Elsenheim, 2004/05)

Essais Sausheim et Elsenheim 2004

Variétés comparées

Pour comparer l'adaptation des types hiver à ceux de printemps pour le pois protéagineux, les 2 variétés dites les plus résistantes au froid ou les plus adaptées en bio (CHEYENNE et LUCY) ont été mises en place ainsi que les 2 variétés de printemps les plus cultivées en bio (NITOUCHE et HARDY).

Localisation

Cet essai comparatif a aussi été mis en place chez 2 agriculteurs bio :

- à Elsenheim (67), chez M. STEGLE,
- à Sausheim (68), chez M. TRITSCH.

Dispositif expérimental

Chaque essai a été conduit selon un dispositif en 3 blocs, pour tenir compte du risque d'hétérogénéité sur le terrain. Cependant, comme les types hiver et printemps ont a priori des dates de maturité – donc de récolte - différentes, chaque essai a été divisé en 2 essais juxtaposés, un pour chaque type (hiver ou printemps), chacun étant cultivé en 3 blocs (plans en annexe). Il y a ainsi 3 répétitions par variété.

L'ensemble des interventions culturales étant réalisées avec le matériel de l'agriculteur (y compris la récolte), chaque parcelle élémentaire a une assez grande surface : 6,5 x 50 = 325 m² à Elsenheim et minimum 6 x 35 = 210 m² à Sausheim.

Conduite de l'essai

Les interventions culturales ont été réalisées par l'agriculteur et adaptées suivant le type hiver ou printemps. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Tab. 35 : itinéraires techniques pour les différents types de pois à Elsenheim et Sausheim 2004

	Elsenheim		Sausheim	
	Pois H	Pois P	Pois H	Pois P
Préparation du sol	Chisel+labour+ rotoherse	Chisel+labour+ reprise avec vibroculteur	Disques (sept)+ vibroculteur (nov)	Disques+ vibroculteur (mars)
Semoir	Semoir à céréales (à ergots et à socs)		Semoir à céréales de type semis direct (à ergots et à disques)	
Interrang	17 cm		17 cm	
Date de semis	05/11/03	31/03/04	07/11/03	16/03/04
Densité de semis	90 gr/m ²	100 gr/m ²	110 gr/m ²	100 gr/m ²
Irrigation	13 et 27/05/04, 50 mm au total		Aucune	

Herse étrille	26/03/04	24/04/04	31/03/04	28/04/04
Roténone (contre les pucerons)	05/06/04 (1,5L/ha)	06/06/04 (3,6 L/ha)	Rien	08/06/04 (3,2 L/ha)
Récolte	29/07/04	29/07/04	15/07/04	30/07/04

Légende : H = Hiver, P = Printemps

En raison de l'été pluvieux, les récoltes ont été retardées, particulièrement celle du pois d'hiver à Elsenheim (qui n'a pu être réalisée que fin juillet en même temps que le pois de printemps).

Mesures et observations

A la levée, sur chaque site et dans chaque parcelle élémentaire, 6 placettes de 0,5 m² chacune ont été délimitées. Puis, en cours de culture, des relevés (concernant la compétitivité par les adventices, les maladies et ravageurs ainsi que différentes composantes du rendement) ont été effectués sur chacune de ces placettes. Le rendement a été obtenu via la récolte de chaque parcelle élémentaire, variété par variété, avec une machine de type agriculteur.

Les paramètres relevés sont similaires à ceux pour les essais féveroles (cf 3.5.2.1.)

Essai Elsenheim 2005

Variétés comparées

Les mêmes variétés qu'en 2004 ont été mises en place sur l'essai : CHEYENNE et LUCY comme variétés d'hiver, HARDY et NITOUCHE comme variétés de printemps. A côté de l'essai, ont été semées d'autres variétés : DOVE, et deux nouvelles variétés : APACHE et CHEROKEE, pour observer leur comportement.

Localisation

Cet essai comparatif a été mis en place chez M. STEGLE, à Elsenheim (67) comme en 2004, mais sur une parcelle beaucoup plus caillouteuse et au sol à faible réserve en eau.

Dispositif expérimental

Comme en 2004, cet essai a été mené selon un dispositif en 3 blocs, en regroupant les variétés d'hiver d'un côté et celles de printemps de l'autre (plan en annexe). Chaque parcelle élémentaire a une assez grande surface : 6,5 x 44 = 286 m².

Conduite de l'essai

Les interventions culturales ont été réalisées par l'agriculteur et adaptées suivant le type hiver ou printemps. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Tab. 36 : Interventions culturales suivant le type de pois protéagineux, F-Elzenheim 2005

	Hiver	Printemps
Précédent	Blé	Blé
Préparation du sol	Chisel+charrue+ herse+ rotoherse	Chisel+charrue+ reprise avec vibroculteur +rouleau (avant et après semis)
Semoir	Semoir à céréales (à ergots et à socs)	
Interrang	17 cm	
Date de semis	16/11/04	18/03/05
Densité de semis	130 gr/m ²	100 gr/m ²
Fertilisation	Aucune	
Irrigation	03/06/05 (25 mm)	1, 18 & 23/06/05 (75 mm au total)
Herse étrille	Fin mars et 14/04/05	06/04 et 14/04/05
Récolte	05/07/05	13/07/05

Remarque : Le semis des pois d'hiver a été réalisé dans de très mauvaises conditions (sol gelé, mais assez collant), la dose de semis a donc été augmentée.

Mesures et observations

Le même protocole qu'en 2004 a été suivi pour la détermination des placettes et les notations. Seuls les comptages du nombre de tiges fructifères par pied et du nombre de gousses par pied n'ont pas été réalisés.

3.5.3 Lupin d'hiver

Les lupins blancs (*Lupinus albus*) de type hiver atteignent en France des rendements sensiblement plus élevés que les type printemps. Les nouvelles variétés sélectionnées à l' INRA montrent des tolérances au froid améliorées. De plus il semble que les types hiver n'aient pas de problèmes en France avec l'antracnose.

3.5.3.1 Essai de comportement (CH-Möhlin, 2003)

Dispositif expérimental

A Möhlin, sur une bande d'environ 3*200 m disposée à côté de l'essai variétés 2002, un essai a été mis en place avec deux variétés hiver inscrites en France : Luxe et Lugain. La variété Luxe a été semée dans les trois densités 25, 30 et 35 gr/m². La variété Lugain a été semée à la densité de 35 gr/m². L'écartement entre rangs était de 50 cm.

Conduite d'essai

Le semis est intervenu le 2 octobre 2002 et a été fait manuellement à l'aide d'un tuyau distributeur. Il a été ainsi possible de distribuer précisément les semences. Un désherbage de pré-levée a été fait avec l'herbicide Stomp SC (4 l/ha) à l'aide d'un pulvérisateur à dos pour petites parcelles.

Mesures et observations

Quatre placettes de 2 mètres de long ont été repérées par traitement. Les plantes ont été comptées les 1er novembre et au 16 janvier et les stades de développement notés

3.5.3.2 Choix variétal, densité et profondeur de semis (CH-Reckenholz, 2004)

Dispositif expérimental

L'essai a été mis en place dans une parcelle à proximité de la station de la FAL avec trois variétés sélectionnées en France par l'INRA. Toutes les trois possèdent selon les informations de l'obteneur une assez bonne résistance au froid. Les caractéristiques de ces variétés sont récapitulées dans le Tab. 37.

Tab. 37 : caractéristiques des variétés testées en 2003/2004 à la FAL

	Type	Type de végétation	Densité conseillée (gr/m ²)	Variété inscrite en F
Luxe	nain	ramifié	15-20	2002
Lugain	nain	déterminé	20-25	2003
CH 1811	nain	ramifié	15-20	Pas encore inscrite

En France, en fonction de la variété, des densités de 15-25 gr/m² sont conseillées pour le lupin d'hiver (Tab. 37). Afin de pouvoir compenser une éventuelle pertes de pieds en hiver, chaque variété a été semée avec trois densités (25, 30, 35 gr/m²).

La tolérance au froid du lupin d'hiver est selon les expériences françaises d'autant plus élevée que le semis est profond. C'est pourquoi il a été intégré dans l'essai le facteur profondeur. Les profondeurs de semis ont varié de 4 cm à 6 cm.

Au total, ce sont 18 traitements qui ont été comparés (Tab. 38).

Tab. 38 : les différents traitements de l'essai à trois facteurs de lupin d'hiver 2003/2004

Traitement	Variété	densité [gr/m ²]	profondeur [cm]	Traitement	variété	densité [gr/m ²]	profondeur [cm]
1	Luxe	25	4	10	Lugain	25	6
2	Luxe	30	4	11	Lugain	30	6
3	Luxe	35	4	12	Lugain	35	6
4	Luxe	25	6	13	CH1811	25	4
5	Luxe	30	6	14	CH1811	30	4
6	Luxe	35	6	15	CH1811	35	4
7	Lugain	25	4	16	CH1811	25	6
8	Lugain	30	4	17	CH1811	30	6
9	Lugain	35	4	18	CH1811	35	6

Chaque traitement est répété quatre fois. La taille des parcelles est de 1.32*7.6 m² (10m²). Le semis a été réalisé avec un semoir à 4 rangs avec 30 cm d'écartement entre rangs. Pour des raisons techniques, seuls les traitements avec la même profondeur de semis ont été

randomisés. Les blocs se distinguer au niveau de la profondeur de semis ont été installés directement côte à côte.

Conduite de l'essai

Le semis a été réalisé le 26 septembre dans de bonnes conditions. Aucun désherbage n'a été fait. La première intervention de désherbage n'a été nécessaire qu'au 29 mars. Le comptage de plantes en avril a montré que la grande part des plantes avait été détruite par l'hiver. C'est pourquoi seule la répétition dotée de la meilleure densité a été conservée, les autres parties de l'essai étant abandonnées.

Un désherbage manuel a été fait dans les neuf parcelles conservées (traitements 1-3, 7-9, 13-15). La récolte a été réalisée avec une MB à petites parcelles expérimentales le 2. septembre pour les variétés CH1811 et Lugain, et le 22 septembre pour la variété Luxe.

Mesures et observations

Les comptages de plantes ont été réalisés sur des placettes repérées de 2*2m, les 3. décembre, 20 février, 26. mars et au 25 mai.

Les maladies observées ont été déterminées à la FAL.

3.5.3.3 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

L'effet du choix variétal et de la date de semis a été étudiée lors de deux années d'essais sur le développement avant l'hiver, la résistance aux conditions hivernales et la productivité d'une variété hiver en comparaison du rendement d'une variété de printemps semée à deux dates différentes.

Dispositif expérimental

Les dispositifs étaient du type blocs à deux facteurs de variations avec 8 variantes et trois répétitions. Trois variétés de lupin d'hiver ont été semées à deux dates différentes à l'automne. En comparaison, une variété de printemps déjà éprouvée a été semée à deux dates au printemps (Tab. 39). Toutes les variantes ont été randomisées aléatoirement. La taille des parcelles expérimentales était de 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 39 : Variantes des essais lupin d'hiver (D-Heitersheim, 2004-05)

Date de semis		variété	Obtenteur/ Représentant
2003/04	2004/05		
18. Sep.	02. Sep.	Lumen ¹	INRA / Agri Obtentions
14. Oct.	14. Oct.	Lugain	
		Luxe	
04. Mars	17. Mars	Amiga	Florimond Desprez
01. Avril	04. Avril		

¹ code jusqu'à l'inscription : CH1811

Les essais ont été réalisés chaque année dans une parcelle d'agriculteur à Heitersheim (Tab 4). Une analyse du sol de l'essai faite après la récolte de 2004 a montré un pH de 6,2 et de faibles teneur en P₂O₅ (5 mg/100 g sol classe A) et en K₂O (6 mg/100 g sol classe A).

Conduite culturale

Suite aux expériences de la première année d'essais, différentes adaptations ont été réalisées lors de la seconde année en plus de l'avancement de la première date de semis

Préparation du semis : sur toute la surface lors du premier semis avec une herse alternative, puis pour les parcelles concernées avec une herse rotative jumelée avec une kroskillette

Inoculation des semences avec *Rhizobium lupini* (Produit : HiStick')

Semis :

Variété de printemps : écartement 30 cm, densité de semis 70 gr./m²

Variétés d'hiver 2003/04 : écartement 50 cm, densité 35 gr./m²

Variétés d'hiver 2004/05 : écartement 30 cm, densité en fonction de la variété et sans connaissance de la faculté germinative : 50 (Luxe), 78 (Lugain), 130 (Lumen) gr./m²

Passage d'un rouleau après le semis en septembre

Désherbage :

pour les deux années d'essais, désherbage possible uniquement après l'hiver à cause de l'humidité du sol excessive.

Variétés d'hiver 2003/04 : 1x herse étrille, 2x binages, arrachage manuel

Variétés de printemps 2003/04 : 1x étrillage en pré-levée, 1x étrillage en post-levée, 4x binages

Variétés d'hiver 2004/05 : 2x binages (un seul binage pour Lumen et Lugain pour le semis précoce), désherbage manuel (chardons)

Protection phytosanitaire :

Traitement des semences contre l'Anthracnose (trempage dans un bain d'eau chaude : 30 min à 50°C., séchage : 24 h à 30°C température de l'air)

2003/04 : produit répulsif Arbin contre les morsures de lièvres (18.05. + 04.06.2004)

2004/05 : clôture anti-lièvres (pour toute la période végétative), installation acoustique pour effrayer (Nov. – Avril)

Fertilisation (seulement 2 ème. année d'essai) :

14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha (Gafsa 27)

25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (Patentkali)

Irrigation : 16.07.2005 (20 mm)

Paramètres relevés

Développement végétatif

Les dates des stades de développement suivants ont été relevées :

levée (BBCH 09)

couverture de l'inter-rang

début floraison (BBCH 61)

fin floraison (BBCH 69)

maturité de récolte (BBCH 89)

La densité (Plantes/m²) a été contrôlée à plusieurs moments sur des placettes fixes :

levée (sept. – avril ; selon la date de semis)

entrée d'hiver (nov.-dec. selon les levées)

à la fin de l'hiver voire au début du printemps (mars-avril)

Avant et après l'hiver, il a été noté également

- stade de la culture au début du repos végétatif (déc.)
- développement végétatif au printemps (à la reprise de la végétation en avril : 1 = fort développement, 9 = faible développement)

En fonction de l'évolution de l'état de la végétation et du développement des plantes, un à deux des paramètres suivants ont été relevés :

hauteur de végétation (distance sol → sommet de la végétation)

verse (note 1 = aucune verse, 9 = verse totale)

couverture du sol par les plantes en %

couverture du sol par les mauvaises herbes en %

Composantes du rendement

A la récolte, les placettes établies pour le comptages de levée et autres suivis ont été coupées afin de déterminer les composantes du rendement (densité de tiges, nombre de gousses, nombre de grains, PMG) ainsi que les matières sèches du grain et de la végétation (en première année d'essai, pour les variétés d'hiver, les placettes dont la végétation était trop faible et irrégulière ont été remplacées par deux mètres de végétation bien établie afin d'estimer le rendement potentiel).

Le reste des parcelles a été récoltée avec la moissonneuse batteuses. A l'aide de prise d'échantillons, la teneur en eau et la charge en impuretés de la récolte ont été déterminées et le rendement calculé aux normes de 14% d'humidité du grain.

A l'aide des prélèvements faits sur les placettes, les teneurs en N du grain et de la végétation ont été analysées afin de calculer les teneurs brutes en protéines, le ratio en N entre grains et paille, ainsi que la quantité d'azote présente dans la partie aérienne des plantes.

3.5.3.4 Choix variétal (F-Sausheim/Ensisheim-2004 et Elsenheim-2005)

Essais de Sausheim et Elsenheim en 2004

Variétés comparées

Pour comparer l'adaptation des types hiver à ceux de printemps pour le lupin blanc, les 2 variétés dites les plus résistantes au froid et, autant que possible, les plus adaptées a priori en bio (LUXE et LUGAIN) ont été mises en place ainsi que les 2 variétés de printemps les plus cultivées dans la région (AMIGA et ARES).

Une 3^{ème} variété de lupin blanc de printemps, RONDO, a été rajoutée, suite à la suppression de la variété d'hiver LUGAIN sur une partie des essais en raison de sa trop faible densité à la fin de l'hiver.

Localisation

Cet essai comparatif a aussi été mis en place chez 2 agriculteurs bio :

- à Elsenheim (67), chez M. STEGLE,
- à Sausheim (68), chez M. TRITSCH.

Dispositif expérimental

L'essai à Elsenheim a été conduit selon un dispositif en 3 blocs, pour tenir compte du risque d'hétérogénéité sur le terrain. Pour des raisons de disponibilité en semences et en surface, l'essai à Sausheim a été conduit selon un dispositif en 2 blocs seulement.

Pour ces 2 essais, comme les types hiver et printemps ont a priori des dates de maturité – donc de récolte - différentes, chaque essai a été divisé en 2 essais juxtaposés, un pour chaque type -hiver ou printemps- (plans en annexe).

L'ensemble des interventions culturales étant réalisées avec le matériel de l'agriculteur (y compris la récolte), chaque parcelle élémentaire a une assez grande surface : 6,75 x 70 = 472,5 m² à Elsenheim et 6 x 40 = 240 m² à Sausheim.

Conduite de l'essai

Les interventions culturales ont été réalisées par l'agriculteur et adaptées suivant le type hiver ou printemps. Elles sont résumées dans le tableau suivant.

Tab. 40 : Itinéraires techniques pour les différentes types de lupin à Elsenheim et à Sausheim 2004

	Elsenheim		Sausheim	
	Lupin H	Lupin P	Lupin H	Lupin P
Préparation du sol	Chisel+labour+ rotoherse	Chisel+labour+ reprise avec vibroculteur	Actisol + Disques (sept)+ vibroculteur (nov)	Actisol +Disques+ vibroculteur (mars)
Semoir	Semoir à céréales (à ergots et à disques)		Semoir à céréales de type semis direct (à ergots et à disques)	
Interrang	17 cm		17 cm	
Date de semis	25/09/03	17/03/04	11/10/03	30/03/04
Densité de semis	25-30 gr/m ²	60 gr/m ²	25-30 gr/m ²	65 gr/m ²
Fertilisation	Aucune		10 T/ha de fumier en août	
Irrigation	02 et 18/05/04, 50 mm au total		Aucune	
Herse étrille	26/03/04	Non	02/04/04	04/05/04
Binage	x4 (5,20,30/04 & 15/05/04)	x3 (20, 30/04 & 15/05/04)	Aucun	
Récolte	03/09/04	03/09/04	Non récolté	02/09/04

Légende : H = Hiver, P = Printemps

Mesures et observations

A la levée, sur chaque site et dans chaque parcelle élémentaire, 6 placettes d'une surface chacune de 0,9 m² à Elsenheim (2 rangs sur 1 m de long) ou 1 m² à Sausheim ont été délimitées. Puis, en cours de culture, des relevés (concernant la compétitivité par les adventices, les maladies et ravageurs ainsi que différentes composantes du rendement) ont été effectués sur chacune de ces placettes. Le rendement a été obtenu via la récolte de chaque parcelle élémentaire, variété par variété, avec une machine de type agriculteur.

Les paramètres relevés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tab. 41: notations en fonction du stade du lupin à Elsenheim et Sausheim 2004

Stade	Compétitivité r/ adventices	Ravageurs, maladies	Production
Levée (et stade pendant l'hiver ⁷)			- Densité (pl./m ²) => taux de pertes
4-5 feuilles (un mois après la fin de l'hiver)	- Vigueur de développement*	Surveillance	
8-10 feuilles (avant floraison)	- Capacité à couvrir le sol (% couverture)	Surveillance	
Début floraison	- Hauteur du couvert - Salissement par les adventices (% couverture du sol)	Surveillance (<i>Notation pucerons</i>)	
Fin floraison	- Hauteur maximale du couvert	Surveillance	
Avant maturité		Surveillance	- Nombre de gousses au 1er nœud - Nombre de gousses aux étages supérieurs
A la récolte	- Salissement par les adventices (% couverture) - Hauteur du couvert	<i>Notation anthracnose</i>	- Rendement machine et PMG à 14 % d'humidité - Taux de protéines - Teneur en eau - % Impuretés

* Note de 1 à 9 : avec 1 = très bon (objectif de l'agriculteur) et 9 = très mauvais

- les relevés indiqués en italique sont réalisés seulement s'ils s'avèrent nécessaires.

Les dates de réalisation des principaux stades ont été aussi relevées (levée, début et fin floraison, maturité).

Essais d'Ensisheim et d'Elsenheim en 2005

Initialement 2 mini-essais ont été planifiés pour la campagne 2004-05 en Alsace, pour évaluer de nouveau la faisabilité de la culture des lupins d'hiver dans la région et vérifier ses atouts par rapport au lupin de printemps.

⁷ Pour les variétés d'hiver

Plusieurs problèmes ont été rencontrés cette année sur les essais lupin; le protocole a du être adapté, puis finalement ces essais ont été arrêtés complètement début mai.

Variétés comparées

Les mêmes variétés qu'en 2004 étaient prévues : LUXE et LUGAIN en variétés d'hiver, AMIGA, ARES et RONDO comme variétés de printemps⁸.

Mais en raison de la trop faible densité au printemps des variétés d'hiver sur les essais de l'an dernier, la densité de semis a été fortement augmentée pour le lupin d'hiver par rapport aux densités préconisées en conventionnel.

Localisation

Ces essais comparatifs ont été mis en place sur 2 sites :

- chez M. STEGLE, à Elsenheim (67), sur une parcelle avec du calcaire actif détecté à l'analyse, mais dans la zone où il ne se produisait pas d'effervescence de l'acide au contact du sol.
- chez M. TRITSCH, à Ensisheim (68), au sol acide (mais sans labour depuis plusieurs années).

Dispositif expérimental

Un dispositif en 2 blocs, regroupant les variétés d'hiver d'un côté et celles de printemps de l'autre, était prévu sur chaque site. Chaque parcelle élémentaire avait une assez grande surface : 7 m x 30 m = 210 m² à Elsenheim et 6 x 30 = 180 m² à Ensisheim. Et dans chacune, 6 placettes de 1 m² ont été délimitées pour faire les notations.

Conduite de l'essai

Les variétés d'hiver ont été semées comme prévu sur les 2 sites. Mais plusieurs problèmes ont été rencontrés.

A Ensisheim : en raison des conditions humides de l'automne, il a été impossible de passer la herse étrille pour limiter le développement des graminées et ensuite elles étaient trop développées pour que l'étrillage soit efficace. En février, la pression des adventices ne pouvant être réduite autrement que manuellement, ce qui n'était pas envisageable de part la charge de travail que cela représentait, l'essai a été retourné.

A Elsenheim : les variétés de printemps ont aussi été semées, mais en mai elles ont été rapidement et, en grande majorité, dévorées par du gibier (lièvres ou/et cervidés de la futaie voisine) malgré les moyens dissuasifs tentés. Il en a été de même pour une partie des lupins d'hiver. L'essai a donc aussi du être arrêté, les dégâts étant trop considérable.

Les interventions culturales finalement réalisées sont résumées dans le tableau ci-dessous :

⁸ La variété de lupin bleu BOLIVIO a été ajoutée en bordure en démonstration pour la visite d'essai prévue.

Tab. 42 : Interventions culturales suivant le type de lupin, F-Elsenheim 2005

Commune	Ensisheim	Elsenheim	
	Lupin d'hiver	Lupin d'hiver	Lupin de printemps
Préparation du sol	Actisol + Disques + Vibroculteur	Chisel + labour + rotoherse	Chisel+labour+ reprise avec vibroculteur +rouleau
Semoir	Semoir à céréales de type semis direct (à ergot et à disques)	Semoir à céréales (à ergots et à disques)	
Interrang	17 cm	42,5 cm	
Date de semis	17/09/04	04/10/04	21/03/05
Densité de semis	50 ou 75 gr/m ² *	50 ou 75 gr/m ²	60 gr/m ²
Désherbage	Non (impossible)	Non	Binage le 14/04/05

* selon la variété, car la densité doit être plus importante pour la variété LUGAIN qui ne ramifie pas.

Mesures et observations

Seuls plusieurs comptages de la densité ont donc été réalisés.

3.6 Essais de lutte contre l'Anthracnose du lupin

L'anthracnose du lupin (maladie des taches brûlées) qui est apparue depuis quelques années en Europe a déjà causé de sévères dégâts aux cultures de lupins blancs et jaune. Les lupins bleus sont plus tolérants mais sont également attaqués. Le responsable *Colletotrichum lupini*, est un champignon qui selon de nouvelles études est considéré comme spécifique des lupins (FEILER, 2002).

L'infection primaire se fait par les semences, cependant le champignon sous des conditions favorables (entre autres humides) peut se développer si rapidement que même avec une très faible contamination des semences (0,1 %), qui ne peut être décelée lors du test de l'état sanitaire, il peut conduire à de fortes pertes de rendement voire à une destruction totale de la culture.

A partir de l'année 2004, les exploitations en agriculture biologique devront utiliser des semences biologiques. Pour la production de lupin biologique, il se pose ainsi le problème de produire des semences indemnes d'anthracnose.

Alors qu'en production conventionnelle, il est possible d'obtenir des semences saines à l'aide de traitement des semences et de protection fongicide en végétation (ce n'est toutefois pas toujours le cas, voir l'enquête auprès des agriculteurs en Suisse en 2002), il n'existe pas encore de solution satisfaisante malgré plusieurs années d'expérimentations (entre autres du Dr. P. Römer/Südwestsaat). Même si les études entreprises ont cependant montré que la contamination des semences stockées pendant au minimum une année régressait fortement (RÖMER, 2000), ceci pose difficultés dans la pratique par les coûts supportés pour le stockage et l'insécurité de la planification des besoins.

La mise en place d'une stratégie de lutte contre l'antracnose réalisable dans la pratique est donc de grande importance pour le développement de la production de lupin en agriculture biologique.

3.6.1 Essai fongicide en Suisse en 2002

Afin de contrôler les attaques d'antracnose, il est envisageable en production conventionnelle d'avoir recours en plus du traitement de semences à des applications de fongicide pendant la végétation. En Allemagne, des essais fongicides ont été conduits (Dittmann 1998) les années passées et quelques produits potentiellement efficaces identifiés. Les essais ont également montré que les applications de fongicide n'étaient économiquement intéressants que dans les parcelles de multiplication de semences.

L' antracnose est aussi un grand problème en Suisse pour le lupin blanc. Il revient donc souvent dans la pratique la question d'une lutte efficace. C'est pourquoi il a été réalisé en Suisse en 2002 un essai avec une série de produits fongicides autorisés sur d'autres cultures. L'objectif de l'essai était d'estimer l'effet de différents fongicides et de combinaisons ainsi que des dates de traitement sur les niveaux d'attaque en antracnose. L'essai a été réalisé en commun par la FAL et les services de la protection des végétaux du Canton.

Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé à Dielsdorf/ZH (env. 430 m. d'altitude) avec cinq répétitions. La taille des parcelles était de 2.5*10 m (25 m²). L'essai a été installé dans une parcelle d'agriculteur de lupin blanc cultivée avec la variété Amiga. L'écartement était de 13 cm, la densité correspondait aux recommandations des semenciers. Les semences ont été traitées avec du Rovral UFB .

Les variantes de fongicides testées sont mentionnées dans le Tab. 43.

Tab. 43 : variantes testées dans l'essai fongicide en 2002 à Dielsdorf

variantes		Matières actives	dose		Date application ¹⁾
Swi_f	Switch précoce	Cyprodinol 37.5%, Fludioxonil 25%	1.2	kg/ha	précoce
Swi_s	Switch tardif	Cyprodinol 37.5%, Fludioxonil 25%	1.2	kg/ha	tardif
Hor_f	Horizont précoce	Tebuconazole 250 g/l	1.5	l/ha	précoce
Hor_s	Horizont tardif	Tebuconazole 250 g/l	1.5	l/ha	tardif
Ami_f	Amistar précoce	Azoxystrobin 250 g/l	1.0	l/ha	précoce
Ami_s	Amistar tardif	Azoxystrobin 250 g/l	1.0	l/ha	spät
Hor_Ami_f	Horizont/Amistar précoce	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/	1.0 1.0	l/ha	précoce
Hor_Ami_s	Horizont/Amistar tardif	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/l	1.0 1.0	l/ha	tardif
Hor_Ami_f_s	Horizont/Amistar précoce/ tardif	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/l	1.0 1.0	l/ha	précoce/tardif
Ktr	Témoin non traité	-	-		aucune

1 précoce :stade 5-feuilles tardif : stade 11-feuilles

Conduite de l'essai

Le désherbage est intervenu en pré-levée avec Sitadrol [400 g/l pendimethaline] à la dose de 4 l/ha.

Le semis a été fait le 12 mars 2002 par l'agriculteur. Les parcelles individuelles ont ensuite été délimitées à l'aide d'un désherbant total. Les produits fongicides ont été appliqués à l'aide d'un appareil portable le 30 avril au stade 5 feuilles et le 21 mai au stade 11 feuilles.

Le champ d'essai n'a pas fait l'objet d'une infection artificielle.

L'essai a été récolté le 23 août avec une MB à petites parcelles en bonnes conditions.

Observations réalisées

Les notations suivantes ont été faites au cours de la période de végétation :

- le 24 mai, le 24 mai, à l'arrivée des premiers symptômes de la maladie, comptage du nombre de plantes par parcelle à la croissance végétative perturbée (déformation)
- le 24 mai, le nombre de foyers de maladies par parcelle a été également calculé
- le 17 juin, une notation de l'attaque d'antracnose a été réalisée. Note 1 = pas de symptôme, Note 3 = peu de plantes malades, Note 5 = foyers avec plantes malades, Note 7 = attaque sévère, Note 9 = toute la végétation atteinte
- une seconde notation a été faite le 03 juillet : Note 1 = pas ou peu de symptômes, Note 3 = plus grande part de la végétation avec des taches sur les gousses, gousses pour la plupart normales, Note 5 = taches plus marquées sur les gousses, Note 7 = végétation sévèrement attaquée, gousses anormales, Note 9 = pas de gousses

Peu de temps avant la récolte, 10 plantes ont été prélevées par parcelles et les gousses des plantes ont été classées de la manière suivantes :

- nombre de gousses sans symptôme par étage
- nombre de gousses avec peu de symptômes par étage, moins d'un tiers de la surface des gousses avec des taches d'antracnose
- nombre de gousses par étage avec des symptômes nets, entre un et deux tiers de la surface des gousses avec des taches d'antracnose
- nombre de gousses par étage avec des symptômes très marqués, plus de deux tiers de la surface des gousses avec des taches d'antracnose.

3.6.2 Essais traitements de semences et de végétation

Des méthodes de lutte non chimique pour la lutte directe contre l'Antracnose du lupin par traitement de semences ou en végétation ont été étudiées (avec en plus en Suisse une comparaison à une référence de lutte chimique).

3.6.2.1 Traitements de semences et de végétation, CH-Reckenholz, 2002 – 2004

Dans une phase de recherche préalable au projet actuel, un essai de lutte avait déjà été mis en place en 2001 par le Dr. P. Römer / Südwestsaat Raststatt avec des produits autorisés en Agriculture Biologique. L'essai n'avait malheureusement pas procuré beaucoup d'informations suite à de mauvaises conditions climatiques au semis et une mauvaise levée de la culture. C'est pourquoi il a été décidé de réaliser à nouveau l'essai durant les trois an-

nées du projet du côté de la FAL-Reckenholz et de Südwestsaat Rastatt afin d'acquérir le maximum de résultats.

Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés en petites parcelles de 7 à 10 m² avec plusieurs répétitions. Le dispositif expérimental de l'essai a été discuté avec le Dr. Römer et légèrement modifié chaque année. Un aperçu des principales caractéristiques des essais réalisées est présenté dans le Tab. 44.

Tab. 44 : aperçu des essais de lutte contre l'antracnose du lupin de 2002 à 2004 en Suisse

	site	espèce variété	# variantes	Type dispositif	# répétitions	# nbre. rangs écartement	Taille parcelles [m ²]
2002	FAL-Areal	LUW Amiga	14	Bloc, parcelles séparées par bandes d'avoine de 1.32 m	4	7 15 cm	5.8*1.32 m ² (7.7 m ²)
2003	Katzenrüti (Watt)	LUB Boltensia	12	Répétitions cote à cote, parcelles séparées à 1.32 m par bandes d'avoine	3	6 18 cm	7.6*1.32 m ² (10 m ²)
2004a	Adlikon	LUW Amiga & Fortuna	10	Bloc, pas de bandes d'avoine	4	7 15 cm	6.7*1.5 m ² (10 m ²)
2004b	Adlikon	LUB Boltensia	10	Bloc, pas de bandes d'avoine	4	7 15 cm	6.7*1.5 m ² (10 m ²)

En 2002, les traitements sont randomisés. Entre les parcelles de lupin, des bandes d'avoine sont mises en place afin de les isoler. En 2003, les trois répétitions d'un traitement sont disposées les unes à coté des autres. Entre ces mini blocs, il est semé une bande d'avoine d'isolation. En 2004, les traitements sont randomisés et aucune séparation installée.

Les variantes des essais sont issues de l'essai du Dr. P. Römer / Südwestsaat réalisé en 2001. En 2002, cet essai a été installé à la FAL de Reckenholz et à Raststatt dans une forme identique avec la variété de lupin blanc Amiga.

En 2003, pour la première fois, des semences de lupin bleu infectées en antracnose ont été disponibles (variété Boltensia). Comme le lupin bleu est en Europe central l'espèce la plus cultivée, les meilleures variantes des essais de 2002, ont été testé sur cette espèce avec de nouveaux traitements.

En 2004, des semences infectées en antracnose étaient également disponibles mais cette fois de la variété Bolivio. Pour ce qui concerne le lupin blanc, seules les graines récoltées issues de l'essai de lutte contre l'antracnose de l' Uni Hohenheim étaient disponibles mais avec un faible taux de contamination. Afin de pourtant pouvoir réaliser un essai avec du lupin blanc, il a été utilisé les deux variétés Amiga et Fortuna.

Dans chaque essai, à côté des variantes à base de préparation de plantes et du traitement de désinfection par trempage des semences dans l'eau chaude, un traitement avec un pro-

duit chimique et un témoin non traité ont été introduits. Les produits de traitements de semences et ceux de traitement de végétation sont présentés dans le tableau 45.

Tab.45 : Traitements de semences et en végétation contre l'antracnose dans les 3 années d'essais 2002- 2004 avec du lupin blanc et bleu

Traitement	Dose appliquée/100 kg	2002 LU B	2003 LU b	2004 LU B	2004 LU b
Témoin	-	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
Semences certifiées				Amiga	Bolivio
Rovral UFB	300 ml	Amiga	Boltensia	Amiga	Bolivio
Solitär	200 ml	Amiga			
Eau chaude	30 min à 50°C	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
Tillecur (SBM-nouveau)	290 g in 1 l H ₂ O, 6000 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
Tillecur + acide acétique.	180 g in 1 l 1%ig ac. acétique, 6000 ml	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
TRF-FU-AGRO	100 g in 600 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
TRF-MS					Bolivio
Menno Florades	4%ig (90 g/l), 600 ml	Amiga	Boltensia		
Sojall-Vitana	3%ig, 600 ml	Amiga			
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	290 g in 1 l H ₂ O, 6000 ml	Amiga	Boltensia		
Tillecur + ac. acétique + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	180 g in 1 l 1%ig Essig-säure, 6000 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
Tillecur ES + Faulbaumrinde (racine de rubarbe)					Bolivio
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	100 g in 600 ml	Amiga	Boltensia		
Menno Florades + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	4%ig (90 g/l), 600 ml	Amiga			
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	3%ig, 600 ml	Amiga			
Effektive Mikroorganismen	2 h en solution EM-		Boltensia		
Comcat	Extrait végétal, 50 mg in 600 ml		Boltensia		
Lignée tolérante à l'antracnose (Südwestsaat)				Stamm	
Semences stockées				Amiga	

¹⁾ 5 ml auf 1 litre d'eau. 1ere application au stade 6-8 feuilles, seconde application 14 jours plus tard

Conduite de l'essai

Le lit de semences a été chaque fois préparé selon la pratique agricole habituelle (labour, fumure de fond, herse). La densité de semis a été calculée en fonction du poids de mille grains et de la faculté germinative de la variété concernée. Les lupins blancs ont été semés à 65, les lupins bleus à 100 graines germantes par m². Juste avant le semis, les semences ont été inoculées à sec avec *Bradyrhizobium lupini*.

Les lots de semences ont été préparés en 2002 et 2004 à la FAL Reckenholz avant le semis et traités selon le traitement correspondant. En 2003, les semences ont été préparées chez Südwestsaat. Seules les semences de la variante avec les micro-organismes vivants ont été préparées juste avant le semis à la FAL.

Les interventions ainsi que les données principales de l'essai sont présentées dans le Tab. 46.

Tab. 46 : interventions et données principales du développement des essais anthracnose de 2002 à 2004 en Suisse

	Lieu	Semis	Récolte	Désherbage	Traitement foliaire	Remarque
2002	FAL-Areal Lupin blanc	4 avril	(27 juin)	Stomp 1.5 l/ha & Boxer 1.5l/ha, pré-levée	24.5. (8-feuilles) / 10.6.	Grêle avant floraison
2003	Katzenrüti Lupin bleu	19 mars	-	Stomp 4 l/ha, pré-levée	2. 5.	Dégâts d'herbicide suite à une application de post-levée
2004 a	Adlikon Lupin bleu	19 mars	19 août	Stomp 4 l/ha, pré-levée	12. 5. / 16.5.	Pas d'anthracnose sur lupin bleu
2004 b	Adlikon Lupin bleu	19 mars	2 septembre	Stomp 4 l/ha, pré-levée	aucun	Forte verse en raison d'un orage surtout dans répétition 4

Observations réalisées

Chaque année, les densités de peuplement ont été mesurées après la levée. La hauteur des plantes a été mesurée à la floraison. Si besoin, la verse a été notée à plusieurs reprises pendant la période de végétation (1= aucune verse, 9 = verse totale)

Les notations de la maladie ont été réalisées en fonction de son développement. C'est pourquoi les notations sont présentées séparément selon l'essai.

En **2002**, les données suivantes ont été relevées :

Densité de végétation le 8 mai au stade 4 feuilles : à chaque fois pour chaque parcelle comptage sur 3*1 mètre linéaire sur trois rangées différentes. Dénombrement des plantes atteintes au pied ou porteuse de symptômes d'anthracnose. Le nombre de plantes malades est ramené en % de l'ensemble de la végétation du traitement concerné.

Notation anthracnose le 22 mai au stade 7 feuilles : 1 = pas d'attaque, 9 = toutes plantes nettement atteintes

Notation de la densité de végétation le 1 juin au stade 10 feuilles : 1 = végétation saine et dense, 9 = très mauvais état, plantes détruites

Notation anthracnose le 1er juin au stade 10 feuilles : 1 = pas d'attaque, 9 = toutes les plantes nettement atteintes

Notation de la densité de végétation le 6 juin au stade 13 feuilles : comptage des plantes malades et saines par parcelle. Le nombre de plantes malades est ramené en % de l'ensemble de la végétation du traitement concerné. Notation anthracnose le 26 juin : 1 = pas d'attaque, 9 = toutes les plantes nettement atteintes

Notation de la densité de végétation le 4 juillet : 1 = végétation saine et dense, 9 = très mauvais état, plantes détruites

Notation anthracnose le 4 juillet : 1 = pas d'attaque, 9 = toutes les plantes nettement atteintes

Le 24 juin 2002 est marquée par une forte averse de grêle. Les grêlons ont blessé les plantes et détruit certaines tiges. C'est pourquoi, il a été décidé de ne pas poursuivre l'essai jusqu'au rendement. Cependant, afin de pouvoir quand même tirer quelques enseignements sur les rendements potentiels, les plantes des première et seconde répétitions ont été prélevées manuellement le 12 juillet et les notations suivantes réalisées :

Nombre de plantes avec gousses. Seules ont été prises en compte les gousses dont la surface était saine à plus de 50 %

Nombre de gousses porteuses de symptômes d'anthracnose par plante. Seules ont été prises en compte les gousses, dont la surface était couverte de taches à plus de 50 %

Poids frais des gousses [kg]

En **2003**, le champ de lupin a été traité par erreur le 9 mai avec l'herbicide Trifolin (400 g/l Trifolin) autorisé sur pois à la dose de 4 l/ha en raison d'un fort salissement en cours. A la suite de l'application, les plantes de lupin ont réagi par déformation et un arrêt de la croissance. Les lupins se sont remis du traitement malgré des dégâts très sévères au départ et ont fleuri avec un peu de retard, mais il n'a plus été possible d'exploiter l'essai. Quelques parcelles à l'intérieur de l'essai n'étaient pas concernées par les dégâts. Comme l'essai a été laissé en place presque jusqu'à la maturité, il a été quand même possible d'observer que ces parcelles sont restées indemnes d'anthracnose.

En **2004**, les foyers d'anthracnose qui sont apparus dans le lupin blanc ont été notés. Comme très peu de maladie était observée sur les plantes de lupin bleu, il n'a pas été possible de réaliser une notation intéressante des symptômes.

3.6.2.2 Choix variétal et traitement de semences (D-Buggingen, 2003)

Dans le cadre de l'essai variétés (Chap. 3.4.2.2), deux variantes de traitement des semences non chimique pour lutter contre l'anthracnose ont été comparées à un témoin non traité. Ces trois variantes ont été testés avec chaque variété.

Le but de cet essai était de mettre en évidence des différences au niveau des infections primaires issues des semences. Les infections secondaires devaient être ainsi minimisées. Comme les lupins bleus étaient connus comme moins sensibles, les répétitions ont été systématiquement divisées en sous blocs lupin bleu et lupin blanc (y inclus les mélanges), si bien que le lupin bleu formait une barrière entre les répétitions des lupins blancs plus sensi-

bles. De plus, de l'orge a été semé entre les parcelles afin d'éviter les contaminations par le vent.

Traitement de semences

Les traitements par trempage à l'eau chaude et par le produit biologique 'Tillecur' ont été comparés au témoin non traité.

Désinfection à l'eau chaude

30 minutes de trempage des semences dans des sacs plastiques perforés dans de l'eau à 50°C (bain d'eau en laboratoire)

séchage des semences pendant 24 heures à un air à 30°C (armoire de séchage)

nouvelle détermination du PMG et de la germination

Les lupins bleus ont été séchés de manière involontaire à une température plus élevée (47°C au moment du contrôle), au moins dans la première phase de ventilation. Un effet éventuel sur la levée est possible.

Traitement au Tillecur

production d'une solution à 1% d'acide acétique (180g sous forme poudre de 'Tillecur' dans un litre d'acide acétique)

mélange de 60 ml de suspension avec 1 kg de semences jusqu'à humectation homogène, séchage à l'air

Notation de l'Anthracnose

Un test de la contamination initiale des semences n'a pas été possible faute de temps. Les notations ont été faites au cours du développement de la végétation.

Sur le témoin : 05.06., 25.06., 07.07., 16.07.

Échelle de notation

- 1 = quelques plantes atteintes
- 2 = foyers d'attaques
- 3 = plus de 5% de la végétation atteinte
- 4 = jusqu'à 10% de la végétation malade
- 5 = plus de 10% de la végétation malade

3.7 Dynamique de l'azote après la récolte des protéagineux

Après la récolte, une part de l'azote atmosphérique fixée par les protéagineux reste en place au champ dans la biomasse des résidus de (paille, racines). Cet azote peut d'un côté être mis à disposition de la culture suivante mais aussi lors d'une minéralisation trop précoce renforcer le lessivage en nitrates qui va rejoindre la nappe phréatique. Afin de pouvoir estimer l'ordre de grandeur de ce phénomène, la quantité totale d'azote présente dans la paille et les reliquats d'azote présents dans le sol ont fait l'objet de mesures.

3.7.1 Les reliquats présents dans la paille après différentes cultures

A l'aide de la détermination des quantités de paille produites et d'analyses des teneurs en azote, il a été mesuré aux champs d'essais les restitutions d'azote dans la biomasse totale non exportée et présentes à la surface du sol après la récolte. Les données nécessaires ont été obtenues pour les espèces suivantes dans les essais situés du côté allemand : soja (3.3.1.1), lupin blanc et bleu (3.4.2.2), féverole d'hiver et de printemps (3.5.1.1), pois d'hiver et de printemps (3.5.2.1), lupin d'hiver et de printemps (3.5.3.3).

3.7.2 Dynamique des N_{\min} du sol

L'azote est sous dépendance d'une dynamique complexe entre la formation et la dégradation de la matière organique et se trouve sous différentes formes anorganiques. L'azote minéral est particulièrement menacé de lessivage pendant la période hivernale par le flux d'eau généralement orienté vers le bas.

3.7.2.1 Différentes cultures (D-Buggingen, 2003/05 / D-Heitersheim, 2004/05)

Des prélèvements du sol ont été réalisés du côté D à différentes périodes après la culture de protéagineux pour servir d'indication sur l'azote minéralisé par les résidus de récolte.

Des comparaisons entre cultures sont pour partie possibles car une part des essais a été réalisée sur des parcelles exploitées jusqu'alors de manière homogène.

Prise d'échantillons de sols et exploitation

Les échantillons ont été prélevés manuellement à la tarière et séparés suivant les horizons (0-30cm), (30-60cm) et (60-90cm). Dans certains cas, il a été impossible d'atteindre une profondeur >60cm. L'analyse concernait les teneurs en NO_3^- et NH_4^+ selon les méthodes standards. Les résultats présentés correspondent à l'azote total N_{\min} présent dans les deux fractions. Une estimation du lessivage potentiel en azote est réalisé à l'aide des relevés de précipitations.

Localisation des points de prélèvements

Différentes variantes ont été comparées dans les essais de désherbage du soja (écartements, semis sous couvert). Pour le lupin blanc, le pois et la féverole, une comparaison a été entreprise entre type hiver et printemps, toujours en restant au plus près des conditions de la pratique. Une condition nécessaire était de prélever en situation de développement correct

de la culture afin de recueillir des valeurs N_{min} représentatives. C'est pour cela qu'en 2004 toutes les cultures n'ont pas fait l'objet de prélèvements.

Pour une appréciation de la variabilité des valeurs, il a été constamment prélevé un échantillon sur deux répétitions pour un même traitement.

Le Tab. 47 montre un aperçu des variantes prélevées selon la culture et la date. D'autres informations au sujet des parcelles se trouvent au Chap. 3.2.

Tab. 47 : aperçu des variantes qui ont fait l'objet de prélèvements N_{min} du côté allemand

Parcelle	Date	Culture						
		Soja	Lupin blanc		Pois		Féverole	
			P	H	P	H	P	H
unterm Berg	04.09.2003	Parcelle producteur						
	14.10.2003	mélange (post labour)						
im Boden	29.09.2004		Amiga (semis tardif)			Lucy (semis précoce)	Aurelia (semis précoce)	Karl (semis précoce)
	25.10.2004							
	16.11.2004	Binage tardif caméline						
	18.02.2005	Binage tardif caméline	Amiga (semis tardif)			Lucy (semis précoce)	Aurelia (semis précoce)	Karl (semis précoce)
Schwarzer Kirschbaum	09.09.2005		Amiga (semis précoce)	Lumen (semis précoce)	Hardy (semis précoce)	Lucy (semis tardif)	Aurelia (semis précoce)	Karl (semis précoce)
Bienenmatt	11.10.2005	Parcelle producteur						

P = type printemps H = type hiver

3.7.2.2 Comparaison entre types hiver et printemps (F-Sausheim et Elsenheim, 2004)

Pour acquérir des références régionales sur les risques de lessivage d'azote après protéagineux et sur les quantités d'azote disponible pour les cultures suivant des protéagineux, nous avons réalisé des mesures de reliquats azotés sur chacun des essais protéagineux 2004.

De plus, les prélèvements ont été faits à la fois aux emplacements des variétés d'hiver et de celles de printemps, pour évaluer s'il existait des différences entre ces 2 types, sachant que les dates de récolte (et donc les durées de minéralisation avant l'hiver) sont différentes.

Localisation des prélèvements

Plus précisément, nous avons fait des prélèvements sur chacun des essais protéagineux 2003-04, sur les 2 communes d'Elsenheim et Sausheim :

- dans une zone par espèce et type de protéagineux (en pois, où il y avait la variété d'hiver Lucy et celle de printemps Hardy ; en féverole, où il y avait la variété d'hiver Karl ou Diva, et comme variété de printemps Divine ; en lupin, où il y avait la variété de printemps Amiga).

- et à 3 dates différentes : après la récolte, à l'entrée de l'hiver (fin novembre-début décembre) et à la sortie de l'hiver (mars).

Mode de prélèvements et d'analyses

Les prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés, suivant les possibilités, à l'aide d'une tarière ou du préleveur GEONOR MCL3, sur, si possible, les 3 horizons 0-30 cm, 30-60 cm et 60-90 cm.

Puis la teneur en reliquats azotés a été déterminée par un laboratoire sur chacun des échantillons.

La différence entre la quantité d'azote minéral présent à l'entrée de l'hiver et celle à la sortie donne une idée de la quantité d'azote probablement perdue par lessivage pendant l'hiver.

Caractéristiques des zones de prélèvement

Les essais pois, lupin et féverole d'une même commune ont été mis en place sur des parcelles distinctes, mais avec des caractéristiques de sols assez proches. La comparaison entre espèces est donc réalisable. A Elsenheim, des féveroles ont aussi été semées en démonstration sur la même parcelle que l'essai pois. La comparaison des reliquats après culture est donc fiable entre le pois et la féverole sur cette parcelle.

Cependant, les caractéristiques des sols sont bien différentes entre les deux communes : le taux de matière organique est notamment beaucoup plus élevé à Elsenheim, avec 4 ou 12 % contre 2 % environ à Sausheim (tableau ci-après).

Tab. 48 : Principales caractéristiques du sol et itinéraire cultural après récolte selon le site de prélèvement (essais lupin, féverole et pois, Elsenheim et Sausheim 2004)

Commune	Elsenheim			Sausheim		
Essais	Lupin	Féverole	Pois et Dem Fév H	Lupin	Féverole	Pois
Variétés	Amiga	Diva (H) Divine (P)	Lucy (H) Hardy (P) Karl (Fév H)	Amiga	Karl (H)	Lucy (H) Hardy (P)
Type de sol	Argile	Argile limoneuse		Limon argileux	Argile limono-sableuse	Limon argilo-sableux
% Argile	45,0	32,0		24,1	28,0	20,7
% Limon	30,0	44,1		59,9	49,4	40,2
% Sable	14,5	14,3		11,5	18,0	34,8
% MO	4,06	12,1		2,09	1,89	2,11
Nom du sol*	Ried noir calcaire			Sol limono-argilo-sableux hydromorphe sur alluvions de l'III	Sol de Hardt grise superficiel	
Profondeur*	60 cm			100 cm	60 cm	
Réserve Utile*	100 mm			120 mm	60 mm	
Risque de lessivage hivernal estimé ⁹	Elevé (43 %)			Moyen (26 %)	Très élevé (61 %)	
Date de récolte du protéagineux	03/09	10/08 ou 03/09	29/07	02/09	30/07	16/07 ou 30/07
Rendement (q/ha)	29	37 (H), 29 (P)	32 (H), 21 (P)	20	21	32 (H), 14 (P)
Travail du sol après récolte	Chisel + labour + rotoherse ou vibroculteur			Actisol (dents) le 16/09	Disques, Actisol, vibroculteur	2 x Actisol, puis vibroculteur
Culture suivante	Triticale-pois	Triticale-pois	Orge	Engrais vert d'avoine et phacélie	Blé	Triticale
Date de semis	Déb nov	Déb nov	Nov.	16/09	12/11	09/11

Source : Guides des sols d'Alsace (*) et analyses des sols

Légende : H = Hiver, P = Printemps, Dem Fév = Démonstration de féverole, Déb nov. = début novembre

D'après les données des guides des sols d'Alsace (ARAA, 1999 & 2004), le risque de lessivage hivernal estimé sur ces sols à partir du modèle de Burns est élevé à assez élevé, excepté sur la parcelle d'essai lupin à Sausheim.

A noter toutefois que, sur cette dernière, un engrais vert a été semé 2 semaines après la récolte et a donc couvert le sol pendant l'automne et l'hiver, l'agriculteur ayant décidé de semer une espèce de printemps. Cette culture intermédiaire a ensuite été retournée en mars, avant le prélèvement de sol de sortie d'hiver.

A l'opposé, sur les autres parcelles d'essai, le sol a été travaillé après la récolte (en moyenne 3 passages) et une culture de céréale d'hiver a été semée début novembre (tableau 48). Les techniques culturales dans ces zones ont été relativement homogène et le sol y est resté pratiquement nu de la récolte à la sortie de l'hiver, si bien que les comparaisons sont possibles.

⁹ D'après le modèle de BURNS (ARAA, 1999 & 2004) et à partir des caractéristiques pédo-climatiques de la zone.

4 Résultats et discussion

La synthèse d'une recherche bibliographique sur les thèmes spéciaux travaillés est présentée avant les résultats, d'un côté pour mieux pouvoir classer les résultats des essais aux champs et de l'autre côté afin de compléter les connaissances acquises par des informations importantes. Une discussion conclut à chaque fois les parties thématiques lutte contre les mauvaises herbes, variétés, types hiver et printemps, anthracnose du lupin et dynamique de l'azote. Une discussion élargie des résultats du projet a lieu à la fin.

4.1 Exploitation des références bibliographiques

La recherche concernant les techniques culturales générales des protéagineux permet une estimation de la transposition des résultats du projet sur d'autres sites et sous d'autres conditions climatiques. La problématique très complexe des exigences du lupin vis à vis du sol est décrite à travers les données bibliographiques. La valeur fourragère des différentes espèces ainsi que les performances économiques générales sont également abordées car ce sont des données qui ont une forte signification pour la pratique.

4.1.1 Techniques culturales

Régulation des mauvaises herbes dans les protéagineux biologiques

La rotation a une forte influence sur la flore et la pression en adventices, car pour chaque culture il existe des phases précises d'absence de couverture du sol et de travail du sol, pendant lesquelles les mauvaises herbes peuvent se développer. Ainsi, par exemple, lors de la production de soja ou de maïs, ce sont les mêmes espèces qui ont besoin de conditions chaudes et une période principale de germination en mai (par ex. les chénopodes blancs ou les renouées) qui se développeront (Dierauer et Stöppler-Zimmer, 1994). Cela pose naturellement un handicap pour la production du soja biologique dans la plaine du Rhin supérieur où le maïs est largement dominant. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de rechercher une plus forte part de cultures d'hiver dans les rotations.

Pour une même culture, il est possible d'avoir des effets sur la composition en mauvaises herbes par le choix de la date de semis. Mais il existe à ce niveau la plupart du temps un conflit entre l'atteinte du rendement maximum et l'enherbement minimal, car le développement des cultures dépend également d'autres facteurs que de la concurrence exercée par les mauvaises herbes (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994), ce qui fait que la date ne peut être utilisée que de manière limitée pour freiner la pression en adventices.

L'essentiel de la mise en place d'une bonne capacité de compétition se joue dès le semis. En particulier, il faut rechercher un lit de semences optimal (structure, humidité, température) qui favorise un développement juvénile rapide et la mise en place d'une végétation régulière. Des conflits peuvent là aussi s'observer. Ainsi, des écartements faibles conduisent à une couverture du sol plus facile et plus rapide mais ils limitent également les possibilités de lutte directe (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994).

La féverole est l'espèce protéagineuse la plus apte à la compétition avec les mauvaises herbes et peut être semée à des écartements de l'ordre de 30-40 cm afin de pouvoir biner. Les pois laissent en règle générale plus de lumière au sol. Les types feuillus qui couvrent le plus

le sol (pois fourrager) ne sont cultivés qu'en association à cause de leur forte sensibilité à la verse. Les types à demi feuillus (folioles remplacées par des vrilles) cultivés en culture pure peuvent être semés à des écartements de 12-18 cm mais ils ne peuvent alors être désherbés mécaniquement que par passage de herse étrille (on mise sur le pouvoir de compétition de la végétation). Il est aussi possible de semer les pois à plus de 20 cm d'écartement afin de pouvoir biner (stratégie de lutte directe). Chez les lupins, leur lent développement est un inconvénient (long stade rosette) si bien qu'ils doivent être binés. Des écartements de l'ordre de 18-35 cm sont conseillés (Herrmann u. Plakolm, 1991).

Le passage de herse étrille en aveugle avant la levée est en règle générale conseillé pour les protéagineux. Il faut faire attention aux espèces à la germination épigée telles les soja et lupin, car celles-ci doivent être semées superficiellement ce qui réduit la fenêtre d'intervention en pré-levée, et elles pourraient être endommagées au stade cotylédons émergents par l'arrachage des plantules.

Le passage de la herse étrille peut être plus agressif que pour les céréales, surtout aux stades précoces (toutefois à partir du moment où les plantes ont environ 5 cm de haut), car les plantes sont bien enracinées et peuvent compenser d'éventuels dégâts. Au fur et à mesure du développement en hauteur, il faut intervenir prudemment car les tiges peuvent être cassées et s'affaisser. A partir de 20 cm de haut, il ne faudrait plus intervenir. De plus, chez les pois, il n'est plus possible d'intervenir après que les plantes ne se relient entre rangs par les vrilles (Herrmann u. Plakolm, 1991).

Le recours au binage est la plupart du temps intéressant à l'exception des sols très légers. L'intervention sert à la lutte contre les adventices mais de plus à l'aération et à l'assouplissement du sol. La combinaison de l'étrillage et du binage montre dans la plupart des cas une meilleure efficacité que l'usage d'un seul type d'outil. En plus du choix du matériel, sa bonne utilisation et la date d'intervention ont un effet important.

Pour des raisons de coûts élevés, le désherbage thermique (par brûlage) n'est essentiellement employé que dans les cultures de légumes, pour lesquelles le désherbage manuel encore plus coûteux peut être réduit. La fenêtre d'intervention optimale est très réduite (au mieux un jour avant la levée de la culture) et l'efficacité sélective. Ainsi, le chardon des champs repousse à nouveau et la renouée liseron n'est détruite qu'au stade cotylédons, le chénopode blanc étant pour sa part bien contrôlé jusqu'au stade 4 feuilles.

Les semis sous couvert peuvent concurrencer les adventices et être plus facile à réguler tout en ayant des effets secondaires positifs (protection du sol, développement d'auxiliaires favorisés). En revanche ils occasionnent des coûts pour les semences et le travail du sol nécessaire à leur installation. De plus, les semis sous couvert peuvent échouer par carence en eau ou en lumière ou au contraire concurrencer la culture de manière inattendue ce qui fait qu'en cas d'incertitude il est préférable de s'abstenir (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994).

Résistance au froid des différents protéagineux d'hiver

Le pois d'hiver est le protéagineux le plus résistant au froid. Mais le seuil de résistance des protéagineux varie selon le stade de la plante : la féverole et le pois sont les plus résistants avant le stade Initiation Florale, alors que le lupin, lui, devient plus résistant après ce stade (tableau ci-après). Il est donc nécessaire de semer le lupin d'hiver le plus tôt possible, dès septembre.

Tab. 49 : Seuils de résistance au froid des différents protéagineux d'hiver selon le stade et l'appareil considéré (Source : CHAILLET I, Arvalis, données actualisées au 02/12/03)

Espèce	Stade	Collet + Appareil racinaire	Appareil aérien
Pois (Cheyenne)	Semis - levée		-10°C
	Levée - IF (5-6 feuilles)		-15°C
	Après IF = Initiation Florale		-5°C
Féverole (Karl)	Semis - levée	-12,5°C	-10°C
	Levée - 2-3 feuilles	-12,5°C	-5°C
	2-3 feuilles - IF (6-7 feuilles)	-12,5°C	-12°C
	Après IF = Initiation Florale	-12,5°C	-5°C
Lupin (Luxe)	Semis - IF (6-7 feuilles)	-5°C	-5°C
	Après IF = Initiation Florale	-12°C	-20°C

4.1.2 Associations céréales-protéagineux

Qu'est-ce qu'une association ?

Il s'agit d'une culture simultanée d'une ou plusieurs espèces de céréales avec une ou plusieurs espèces de légumineuses dans le but d'en récolter les graines. Les céréales généralement utilisées dans les associations sont l'avoine, l'orge, le seigle et le triticale, qui ont l'avantage de posséder des pailles hautes et rigides servant de tuteurs au pois. Ce dernier est la légumineuse la plus employée dans ces associations. Quelques mélanges sont réalisés avec de la vesce ou de la féverole. (BORDENAVE, 2002 ; SCHAUB).

De multiples intérêts à la culture en associations (ITAB, 2003 ; BORDENAVE, 2002)

Une bonne compétitivité vis-à-vis des adventices, en raison :

- de la couverture rapide du sol,
- d'une bonne exploration des ressources du sol par l'association d'espèces (ressources qui sont donc moins disponibles pour les adventices),

Une meilleure résistance aux maladies, via 3 mécanismes,

- un effet barrière : les plantes d'espèces différentes (et donc de sensibilités variables) jouent un rôle d'écran physique pour les agents contaminants,
- un effet de dispersion : une moindre densité pour une culture donnée, d'où une moindre sensibilité,
- un effet de prémunition : les spores d'une plante malade ne peuvent contaminer les plantes d'espèces différentes, mais induisent des réactions de défense de ces plantes.

Une moindre exigence en terme de fertilisation azotée, en raison de la fixation de l'azote atmosphérique par le protéagineux. Cette fixation semblerait de plus améliorée dans les associations. En effet, les céréales prélèvent plus efficacement l'azote du sol que les légumineuses. L'azote du sol est ainsi moins disponible pour celles-ci, qui sont contraintes à fixer davantage l'azote de l'air.

Les associations céréales-protéagineux sont donc de bonnes cultures de fin de rotation (faibles exigences nutritionnelles et bonne résistance aux maladies et aux adventices).

Une limitation de la verse de la légumineuse : les céréales servent de tuteur au pois (à condition de réaliser des mélanges adaptés, avec une faible proportion de pois fourrager par exemple).

Une amélioration de la structure du sol, en raison :

- d'une biomasse racinaire importante et variée,
- d'une excellente colonisation racinaire du sol (profils racinaires variés) induisant une amélioration de la structure et de l'activité biologique du sol,
- de résidus de culture équilibrés en azote et en carbone entraînant une bonne minéralisation et la constitution d'un humus équilibré.

De meilleurs rendements des associations par rapport aux cultures en pur, en raison :

- du fonctionnement complémentaire des espèces vis-à-vis des facteurs de croissance (lumière, eau, azote), avec un effet de synergie,
- d'une moindre compétition entre plantes d'espèces différentes qu'entre plantes d'une même espèce,
- d'une moindre compétition avec les adventices, celles-ci étant globalement moins présentes.

Des rendements réguliers d'une année sur l'autre, en raison :

- d'une moindre dépendance vis-à-vis des facteurs de croissance,
- des effets de compensation :
- entre espèces : suivant les climats et les sols, une céréale peut prendre le dessus une année et le pois l'année suivante,
- au sein d'une même espèce : une plante malade se développe moins ou meurt ; la plante voisine, saine, a un potentiel de croissance accru (meilleure disponibilité de lumière, eau, azote).

Mais en corollaire, on ne maîtrise pas la proportion céréales/protéagineux du produit récolté.

Un aliment apportant énergie et protéines

Le produit de l'association constitue une nourriture plus équilibrée pour le bétail qu'une céréale seule ou un protéagineux seul (énergie issue de la céréale et protéines issues du protéagineux). Il s'agit de plus d'une source de protéines bon marché.

Quelles associations cultiver ? (ITAB, 2003 ; BORDENAVE, 2002 ; SCHAUB)

Critères à prendre en compte

Les espèces associées doivent être compatibles entre elles et adaptées à la valorisation souhaitée par l'agriculteur et aux conditions de production (sol, climat, précédent et état de salissement de la parcelle, autres contraintes comme la récolte, la date de semis...).

Pour choisir les espèces et variétés de l'association, il faut veiller à ce que concordent :

- les périodes de maturité (pour des dates de semis équivalentes),

- les vitesses de croissance, la taille à floraison et la hauteur de paille, pour éviter l'étouffement d'une ou plusieurs espèces par les autres.

Il faut aussi veiller à la résistance à la verse des céréales, qui servent de tuteur au pois.

Quelles espèces sont compatibles entre elles et en quelles proportions ?

En terme de précocité, les céréales et protéagineux principaux peuvent être séparés en deux groupes, d'où 2 catégories d'associations possibles :

- les précoces : Orge – Seigle – Blé / Pois protéagineux,
- les tardifs : Triticale – Avoine / Féverole – Pois fourrager.

Un petit décalage de maturité entre espèces est possible si l'espèce la plus précoce est peu sensible à l'égrenage.

Les proportions céréales – protéagineux au semis ne doivent pas être définies par celles attendues à la récolte, car elles peuvent varier très fortement entre le semis et la récolte, notamment selon les conditions climatiques. Plus l'année est pluvieuse, plus elle est favorable au protéagineux au détriment des céréales, et inversement.

Les proportions de chaque espèce au semis sont plutôt à moduler en fonction :

- de l'adaptation des espèces au milieu (au sol notamment),
- des besoins de chaque espèce (en terme de lumière par exemple pour la féverole),
- des dates de semis : un semis trop tardif risque de pénaliser le pois et d'accentuer le décalage de maturité entre le pois et la (les) céréale(s). A l'inverse, si l'on sème tôt, on favorise le développement du pois, il convient donc de diminuer sa proportion dans l'association.
- de la plus grande concurrence et « agressivité » de certaines espèces par rapport à d'autres (telles que l'avoine, le triticale ou le seigle par rapport au blé ou l'orge). Il faut donc limiter leur proportion au semis pour éviter qu'elles n'étouffent les autres.
- du précédent : la céréale est favorisée si le précédent a laissé un fort reliquat azoté (comme après une prairie).

Il est généralement conseillé, dans les associations comportant du pois fourrager ou de la vesce, de mettre 15 % de légumineuses, sur un total de 200 kg/ha environ (soit 25-30 kg/ha pour le pois fourrager). Au delà il y a risque de verse. Pour la féverole, la proportion pourrait atteindre 45 % de la quantité totale de l'association.

Quelles espèces introduire selon la situation et la valorisation ?

Selon la valorisation (vente / auto-consommation)

En cas de vente, il est préférable de se limiter à une association binaire (une céréale + un protéagineux), plus facile à trier. D'autre part, le blé et l'orge sont les céréales les plus recherchées.

Pour l'autoconsommation, il est conseillé d'associer au moins 3 espèces pour augmenter les synergies inter-espèces et diversifier les nutriments dans la ration.

Selon les animaux à nourrir (CORNEC, 2003)

Pour les poules pondeuses, il faut éviter les variétés de féverole contenant de la vicine-convicine.

Pour les porcs et volailles de chair, toutes les variétés de pois ou de féverole peuvent être employées. Mais les variétés sans tanins sont à privilégier, c'est-à-dire les variétés de pois protéagineux et de féverole blanche, car elles présentent des teneurs plus élevées en protéines et de meilleures digestibilités.

Pour les ruminants, toutes les espèces de protéagineux sont possibles.

Selon les conditions de culture

Le blé est moins rustique, plus exigeant en eau et moins compétitif vis-à-vis des adventices, mais plus productif que les céréales telles que le triticale, l'avoine, le seigle ou l'orge.

L'avoine peut être cultivée en sols humides, ressuyant mal, l'orge en sols calcaires et profonds, le seigle en sols superficiels et acides.

Le triticale est haut, assez résistant à la verse, étouffant et limite bien le développement des adventices. De plus, il a un bon rendement en paille.

L'avoine, par une couverture rapide du sol, limite bien le développement des adventices, (mais aussi celui du pois, il faut donc adapter la densité de semis).

Le seigle a une bonne tenue de tige et produit beaucoup de paille.

Comment semer les associations ? (ITAB, 2003 ; BORDENAVE, 2002 ; SCHAUB)

Les semences sont en général mélangées avant d'être mises dans le semoir à céréales (par exemple à l'aide d'une bétonnière). Lors du semis, il faut veiller à mélanger régulièrement les graines à l'intérieur de la trémie, pour assurer une répartition homogène des espèces. La profondeur de semis est de 3-4 cm : c'est un compromis entre celle des céréales et celle des protéagineux.

Pour les associations avec de la féverole, le semis peut être réalisé en une fois, mais la graine étant plus lourde, elle tombe au fond du semoir et passe difficilement dans les ergots du semoir à céréales. De plus, elle doit être semée à 7-8 cm de profondeur. Donc il est préférable de la semer en deux temps.

Conclusion

La culture d'associations céréales-protéagineux a de nombreux atouts. Ces associations sont plus compétitives vis-à-vis des adventices et plus résistantes aux maladies et ravageurs. Par un effet de synergie et de compensation, leur rendement est souvent plus important et plus régulier que la culture en pur de chaque espèce.

Mais il faut bien choisir les espèces associées et les proportions au semis en fonction de la situation et de la valorisation souhaitée. D'autre part, à la récolte, les proportions de chaque espèce peuvent être très variables selon les conditions climatiques de l'année.

La légumineuse la plus fréquente dans les associations est le pois fourrager. Les associations à base de pois protéagineux sont moins courantes. Des recherches sont en cours pour identifier les proportions permettant un bon équilibre céréales-pois protéagineux, mais elles n'ont pas encore permis, à ce jour, de déterminer des proportions optimales céréales et pois protéagineux.

4.1.3 Exigences des différentes espèces de lupins vis à vis du sol

Selon les sources bibliographiques, les lupins jaunes, blancs et bleus, cultivés en agriculture (*Lupinus luteus*, *L. albus* et *L. angustifolius*) nécessitent des sols à pH inférieurs à 7. Dans les publications, la culture de lupin jaune n'est conseillée que dans des sols au pH inférieur à 6 et celles de lupin bleu et blanc ne sont recommandées que dans des sols au pH inférieur à 6,8 (source : « Gesellschaft zur Förderung der Lupine », 2003). Pour ce qui concerne le lupin blanc, les données issues des enquêtes auprès d'exploitations en Suisse ont montré que

cette espèce pouvait être cultivée sur des sols dotés de PH allant jusqu'à 7,7 (déterminé par la méthode CO₂) sans chlorose et avec des rendements intéressants.

La préférence des lupins pour les sols acides est connue depuis longtemps, et différents rapports scientifiques concernent cette thématique depuis déjà le début du 20^{ème} siècle.

La cause avancée des chloroses observées lors de cultures sur des sols alcalins a été avant tout l'alimentation trop réduite en fer (Parsche 1940). Des travaux plus récents montrent toutefois que d'autres raisons peuvent être responsables des chloroses des lupins.

Ci-après sont résumés les principaux résultats des travaux de recherche sur les exigences du lupin vis à vis du sol. Comme les lupins blanc et bleu sont des espèces différentes, dotées d'exigences différentes, les publications correspondantes sont séparées.

Les exigences du lupin vis à vis du sol se rassemblent selon différentes parties :

1. Les lupins peuvent grâce à *Bradyrhizobium*-Bakterien fixer l'azote atmosphérique. Une forte activité de cette bactérie est fondamentale pour une croissance optimale de la culture. Cette activité est dépendante des conditions du sol.
2. Les lupins blancs fabriquent en cas de carence en fer ou phosphate au contraire des lupins bleus une racine protoïde. A l'aide de ces racines, ils peuvent absorber plus de fer ou de phosphate.
3. Le pH du sol est déterminé par le système de neutralisation du sol et dépend fortement de la teneur en calcaire du sol. Le pH a une influence sur la disponibilité en éléments nutritifs.

Tous ces facteurs sont à côté des conditions climatiques décisifs pour la croissance du lupin. Dans les sous chapitres suivants, les principaux éléments et résultats de recherche sont résumés et les principales connaissances synthétisées.

4.1.3.1 Système de neutralisation du carbone

L'acidification du sol peut avoir plusieurs origines (Gisi *et al.* 1997) :

Pluies acides (H₂CO₃, HCl, HNO₃, H₂SO₄)

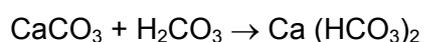
Engrais acidifiants (Ammoniumsulfat, Superphosphat)

Apports de matières humiques acides issues des horizons de surface du sol

Processus interne au sol : respiration, absorption de cations, humification, oxydation. Lors de la respiration, le dioxyde de carbone libéré réagit avec l'eau :

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$

Une acidification du sol se produit seulement si la capacité de neutralisation du sol est saturée (il ne peut plus faire tampon). Aussi longtemps que du calcaire (CaCO₃) est présent dans le sol, le pH ne descend pas en dessous de 7. La Base CO₃²⁻ capture les protons. Le système peut être décrit de manière simplifiée comme suit :



4.1.3.2 Bactéries des nodosités racinaires

Les lupins développent une symbiose avec les bactéries *Bradyrhizobium lupini*. Ainsi, l'azote atmosphérique (N₂) est transformé en ammonium (NH₄⁺) dans les nodosités racinaires. Les

bactéries mettent à disposition leur enzyme complexe Nitrogenase instable à l'oxygène et réductrice de l'azote et les gènes qui codent ce complexe. La plante apporte de son côté l'énergie nécessaire (ATP), le système Ferredoxin de réduction et de transport des électrons, l'enzyme Leghämoglobin qui relie les oxygènes ainsi que les hydrates de carbones pour la fabrication des acides aminés (Gisi *et al.* 1997).

Dans les sols mal pourvus en azote, une bonne activité des bactéries des nodosités est importante pour une bonne croissance de la culture et une bonne productivité. Une étude de Raza *et al.* (2001) a été consacrée à la réaction de différentes souches de *Rhizobium* dans différentes solutions. Les souches étaient originaires de différents sites en Egypte. Les solutions nutritives ont été composées avec des teneurs croissantes en NaCl (1-8 % w/v), pH (4-10), CaCO₃ (1-10% w/v) ainsi que 12 antibiotiques. Toutes les souches ont survécu sous des conditions alcalines comme acides et des teneurs en calcaire jusqu'à 10% dans les supports nutritifs. Des différences ont été mises en évidence pour des teneurs croissantes en NaCl. Une part des souches ont nettement mieux survécu dans de fortes concentrations NaCl que le reste.

Un travail de Abd-Alla (1999) a montré que des souches de *Bradyrhizobium lupini* se distinguaient au niveau de leur capacité à fixer le fer en milieu alcalin.

4.1.3.3 Exigences du lupin blanc vis à vis du sol

La partie ci-dessous donne un aperçu des travaux réalisés sur le lupin blanc. Ils ont permis de préciser les exigences des lupins vis à vis du pH, les teneurs en bicarbonate et les types de sol.

Les lupins blancs placés en situation de fortes teneurs en phosphate ou en fer fabriquent une racine appelée **racine proteoïde** (photo 3). Ces racines proteoïdes (encore appelées « clusters » : grappe) sont connues pour plusieurs espèces et habitats.

Hagstrom *et al.* (2001) décrivent dans leur travail la morphologie, la structure et la physiologie de cette forme spéciale de racines. Watt et Evans (1999) ont aussi étudié la physiologie et le développement de cette racine proteoïde.

Peiter *et al.* (2001a) ont démontré dans leurs travaux que des élévations de pH et (7.7) et des apports de tampon organique ou anorganique (MES et TES¹⁰ ou selon le cas de bicarbonate (HCO₃⁻)) favorisaient grandement le développement de la racine proteoïde. Des pH plus élevés, tamponné ou non, induisent la formation de ce type de racine. Dans une solution tampon dotée d'un pH élevé, la taille des « clusters » a grandi. La longueur de la racine a été au contraire influencée négativement.

L'effet d'une terre calcaire sur la croissance des racines du lupin blanc a été étudié par Kerley (2000) sur des plantes en pots. Après 75 jours, le poids du pivot et des racines latérales

Photo 3 : racine proteoïde du Lupin blanc dans une solution sans phosphate (C) et avec 0.5 mM P (D) (Watt et Evans, 1999)



¹⁰ MES + TES: acide 2-(N-morpholino)ethanesulfonic + acide N-tris(hydroxyméthyl)méthyl-2-aminoethanesulfonic

des plantes était significativement plus faible avec de la terre calcaire (2.5% CaCO₃ w/w) que celui des plantes en terre doté d'un pH neutre. Toutefois, le poids sec et le nombre de racines protoides étaient identiques dans les deux cas. L'essai a montré que les racines protéïdes ne diminuaient pas avec l'augmentation de la teneur en calcaire. Dans de la terre au pH neutre, la proportion de racines protéïdes a atteint 17% du poids total en racines alors qu'en terre calcaire elle est montée au delà de 30%. Les teneurs en phosphore et en magnésium des plantes poussées en terre calcaire étaient à la fin de l'expérimentation significativement plus faibles que celles poussées dans une terre au pH neutre.

Les chloroses calciques chez les lupins se traduisent de manière typique chez le lupin par une **coloration jaune des feuilles**. Kerley et Huyghe (2001) ont montré cependant que cette coloration est un indicateur inadapté pour la sensibilité au calcaire. Pour le tri de la tolérance au calcaire, la mesure électronique de la chlorophylle est plus appropriée.

Afin d'étudier la réaction de lupins blancs dans des sols acides décalcifiés ou des sols alcalins, 12 génotypes de lupin blanc ont été cultivés en serre (Liu und Tang, 1999a). Les études ont montré que les **chloroses** ne sont pas un indicateur fiable pour une sélection de génotypes tolérants, car l'importance de la chlorose n'est pas corrélée avec la croissance. Les résultats obtenus en serre n'ont pas pu être confirmés par des travaux à l'extérieur avec des plantes cultivées en sol alcalin. Il convient donc de conclure, qu'à côté de l'alcalinité du sol, d'autres facteurs exercent une influence sur la croissance des lupins.

Les symptômes de chlorose foliaire peuvent aussi indiquer une carence en **zinc**. C'est pourquoi Liu et Tang (1999b) ont étudié l'effet du Zinc sur le lupin dans des sols à différentes valeurs de pH. Les expérimentations ont montré que le pH du sol avait un effet plus conséquent sur la croissance des racines des plantes que l'alimentation en zinc.

Peiter *et al.* (2001b) ont montré que le bicarbonate (HCO₃⁻) était un facteur clé des freins à la croissance des lupins en sols calcaires. La concentration en citrate dans les racines des lupins jaunes sensibles a augmenté pour des pH élevés et ceci n'a pas été observé chez les autres types de lupins.

Kerley et Huyghe (2002) ont étudié l'influence du **pH, du bicarbonate et du calcium** sur la croissance de lupins blancs en solutions. Les travaux ont montré que chacun des facteurs de stress a provoqué des réactions spécifiques. Le bicarbonate (5 mM) a eu l'effet le plus important, les variétés intolérantes ont montré une baisse de la MS des pousses et une augmentation du taux de mortalité des racines principales. Le bicarbonate a de plus réduit le nombre et la densité de racines latérales déterminées mais pas des indéterminées. Le calcium (3 mM) a provoqué des dégâts sur toutes les parties des racines, un raccourcissement des racines principales, mais aucune mortalité de celles-ci. Le nombre et la densité de racines latérales ainsi que la longueur des racines indéterminées ont été également réduits. Le milieu alcalin (pH 7.5) a eu pour effet de réduire le nombre et la densité de racines latérales en comparaison d'un milieu au pH 6.5. Les expérimentations ont montré qu'une tolérance renforcée à un sol alcalin pourrait avoir pour effet une tolérance à un ou plusieurs de ces facteurs de stress.

En 1997, une étude a été conduite en Angleterre sur la **tolérance** de différentes variétés de lupin blanc et de lignées vis à vis des **sols calcaires** (Kerley *et al.* 2001). La variété Lucyanne était très intolérante et comparable au lupin bleu, les génotypes La 673, 668 et 675 de lupin blanc se sont montrés au contraire assez tolérants. Un mécanisme possible pour le

contrôle de cette tolérance pourrait être des absorptions en calcium ou en fer. Une méthode adaptée n'a pas pu être déterminée afin de distinguer les lignées potentiellement tolérantes de celles sensibles.

Les variétés européennes de lupin blanc poussent très mal sur des **sols calcaires**. Des génotypes égyptiens ont montré au contraire aucun signe de stress sur des sols très calcaires. Différentes variétés européennes et des origines égyptiennes ont été comparées dans un essai sur des sols calcaire et neutre (Kerley *et al.* 2002). Les variétés européennes ont montré des symptômes de chlorose sur le sol calcaire en raison d'une réduction de l'absorption nette en- CO_2 . Les variétés égyptiennes au contraire n'ont laissé percevoir aucune différence entre les deux sols. Les variétés égyptiennes au contraire n'ont laissé percevoir aucune différence entre les deux sols.

4.1.3.4 Exigences du lupin bleu vis à vis du sol

Les lupins doux bleus ne sont cultivés en Europe que depuis les années 90. Au contraire, en Australie, on ne cultive exclusivement que des lupins bleus et depuis plus longtemps. C'est vraisemblablement pourquoi les publications scientifiques sur les lupins bleus et leurs exigences vis à des sols sont essentiellement d'origine australienne. Un aperçu est donc donné par la suite sur les publications australiennes sur ces questions. Dans les essais présentés, les variétés utilisées étaient australiennes, lesquelles ne sont pas cultivées en Europe.

Une étude de Tang *et al.* (1993a) a concerné la croissance du lupin bleu pour différentes valeurs de pH de solutions nutritives. Dans l'expérimentation, des plantes de la variété australienne Yandee ont été transférées d'une solution nutritive au pH 5,2 dans une autre au pH 7,5. Après 12 jours, le poids des racines, la longueur de la racine principale et des racines secondaires ainsi que le nombre de racines secondaire étaient significativement réduits dans la solution basique.

Dans une autre étude australienne (Tang *et al.*, 1992) il a été démontré que le **pH-optimum** pour la croissance racinaire de la variété Yandee se situait entre 5 et 5.5.

La croissance de la partie aérienne n'a pas été influencée. Dans une autre publication de Tang *et al.* (1993b) il a été démontré que la réduction de la croissance racinaire en présence d'une **élévation du pH** débutait en moins d'une heure. Ce processus est dû à une moindre élongation des cellules et non à une plus faible division cellulaire et s'avère réversible. La perméabilité à K^+ et Na^+ de la membrane plasma des cellules du tissu cortical des racines s'est avérée pour le lupin aussi forte pour une solution nutritive au pH élevé que dans celles à un pH faible.

Tang et Robson (1993a) ont aussi étudié les effets d'une élévation du pH sur la **formation des nodosités**. Ils ont pu montrer que pour des valeurs de pH supérieures à 6, la masse des nodosités du lupin bleu était réduite. Ce phénomène est intervenu avant que la croissance aérienne soit freinée. Un pH élevé a diminué la teneur en azote des plantes. La croissance des racines et de la végétation ont été également considérablement perturbées par un fort pH. La longueur totale des racines, le nombre de racines axiales et leurs longueurs ont été nettement réduites pour une solution au pH élevé. Il s'en est produit une fixation moindre de fer et de phosphore.

Dans une étude de Tang et Robson (1995), le lupin bleu Gungurru a été cultivé sur une argile alcaline, un limon acide et un limon acide calcaire avec et sans apport de **Bradyrhizo-**

bium. Sur le sol alcalin, en l'absence d'inoculation, les plantes ont montré une plus faible nodulation et une plus faible concentration d'azote dans le feuillage le nombre de nodosités était moindre que pour les sols acides. Aucun effet significatif d'un apport de calcaire n'a pu être démontré sur la croissance et la formation de nodosités.

Une expérimentation de Brand *et al.* (1999) s'est intéressé à la croissance de la variété de lupin bleu Gungurru dans des sols de différentes valeurs de pH (7.0-9.6), teneur de limon (3-82%) et teneur de carbonate de calcium (0-47%). A la fin de l'étude après 7 semaines, la chlorose était corrélé négativement avec le poids sec de pousse végétative. La teneur en **carbonate de calcium** du sol était l'élément le mieux corrélé avec l'importance de la chlorose. Le poids sec a été aussi influencé par la combinaison des facteurs teneur en limon, pH et teneur en CaCO₃.

Tang *et al.* (1995) ont étudié en serres l'influence de fortes teneurs en **calcium** sur la croissance de la variété de lupin bleu Gungurru. Des apports de CaCO₃ ont relevé le pH de la solution du sol et ont réduit la croissance racinaire et végétative ainsi que la teneur en chlorophylle dans les jeunes feuilles formées ensuite. Cet effet est intervenu de manière indépendante que les plantes fixent leur azote ou qu'elles soient fertilisées avec de l'azote. Les études laissent supposer qu'un pH élevé est la raison principale de la mauvaise croissance du lupin bleu sur des sols alcalins. La teneur en Ca ou une plus forte pression en ions semble être un facteur moins important.

Un autre travail de Tang et Robson (1993b) a concerné la question des besoins en **fer** de différents types de lupin. Les expérimentations ont montré que *Lupinus pilosus* réagissait de la manière la plus tolérante aux faibles teneurs en fer de la solution nutritive, *L. luteus* était la plus sensible, *L. angustifolius* était intermédiaire. Les résultats laissent envisager que les types de lupin tolérants au fer s'en tirent mieux avec de faibles teneurs de fer aussi bien dans la zone d'alimentation que dans la plante. De plus elles semblent posséder une meilleure capacité à transporter le fer des racines vers la végétation

Peiter *et al.* (2000) ont montré qu'un déséquilibre des éléments nutritifs **magnésium** et **fer** n'était pas la raison principale d'une mauvaise croissance sur des sols calcaires des stades juvéniles des lupins bleu, blanc ou jaune.

Afin d'estimer la **variabilité génétique** des lupins bleus vis à vis de leurs exigences pour le pH du sol, des génotypes issus de 15 sites différents de régions méditerranéennes ont été collectés. Ceux-ci ont été ensuite cultivés sur un sol limoneux-argileux sableux alcalin de l'ouest de l'Australie (Cowling et Clements 1993). Les plantes âgées de 5 semaines ont montré des symptômes de chlorose, qui n'étaient pas corrélés avec le pH du site de l'origine mais avec l'altitude de la provenance. Les plantes avec les chloroses les plus sévères étaient originaires des sites les plus en altitude. Ces plantes ont montré une moindre matière fraîche en racines et en végétation ainsi que des teneurs réduites en fer, potassium et magnésium. Les teneurs en zinc, phosphate et sélénium étaient en comparaison plus élevées que celles des génotypes tolérants. Le pH du sol originel de la variété ne s'est donc pas avéré comme un indicateur approprié pour trouver des génotypes tolérants au pH. Il a été toutefois possible de mettre en évidence une large gamme de tolérance à l'alcalinité des sols à l'intérieur des génotypes testés.

Un autre travail réalisé quelques années plus tard a abouti aux mêmes résultats. Plusieurs génotypes sauvages de *L. angustifolius* originaires de sols au pH compris entre 4,2 et 9 ont été collectés.

Ces génotypes ont été cultivés pendant 22 jours dans une solution nutritive au pH 7 (Tang et Robson 1998). L'expérimentation a montré que la tolérance (évaluée au niveau de la croissance et de la formation des nodosités) avec un pH 7 n'était pas lié au pH du sol originel de la variété. Quelques uns des génotypes sauvages ont montré une meilleure tolérance au pH 7 que les variétés australiennes connues de lupin bleu. Le pH du sol de provenance de la variété n'est donc pas un bon indicateur de la tolérance au pH du génotype

Tang *et al.* (1996) ont mis au point une méthode pour aider à trouver des génotypes de lupin bleu plus tolérants aux sols alcalins. Pour ce faire, les lupins ont été cultivés dans une solution dotée d'un pH élevé mais avec des variations de concentrations en bicarbonates et en tampons. Pour un **screening** ciblé sur la croissance racinaire, une solution nutritive au pH 7 et un tampon de 1 mmol MES/L¹¹ et 1 mm TES/L¹² (ainsi que 10 mmol CaCl₂/L) s'est dégagée comme la plus adaptée.

Pour un screening basé sur le poids racinaire, une solution de 5 mmol de bicarbonate/L et un pH de 8.7 est bien appropriée.

Afin d'étudier la **variabilité génétique** des lupins pour ce qui concerne leur **tolérance au calcaire**, 13 génotypes différents de lupin ont été étudiés sur un sol limoneux alcalin et acide (Tang *et al.*, 1993c). Le test a concerné aussi bien des variétés cultivées que des types sauvages. Bien que les plantes n'aient pas montré de chloroses il a été constaté une grande variabilité du poids de la partie aérienne. La tolérance aux conditions alcalines s'est montrée décroissante dans l'ordre suivant : *L. atlanticus* < *L. pilosus* < *L. cosentinii* < *L. albus* < *L. angustifolius*. Tous les génotypes au sein du type lupin bleu n'ont pas montré la même sensibilité. Pour les plantes cultivées sur le sol alcalin, il a été trouvée une bonne corrélation entre la croissance racinaire mesurée à la deuxième semaine et celle de la douzième semaine. Les résultats ont montré clairement que la croissance racinaire des jeunes plantes est un critère de jugement possible pour un screening à la tolérance au calcaire.

Les **systèmes racinaires** des différents types de lupins varient considérablement. Les lupins bleus ont montré une situation extrême au sein de douze types de lupins étudiés (Clements *et al.* 1993). Le lupin bleu montre un pivot racinaire dominant et un nombre assez important de racines secondaires de premier ordre mais peu de racines secondaires de second ordre. Le système racinaire est ainsi moins ramifié que celui par exemple du lupin blanc. Le système racinaire faiblement ramifié et les racines relativement épaisses du lupin bleu pourraient expliquer pourquoi ce type pousse difficilement en Australie dans des sols à la texture fine.

4.1.3.5 Résumé / Perspectives

Il existe quelques publications sur les exigences vis à vis du sol tant du lupin blanc que du lupin bleu. Mais les essais ont été la plupart du temps conduits en solutions nutritives ou

¹¹ MES: 2-(N-morpholino)ethanesulfonic-Säure

¹² TES: N-tris(hydroxymethyl)methyl-2-aminoethanesulfonic-Säure

dans des pots individuels. Les plantes n'ont pas été étudiées jusqu' à la formation des graines et les plantes n'avaient pas été inoculées par *Bradyrhizobium*.

L'interprétation des travaux scientifiques n'est pas aisée car le système sol-lupin- *Bradyrhizobium* est très complexe. Les facteurs qui semblent importants pour la croissance des lupins sont les suivants :

La teneur en bicarbonate (CaCO_3) du sol semble être un des facteurs décisifs

le pH n'est pas le facteur le plus important pour les chloroses

le lupin bleu supporte mieux les sols au pH élevé que le lupin blanc

il existe au sein du panel de variétés vraisemblablement une différence des niveaux d'exigences vis à vis du sol. Chez le lupin blanc, des lignées tolérantes au calcaire ont été trouvées. Pour le lupin bleu, aucun travail n'a été conduit avec des variétés produites en Europe occidentale.

une mauvaise croissance sur des sols alcalins est à rapporter avant tout une croissance réduite des racines.

Avec un pH supérieur à 6, la formation des nodosités a été réduite chez le lupin bleu. L'optimum pour la croissance racinaire de la variété australienne Yandee sans *Bradyrhizobium* a été située pour un pH de 5 à 5.5.

Les symptômes de chlorose ne sont pas un bon indicateur de tolérance au pH, car elle n'est pas toujours corrélée avec la croissance des racines.

une méthode de „screening“ de la tolérance aux sols alcalins a été décrite pour le lupin bleu

les lupins blancs peuvent au contraire des lupins bleus en situation de carence en fer ou en phosphate former des racines (racines protoïdes). L'alimentation en ces éléments est alors assurée..

Pour la découverte de variétés tolérantes au calcaire chez le lupin blanc ou bleu il conviendrait de répondre aux questions suivantes :

quelles teneurs en bicarbonate (Lupin blanc) ou en carbonate de calcium (Lupin bleu) sont encore tolérées des lupins ?

avec quelles pertes de rendement doit-on compter pour une culture de lupin sur un sol inadapté ?

les variétés européennes commercialisées se distinguent-elles entre elles pour ce qui est de leur tolérance au bicarbonate, et y a-t-il des variétés adaptées aux sols alcalins ?

Une meilleure connaissance du système complexe sol-lupin-*Bradyrhizobium* est nécessaire pour répondre à ces questions, et pour pouvoir mettre en place des essais adéquats.

4.1.4 Dynamique de l'azote après protéagineux

Après récolte

Les protéagineux sont des légumineuses : ils fixent donc l'azote atmosphérique de l'air, et sont susceptibles de laisser des reliquats azotés dans le sol.

Pour le pois, à la récolte, la plupart des références font état d'un supplément de 10 à 30 kg N/ha, comparé à une céréale - la quantité d'azote minéral présent dans le sol étant toutefois très variable entre parcelles ou entre années - (LAURENT et al, 1998). Ce supplément s'explique pour partie par la faible profondeur et densité d'enracinement (d'où des horizons profonds plus riches) ainsi que le dépôt dans le sol de composés organiques riches en azote.

Puis il y a minéralisation des matières organiques du sol, qui concerne en particulier les résidus de culture et l'azote rhizodéposé. Ils sont rapidement minéralisés et pour l'essentiel dans les 3 mois après enfouissement (pour une température moyenne journalière de 15 °C). Cependant la minéralisation nette entre la récolte du pois et le début du drainage est très variable, en relation avec la teneur en azote des pailles. Lors d'un essai réalisé à Boigneville (dans l'Essonne, au sud de Paris), elle variait entre 0 et 60 kg N/ha (LAURENT et al, 1998).

Il est généralement considéré que la minéralisation nette totale après une culture de pois pourrait être supérieure d'environ 30 kg N /ha à celle constatée après une céréale à paille enfouie (LAURENT et al, 1998).

En agriculture biologique, un cadre d'estimation de valeurs moyennes Nmin à l'entrée de l'hiver, a été élaboré, lors d'un précédent programme ITADA, à partir de références bibliographiques et de résultats d'essais (ITADA, 1999). En l'absence de culture intermédiaire ou de semis sous couvert, les valeurs suivantes ont été relevées :

<i>kg N / ha</i>	Sols non humifères	Si le taux d'humus > 2,5 %
Après féverole/pois	66	+ 20
Après soja	45	
Après céréale	42	+ 10

Pour le pois, elles sont assez proches de celles relevées précédemment en agriculture conventionnelle. Pour le soja, les références sont encore restreintes, mais il semblerait que les reliquats à l'entrée de l'hiver soient à peine plus importants après soja qu'après une céréale et plus faibles après soja qu'après féverole ou pois.

Lessivage hivernal et post-culture

Néanmoins la culture des protéagineux n'induit pas obligatoirement un risque supérieur de fuite d'azote par lessivage. Il n'y a pas une relation simple entre la nature du précédent et les pertes d'azotes nitriques par lessivage, car le nombre de facteurs pouvant intervenir est très important (LAURENT et al, 1998) : ils concernent le sol, le climat et le système de culture.

L'importance du lessivage hivernal de nitrates dépend plus précisément (ITADA, 1999) :

- de la quantité de nitrates présente dans le sol à la fin de la période végétative,
- du renouvellement de l'eau souterraine (la pluviométrie, l'ETP, la capacité au champ du sol sur la profondeur d'enracinement, l'éventuelle remontée de l'eau souterraine par capillarité),
- de l'importance de la libération de nitrates par la réserve organique du sol pendant la période de drainage,
- de l'importance des pertes sous forme de gaz par dénitrification pendant le drainage (qui peuvent être élevées dans certains sols affectés par l'excès d'eau),
- de l'absorption possible par les plantes pendant cette période.

Le facteur déterminant est la gestion de la post-culture. Pour le pois, l'implantation d'une culture intermédiaire avant ou après récolte, même de courte durée, permet une maîtrise satisfaisante des fuites d'azote par lessivage (LAURENT et al, 1998). Le précédent programme ITADA mentionne, en cas de culture intermédiaire ou de semis sous couvert après pois ou féverole, une diminution de 25 kg N / ha, à l'entrée de l'hiver, du reliquat azoté susceptible d'être lessivé (ITADA, 1999).

A noter qu'une bonne gestion de l'interculture, en limitant les pertes hivernales, permet aussi de bénéficier au mieux des atouts des précédents protéagineux et de faire des économies sur les achats d'intrants azotés pour la culture suivante.

4.1.5 Valeur alimentaire

Les protéagineux sont avant tout important dans l'alimentation des animaux en tant que source de protéines. Dans ce sens, la teneur en protéines ainsi que la digestibilité et la valeur de la protéine ont une signification particulière. Mais d'autres composants peuvent aussi augmenter ou diminuer leur valeur.

Teneur en protéine brute et autres composants

Des variations relativement fortes ont été observées en fonction des variétés et des sites, aussi les valeurs suivantes ne peuvent être considérées que comme des valeurs moyennes. Pour les espèces de lupin, des teneurs en protéines ramenées à la MS de 44% (lupin jaune), 37% (lupin blanc) et de 33% (lupin bleu) sont mentionnées (Roth-Maier et al, 2004). La teneur en protéines des fèves de soja est située entre 40-45% dans un domaine analogue au lupin jaune. On retrouve de plus faibles teneurs chez la féverole avec env. 30% et 25% pour le pois (Bellof et al, 2004).

Le soja en production conventionnelle est la plus part du temps cultivé comme oléagineux en raison de sa teneur en huile d'environ 20%, et introduit après le pressage dans l'alimentation des animaux comme tourteau très riche en protéines. L'alimentation du bétail avec des fèves entières est aussi possible. Les lupins montrent également une forte teneur en huile de 9% pour le lupin blanc à 6% pour le lupin bleu ou jaune (Roth-Maier et al, 2004). Les pois et les féveroles possèdent au contraire de fortes teneurs en amidon et sont considérés pour la formulation des rations alimentaires comme des sources de protéines et d'énergie.

Acides aminés essentiels

La composition en acides aminés de la protéine (valeur biologique) est surtout importante pour l'alimentation des monogastriques (par ex. porcs, volailles), tandis que chez les ruminants, la composition en protéines idéale est atteinte par la synthèse protéique microbienne qui se produit dans l'appareil digestif. La valeur protéique prend toutefois de plus en plus de signification pour les ruminants dans des niveaux de forte productivité (surtout pour les vaches laitières très productives).

Afin de couvrir le fort besoin de protéines par leur production dans l'appareil digestif, de grandes quantités d'énergie sont nécessaire pour l'entretien des flores microbiennes de la panse. Ces besoins d'énergie ne peuvent toutefois pas être assurés en quantité suffisante

par les seuls fourrages bruts (trop peu énergétiques). La protéine primaire dégradée ne peut plus être à nouveau synthétisée et est éliminée sous forme d'ammoniac/urée, ce qui perturbe l'organisme des animaux. Dans le cas où une faible productivité n'est pas possible pour des raisons économiques ou bien n'est pas recherchée, seul une plus forte part de protéines non solubles dans le rumen peut rétablir la bonne production de protéines de l'animal. Ces protéines ne sont pas transformées dans le rumen et restent ainsi directement à disposition de l'animal, mais elles doivent donc satisfaire à certaines exigences vis à vis de la composition en acides aminés.

Les facteurs limitant de la productivité à ce niveau sont en général les acides aminés lysine, méthionine (entre autre pour les volailles) et thréonine et tryptophane (Roth-Maier et al, 2004). Il est souvent aussi nommé la somme des acides aminés qui contiennent du soufre, à savoir la méthionine et la cystine.

Le Tab. 50 présente les teneurs en protéines brutes et en acides aminés essentiels pour les principales légumineuses à grosses graines. En plus des teneurs globales, le rapport en acides aminés limitant joue aussi un grand rôle. Habituellement, la teneur en lysine est donnée en rapport avec les autres acides aminés classiques. Les valeurs recherchées pour les rapports Lys:Met+Cys:Thr:Trp sont ainsi par exemple les suivantes (Zollitsch et al, 2000) :
 truies et porc à l'engrais : 1 : 0,60 : 0,60 : 0,20
 poules pondeuses : 1 : 0,88 : 0,70 : 0,22

Tab. 50: teneurs en protéines, en principaux acides aminés et rapports en acides aminés de différents protéagineux

aliment	% protéine brute	% Lys	% Met+Cys	% Trp	Lys:Met+Cys:Thr:Trp
féverole	29,9	1,92	0,58	0,26	1 : 0,29 : 0,54 : 0,14
pois	25,9	1,80	0,60	0,23	1 : 0,33 : 0,52 : 0,13
lupin ¹	37,6	1,95	1,09	0,38	1 : 0,56 : 0,79 : 0,19
soja étuvé	40,5	2,54	1,17	0,56	1 : 0,43 : 0,56 : 0,21

Source: Zollitsch et al, 2000

Eléments rapportés à la MS pas de données pour Threonine ¹ pas de données pour les types de lupin

On remarque le besoin nettement plus élevé en acides aminés soufrés pour les volailles et en particuliers des poules pondeuses. Le rapport le plus favorable est offert par les lupins. Toutefois, la fourniture en acides aminés soufrés reste critique pour tous les protéagineux (surtout le pois et la féverole). Le lupin offre un bon apport en thréonine alors que les autres légumineuses sont légèrement déficientes. L'apport suffisant en tryptophane est assuré par le lupin et le soja mais pas par le pois et la féverole.

Selon d'autres sources, la valeur biologique du lupin diminue selon l'ordre lupin jaune > lupin blanc > lupin bleu (Roth-Maier et al, 2004), et celle du pois est meilleure que celle de la féverole (Zwingel u. Binder, 2003).

Digestibilité et facteurs antinutritifs

En complément de la valeur de la protéine, la digestibilité est aussi un critère d'importance. Des composants antinutritionnels peuvent de plus réduire la digestibilité ou la consommation de l'aliment fourrager ou bien nuire à la santé des animaux ce qui conduit aussi à réduire la croissance.

La protéine de lupin est aussi bien digestible que la protéine de soja et de céréales. Une exception est la méthionine, qui au delà de faibles teneurs montre une mauvaise dégradabilité (Roth-Maier et al, 2004). Les lupins contiennent de fortes teneurs en oligosaccharides de la famille des alpha galactosides qui chez les monogastriques conduisent à des gonflements de l'intestin et limitent la consommation. Cet effet peut être réduit par l'apport de compléments enzymatiques qui dégradent les oligosaccharides ou par le décorticage des graines de lupin (Roth-Maier et al, 2004). La teneur en alcaloïdes, éléments toxiques qui confèrent un goût amer, est au maximum de 0,05 % de la MS pour les lupins doux et n'est pas problématique. Les limites d'incorporation de lupin dans l'alimentation se font avant tout à cause de l'apport trop faible en méthionine. Les taux d'incorporation maximum sont de 20 % chez les monogastriques et de 4 kg/jour pour les vaches laitières.

Les pois sont dotés d'une plus faible digestibilité par comparaison au lupin et au blé, même si la méthionine est plus limitée. Des constituants qui inhibent la synthèse de la protéase et des tanins peuvent réduire sa valeur surtout pour l'alimentation des porcs. Toutefois, les variétés à fleurs blanches actuelles sont quasi dépourvus des ces facteurs antinutritionnels. Comme le pois possède une plus faible teneur en protéines et une plus forte concentration en amidon que le lupin, ils remplacent une part des céréales dans la ration fourragère. Les recommandations d'incorporation pour les porcs sont de jusqu'à 40 % , de jusqu'à 50 % pour les poulets de chair, de 30 % pour les poules pondeuses, et de jusqu'à 4 kg/j pour les vaches laitières (Bellof et al, 2004).

Chez la féverole, la digestibilité et la consommation sont diminuées par les tanins et les molécules vicine et convicine provoquent des troubles qui réduisent les performances. Les variétés à fleurs blanches de féverole sont pauvres en tanins et grâce aux efforts de la sélection, de nouvelles variétés à faibles teneurs de vicine et convicine sont aujourd'hui disponibles. Toutefois, des essais réalisés avec des poules pondeuses ont montré que même avec des variétés à fleurs blanches à faibles teneurs en tanins et en vicine et convicine, dès un taux d'incorporation de 10 % on observait une réduction de la consommation et une baisse du poids de l'œuf. En revanche, l'alimentation avec 20 – 40 % de pois à fleurs blanches n'a pas posé de problèmes (Halle, 2005).

Les fèves de soja montrent une forte teneur en anty-trypsique, qui sont détruits par la chaleur. Le toastage des fèves de soja est nécessaire pour atteindre une bonne valeur fourragère.

Alimentation des ruminants

Les lupins possèdent une forte digestibilité et une synthèse protéique dans l'appareil digestif et ainsi la plus forte teneur en protéines digestibles de tous les protéagineux. La part de protéines non solubles est d'environ de 20% (Roth-Maier et al, 2004). Les féverole et pois n'en possèdent en revanche qu'environ 15% (Bellof et al, 2004).

Dans un essai d'alimentation de vaches laitières à 100 % en bio, la source de protéines conventionnelle utilisée auparavant (levures de bière) a été remplacée par de la féverole. La substitution a été un succès si en même temps la part de légumineuses fut augmentée dans la base fourragère. Des baisses de performances ont été enregistrées uniquement pour des niveaux de productivité laitières très élevés (Sommer et al, 2005).

Traitement préalable des graines de protéagineux pour l'alimentation animale

Le broyage ou concassage est intéressant, afin de favoriser la digestion des grosses graines des protéagineux. De plus, certains traitements (surtout thermiques) augmentent la digestibilité de l'énergie ou détruisent des facteurs anti-nutritionnels..

Le décorticage des lupins réduit les teneurs en glucides de fibres de parois et ainsi en oligosaccharides, ce qui permet de plus fort taux d'incorporation de lupin dans l'alimentation de monogastriques (Roth-Maier et al, 2004).

Le traitement thermique (extrusion) des lupins augmente la teneur en protéines non solubles pour l'alimentation des ruminants (de 20% à 45% selon des sources de producteurs). Des effets positifs dans l'alimentation des vaches laitières ont été confirmés, parmi lesquels des avantages économiques (Pries et al). Le traitement thermique peut avoir des avantages chez les monogastriques par l'inactivation de facteurs anti-nutritionnels (Roth-Maier et al, 2004). Pourtant, lors d'une étude sur l'alimentation avec des pois extrudés, malgré le doublement des protéines insolubles dans le rumen, il n'a été constaté aucune augmentation significative des performances chez les vaches laitières, si bien que la technologie pour le pois peut être considérée comme sans intérêt économique (Baars, 2005).

L'utilisation d'installations mobiles de toastage des fèves de soja n' a pas cours actuellement en Allemagne, et les lots de soja doivent être acheminés vers les installations. Les pratiques, pour lesquelles l'opération de pressage mécanique pour l'extraction d'huile produit une chaleur suffisante pour obtenir un tourteau déjà toasté, ne sont pas encore répandues, mais elles pourraient améliorer la rentabilité du soja pour l'alimentation.

4.1.6 Rentabilité économique

Le Tab. 51 présente le calcul de marges brutes pour différents protéagineux. Les données économiques proviennent de différentes sources. Les données relatives au niveau de production ont été issues des expériences faites dans le cadre du projet pour des conditions favorables (alimentation en eau suffisante, rendements de lupin relativement élevés. Il a été retenu une prime à la surface unique (prime de l'exploitation + prime pour la production biologique). Celle-ci doit être corrigée selon le pays et le développement politique.

Dans les conditions acceptées, le soja confirme sa supériorité économique quand il est commercialisé pour la production de tofu en alimentation humaine. Parmi les protéagineux à valorisation dans l'alimentation animale, le pois d'hiver semble celui qui procure le plus fort revenu tandis que le soja, le lupin et la féverole d'hiver sont assez proches les uns des autres. Les chiffres présentés peuvent toutefois varier fortement selon les conditions de production et les techniques culturales.

Tab. 51: calcul de marges brutes pour divers oléo-protéagineux en AB dans le Rhin supérieur

Culture <i>valorisation / type de production / Espèce</i>	Soja		Pois		Féverole		Lupin	
	produits à base de Tofu	Aliments fourrag.	Type printemps	Type hi- ver	Type printemps	Type hi- ver	Blanc	Bleu
Rendement (q/ha)	25	25	20	35	25	30	30	25
Prix de marché (€/q)	62	35	27	27	27	27	27	27
Produit (€/ha)	1550	875	540	945	675	810	810	675
Semences (kg/ha)	160	160	300	200	330	220	250	150
Coût semences (€/ha)	190	190	231	154	250	167	180	145
Inoculation (€/ha)	23	23					30	30
Irrigation (mm)	60	60	30	30	60	60	60	30
Coût irrigation (€/ha)	108	108	54	54	108	108	108	54
Coûts machinisme (€/ha)	230	230	200	200	170	170	185	185
Séchage- stockage (€/ha)	66	40	25	35	35	45	40	25
Total charges var. (€/ha)	617	591	510	443	563	490	543	439
Marge brute sans prime (€/ha)	933	284	30	502	112	320	267	236
Prime moyenne (€/ha)	480	480	480	480	480	480	480	480
Marge brute avec prime (€/ha)	1413	764	510	982	592	800	747	716

Sources : Untiedt (2004), Goessler (2005), Recknagel (2005), estimations personnelles fondées sur les suivis de parcelles et des résultats d'essais

Prise en compte de la variabilité

Les facteurs les plus influents sur la marge brute sont pour des prix de marché donnés le rendement et le prix des semences. Le rendement pour des facteurs de production identiques peut fortement varier selon le site et l'année climatique. Ainsi, pour toutes les cultures prises en compte, des rendements sensiblement plus élevés ont déjà été atteints. L'irrigation est ainsi une technique culturale qui joue particulièrement activement sur le résultat.

Avec des coûts d'irrigation de 1,80 €/mm*ha et un prix démarché de 27 €/q, un apport d'eau de 30 mm doit pouvoir procurer un gain de rendement supérieur à 2 q/ha pour être rentable. C'est souvent le cas dans la plaine du Rhin supérieur pour une irrigation lors de la phase critique. L'irrigation optimale peut ainsi améliorer la rentabilité des pois et féverole de printemps mais aussi celle des autres protéagineux. Il convient de prendre en compte les aspects environnementaux en lien avec de telles pratiques.

Les coûts de semences des types hiver sont plus faibles pour le pois en raison du plus faible poids de mille grains et pour la féverole en raison de la faible densité de semis nécessaire. Ceci permet d'économiser environ 80 €/ha. A l'intérieur d'une même espèce, il est possible de diminuer le coût du poste semences par le choix d'une variété au faible PMG. Il est déconseillé d'effectuer des économies en réduisant la densité de semis suite aux observations faites dans les essais et aux effets constatés sur le pouvoir de compétition de la culture et la couverture du sol.

Valeur en tant que précédent

Dans l'estimation de la valeur des protéagineux au niveau de l'exploitation, il convient de prendre la valeur comme précédent ou mieux encore la plus-value de l'ensemble de la rotation. Les augmentations de rendement de la culture qui suit une légumineuse sont à rapporter tant à une meilleure alimentation en azote (à condition de conserver les résidus azotés) et à une meilleure activité du sol. S'ajoutent éventuellement des réductions du coût du travail du sol ainsi que de la protection des plantes suite à des effets phytosanitaires positifs. Les calculs d'estimation de la valeur des protéagineux sur la rotation aboutissent à des écarts importants, mais ils conduisent toutefois souvent à des valeurs de l'ordre de 100 à 200 €/ha.

Voies de commercialisation

Les prix des protéagineux produits localement sont toujours fortement dépendants des prix du soja. En raison de sa forte valeur et du besoin en aliments fourragers riches en protéines pour des productivités élevées, le soja occupe également une place importante en agriculture biologique. Le Brésil est le pays plus gros producteur mondial. Une place croissante de l'Italie et de la Chine est attendue pour les exportations de soja bio vers l'Allemagne (Goessler, 2005). En raison de cette évolution, l'importation de soja biologique est intéressante pour les moulins fabricants d'aliments pour des prix pour les protéagineux nettement au delà de 30 €/q (Untiedt, 2004), si bien qu'il est difficile d'atteindre des prix élevés pour les protéagineux produits localement.

De plus, il défavorable au marché des aliments fourragers bio que de hauts niveaux de qualité sous la forme de fortes teneurs en protéines et de bonnes valeurs biologiques ne soient pas payés de manière adaptée sur le marché (Gerke, 2005). Le prix unitaire pour le pois, la féverole et le lupin ne reflète pas la valeur fourragère et c'est pourquoi la production de lupin ne semble avant tout intéressante que pour l'alimentation en autoapprovisionnement des entreprises agricoles.

Une alternative pour le lupin existe dans l'alimentation humaine. Toutefois, les produits à base de lupin jusqu'ici présents dans des magasins « diététiques et nature » n'ont toujours pas réussi à se développer au delà de quelques niches.

De nouvelles perspectives pourraient se créer, si la demande sur le marché des aliments pour animaux biologiques s'élargit, le facteur « production locale » gagne en signification pour la commercialisation, ou bien si l'on n'arrive pas à moyen terme à réaliser la coexistence de production de soja bio et de soja OGM.

4.2 Enquêtes auprès des producteurs

4.2.1 Culture de lupin en Suisse 2001/02

Les points les plus intéressants issus de l'enquête sont présentés ci après.

Rendements

Les rendements moyens issus des questionnaires exploités dans les Cantons enquêtés sont faibles et décevants. Pour le lupin blanc, sur 27 références recueillies, le rendement ne dépasse les 40 q/ha que deux fois (ÖLN) et une seule fois entre 30 et 40 q/ha (Bio). Dans 7 situations, la culture n'a pas été récoltée, dont 5 fois à cause d'une attaque d'anthraxose qui a totalement détruit la culture. Dans les autres cas, les lupins n'ont pas été récoltés une fois suite à une forte averse de grêle et dans l'autre à cause d'un enherbement trop conséquent. Le rendement moyen de l'ensemble des surfaces récoltées sur les deux années est de 22 q/ha. Cette valeur ne représente pas le potentiel de la culture. Il est probable vu la mention d'attaques d'anthraxose que cette maladie a été responsable de pertes de rendement.

Les marques introduites indiquent l'intensité de l'attaque d'anthraxose (forte, moyenne, aucune). Les données manquantes sont indiquées par des signes sans couleur, les chloroses calciques sont indiquées par des cercles.

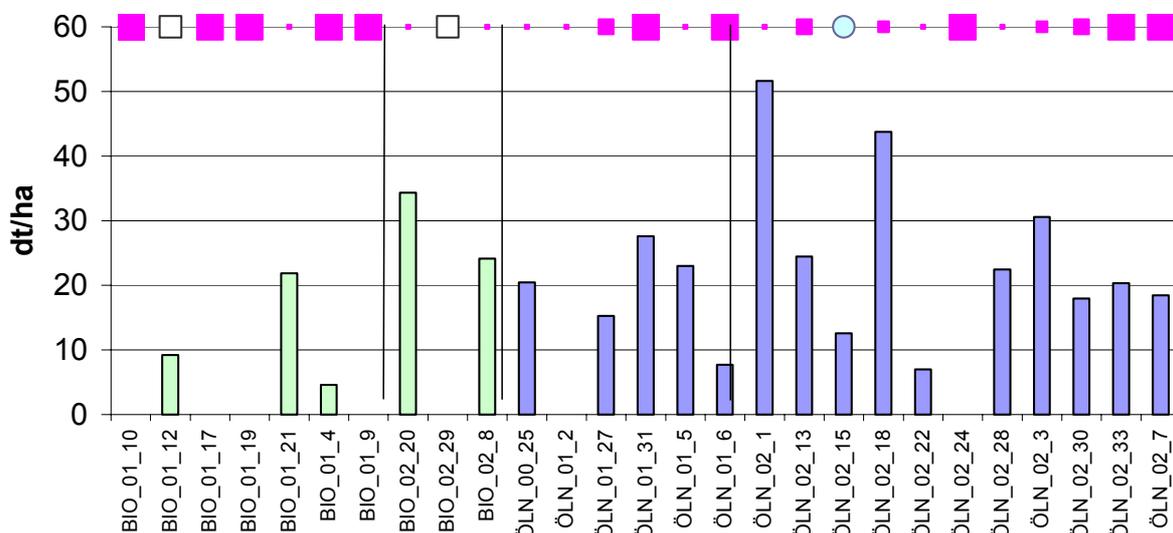


Fig. 1 : Rendements du lupin blanc à 13 % d'humidité dans la pratique de parcelles des Cantons de Bâle, Bern, Argovie, Soleure et Zürich en 2001 et 2002 en AB et production conventionnelle.

Pour le lupin bleu, on ne dispose des rendements que de 6 exploitations (pour 7 questionnaires retournés). Sur une exploitation où la culture était particulièrement belle il a été atteint un rendement de 28 q/ha. Sur trois autres il a été réalisé un rendement d'environ 20 q/ha, et

sur une parcelle le lupin bleu a fait l'objet d'un semis direct mais il s'est montré trop peu compétitif. Sur un autre champ il a été observé une chlorose.

pH

L'examen des valeurs de pH des sols des différentes parcelles de lupin montre qu'une grosse part des cultures était établies sur un sol légèrement basique. Ceci bien qu'il soit conseillé de cultiver le lupin sur des sols légèrement acides à pH <7. Il est difficile d'estimer si une valeur de pH élevée a une incidence sur le niveau de rendement car à cause des attaques d'antracnose le potentiel des cultures n'a pu que rarement être exprimé sur ces deux années. Il est intéressant de noter que le plus fort rendement atteint (50 q/ha) dans les parcelles enquêtées a été relevé pour un sol doté d'un pH de 7.5.

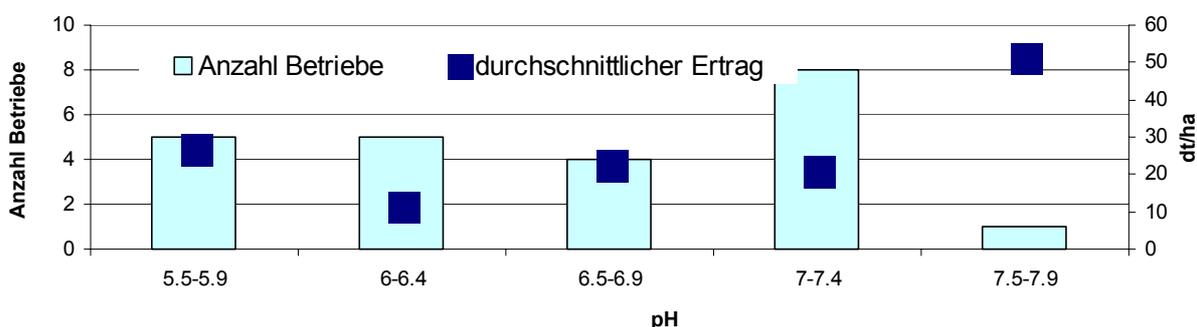


Fig. 2 : Nombre d'exploitations par catégorie de pH en 2001 et 2002 et rendement moyen atteint en Lupin blanc (sans prise en compte des cas de perte totale)

Production envisagée l'année suivante

Parmi les 32 questionnaires exploités, 38% des agriculteurs ont indiqué vouloir si possible encore cultiver du lupin l'année suivante. 62% des agriculteurs se désintéressent de la production de lupin (). Parmi les exploitations biologiques, 30% veulent encore cultiver du lupin (n=10), alors que 41% des producteurs conventionnels s'intéressent encore à la culture (n=22). Parmi les raisons les plus souvent citées pour l'abandon de la culture, l'antracnose et les problèmes de salissement en mauvaises herbes reviennent le plus souvent.

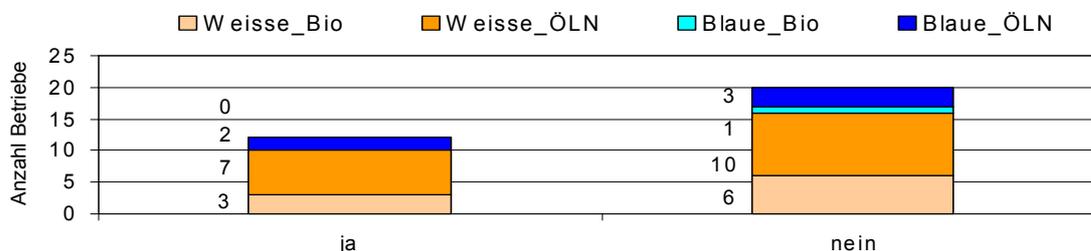


Fig. 3 : Répartition des réponses entre producteurs bio et conventionnels et entre types de lupin à la question d'une reconduite de la culture l'année suivante

Discussion

L'enquête a montré que dans la pratique, la culture de lupin lors des années 2001 et 2002 a rencontré de gros problèmes. Le retour de questionnaires a été très élevé, les réponses recouvrant environ 50% des surfaces de lupin enregistrées. L'anthracnose a provoqué lors des deux années des pertes conséquentes et cette pression de la maladie est sans doute à rapporter à une qualité sanitaire des semences insuffisante. Mais l'anthracnose a fait des ravageurs non pas uniquement en parcelles en production biologique mais aussi chez des exploitations conventionnelles, qui utilisent des semences traitées.

Les semences importées en Suisse provenaient de France et les agriculteurs suisses n'avaient aucune influence sur la qualité sanitaire de celles-ci. L'enquête n'a pas été conduite sous cette forme en Suisse de l'Ouest. Quelques retours d'information de la pratique laissent toutefois penser que les productivités ont été meilleures et que l'anthracnose a été moins virulente. Ceci laisse penser que les conditions climatiques influencent l'extension et l'importance de la maladie.

L'enquête a aussi montré que le lupin blanc, pour le moins, pouvait être cultivé sans problèmes sur des sols avec un pH > 7. La question du lien de l'apparition de chlorose avec le pH et différents critères liés au sol fera encore l'objet de recherche bibliographique en 2003 dans le cadre du projet ITADA et des observations aux champs seront poursuivies.

4.2.2 Cultures de protéagineux en Allemagne 2003/04

Parmi les exploitations enquêtées il y avait des membres de „Bioland“, „Naturland“, „Demeter“ et „GÄA“, dont 7 en activité principale et deux en activité secondaire. Les tailles des exploitations ont varié entre 13 et 120 ha, et l'activité principale des exploitations reposait sur les grandes cultures, complété dans quelques cas par de l'élevage et des cultures spéciales.

En raison du débouché intéressant assuré par l'industriel „Taifun“, fabricant de tofu installé à Freiburg, la culture de soja a supplanté tous les autres protéagineux dans les rotations.

La part de Soja dans l'assolement atteint 20-50 % ce qui est à considérer comme limite étant donné la part du maïs et d'autres cultures de printemps dans la succession culturale surtout pour ce qui est de la sélection de mauvaises herbes. Le travail du sol avant le soja est caractérisé par un déchaumage suivant le précédent, un labour d'hiver ou de printemps après la culture intermédiaire moutarde ou radis fourrager et une préparation intensive du lit de semences pour lutter contre les mauvaises herbes à plusieurs reprises.

Le semis est effectué fin avril à début mai avec un semoir monograine à une profondeur de 5-6 cm. Chez 6 exploitations, l'écart entre rangs atteint 50 cm, chez deux exploitations 40 cm, et la densité de semis varie entre 55 et 66 graines germantes par m². Une exception est rencontrée chez une exploitation où l'écartement est de 70 cm pour une densité de 35 graines par m². La semence pour les variétés cultivées „Dolly“, „Quito“, „Maximus“ et „Optimus“, ainsi que l'innoculant en Rhizobium „Fors-48“ sont approvisionnés par la firme „Taifun“.

La moitié des exploitations disposent d'équipement d'irrigation et ont la possibilité d'assurer des apports en eau pendant les phases sensibles au sec de la floraison et du remplissage du grain. Ainsi suivant les années c'est environ un à cinq passages d'environ 30 mm qui sont réalisés.

Le fort salissement en adventices est avant tout à rapporter à la lenteur du développement du soja. Après la chute des feuilles à la maturité, il est fréquent de constater des salissements tardifs. Les espèces de mauvaises herbes les plus fréquentes appartiennent selon les agriculteurs au groupe des mauvaises herbes du maïs qui aiment les conditions chaudes. (arroche étalée, amarante, panics) ou bien en mauvaises herbes typiques des exploitations en production biologique (chiendent, chardon, rumex). Après un étrillage à l'aveugle, il est réalisé en moyenne 4 passages avec une bineuse et herse étrille selon des alternances irrégulières ou en combinaison d'outils. Le dernier passage (binage) est réalisé à une hauteur de végétation de 30 cm, avec un léger buttage sur le rang.

Jusqu'à présent il n'existe pas de problèmes avec les maladies chez les enquêtés, cependant la part de soja atteint 40 % de l'assolement chez certaines exploitations et quelques cas isolés de sclérotinia ont été observés. Les dégâts occasionnés par les lièvres, les corbeaux et autres oiseaux sont encore plus conséquents.

La récolte a lieu de fin septembre à début octobre avec une MB à céréale classique. Pour améliorer la pureté du produit récolté (graines de mauvaises herbes, terre), il faut un bon réglage du contrebatteur et une ouverture de la grille sous le retour aux otos. Un compromis doit être trouvé pour la hauteur de coupe entre la récupération des gousses les plus basses et l'absence de montée de terre et de pierres qui renforcerait le taux de déchets de la récolte. Les rendements oscillent entre 20 et 30 q/ha et il ne semble pas y avoir de lien évident avec les pratiques de désherbage ou d'installation de la culture.

L'enquête a permis d'identifier deux problèmes majeurs pour la production de soja biologique dans la plaine du Rhin supérieur. Le premier est la sécurité de la fourniture en eau de la culture. Dans la région, la sécheresse en juillet et août est fréquente et les sols se dessèchent plus ou moins vite suivant la nature des horizons de surface des sols car les sols reposent souvent sur des lits de sables ou grèves.

Selon un agriculteur enquêté, une solution à ce problème pourrait être un travail simplifié du sol qui permettrait une meilleure disponibilité en eau du sol. Toutefois, cette stratégie est difficile à concilier avec la recherche de solution à l'autre grand problème identifié qui est le fort salissement des parcelles en adventices. Si le contrôle des mauvaises herbes entre les rangs est assez facilement atteint, les possibilités actuelles de lutte mécanique ne suffisent pas pour la lutte sur le rang. Des pistes de solutions sont dans la pratique un binage accentué, l'utilisation de bineuse avec des roulettes étoilées dotées de doigts pour désherber sur les rangs, de sous semis. Toutefois, aucune solution ne s'est avérée totalement convaincante et en dernier recours on doit souvent encore intervenir manuellement.

4.2.3 Associations céréales-protéagineux cultivées en Alsace en 2003

Caractéristiques des associations céréales – protéagineux en Alsace

Les associations sont de compositions variables, particulièrement celles de printemps. Le protéagineux le plus utilisé est le pois (ci-dessous). Le mélange le plus fréquent associe le triticale et le pois fourrager.

Tab. 52 : Principales caractéristiques des mélanges céréales-protéagineux cultivés en 2003 en Alsace :

	Associations d'hiver	Associations de printemps
Espèces associées	Triticale (90 %) – pois (10 %) majoritairement (+parfois blé/seigle/épeautre)	A base d'orge (85 %) + pois (15 %) (Ou, quelques fois, dominante protéagineux : 75 %)
Nombre de fermes enquêtées	5 sur les 11 recensées	4 sur les 9 recensées
Production dominante de la ferme	Vaches laitières	Diverses (bovins lait/viande, légumes, porcs...)
Localisation	Zones vallonnées (Alsace Bossue / Sundgau)	Zones vallonnées et plaine
Type de sol	Alcalin et cailloux (67), sous-sol argile lourde (68)	Divers
Durée de la rotation	4-7 ans	5-7 ans
Précédents	Généralement une céréale (après une prairie)	Généralement une céréale (principale ou secondaire) ou légume
Cultures suivantes	Prairie ou association céréale-protéagineux	Prairie ou légume (ou céréale si le protéagineux était majoritaire dans le mélange)
Désherbage	Aucun en cas de déchaumage et labour avant la culture	Aucun (ou étrillages -si irrigation- ou semis de prairie juste après le semis du mélange)
Fertilisation	Souvent compost en septembre (15 T/ha) ou lisier au printemps	Compost / lisier
Rendement (2003) ¹³	Triticale-Pois en Alsace Bossue : 25 q/ha	- A base de pois : 30 q/ha - A base de féverole majoritaire : 35-40 q/ha
Animaux nourris	Vaches laitières	Génisses, veaux, bœufs, porcs

Les associations sont essentiellement cultivées par des éleveurs et elles sont majoritairement destinées à l'autoconsommation sur la ferme.

Une fertilisation est souvent apportée comme pour les autres céréales. Mais il s'agit généralement d'une fumure d'entretien. De plus, ayant souvent de l'élevage, ils ont du fumier ou du lisier à utiliser. Ils ne tiennent donc pas vraiment compte de l'azote que peut apporter la petite proportion de légumineuse du mélange.

¹³ Du fait de la canicule, les rendements ont été plus faibles approximativement cette année de 15 q/ha.

Une fois le semis réalisé, peu d'interventions sont nécessaires jusqu'à la récolte.

Une partie du mélange récolté est souvent réutilisé pour le semis de l'année suivante. Avant semis, un triage est généralement réalisé pour retirer les graines d'adventices, mais rarement pour séparer les graines de céréales et celles de légumineuses. Par contre, certains agriculteurs corrigent la baisse de la proportion de légumineuses, en ajoutant, au semis du mélange récolté l'année précédente, un peu de semences de protéagineux achetées.

Atouts et difficultés des associations céréales-protéagineux, cités par les agriculteurs

Les agriculteurs rencontrés disent cultiver les associations céréales-protéagineux, le plus souvent car elles permettent de bénéficier de certains atouts des protéagineux sans avoir les gros inconvénients de leur culture en pur (particulièrement pour le pois) :

Atouts des protéagineux dans le mélange	Inconvénients des protéagineux en culture pure
- peu exigeant en azote - apport d'azote pour l'alimentation animale	- sensibilité au salissement - sensibilité aux ravageurs et maladies - risque de verse - difficultés de récolte

La facilité de culture et l'apport de protéines dans la ration des animaux sont les principaux attraits retenus par les agriculteurs.

Remarque : La majorité des agriculteurs interrogés ont déjà cultivé des protéagineux en pur dans le passé, mais n'en produisent désormais plus. Le protéagineux le plus fréquent dans les associations est d'ailleurs le pois, dont la culture en pur, en bio, est plus difficile que celle de la féverole.

Les principaux freins à la culture de ces associations sont liés à la difficulté de la maîtrise de la culture simultanée de plusieurs espèces. Le principal problème cité est la **variabilité des proportions céréales et protéagineux à la récolte**. En effet, ces dernières varient selon les conditions climatiques de l'année. En année humide, les protéagineux ont tendance à se développer davantage. Si leur densité de semis initiale est importante, ils peuvent aller jusqu'à faire échauder la céréale ou l'étouffer, et faire verser la culture. On se rapproche alors des mêmes problèmes que pour la culture des protéagineux en pur.

Les difficultés rencontrées résultent aussi parfois d'un choix d'espèces et de densités inadaptées à la situation, ce qui a entraîné un déséquilibre en végétation entre les différentes espèces, d'où :

- un retard de maturité (si une espèce ne reçoit pas assez de lumière, par exemple pour la féverole en association avec l'avoine),
- ou l'étouffement d'une espèce et sa très faible proportion dans le mélange récolté : ceci s'est produit, notamment, dans les associations à base de pois protéagineux, où la densité de semis du pois était trop faible (inférieure à 10 %), ou bien avec les mélanges contenant de l'avoine, une espèce très étouffante.

Un choix inadapté d'espèces et/ou de densités se rencontre le plus souvent pour les associations à base de pois protéagineux et chez des agriculteurs qui avaient assez peu d'expériences sur les mélanges.

Conclusion

La culture des associations céréales-protéagineux a de **nombreux intérêts** et est souvent réalisée pour bénéficier de certains atouts des protéagineux tout en limitant les inconvénients de leur culture en pur. **La facilité de culture et l'apport de protéines dans la ration des animaux** sont les principaux attraits retenus par les agriculteurs, qui sont en majorité des éleveurs.

Les principaux freins au développement de ces cultures sont liés à la difficulté de maîtrise de la culture simultanée de différentes espèces et, en particulier, **la forte variabilité des proportions de chacune, à la récolte**, selon les conditions climatiques de l'année.

Les difficultés résultent aussi parfois d'un **choix d'espèces et de densités non adaptées** à la situation. Or le choix des espèces associées et des proportions de chacune constitue l'un des facteurs les plus importants de réussite de l'association céréales-protéagineux.

Il est donc très important de bien choisir les espèces, les densités de semis et la parcelle les plus adaptées à la situation et à la valorisation souhaitée.

Si l'on souhaite réduire les problèmes induits par la forte variabilité des proportions à la récolte, il faut pouvoir **trier** chaque espèce et privilégier les associations faciles à trier (graines distinctes et peu d'espèces différentes). Cela est souvent demandé en cas de vente.

L'association la plus connue et la plus cultivée associe **le triticale et le pois fourrager**. Le résultat de cette association est assez régulier.

Avec le pois protéagineux, l'orge est souvent une des céréales associées, mais les mélanges sont assez diversifiés. Les résultats sont plus variables que pour les associations à base de pois fourrager, mais les débouchés possibles sont plus nombreux.

A la différence du pois fourrager, qui a besoin obligatoirement d'un tuteur et ne peut donc être cultivé qu'en association, le pois protéagineux peut être cultivé en pur ou en association avec une céréale. **La culture du pois protéagineux en association avec une céréale** peut être une bonne alternative à sa culture en pur dans certains cas :

- problèmes d'adventices,
- sol caillouteux rendant difficile la récolte en cas de verse,
- risque de précipitations à maturité du pois, d'où une récolte à sur-maturité, donc plus difficile en raison de l'affaissement du pois.

Par contre, **pour les associations à base de pois protéagineux**, aucune recherche n'a permis à ce jour de définir vraiment les proportions au semis, qui permettraient un bon équilibre entre espèces. Il semblerait que la proportion de pois protéagineux doive être supérieure à celle du pois fourrager en mélange. Mais **les proportions optimales sont fonction de plusieurs facteurs** :

- les espèces associées : les besoins de chacune (par ex., en lumière pour la féverole), leur vitesse de croissance (il faut réduire la proportion des espèces étouffantes comme l'avoine),
- la parcelle (les caractéristiques pédoclimatiques et les reliquats azotés laissés par le précédent),
- la date de semis (un semis tardif favorise le développement des céréales au détriment du pois protéagineux).

Des essais multi-facteurs seraient nécessaires pour définir les proportions permettant un bon équilibre entre espèces dans les associations à base de pois protéagineux.

4.3 Essais de régulation biologique des mauvaises herbes

4.3.1 Soja

Le soja est une culture potentiellement très sensible à la concurrence et c'est pourquoi les techniques culturales qui ont un fort effet sur le développement de la végétation ont aussi un effet conséquent sur le salissement en mauvaises herbes. Pour la lutte directe contre les adventices, les dates et fréquence d'interventions et le choix du matériel ont été les points étudiés.

4.3.1.1 Régulation mécanique des adventices et choix variétal (D-Buggingen, 2003)

Il faut tenir compte lors de l'interprétation des résultats du fait qu'il ne s'agissait que d'un essai avec deux répétitions qui s'apparente plus à un essai de comportement qu'à un essai conventionnel (blocs aléatoires à 4 répétitions). Comme on pouvait s'y attendre, peu d'effets se sont montrés significatifs. Le rendement de Dolly n'a pas pu être déterminée à cause de fortes pertes par égrenage à la récolte. Le Tableau 53 rassemble les valeurs moyennes des paramètres relevés avec les tests de signification. Les effets significatifs sont mis en évidence par surlignage des données.

Tab. 53 : Résultats de l'essai lutte contre les mauvaises herbes du soja, D-Buggingen 2003

Variantes		Densité			Pouvoir de compétition				Salissement			Composantes du rendements			
Régulation des adventices	variété	Levée %	pertes jusqu'au 24.07. %	au Densité 24.07. ³ Pfl./m ²	hauteur 25.06. cm	hauteur 24.07. cm	Couverture au 25.06. %	Couverture au 24.07. %	m.h. 25.06. Pfl./m ²	m.h. 24.07. Pfl./m ²	m.h.-MS récolte dt/ha	rendement (w=9%) ⁴ dt/ha	Index de récolte ⁴	Teneur en Prot. (TM) %	Teneur N paille kg/ha
Témoin	Quito	95	1	94	49	78	68	98	22	29	11,8	26,4	0,39	41,1	42,4
	Dolly	105	2	103	55	72	80	95	25	23	8,6			39,2	28,9
Herse étrille	Quito	102	2	100	51	82	70	93	26	15	9,5	27,8	0,37	41,1	49,2
	Dolly	98	2	96	58	77	75	100	33	23	18,5			39	26,5
Binage	Quito	86	2	59	52	80	63	95	6	10	5	30,9	0,44	40,9	35,3
	Dolly	89	4	60	54	75	70	95	5	5	4,4			38	23,5
Pratique usuelle	Quito	76	12	53	48	87	58	93	7	6	0	27,3	0,44	40,5	28,6
	Dolly	85	8	61	62	74	63	90	2	1	0			38,4	18,9
F-Test régulation x variété ¹		0,41	0,15		1,9	2,75	0,24	4,78	0,27	4,19	2,19	0,91	6,23	0,14	1,46
Limite de signification ²		23,1	14,5		8,3	8,4	20,8	4,3	34,9	12	7,6	9,2	0,07	2,8	12,7
Moyenne régulation	témoin	100	2	98	52	75	74	96	24	26	10,2			40,1	35,6
	étrillage	100	2	98	54	79	73	96	30	19	14			40	37,8
	binage	87	3	60	53	77	66	95	6	8	4,7			39,4	29,4
	pratique	80	10	57	55	80	60	91	5	3	0			39,4	23,7
F-Test régulation ¹		3,98	2,6		0,73	0,97	1,45	14,33*	1,69	9,45*	22,35*			0,38	4,26
Limite de signification ²		21,9	11,4		7,1	10,4	23,6	2,8	43,8	15,1	5,8			2,8	13,9
moyenne	Quito	90	4	76	50	82	64	94	15	15	6,6	28,1	0,41	40,9	38,9
variété	Dolly	94	4	80	57	74	72	95	16	13	7,9			38,6	24,4
F-Test variété ¹		0,83	0	0,45	14,44*	38,3**	4,24	0,33	0,04	1,23	0,54			15,72*	37,41**
Limite de signification ²		13,6	9,5	14,5	5,2	3,4	10,1	3	13,7	4,7	5			1,6	6,5

¹ niveaux de signification : * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)

² t-test (α=5%)

³ densité de semis variable suivant la variante de régulation

⁴ pas mesuré pour Dolly (égrenage >50% I)

Développement de la végétation

Levée : 10.05.2003 (12 jours après le semis)

Bon développement végétatif:

Dolly : développement juvénile rapide

Quito : plus lent, fort développement végétatif jusqu'à fin juillet

Eté 2003 extrêmement chaud et sec

- Phase de floraison courte : 20.06. - 24.07.
- Malgré l'absence de possibilité d'irrigation, pas de symptôme de manque d'eau (sol profond)
- Mais : le 20.08. > 50% d'égrenage des graines chez Dolly (graines sèches, mais encore vertes)
- 04.09.: récolte très précoce pour la variété 00 Quito

densité de peuplement

Levée moyenne : 92% (différences surtout entre techniques de semis)

Pertes dues aux interventions : 4% (un peu plus élevées pour un travail intensif)

Densité de peuplement après les interventions selon densité de semis : 98 Pl./m² („témoin“, „étrille“), 58 Pl./m² („bineuse“, „pratique“)

Couverture du sol, hauteur de végétation, verse

Couverture du sol : un peu plus rapide chez Dolly et l'écartement réduit, jusqu'au 24.07. cependant partout couverture du sol par la végétation > 90%

Hauteur de végétation : Dolly plus rapide, mais à la fin Quito plus haute

Un peu de verse surtout pour les forts écartements

Maladies et autres facteurs de dégâts

Aucune en dehors de la chaleur et de la sécheresse.

Salissement en mauvaises herbes

Globalement faible pression en adventices

- ⇒ Pas de fort salissement dans le „témoin“ sans intervention ni dans les variantes „étrillage“ et „binage“ où il n'a été effectué qu'un seul passage

Espèces dominantes : *Chenopodium album* (chénopode blanc), *Sonchus asper* (chardon)

Pas d'interaction entre la variété de soja et le salissement

Effets des interventions :

réduction sensible du salissement en mauvaises herbes par le binage en comparaison des variantes non binées

la variante „Pratique“ (3x binage+étrillage) montre une moindre tendance au salissement que „binage“ (1x passage)

Pratiquement pas de différence entre „étrille“ (1x passage) et le „témoin“

Récolte et rendement

La récolte a eu lieu le 04.09., mais la variété Dolly avait déjà perdu plus de 50% des graines par égrenage suite à l'éclatement des gousses, tandis que Quito s'est montré insensible à l'égrenage même en conditions de sécheresse extrême. Les rendements de Quito atteignent en moyenne 28,1 q/ha (9% humidité de grain), sans différences significatives entre variantes. La teneur en protéines brutes de Quito est de 40,9% et significativement plus élevée que celle de Dolly (38,6%).

Le rendement potentiel de Dolly sans égrenage était selon des calculs (prise d'échantillon + graines rassemblées et séchées de 4 parcelles) de 26,0 q/ha. Toutefois les graines de Dolly, n'étaient pas encore suffisamment mûres, c'est à dire encore vertes et inadaptées à la production de tofu. Ce problème a été rencontré sur de nombreuses parcelles en production. On peut donc considérer le niveau de rendement et la bonne maturité des graines de Quito dans les conditions de l'année 2003 comme très satisfaisants.

4.3.1.2 Régulation mécanique des mauvaises herbes et techniques culturales (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)

Les Tab. et Tab. présentent un aperçu des valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les deux années avec les tests de signification. Les effets significatifs sont mis en évidence par le surlignage des cases, les valeurs individuelles peuvent être comparées à l'aide des seuils de différences ou plus petites différences significatives. Lors de l'année 2004, en raison d'une forte différence de sol et de végétations extrêmement irrégulière, la 4eme répétition (le bloc le plus au nord) n'a pas été prise en compte. Les variantes „semis tardif“ n'a pas pu être battue en 2004. Le rendement a été calculé à partir de placettes et le rapport moyen entre les rendements des placettes et les rendements machine chez les autres parcelles. Pour l'exploitation des données 2005 il a été tenu compte de la structure de randomisation spéciale (cf. Annexe) pour le Test F, tandis que pour le test-t un modèle plus simple à été appliqué, afin de maintenir des seuils de différences unitaires.

Tab. 54 : résultats de l'essai de désherbage biologique du soja, D-Heitersheim 2004

Variante	Densité			Pouvoir de compétition				Salissement en adventices				Rendement	
	Levée %	Pertes jus- qu'au 08.07. %	Peuplement le 08.07. Pl./m ²	Hauteur 14.07. cm	Hauteur 20.08. cm	Couverture du sol le 14.07. %	Couverture du sol le 20.08. %	m.h. abnuei- les 04.06. Pl./m ²	m.h. abnuei- les 08.07. Pl./m ²	m.h. abnuei- les 20.08. Pl./m ²	MS en m. h. à la récolte q/ha	Rendement (H ₂ O=9%) ³ q/ha	Index récolte
„écartement réduit“	69	23	34	49	64	90	87	20	32	21	19,7	19	0,51
„Intensif“	44	30	22	42	58	65	70	4	13	19	15,4	13,4	0,53
„binage tardif“	63	1	44	52	73	75	62	49	24	16	16,6	16,5	0,51
„bineuse à doigts“	62	45	24	46	59	62	72	19	12	17	10,9	15,4	0,53
„semis tardif“	84	5	56	38	73	68	95	0	8	12	1	22,5	0,42
„étrillage“	72	21	56	51	60	92	75	29	20	22	8,4	14,4	0,5
„trèfle blanc“	64	28	32	49	62	87	73	12	26	12	15,9	17,9	0,51
„cameline“	76	20	43	52	72	87	75	17	10	17	12,5	20,6	0,53
F-Test ¹	1,47	2,67	4,82**	3,55*	3,9*	1,89	2,36	1,11	1,15	0,27	1,44	1,22	12,27***
Grenzdifferenz ²	29,5	25,9	18,1	8,1	9,6	26,6	20,3	44,4	24,2	21,6	14,8	8,7	0,03

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test (α=5%) ³ rendement de „semis tardif“ calculé sur une placette (vgl. Text)

Tab. 55 : résultats de l'essai de désherbage biologique du soja, D-Buggingen 2005

Variante	Densité			Pouvoir de compétition			Salissement en adventices			Rendement	
	Levée %	Pertes jus- qu'au 08.07. %	Peuplement le 08.07. Pl./m ²	Hauteur 14.07. cm	Hauteur 20.08. cm	Couverture du sol le 14.07. %	m.h. abnuel- les 04.06. Pl./m ²	m.h. abnuel- les 08.07. Pl./m ²	m.h. abnuel- les 20.08. q/ha	MS en m. h. à la récolte q/ha	Rendement (H ₂ O=9%) ³
„pratique usuelle“	103	1	89	84	49	100	0,4	0,8	0,2	32	0,42
„semis tardif“	85	6	70	58	59	75	0,2	0,2	0	20,5	0,32
„bineuse à doigts“	107	12	80	84	52	98	0,2	0,2	0,2	32,2	0,42
„houe rotative“	109	6	90	86	48	99	10	6,3	20,8	31,6	0,4
„écartement réduit“	93	0	68	80	54	99	5	4,6	8	30,1	0,38
„étrillage“	95	14	57	79	52	99	5	3,8	4,1	27,6	0,36
„cameline“	89	6	59	79	54	99	4,4	3,3	19	24	0,36
F-Test ¹	3,52*	1,97	12,29***	32,47***	2,35	19,97***	12,67***	8,87***	2,94*	3,73*	4,01**
ppds ²	19,3	10,4	9,6	4,8	6,9	6,1	1,8	3,4	16,9	8,3	0,07

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test ($\alpha=5\%$), modèle simplifié

Développement de la végétation

Le Tab. 56 indique les dates des principaux stades de développement ainsi que les durées en nombre de jours.

Première moitié de juillet 2004 très froide → les pièces florales sont restées très longtemps dans les aisselles des feuilles

2005 : semis très tardif à cause de la météo, mais pourtant phase de floraison plus précoce et plus longue qu'en 2004

semis tardif:

levée au champ rapide et fermeture des rangs plus rapide que pour les autres variantes à même écartement

pas de battage en 2004 pour des raisons technique (MB mobilisée pour la récolte du maïs)

2005 récolte des variantes bien que la maturité ne soit pas encore optimale (humidité de grain élevée, graines encore plastiques et déformables)

durée moyenne de développement de la levée à la maturité de battage : 138 jours

Tab. 56 : développement de la végétation du soja, D-Heitersheim 2004 et D-Buggingen 2005

Variante	Ec	Semis		Levée		Fermeture végétation		début floraison		Fin floraison		maturité	
		Date	Date	j	Date	j	Date	t	Date	j	Date	j	
2004 (Ohgata)													
Ecartement réduit	30					19.06.	53						
Intensif	30	27.04.	15.05.	18	19.06.	53		87	10.08.	105	29.09.	155	
binage tardif	50				19.07.	83							
bineuse à doigts	50				19.07.	83							
semis tardif	30	18.05.	27.05.	9	28.06.	41	23.07.	66	20.08.	94	12.10.	147	
Etrillage	15				11.06.	45							
trèfle blanc	30	27.04.	15.05.	18	19.06.	53		87	10.08.	105	29.09.	155	
Cameline	30				19.06.	53							
2005 (Amphor)													
Pratique agri.	54	12.05.	25.05.	13	01.07.	50	24.06.	43		92	11.10.	152	
Semis tardif	54	31.05.	10.06.	10	15.07.	45	04.07.	34		73	11.10.+	133	
Bineuse à doigts	54				01.07.	50							
Houe rotative"	54				01.07.	50			12.08.				
Ecart. réduit	30	12.05.	25.05.	13	22.06.	41	24.06.	43		92	11.10.	152	
étrillage	17				16.06.	35							
cameline	17				16.06.	35							

Ec: écartement (cm)

j: jours après semis

+ : „semis tardif“ 2005 récolté avec une forte humidité de grains

Densité de peuplement

2004 : faible levée, dégâts de lièvres sur plantules, de la répétition 1 à 4 augmentation de la charge en cailloux du sol

levée moyenne : rép. 1 (83%), rép. 2 (63%), rép. 3 (55%), rép. 4 (40%)

⇒ pas de prise en compte du bloc n°4 particulièrement mal installé et non représentatif par la suite

autres pertes lors des interventions : 1-30% (bineuse à doigts : 45%)

⇒ densité de peuplement (blocs 1-3) après les interventions: 22-44 Pl./m² à 56 Pl./m² chez les variantes „semis tardif“ (tendance à une meilleure levée et à moins de pertes) et „étrille“ (plus forte densité de semis)

2005 : levée 100% pour le semis monograines (85% pour le semis tardif), 92% pour le semis classique

pertes pendant les interventions: 0-14%

⇒ densité de peuplement après interventions : 57-90 Pl./m² (surtout fonction des conditions de semis)

Couverture du sol, hauteur de végétation, verse

2004 : croissance modérée (hauteur de végétation max. 73 cm)

couverture du sol importante malgré la densité faible, mais très hétérogène

aucune verse

2005 : développement rapide, malgré semis plus tardif, états végétatifs nettement plus hauts qu'en 2004 dès mi juillet (jusqu'à 86 cm)

couverture du sol le 06.07.2005 pratiquement 100% (fin août aussi pour „semis tardif“)

verse : hauteur de végétation tombe de 80 cm à 50 cm entre juillet et septembre mais stable → récolte sans problème, toutefois ralentissement du dessèchement



Photo 4
30 cm

29.06.2005)

Photo 5
54 cm

photo : fermeture des rangs pour différents écartements en 2005

„semis tardif“ : végétation identique aux autres variantes au bout de trois mois lors des deux années

semis sous couvert :

trèfle blanc 2004 : semis trop tardif, manque de lumière sous les sojas → pas de biomasse significative

cameline 2004: bonne installation et remplissage des trous dans la végétation du soja , hauteur env. 55 cm, couverture du sol 20-30%

- ⇒ maturité fin août, pas d'égrenage, récolte possible en même temps que le soja, toutefois les petites graines n'ont pas pu être séparées des graines d'adventices de taille analogue

cameline 2005 : tout d'abord bien installée, jusqu'à 30 cm de haut, mais en juillet totalement étouffée par les plantes de soja qui recouvraient le sol (carence en lumière)

Maladies et autres facteurs responsables de dégâts

Pertes de plantes dues aux interventions de désherbage :

dégâts d'étrille (entre autre le 21.06.2004 pour les plantes de soja trop grandes), dégâts de binage (entre autres pour les faibles écartements 2004), dégâts de la bineuse à doigts (entre autres 2004 à cause d'un manque d'expérience dans son utilisation)

Dégâts de lièvres (seulement en 2004):

dégâts considérables après la levée, dégâts observables jusqu'à juillet, efficacité à durée réduite du produit dénaturant Arbin

Dégâts de grêle (08.07.2004):

dégâts sur le champ d'essais faibles en comparaison de champs de producteurs voisins (feuilles déchirées et tiges cassées)

Les maladies suivantes ont été observées sur le soja (seulement en 2005):

mildiou (*Peronospora manshurica*) le 12.08.2005, < 5% des surfaces foliaires

Sclerotinia sclerotiorum sous forme de foyers du 09.09.2005 à la récolte (précédent : tournesol), mais pas de dégâts conséquents

Salissement en mauvaises herbes

Espèces et répartition :

Espèce dominante lors des deux années et sur les deux sites : *Chenopodium album* (chénopode blanc), *Amaranthus retroflexus* (amarante réfléchie)

Autres espèces fréquentes : *Polygonum lapathifolium*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*

Répartition des adventices selon un fort gradient progressif vers le nord pour les deux années

2004 : apparition de foyers d'espèces pérennes : *Cirsium arvense*, *Equisetum arvense*, *Symphytum officinale*

- ⇒ seules les espèces annuelles ont été prises en compte dans l'exploitation des comptages d'adventices en 2004

tendance à une forte réduction de *Amaranthus* et *Chenopodium* avec un programme d'interventions intensif (*Chenopodium* germe sur une longue période, ce que contrarie une lutte réalisée à temps)

Variantes de lutte testées :

pas d'effets significatifs relevés en 2004

forte hétérogénéité dans le champ d'essai (variance élevée)

salissement relativement homogène (souvent lié aux trous de végétation)

Mais tendance à un salissement plus faible dans le „semis tardif“

2005 : différences significatives entre variantes (cf. Tab. 55 et Fig. 4)

„Pratique“, „semis tardif“ et „bineuse à doigts“: lutte couronnée de succès, végétation dense → presque sans adventices

„étrille“ et „cameline“: pas d'étrillage aveugle quelques m. h. résistantes → salissement moyen

„écartement réduit“: binage sans étrillage, croissance des mauvaises herbes dans l'interrang → salissement moyen

„houe rotative“: utilisation au stade optimal impossible à cause de l'humidité et pour finir absence de binage avec pattes d'oie → plus d'adventices stimulées à germer que détruites → très fort salissement

La Fig. 4 présente les résultats des comptages de mauvaises herbes en 2005. Avec l'utilisation de la bineuse à pattes d'oie, seules restaient presque exclusivement des adventices sur les rangs. La part de surface correspondant à „sur le rang“ est ici d'autant plus importante que l'écartement est faible. Si l'on ne considère que la partie „sur le rang“ (bande de 10 cm de large sans tenir compte de l'interrangs) on peut tirer les enseignements suivants :

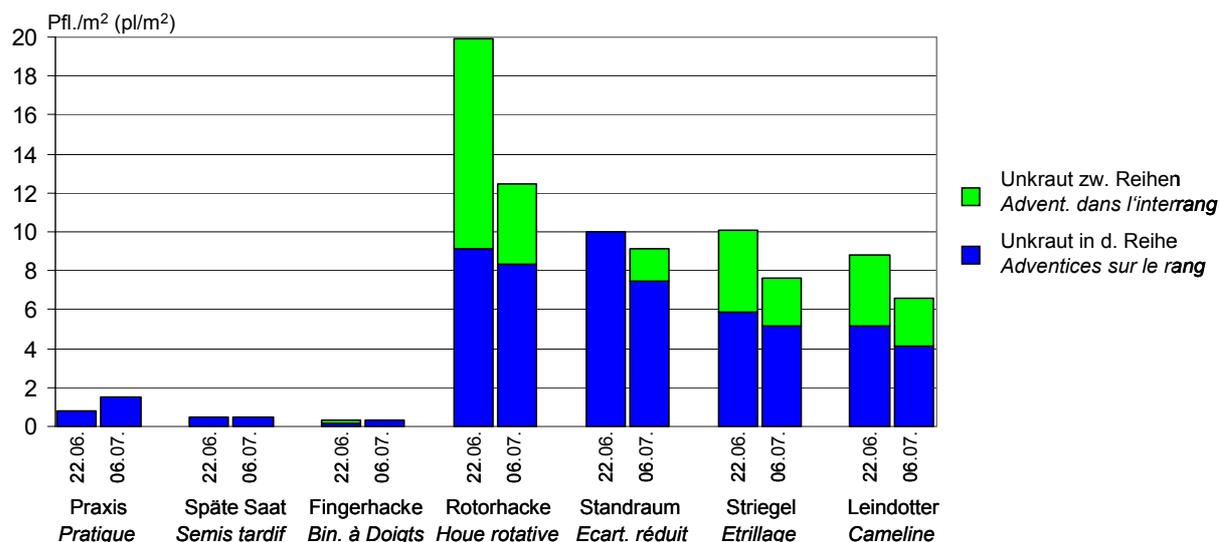
un plus faible enherbement de „semis tardif“ et „bineuse à doigts“ en comparaison à „Pratique“ (non significatif)

un enherbement à peu près équivalent de „Pratique“, „étrillage“ et „cameline“ (pour toutes les variantes l'étrille a été efficace sur le rang)

un plus fort enherbement significatif de „faible écartement“ (binage sans étrillage pas de lutte sur le rang)

un enherbement encore plus fort pour la variante „houe rotative“ (effet stimulateur de germination)

- ⇒ une lutte certaine contre les mauvaises herbes sur le rang est possible avec l'étrillage et peut être même meilleure avec la bineuse à doigts
- ⇒ les variantes avec de forts écartement entre rangs profitent de la grande part relative de surface qui peut être tenue propre par le binage



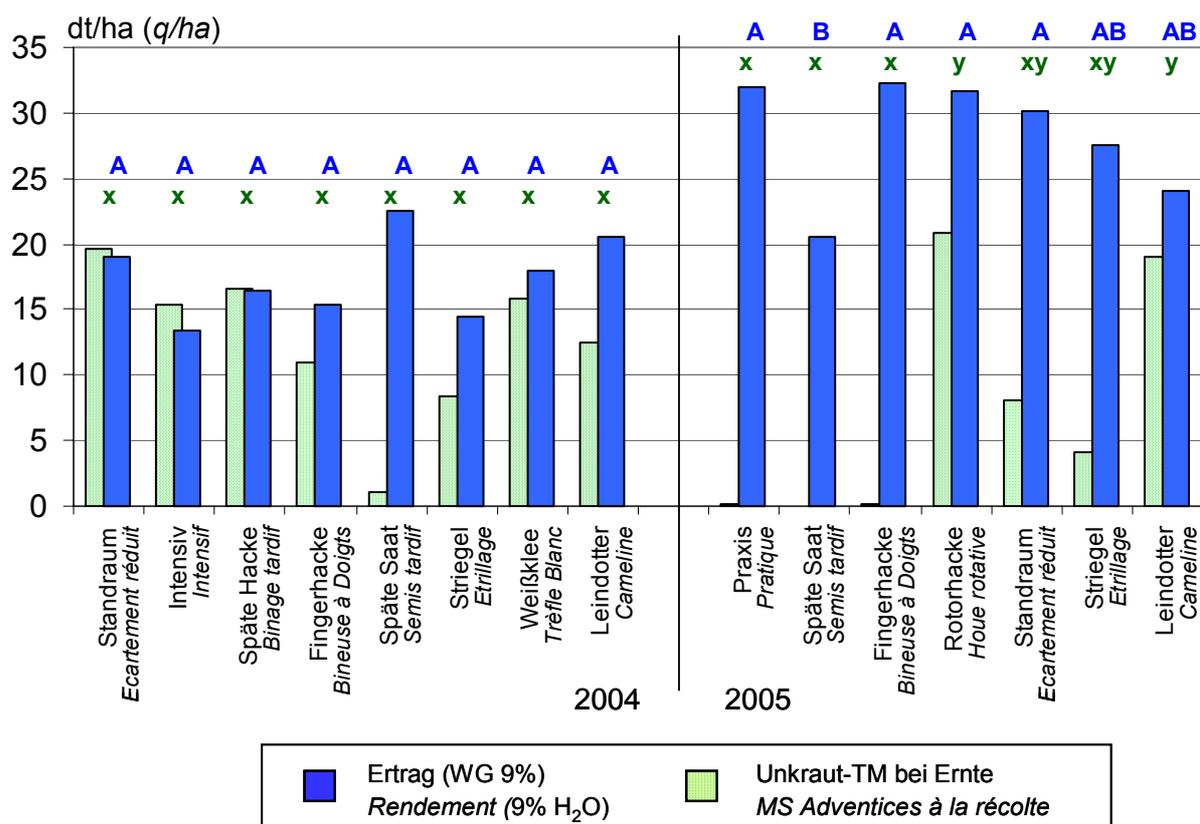
„sur le rang“ = bande de 10 cm de large autour du sillon de semis / „inter-rangs“ = le reste, fonction de l'écartement entre rangs
surface prise en compte = 1 m², „sur le rang“ et „inter rangs“ = parts de la surface

Fig. 4: Dénombrement d'adventices dans le soja, D-Buggingen 2005

Le salissement tardif est estimé par la biomasse de mauvaises herbes présente à la récolte. Elle n'a pas été occasionnée dans les essais par un grand nombre d'adventices mais par quelques espèces individuelles très grandes, qui s'étaient déjà installées en été et non après la chute des feuilles du Soja.

Récolte et rendement

La Fig. 5 présente les rendements machines dans les essais ainsi que la biomasse des adventices mesurée à la récolte sur des placettes. En 2004, la variante „semis tardif“ n'a pas pu être récoltée car à l'atteinte de la maturité de la culture la moissonneuse batteuse n'était plus disponible. Le rendement a été calculé à partir des prélèvements de placettes et du rapport moyen entre rendement machine et placette des autres parcelles. En 2005, deux variantes n'ont pas pu être récoltées (« étrillage » et « houe rotative ») à cause d'un trop fort enherbement. Les prélèvements sur placettes ont toutefois été réalisés pour déterminer la biomasse en adventices. La nouaison assez basse des gousses du soja ne s'est pas avéré problématique et après la récolte il n'a pas été retrouvé de gousses sur les chaumes.



Les variantes avec une même lettre pour une année ne sont pas significativement distinctes (en lettres majuscules rendement, en lettres minuscules : adventice)

Fig. 5: rendements machine et biomasse aérienne des adventices dans le Soja, D-Heitersheim 2004 et D-Buggingen 2005

Le niveau de rendement en 2005 a été nettement plus élevé qu'en 2004. A l'intérieur d'une année, les rendements ne se sont pas distingués les uns des autres à l'exception du semis tardif 2005 qui était significativement inférieur aux 4 meilleures variantes.

Il n'a pas été constaté de relations entre les rendements et les salissements en mauvaises herbes. Des rendements élevés ont été atteints même dans des variantes fortement enherbées. Plus problématique sont les dépenses pour nettoyage des lots ou bien les baisses de qualité provoquées par la présence de mauvaises herbes encore vertes (la coloration dans la production de tofu est indésirable).

Pour les deux années, les rendements sont corrélés positivement avec la densité de peuplement. L'index de récolte a été pour les deux années le plus faible pour le semis tardif mais il n'a en revanche pas eu d'effet significatif sur le rendement (corrélation négative en 2004 et positive en 2005).

4.3.1.3 Désherbage mécanique et thermique (F-Holtzwihr, 2003/04)

Essai de 2003

Observations pendant la période de végétation

La levée du soja a été irrégulière par endroit, avec des rangs discontinus : quelques pieds de soja n'ont pas levé sur le rang mais juste à côté. Ces pieds ont donc été détruits lors du binage.

Les stades de développement n'étaient pas non plus très homogènes, ce qui rend plus difficile les interventions de désherbage, notamment celle thermique qui nécessite un stade précis du soja (cotylédons fermés) qui a une durée très courte (1 à 2 jours seulement).

Ces problèmes d'homogénéité de levée sont certainement à rapprocher du type de semoir utilisé : un semoir à céréales, alors que la taille des graines de soja est assez importante et la densité sur le rang est élevée et donc difficile à mettre en place.

La densité du soja, le 24/06/03, à la fin des interventions de désherbage, est d'ailleurs plus faible que la densité semée : en moyenne 44 pieds/m² pour les itinéraires 1,2 et 3 (soit 63 % de la densité de semis) et 51 pieds/m² pour l'itinéraire 4 (soit 51 % de la densité semée).

Par ailleurs, même si la forêt n'était pas en bordure de l'essai, mais seulement à proximité, quelques dégâts de ravageurs ont été observés ça et là :

- dégâts de chevreuils et lièvres (sommets de pieds de soja coupés en bordure de l'essai et de façon ponctuelle au sein des parcelles élémentaires),
- dégâts de sanglier en août-septembre (passages visibles entre certaines parcelles).

Comme attendu, la pression des adventices a été forte. Les adventices relevées étaient principalement : le chénopode blanc (*Chenopodium album*), l'amarante réfléchi (*Amaranthus retroflexus*) et des graminées (panic pied de coq : *Echinochloa crus-galli*), à savoir les adventices caractéristiques des cultures de maïs. D'autres adventices, présentes beaucoup plus sporadiquement, ont été observées : le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), la renouée persicaire (*Polygonum persicaria*), la morelle noire (*Solanum nigrum*), la stellaire intermédiaire (*Stellaria media*) et le gailllet gratteron (*Galium aparine*).

Cependant leur répartition est assez irrégulière, avec des coefficients de variation importants entre placettes de comptage (supérieurs à 30 % dans la majorité des cas) et entre blocs (coefficient de variation entre 17 et 53 %).

Mais surtout la densité moyenne¹⁴ est significativement plus importante sur le bloc 2 que sur le bloc 1 (parfois même 2 fois plus élevée), pour :

- la population totale d'adventices les 04/06/03 et 16/06/03 (et elle a aussi tendance à être différente entre blocs le 28/05/03),
- les graminées les 28/05/03 et 04/06/03¹⁵,

¹⁴ La « densité moyenne » désignera la densité globale des adventices à la fois sur le rang et l'interrang.

¹⁵ A noter que le nombre de graminées a été difficile à compter le 16/06/03 sans arrachage des plants, en raison du tallage de ces derniers. Ceci pourrait expliquer l'absence de relevé de différences signifi-

- les chénopodes le 04/06/03 et les amarantes le 16/06/03

Tab. 57 : Probabilité de se tromper en affirmant l'existence de différences de densité moyenne entre blocs

	Total adventices	Chénopodes	Amarantes	Graminées
28/05/03	0,08215	0,81795	0,95000	0,00641
04/06/03	0,01815	0,00814	0,51900	0,02127
16/06/03	0,03767	0,31660	0,00190	0,12077

A noter que, sur une bande traversant, à la perpendiculaire, toutes les parcelles élémentaires du bloc 2, la densité de graminées semblait beaucoup plus importante à l'œil nu. Cette bande pourrait coïncider avec le passage de l'enrouleur pour l'irrigation du maïs une année précédente.

Quantité totale d'adventices suivant les itinéraires

Malgré cette répartition hétérogène des adventices, la densité moyenne des adventices, toutes espèces confondues, est significativement différente entre les itinéraires de désherbage pour les relevés du 28/05/03 et du 04/06/03.

Plus précisément, le 28/05/03, la densité d'adventices est plus importante sur l'itinéraire 3, n'ayant eu encore aucune intervention de désherbage, que sur les 3 autres itinéraires (Fig. n°6). Entre ces 3 autres itinéraires, il n'y a cependant pas de différences significatives, malgré l'utilisation d'outils différents (herse étrille pour les itinéraires 2 et 4, désherbeur thermique pour l'itinéraire 1).

catives à cette date, alors qu'elles apparaissaient auparavant.

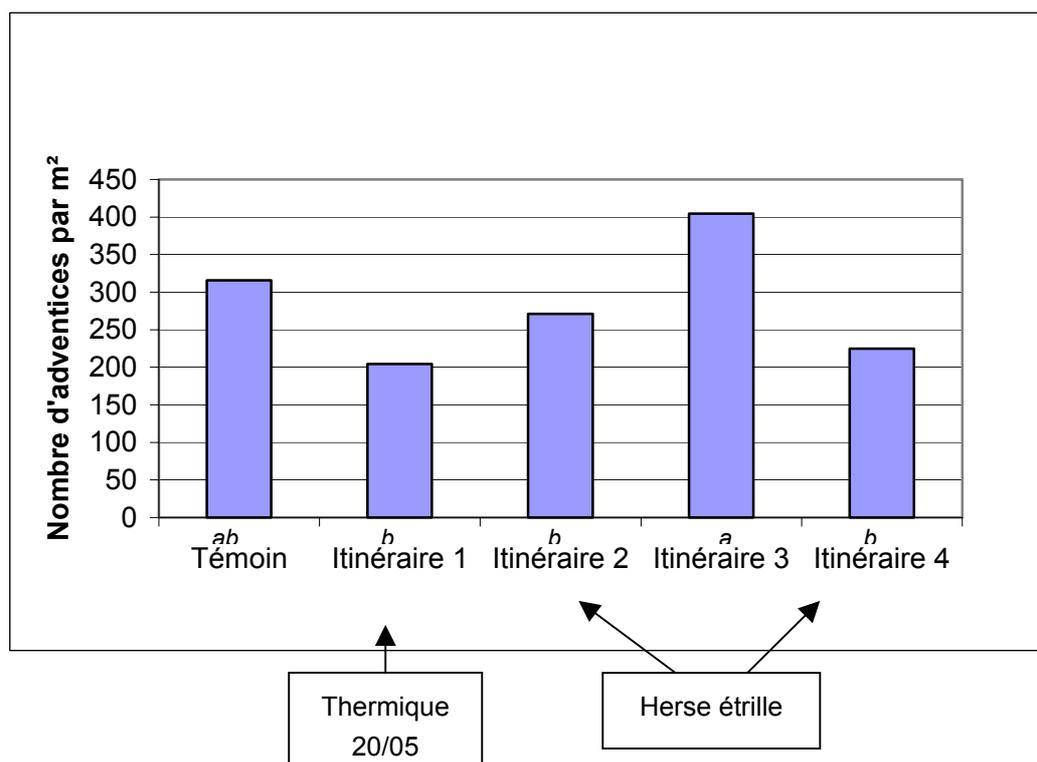


Fig. 6 : densité d'adventices le 28.05.2003 selon les itinéraires

Le 04/06/03, la densité d'adventices est la plus faible pour l'itinéraire 4, ayant fait l'objet jusque là de 2 passages de herse étrille, alors qu'il n'y a eu qu'une intervention pour les autres (Fig. n°7). A l'inverse, la densité est la plus importante pour l'itinéraire 1, où, contrairement aux autres, il n'y a pas eu de passages de herse étrille, mais un passage de brûleur à un stade précoce (cotylédons fermés).

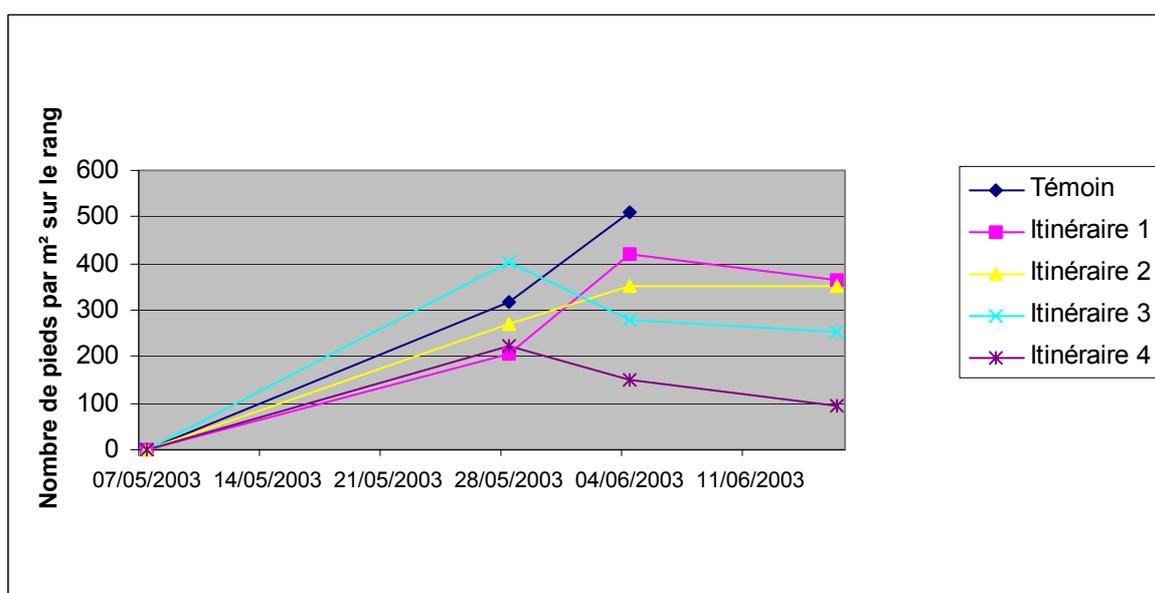


Fig. 7 : évolution de la densité d'adventices sur le rang selon les itinéraires de désherbage

Le 16/06/03, la densité des adventices sur le rang est aussi la plus faible pour l'itinéraire 4 (Fig. n°8) : celui-ci a fait l'objet, alors, au total, de 3 interventions de désherbage, contre 2 pour les autres itinéraires et ces 3 opérations ont été réalisées en plein (donc aussi sur le

rang) alors que ce n'est pas le cas pour les autres itinéraires. La densité des adventices sur le rang est la plus importante pour les itinéraires 1 et 2, pour lesquelles la première intervention a été précoce et la deuxième (un binage) beaucoup plus tardive (environ 3-4 semaines après) et seulement sur l'interrang.

Cependant, à cette même date, la densité moyenne (rang et interrang confondus) n'est pas significativement différente entre les itinéraires (Fig. n°8) : le binage, en détruisant totalement les adventices dans l'interrang, a fortement réduit la population totale d'adventices, au point de gommer les différences existantes jusque là entre les itinéraires.

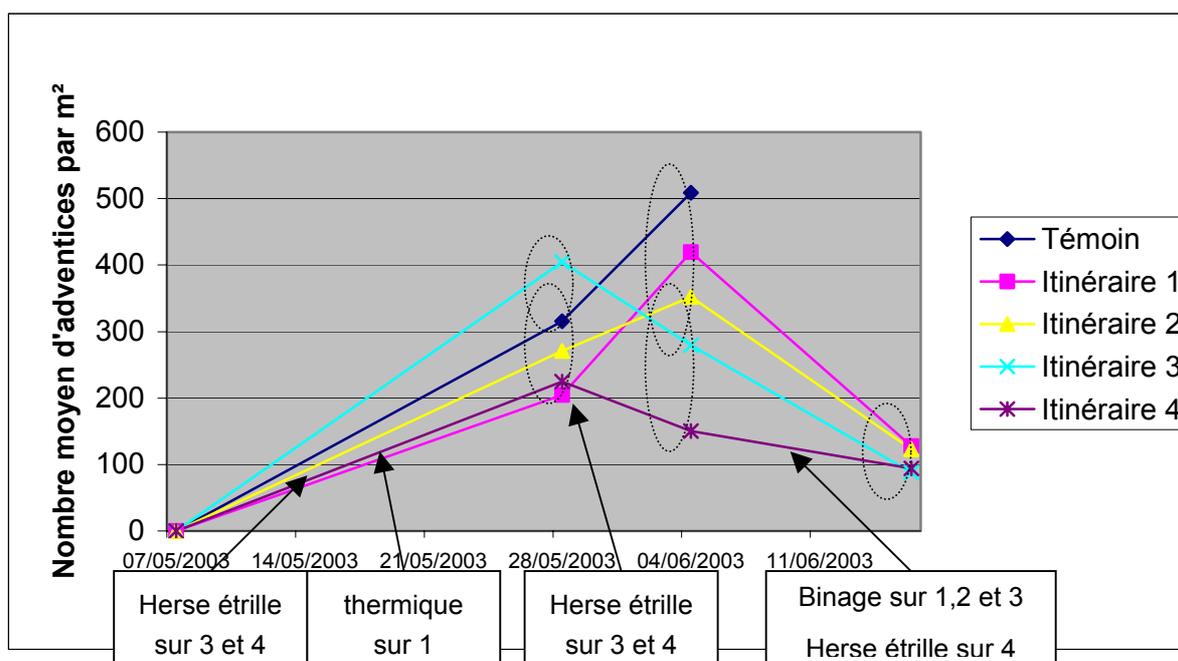


Fig. 8: Développement de la densité moyenne d'adventices par m²

En ce qui concerne l'évolution dans le temps, la densité moyenne des adventices (rang et interrang confondus) diminue seulement de façon significative entre le 04/06 et le 16/06, et cela pour les itinéraires 1 et 3, c'est-à-dire les itinéraires qui ont atteint les densités d'adventices les plus élevées le 28/05 ou le 04/06 (Fig. n°8).

Pour l'itinéraire 3, le passage de la herse étrille n'a pas permis de baisser significativement la densité moyenne d'adventices, toutes espèces confondues, entre le 28/05 et le 04/06. Cette intervention était très vraisemblablement trop tardive : une partie des adventices (chénopodes et graminées) avait atteint un stade trop développé et a résisté à l'outil. C'est seulement le passage de la bineuse le 11/06 qui a permis une diminution significative de la densité moyenne d'adventices entre le 28/05 (ou le 04/06) et le 16/06.

Il apparaît ainsi que **la date et la fréquence d'intervention** sont ici **plus efficaces sur la densité d'adventices, toutes espèces confondues, que le type d'outil utilisé** : la levée des adventices étant échelonnée dans le temps, plus l'intervention est récente et fréquente, plus la densité d'adventices est réduite.

Néanmoins les différents outils n'ont **pas la même efficacité** :

- **suivant le stade des adventices** : la herse étrille n'est efficace que sur des adventices au stade jeune (au plus 2 feuilles) - la fréquence des passages est donc particulièrement importante – alors que la bineuse peut détruire des adventices dans l'interrang qui ont un stade plus avancé.

- **suivant la zone d'intervention** : la herse étrille et le désherbeur thermique (au stade cotylédons encore fermés du soja) agissent sur toute la superficie, alors que la bineuse, en l'absence de buttage, n'intervient que dans l'interrang.

Répartition des adventices par espèce suivant les itinéraires

Cependant la densité totale d'adventices ne suffit pas à caractériser les adventices présentes suivant les itinéraires de désherbage : la répartition des adventices par espèce s'avère en effet très différente suivant les itinéraires.

Itinéraire de désherbage n°1 (thermique + binage)

Pour cet itinéraire, suite au désherbage thermique le 20/05/03, la densité de chénopodes sur le rang a tendance à être la plus faible de celles relevées le 28/05/03, et elle est l'une des plus faibles le 04/06 et le 16/06 (Fig. n°5). Cependant, en raison de l'absence d'intervention entre le 20/05 et le 11/06, la densité de chénopodes, initialement très faible le 28/05, augmente de façon significative entre le 28/05/03 et le 04/06.

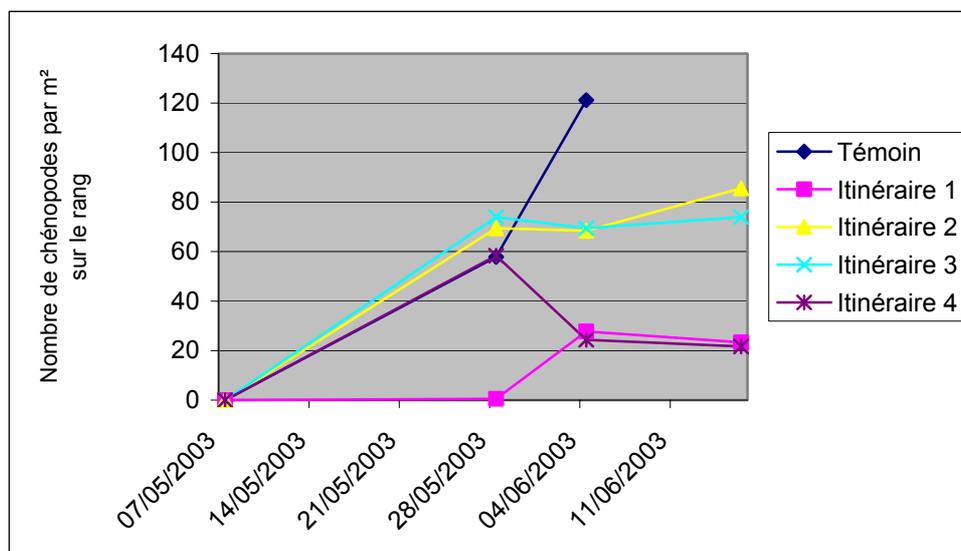


Fig. 9 : évolution du nombre de chénopodes par m² sur le rang selon l'itinéraire

Par contre, le binage réalisé le 11/06, en détruisant les adventices dans l'interrang, permet une diminution significative légère de la densité moyenne (rang et interrang confondus) entre le 04/06 et le 16/06 (Fig. n°9).

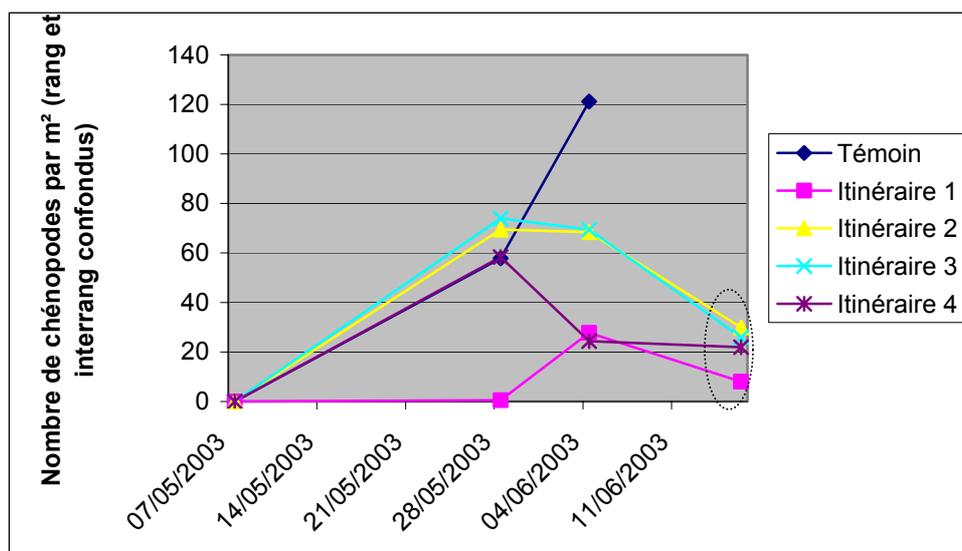


Fig. 10 : évolution de la densité moyenne de chénoptodes suivant les itinéraires

La densité d'amarantes sur le rang est aussi la plus faible pour cet itinéraire le 28/05 (Fig. n°11). Mais en l'absence d'interventions entre le 20/05 et le 11/06, leur densité augmente de façon significative entre le 28/05 et le 04/06, si bien que cet itinéraire 1 a la plus forte densité d'amarantes le 04/06, après le témoin. Puis, malgré une diminution significative de la densité moyenne entre le 04/06 et le 16/06 (suite au binage le 11/06) et une densité supérieure sur le bloc 2 que sur le bloc 1 le 16/06, la densité moyenne, ou sur le rang, d'amarantes est la plus forte pour cet itinéraire le 16/06 (Fig. n°11).

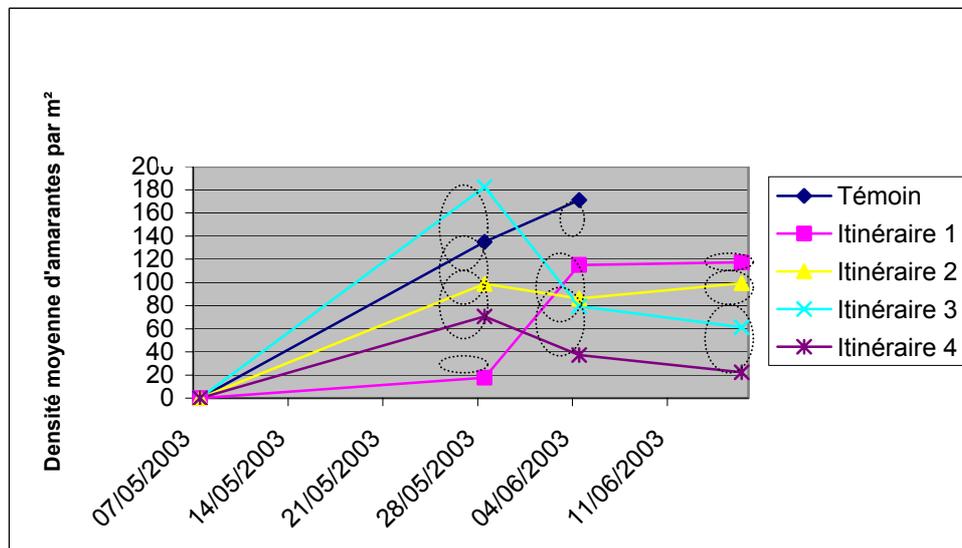


Fig. 11 : évolution de la densité moyenne d'amarantes selon les itinéraires

Quant aux graminées, quand leur densité a pu être évaluée, et que des différences significatives semblent apparaître malgré leur plus grande densité sur le bloc 2 que sur le bloc 1 (c'est-à-dire le 28/05), cette densité a tendance, alors, à être la plus élevée pour l'itinéraire 1 (Fig. n°12).

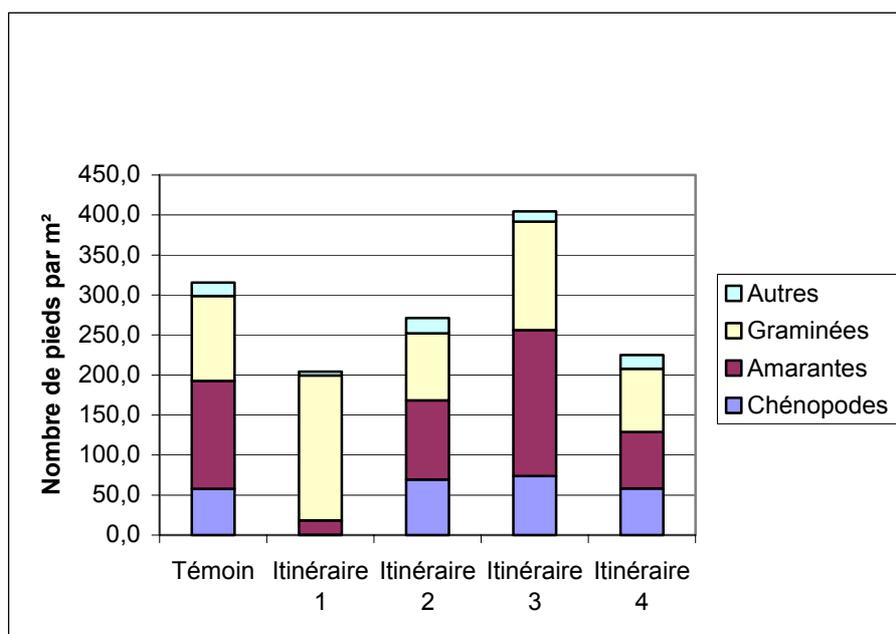


Fig. 12 : nature et densité des adventives le 28.05.2003 selon les différentes variantes

Ainsi le désherbage thermique au stade « cotylédons fermés » du soja a été très efficace sur les dicotylédones (amarantes et chénopodes) à court terme. Mais il a été inefficace sur les graminées, qui, n'étant plus concurrencées par d'autres adventives, se sont développées beaucoup plus. Par ailleurs, l'intervention suivante ayant été très tardive, les populations de chénopodes, mais surtout d'amarantes (dont les levées ont été nombreuses après le thermique), se sont fortement accrues.

Itinéraire de désherbage n°2 (étrillage précoce + binage)

Pour cet itinéraire, par contre, la densité des graminées a tendance à être une des plus faibles de celles relevées le 28/05 (Fig. n°8). Mais la densité des chénopodes sur le rang est, de façon significative, l'une des plus importantes de celles relevées le 16/06 (avec l'itinéraire 3). (Fig. n°9).

Néanmoins, il n'apparaît pas d'évolution vraiment significative dans le temps de la densité des différentes adventives pour cet itinéraire.

La herse étrille s'est avérée ainsi plus efficace que le désherbeur thermique vis-à-vis des graminées, mais moins vis-à-vis des chénopodes. Toutefois, la moindre efficacité de la herse étrille sur les chénopodes pourrait être due aussi à la différence de date d'intervention : sur l'itinéraire 2, l'étrillage a eu lieu 5 jours plus tôt que le passage du thermique sur l'itinéraire 1.

Itinéraire de désherbage n°3 (étrillage tardif + binage)

La première intervention (étrillage) n'ayant été réalisée que le 28/05 après le comptage, la densité d'amarantes est la plus élevée des 4 itinéraires le 28/05 (Fig. n°7), mais l'étrillage réalisé ensuite a permis une diminution significative de leur densité entre le 28/05 et le 04/06

pour cet itinéraire et le 16/06, cet itinéraire a l'une des plus faibles densités moyennes (avec l'itinéraire 4) pour cette espèce.

Par contre, le 16/06, il a l'une des densités de chénopodes sur le rang des plus élevées (avec l'itinéraire 2). (Fig. n°9)

Les amarantes ayant levé de façon importante et très vraisemblablement plus tardivement que les chénopodes, l'étrillage tardif a permis la destruction de plus d'amarantes que l'étrillage précoce (pour l'itinéraire 2), les amarantes étant encore, alors, à un stade sensible.

Cependant, cet étrillage a certainement été trop tardif vis-à-vis des chénopodes, dont la levée a été plus précoce et qui sont ainsi plus nombreuses, lors du dernier relevé (le 16/06/03), pour cet itinéraire 3 que pour les autres itinéraires, où la première intervention a toujours été plus précoce.

Itinéraire de désherbage n°4 (3 étrillages)

Cet itinéraire, avec un premier étrillage précoce, a tendance à avoir l'une des plus faibles densités de graminées le 28/05 (comme l'itinéraire 2), malgré une densité significativement plus élevée sur le bloc 2 que sur le bloc 1. (Fig. n°12)

Par ailleurs, ayant fait l'objet de 3 interventions de désherbage contre 2 seulement pour les autres itinéraires, il a l'une des plus faibles densités de chénopodes sur le rang le 04/06 et le 16/06 (avec l'itinéraire 1) malgré une densité supérieure sur le bloc 2 que le bloc 1 le 04/06 (Fig. n°9).

Il a aussi la plus faible densité d'amarantes sur le rang le 04/06 et le 16/06 (malgré une densité supérieure sur le bloc 2 que sur le bloc 1 le 16/06), et l'une des plus faibles densités moyennes d'amarantes le 16/06 (avec l'itinéraire 3), malgré aussi une densité supérieure sur le bloc 2 que sur le bloc 1 (Fig. n°11).

En outre, quelles que soient les adventices considérées, leurs densités ne diminuent pas de façon significative entre le 28/05 et le 16/06.

Ainsi un premier étrillage précoce associé à une densité de la culture de soja un peu plus importante et un écartement plus réduit entre rangs (donc une couverture du sol plus rapide) a certainement été à l'origine d'une plus faible densité de graminées pour l'itinéraire 4. De plus, les étrillages répétés ont permis de maintenir une faible densité de chénopodes et amarantes.

Effet des différents itinéraires de désherbage sur la culture de soja

En cours de floraison (le 24/09) et après floraison (le 02/09), la **hauteur** du soja n'est pas significativement différente entre les différents itinéraires de désherbage. Ces derniers n'ont donc pas eu d'influence différente sur la hauteur du soja.

Quant à la densité de la culture de soja, elle a tendance à être légèrement plus élevée pour l'itinéraire 4 (où la densité au semis était de 100 gr/m²) que pour les autres (où elle était de 70 gr/m²), lors des premiers comptages (les 28/05/03 et le 04/06/03). Puis les différences semblent se réduire. (Fig. n°13)

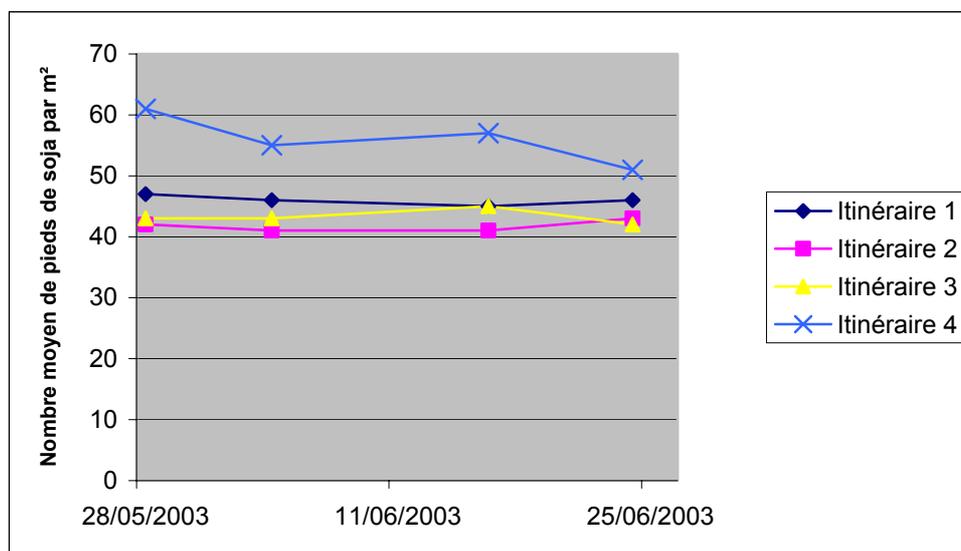


Fig. 13 : densité de la culture de soja selon les itinéraires

Cependant la densité du soja pour l'itinéraire 4 ne diminue pas de façon significative au cours du temps et la densité semble en moyenne plus élevée sur le bloc 2 que sur le bloc 1 pour cet itinéraire. Par ailleurs, la proportion de plants présents par rapport à la densité au semis semble un peu plus faible pour cet itinéraire que pour les autres (avec 51 % au 24/06 contre 63 % pour les autres itinéraires).

Cette proportion plus faible pourrait être due à la difficulté de semer, avec un semoir à céréales classique à ergots, une densité aussi importante de 100 gr/m² et/ou au nombre plus important d'étrillages pour cet itinéraire que pour les autres. Certains rangs semblent aussi avoir souffert aux endroits de passages des roues de tracteur lors des étrillages, pour cet itinéraire où l'écartement entre rangs est réduit.

Mais comme le premier étrillage a eu lieu en prélevée (c'est-à-dire avant le premier comptage possible du nombre de pieds levés de soja), il est difficile de vérifier ces hypothèses.

A la récolte

Observations générales

Le rendement moyen de l'essai est faible cette année, avec une moyenne de 11,2 q/ha net à 9 % d'humidité. Ceci s'explique en partie par la forte chaleur cet été 2003 alors qu'il s'est avéré que les gousses de la variété de soja mise en place, la variété Dolly, avaient tendance à éclater à maturité. Ainsi en septembre, les gousses mûres au bas des pieds de soja éclataient et les grains tombaient par terre, tandis que les gousses au sommet des pieds étaient encore vertes et tardaient à mûrir en raison de périodes avec des températures plus fraîches.

La taille des parcelles s'est avérée alors insuffisante par rapport à la taille de la trémie de la moissonneuse batteuse de l'agriculteur, si bien qu'une part assez importante de la récolte vidangée (jusqu'à 45 % de celle-ci) peut provenir de la récolte de la parcelle récoltée auparavant et non de celle qui vient d'être récoltée.

Il n'est donc pas possible cette année de faire une analyse de la qualité des grains récoltés par itinéraire. Néanmoins, la trémie de la machine a été vidangée de la même façon à chaque fois : ainsi une même quantité de grains a du rester dans les tuyaux à chaque fois. Donc on peut émettre l'hypothèse que la quantité vidangée à la fin de chaque parcelle élémentaire correspond à la quantité récoltée sur cette parcelle, et que l'on peut en déduire le rendement de chaque parcelle.

Les analyses qualitatives ont, elles, été réalisées seulement sur un échantillon moyen issu de l'ensemble des différentes parcelles élémentaires. Le PMG moyen est ainsi de 225 g et le taux de protéines de 42,1 %. L'humidité moyenne à la récolte est de 14 %.

Rendement suivant les itinéraires de désherbage

Le rendement n'apparaît pas significativement différent entre les itinéraires de désherbage, mais il est en moyenne 2 fois plus important sur le bloc 1 que sur le bloc 2, avec 14,6 q/ha sur le bloc 1 contre 7,7 q/ha sur le bloc 2.

Or lors de prélèvements de sols, il s'est avéré que le sol était plus profond sur le bloc 1 que sur le bloc 2 : une couche de graviers calcaires est présente à une profondeur de 45 cm environ pour le bloc 2 contre 60 cm pour le bloc 1.

Plusieurs hypothèses peuvent donc être émises :

- le sol étant moins profond sur le bloc 2, les ressources de la plante étaient plus faibles et le rendement de même, d'autant plus que la maturité du soja a, très probablement, été plus précoce sur ce bloc et que les chutes de grains avant récolte, suite à l'éclatement des gousses, ont été plus importantes,
- les adventices étaient plus nombreuses, dès le 28/05/03 pour les graminées : elles ont pu aussi pénaliser la culture et réduire ses ressources.

Néanmoins, en considérant chaque bloc indépendamment l'un de l'autre, il se pourrait que l'itinéraire 2 ait le plus fort rendement (Fig. n°14). Cela signifierait alors que l'étrillage précoce est bénéfique pour le rendement, en favorisant le soja à un stade jeune par rapport aux adventices et en aidant ainsi à sa bonne implantation. Mais cela est à vérifier.

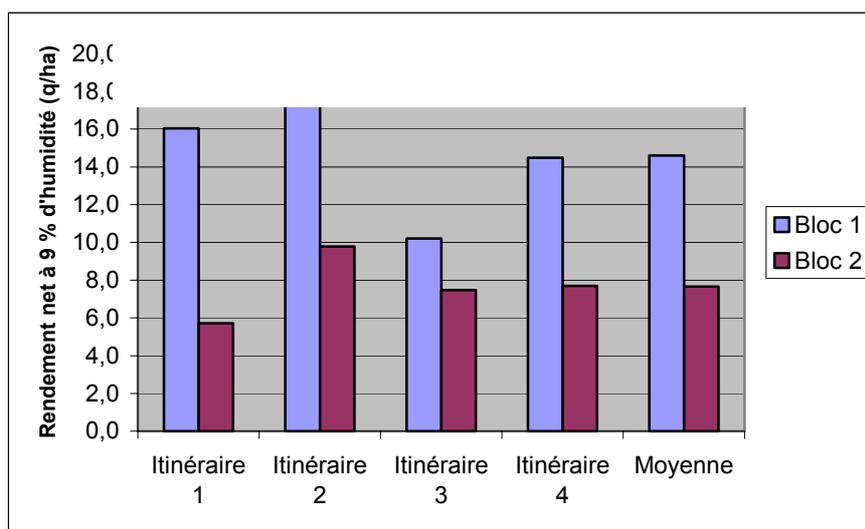


Fig. 14 : rendement du soja selon les itinéraires

Sur le bloc 2, où la pression des graminées et amarantes était la plus importante, particulièrement dans l'ancienne zone de passage de l'enrouleur, le rendement est le plus faible pour l'itinéraire 1, qui était l'itinéraire avec la plus forte densité de celles-ci. Il se pourrait donc que la forte concurrence des graminées et amarantes, engendrée par l'absence d'interventions les 3 semaines suivant le désherbage thermique, ait pénalisé la production de celui-ci.

Essai 2004

Observations générales

En raison de la sécheresse du printemps et de la formation d'une croûte de battance, la levée du soja a été très irrégulière, avec la levée très tardive de 2 des 6 rangs du semoir (photo ci-dessous). Il a même été envisagé de resemer l'essai, mais de fortes pluies début juin ont permis de faire lever les graines encore non germées.



Fig. 15 : levée très hétérogène de l'essai soja (début juin), F-Holtzwihr 2004

Effet sur les adventices

Les principales adventices observées sur l'essai sont des chénopodes, renouées, liserons amarantes et mercuriales. Le binage réalisé mi-juin a permis de détruire totalement les adventices dans l'interrang.

Sur le rang, leur densité a été aussi relativement faible avec au maximum 40 plantes/m² au total. Elle est significativement la plus importante pour l'itinéraire 3, c'est-à-dire celui pour lequel il y a eu seulement une intervention de désherbage sur le rang contre 2 pour les trois autres itinéraires :

La densité des adventices sur le rang ne diffère pas de façon significative entre les 3 autres itinéraires, malgré l'utilisation d'outils différents lors du premier passage (herse étrille, thermique ou houe rotative).

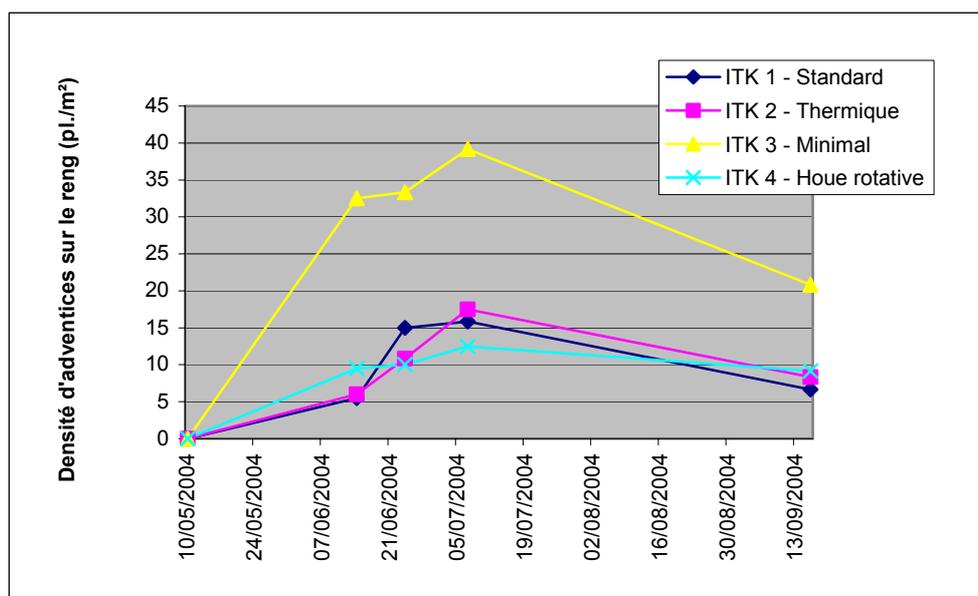


Fig. 16 : Evolution de la densité d'adventices sur le rang selon l'itinéraire de désherbage, F-Holtzwihr 2004

Effet sur le soja

En cours de culture

Les relevés n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les itinéraires pour la densité du soja : elle est de 28 plantes/m² en moyenne fin juin après la fin du désherbage, soit 54 % de la densité au semis.

La couverture du sol et la hauteur à début floraison ne diffèrent pas non plus significativement entre les itinéraires (voir annexe). Toutefois, à maturité, le soja de la zone A s'avère être plus haut que sur la zone B, et le soja ayant été désherbé thermiquement la première fois a tendance à être le plus haut tandis que celui de l'itinéraire standard tend à être le plus bas.

Production du soja

Le rendement en grain récolté manuellement ne diffère pas significativement suivant l'itinéraire de désherbage. Il est en moyenne de 32,8 q/ha à 9 % d'humidité, soit 13,5 q/ha de protéines, sachant que le taux de protéines moyen est de 45,4 % MS.

4.3.1.4. Influence de la date de semis (F-Appenwihr, 2004)

Observations générales

La répartition des adventices s'est révélée être très irrégulière sur l'essai, avec un très fort coefficient de variation entre les blocs pour les densités des adventices, tout comme pour le taux d'impuretés à la récolte (CV entre 50 et 120 %, voir en annexe). Les adventices étaient

particulièrement nombreuses sur le bloc 2¹⁶, mais des interactions sont apparues aussi entre le bloc et la date de semis.

Effet de la date de semis sur les adventices

Néanmoins, les adventices ont tendance à être beaucoup plus nombreuses pour la date 1 (semis précoce) :

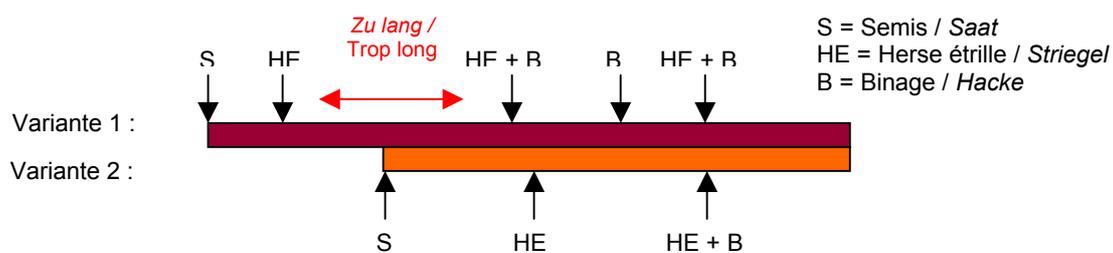
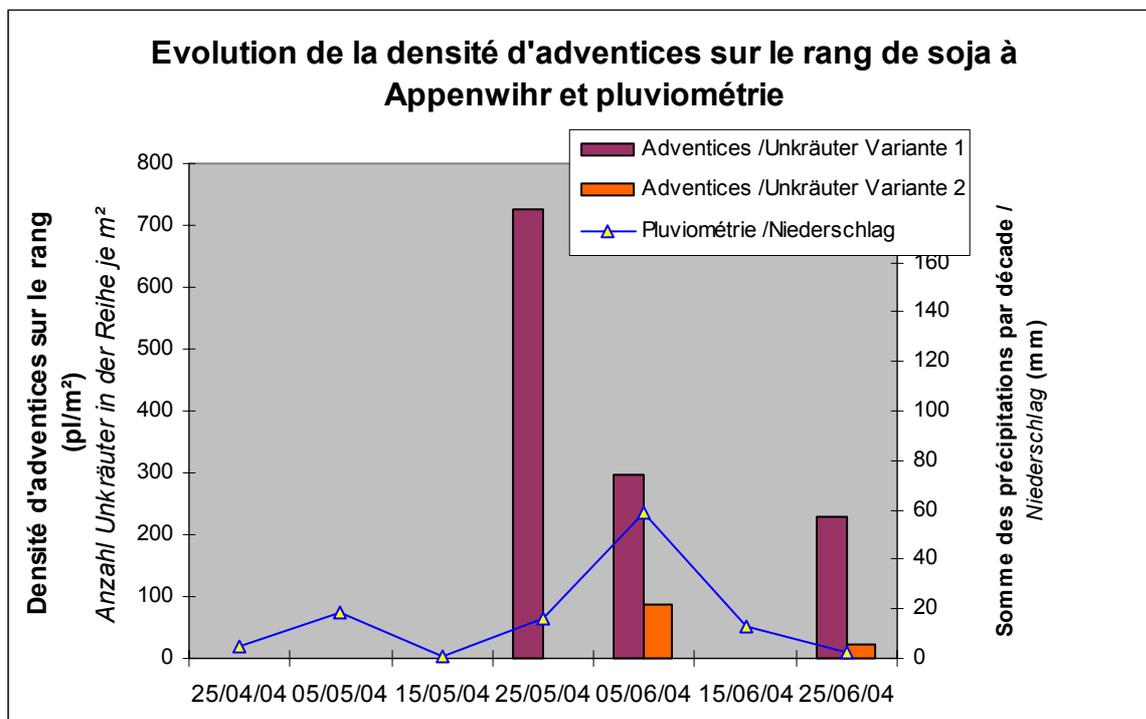


Fig. 17 : évolution de la densité d'adventices, pluviométrie et itinéraires de désherbage en fonction de la date de semis, F-Appenwihr 2004

En effet, en raison de la faible pluviométrie d'avril, les 2 faux semis se sont avérés inutiles avant le semis et, mi-mai, des averses ont engendré la levée de nombreuses adventices. Mais l'agriculteur a eu le temps d'intervenir seulement fin mai sur l'essai (en raison de la concurrence avec d'autres travaux sur la ferme au même moment). Ainsi le 27/05, juste avant l'étrillage et le binage, les adventices étaient nombreuses et certaines avaient dépassé

¹⁶ Pour limiter la production d'adventices, l'agriculteur a écimé la parcelle « date 1 » du bloc 2 fin juin à l'aide d'une débroussailleuse manuelle.

le stade sensible à la herse étrille. Les étrillages réalisés ensuite fin mai et mi-juin n'ont donc pu détruire qu'une partie des adventices sur le rang.

A l'opposé, pour la date 2 (semis normal), les 2 passages de herse étrille réalisés à 15 jours d'intervalle ont permis de maintenir une assez faible densité d'adventices sur le rang.

En outre, pour les 2 dates de semis, le ou les binage(s) réalisé(s) ont permis de détruire presque complètement les adventices dans l'interrang.

Les principales adventices observées sur l'essai sont des chénopodes, amarantes, mercuriales annuelles et graminées. Les chénopodes, les premières à lever, et les graminées, difficiles à détruire avec la herse étrille, sont les adventices qui ont tendance à être les plus nombreuses pour la date 1 lors du 1^{er} comptage et elles ont continué à l'être par la suite (cf. figure 18).

Pour la date 2, la densité de ces adventices est plus faible et il n'y a pas vraiment d'espèces dominantes.

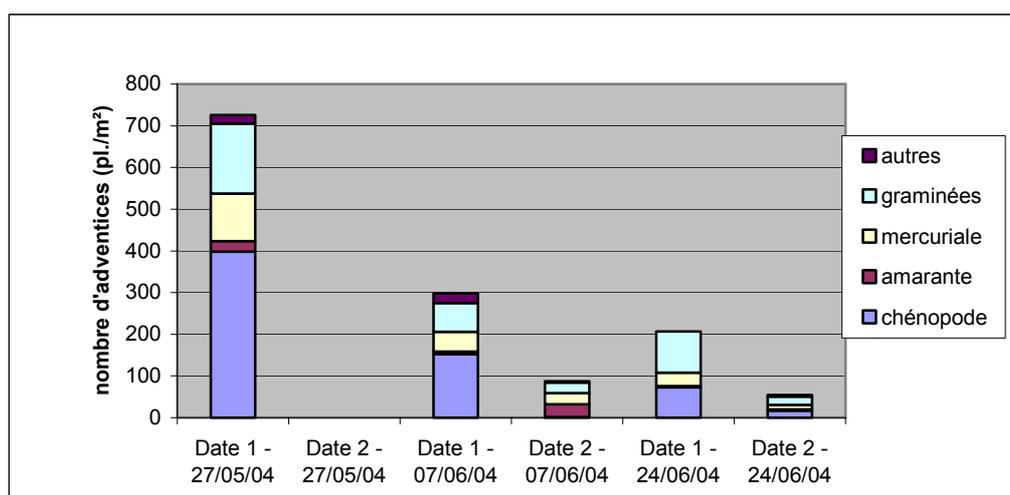


Fig. 18 : densité des adventices dominantes sur le rang suivant la date de semis et la date de comptage, F-Appenwihr 2004

Effet sur le soja

En cours de culture

Malgré le plus grand nombre d'interventions pour la date 1, la densité du soja fin juin, après la fin du désherbage, n'est pas significativement différente entre les 2 dates de semis. Elle est en moyenne de 37 plantes/m², soit 57 % de pieds de soja présents par rapport à la densité de semis.

Pour la 1^{ère} modalité, le soja a été semé plus de 2 semaines avant la date habituelle. Mais il a mis une semaine de plus pour lever et progressivement la différence de stade entre les 2 dates de semis s'est réduite et est devenue pratiquement nulle à partir de la fermeture du couvert :

Tab. 58 : Date de réalisation des principaux stades de développement suivant la date de semis :

	Date 1 Semis précoce	Date 2 Semis normal	Différence entre les 2 dates
Semis	27/04/04	14/05/04	17 j
Levée	11/05/04 (14 j après le semis)	21/05/04 (7 j après le semis)	10 j
1^{ère} feuille trifoliée	27/05/04	06/06/04	10 j
Début Floraison	30/06/04	07/07/04	7 j
Fermeture du couvert	15/07/04	15/07/04	0 j
Maturité	Fin septembre	Fin septembre	0 j

Au début floraison, il n'y a pas de différences nettes significatives de couverture du sol ni de hauteur entre les 2 dates de semis. Il en est de même pour la hauteur à maturité.

Production du soja

Le rendement en grain du soja varie de 18 à 27 q/ha suivant les parcelles et il y a interaction entre le bloc et la date de semis, si bien qu'il n'apparaît donc pas de différences significatives entre les 2 dates de semis. Mais le soja semé mi-mai (date 2, date normale) aurait tendance à avoir un rendement supérieur en grain. Il en est de même pour le rendement en protéines, malgré un taux de protéines légèrement plus élevé pour le soja du semis précoce :

Tab. 59 : rendement en grains et en protéines en fonction de la date de semis, F-Appenwahr 2004

Date de semis	Rendement net à 9% humidité (q/ha)	Taux de protéi- nes (% MS)	Rendement en protéines (q/ha)
précoce	18,6	46,5	7,9
normale	23,3	45,9	9,8

4.3.2 Lupins blancs et bleus

Dans les essais de lutte contre les adventives du lupin, les problèmes majeurs rencontrés s'avèrent les conditions du sol et les dégâts de gros ravageurs, tandis que dans la plupart des variantes il s'est produit un fort salissement en mauvaises herbes en raison d'un pouvoir de compétition insuffisant de la culture.

4.3.2.1 Désherbage mécanique et choix variétal en lupin bleu (D-Buggingen, 2003)

Levée : 13.04.2003

Boruta : env. 79% (possibles dégâts sur la faculté germinative de la température de séchage de semences trop forte après la désinfection à l'eau chaude contre l'antracnose)

Borlu : env. 100% (température de séchage plus faible)

Chloroses et croissance perturbée à partir de mai

Boruta plus atteinte que Borlu

Les deux variétés plus petites et moins „poussante“ (hauteur de végétation inférieure d'environ 17 cm) que dans l'essai variétés (chap. 4.4.2)

Période de floraison raccourcie et végétation déjà défoliée au 25.06.

pH du sol (CaCl₂) : 7,3

mais : champ d'essai „Pearl-Acker“ (essai variétés) : pH 7,2; avec aucune chlorose chez Borlu ou Boruta

⇒ Test avec acide („Aufbrausen“) a montré une plus forte teneur en calcaire sur la parcelle d'essai avec chlorose

Désherbage : pratiquement aucune compétitivité de la culture vis à vis des mauvaises herbes, *Chenopodium album* et *Convolvulus arvensis* dominant, uniquement limités par les passages binage → aucune conclusion possible pour les traitements comparés

Essai abandonné, pas de données sur le rendement

4.3.2.2 Désherbage mécanique et techniques culturales du Lupin blanc (D-Heitersheim, 2004/05)

Les Tab. 60 et Tab. 61 montrent les valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les deux années d'essais avec aperçu des test de signification statistique. Les effets significatifs sont mis en évidence par la couleur grisée des cellules du tableau, les valeurs individuelles peuvent être comparées 2à 2 à l'aide des plus petites différences significatives.

Tab. 60 : résultats de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2004

Variante	Densité de peuplement			Pouvoir de compétition				Salissement en m.h.					rendement	
	Levée %	Pertes jusqu'au 21.06. %	Densité au 21.06. Pl./m ²	Hauteur au 07.06. cm	Hauteur au 14.07. cm	Couverture du sol 07.06. %	Couverture du sol 14.07. %	m.h. annuelles ³ 21.06. Pl./m ²	m.h. annuelles ³ 14.07. Pl./m ²	Espèces pérennes ⁴ 21.06. %	Espèces pérennes ⁴ 14.07. %	MS adventices à la récolte q/ha	Rendement (w=14%) q/ha	Index récolte
Standard	46	19	32	48	54	70	43	8	10	21	30	17,9	18,7	0,52
Intensif	47	35	27	47	51	56	40	2	24	3	8	13,1	13,9	0,52
Binage tardif	60	27	30	49	52	50	30	3	3	13	17	17,2	15,9	0,48
Bineuse à doigts	46	32	23	44	50	45	25	1	2	3	13	12,8	12,2	0,48
Semis tardif	72	25	48	43	60	71	91	4	5	8	16	11,8	24,5	0,45
Herse étrille	52	33	36	45	49	71	46	4	3	27	56	16,4	15,4	0,49
S/s semis trèfle bl.	50	28	31	47	53	69	31	7	8	10	57	27	12,1	0,47
S/s semis camline	61	28	38	48	51	61	50	8	6	12	9	17,7	14,8	0,5
F-Test ¹	4,62**	1,19	6,21***	5,12**	3,45*	4,54**	16,29***	3,19*	4**	4,05**	6,43***	7,23***	3,75**	1,69
Grenzdifferenz ²	12,8	13,2	9,2	2,8	5,5	14,3	15,1	4,6	10,4	12,3	23,4	5,2	6,2	0,05

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ sans *Polygonum convolvulus*⁴ taux de couverture de *P. convolvulus* u. *Convolvulus arvensis*

Tab. 61 : résultats de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2005

Variante	Densité de peuplement			Pouvoir de compétition		Salissement m.h.		rendement	
	levée %	Pertes jusqu'à la récolte %	Densité à la récolte Pl./m ²	Hauteur 01.06. cm	Hauteur 29.06. cm	Adventices au 01.06. Pl./m ²	MS adventices à récolte q/ha	rendement (à 14%) q/ha	Index rendement
Standard	104	22	57	29	46	81	12,3	15,7	0,46
Semis précoce	108	6	72	47	56	93	16,7	13,9	0,53
Intensif	111	27	60	30	45	65	13,8	15,8	0,55
Etrillage	82	20	52	30	49	158	22,6	12,7	0,53
Buttage	103	36	46	29	46	120	14	10,7	0,47
S/s semis trèfle bl. ³	81	39	35	38	51		12,5	6,4	0,45
F-Test ¹	2,92*	4,37*	3,34*	15,89***	5,76**	4,26*	3,12*	5,02**	0,96
Grenzdifferenz ²	23,4	17,2	20,8	5,7	5,5	54,4	7	4,8	0,14

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)

² t-test ($\alpha=5\%$)

³ salissement apprécié seulement partiellement (cf. texte)

Développement de la végétation

Le Tab. montre les dates de réalisation des principaux stades physiologiques ainsi que la durée en jours de végétation.

2004 : développement végétatif plus important ainsi que période de floraison plus longue d'env. 10 jours qu'en 2005

2005 : avril froid et humide et mauvaise aération du sol

influence de la date de semis dépendante des conditions climatiques de l'année

2004 : développement végétatif plus fort pour le semis tardif (fermeture de la végétation en même temps que les semis plus précoces), décalage à la floraison et à la maturité d'env. 2 semaines

2005 : léger avantage au semis précoce (végétatif et fructification)

Tab. 62 : calendrier de développement de la végétation de lupin blanc, D-Heitersheim 2004 et 2005

Variante	Ec	semis		levée		Fermeture rangs		Début Flo.		Fin Flo.		Maturité	
		Date	Date	t	Date	t	Date	t	Date	t	Date	t	
2004 (Amiga)													
„Standard“	30				15.06.	103							
„Intensif“	30				15.06.	103							
„Binage tardif“	50	04.03.	30.03.	26	-	-	18.05.	75	23.06.	111	02.08.	151	
„Bineuse à doigts“	50				-	-							
„Semis tardif“	30	01.04.	19.04.	18	15.06.	75	30.05.	59	06.07.	96	17.08.	138	
„Etrille“	15				27.05.	84							
„Trèfle blanc“	30	04.03.	30.03.	26	15.06.	103	18.05.	75	23.06.	111	02.08.	151	
„Cameline“	30				15.06.	103							
2005 (Amiga)													
„Standard“	30	04.04.	25.04.	21	-	-	30.05.	56	26.06.	83			130
„Semis précoce“	30	17.03.	28.03.	11	-	-	26.05.	70	22.06.	97			148
„Intensif“	30				-	-							
„Etrille“	15	04.04.	25.04.	21	01.06.	58	30.05.	56	26.06.	83	12.08.		130
„Buttage“	50				-	-							
„Trèfle blanc“	50				-	-							

Ec : écartement (cm)

t : jours après semis

Densité de peuplement

2004: faible levée au champ (46% - 61% pour semis précoce à 72% pour semis tardif)

Avantage pour semis tardif : nouvelle préparation du lit de semences et nouvelle préparation du lit de semences et levée plus rapide

Forts dégâts de gibier à la levée

Autres pertes pendant les interventions de lutte mécanique. Moyenne de 28%

Peuplement après les interventions : 23 Pl./m² („bineuse à doigts“) - 48 Pl./m² („Semis tardif“) → selon comptage de levée

2005 : levée au champ 81%-100%

Variante „trèfle blanc“ pénalisée, car pas de renouvellement du travail du sol et semis dans parcelle semée en trèfle blanc et roulée 18 jours avant

Autres pertes jusqu'à la récolte : 20%-39% („semis précoce“: 6%)

Peuplement à la récolte : 35 Pl./m² („trèfle blanc“) - 72 Pl./m² („semis précoce“)

Couverture du sol, hauteur de végétation, verse

couverture du sol :

le sommet de feuillage des lupins blancs ombrage très bien → couverture du sol limitée par un peuplement en plantes insuffisant voire des manques et un écartement entre rangs trop important

Pas de fermeture des rangs atteinte par la végétation à 50 cm d'écartement

14.07.2004 : couverture du sol diminue suite à la chute des feuilles (sauf „Semis tardif“)

2005 : faible développement, fermeture de l'interrang uniquement par la variante „étrillage“ (15 cm d'écartement) → aucune estimation de la couverture du sol valable possible

hauteur de végétation :

fonction du développement végétatif des différentes dates de semis et des années d'essais

max.: 50-60 cm (2005 < 2004)

Pas de verse

Semis sous couvert

Cameline 2004 : bonne installation, couverture du sol (juin) env. 20%, longueur des plantes (juillet) > Lupin, tendance à la verse

⇒ La récolte avec le lupin a été possible, cependant les petites graines de l'oléagineux ne pouvaient pas être séparées des graines d'adventices de taille analogue

Trèfle blanc 2004 : semis trop tardif, quasi aucune végétation

Trèfle blanc 2005 : échec du semis envisagé à l'automne, semis renouvelé le 17.03.2005 (semis et roulage)

⇒ Le roulage a aussi permis une forte germination de *Polygonum lapathifolium* si bien que le trèfle a été soumis à forte concurrence.

Maladies et autres facteurs de dégâts

Bineuse à doigts : blocage des étoiles à doigts de la herse par la renouée liseron et le gaillet entraînant des dégâts à de nombreux pieds de lupins

Dégâts occasionnés par les lièvres :

2004: dégâts massifs par consommation des germes et jeunes plantes puis par morsures au stade floraison (photo : 04.06.2004) – efficacité temporaire du produit répulsif Arbin



Photo 6 : dégâts de lièvres

2005 : moins de dégâts de morsure et parcelles plus grandes

Divers :

21.06.2004 : pucerons du lupin (*Macrosiphum albifrons*) → sur les quelques plantes fortement attaquées, pucerons contrôlés par les auxiliaires parasites et les coccinelles

20.07.2005 : constat d'attaque de *Uromyces lupinicolus* → mais aucune perte de rendement constatée

Salissement en mauvaises herbes

Espèces et répartition

Sur les deux sites et lors des deux années, les adventices prédominantes ont été: *Polygonum lapathifolium* (renouée à feuilles de patience), *Polygonum convolvulus* (renouée liseron)

En 2004 : d'autres adventives étaient fortement présentes *Chenopodium album* (chénopode blanc), *Cirsium arvense* (quelques foyers), *Convolvulus arvensis* (liseron)

⇒ Seules les espèces annuelles ont été prises en compte lors des comptages (sans *Polygonum convolvulus*); une estimation de la couverture du sol a été faite pour les espèces à vrilles (*P. convolvulus* et *Convolvulus arvensis*)

2005 : mauvaise herbe largement dominante à la récolte (biomasse des m. h.) : *Polygonum lapathifolium*

Lutte :

2004 : herse étrille en aveugle pour toutes les variantes, autres interventions à partir du 16.04.

Les différences entre variantes lors des comptages de m. h. et des estimations de couverture du sol étaient en partie significatives, mais n'ont pu être clairement expliquées

2005 : pas d'étrillage en aveugle, différentes interventions à partir du 10.05. (forte pluviométrie en avril d'environ 120 mm)

beaucoup de mauvaises herbes déjà bien développées (étrillage pratiquement sans efficacité)

variante „buttage“: suite à des problèmes techniques le buttage a été trop tardif (recouvrement des adventives sur le rang non atteint)

- ⇒ interventions 2005 dans l'ensemble trop tardives et trop peu nombreuses
- ⇒ salissement en mauvaises herbes au 22.06.2005 extrêmement important → arrêt des comptages

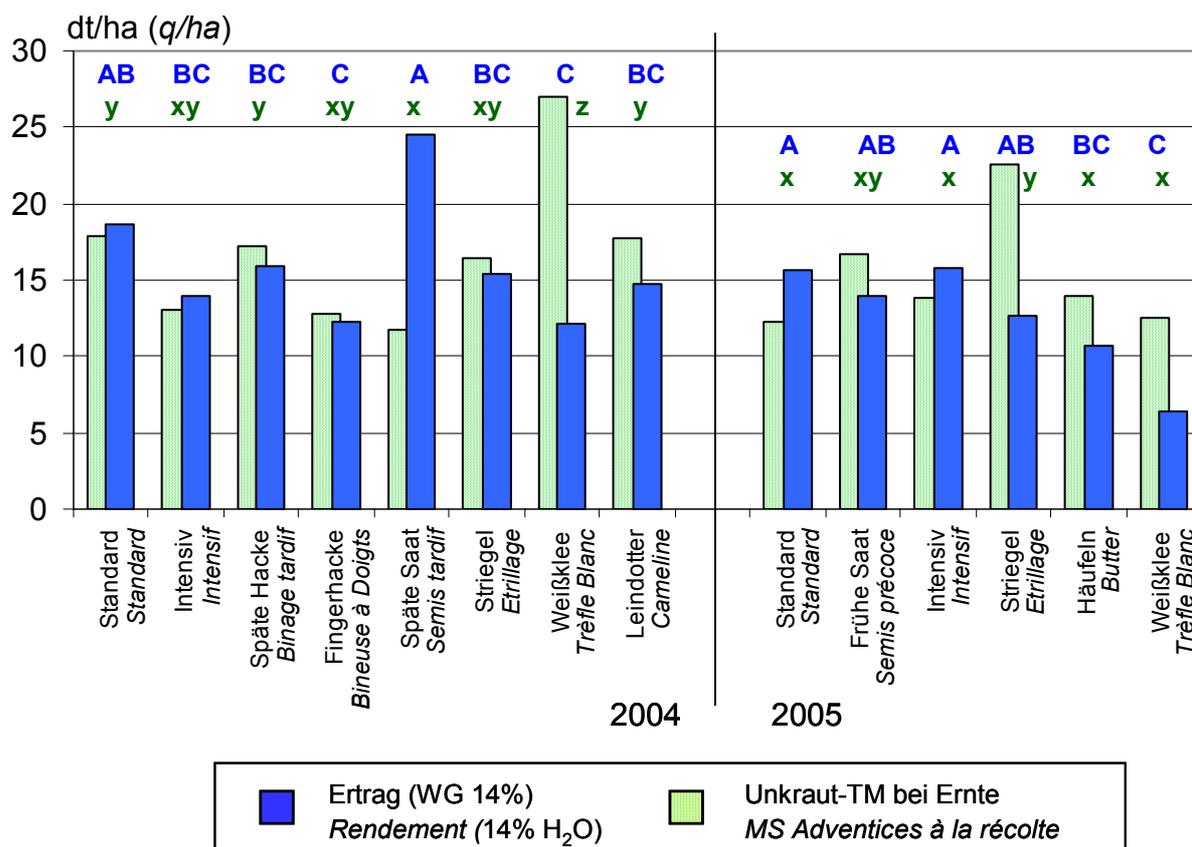
2005 : variante „trèfle blanc“ suite au roulage du trèfle le 17.03. et absence de renouvellement due préparation du sol, salissement rapide de la parcelle → déjà au 01.06. presque 100% de couverture du sol entre les rangs par *Polygonum lapathifolium* → pas de comptage

- ⇒ modification de la stratégie : 07.06.2005 Simulation du passage d'un appareil à mûcher entre les rangs → mulchage de l'espèce entre rangs à la main (seulement sur une 1./2. répétition pour cause de charge de travail trop forte)
- ⇒ efficacité durable, faible repousses jusqu'à la récolte, MS de mauvaises herbes à la récolte (1./2 répétition) identique aux variantes avec binage

Comme la Fig. le montre, la biomasse en adventices lors des deux années a été pour toutes les variantes nettement au delà de 10 q/ha de matière sèche. Plus de 20 q/ha ont été relevées pour les variantes „trèfle blanc“ 2004 (un binage de moins que dans „Standard“) et pour „étrillage“ 2005 (un seul passage 1x étrillage, mauvaises trop grandes). Il est à remarquer que la variante „cameline“ 2004 n'a pas présenté de salissement plus important.

Récolte et rendement

La Fig. 19 présente les rendements parcelles par variante ainsi que la biomasse en adventices mesurée sur des placettes coupées à la récolte. Aucune corrélation entre les rendements et les salissements n'a été mise en évidence. Le développement considérable de la végétation des adventices (en particulier en 2004 avec *P. convolvulus*) a rendu la récolte considérablement plus difficile.



Les variantes avec une même lettre pour une année ne sont pas significativement distinctes (en lettres majuscules rendement, en lettres minuscules : adventice)

Fig. 19: rendements machine et végétation aérienne des mauvaises herbes pour le lupin blanc, Heitersheim 2004 et 2005

D-

Le rendement moyen est voisin de 15 q/ha. Des rendements plus faibles sont enregistrés avant tout pour les (trop) grands écartements (50 cm) et les peuplements les plus faibles. Le rendement est lié positivement avec la densité de végétation qui a devant être presque toujours trop faible et par conséquent facteur limitant du rendement.

Bien que les densités de la végétation du lupin étaient plus fortes en 2005 qu'en 2004, le nombre de gousses était particulièrement faible, probablement en raison du faible développement végétatif et de la courte phase de floraison.

La variante «semis tardif» 2004 a atteint le rendement de loin le plus élevé et s'est démarqué en même temps par un développement végétatif nettement plus important. L'index de rendement n'a pas varié de manière significative et en valeur moyenne a atteint 0,49.

4.3.3 Discussion sur la régulation biologique des adventices

Classement des résultats d'essais

La réalisation des interventions envisagées a été faite sous limites des conditions climatiques et des temps de travail, si bien que la réussite d'une variante peut être différente d'une année à l'autre. D'autres conditions qui ont influé sont la pression en mauvaises herbes sur le champ d'expérimentations ainsi que l'expérience dans l'usage de différents outils de dés-

herbage mécanique. L'essai abandonné avec du lupin bleu (à feuilles étroites) n'est pas commenté.

La flore adventices dominante dans les essais réalisés était composée surtout d'espèces annuelles estivales :

Chenopodium album (chénopode blanc) et *Amaranthus retroflexus* () – surtout pour le soja
Polygonum lapathifolium (renouée à feuille de patience) et *Polygonum convolvulus* (renouée liseron) – germination précoce, surtout dans le lupin blanc

Parmi celles-ci *C. album* s'est montrée omniprésente et difficile à contrôler. Les mauvaises herbes ont été de plus souvent réparties de manière hétérogène sur les parcelles.

Choix de l'outil

- La bineuse à pattes d'oie détruit avec plus d'efficacité les mauvaises herbes à des stades plus avancés que les autres outils. Elle apporte ainsi un facteur de sécurité et l'abandon du binage doit être vraiment réfléchi pour la production biologique de cultures protéagineuses.

Comme le binage n'est efficace qu'entre les rangs, la lutte contre les adventices sur le rang est un point qui prend une signification particulière.

- Une bonne réduction de l'enherbement sur les rangs a été possible avec la herse étrille. Cet outil a l'avantage d'être largement disponible dans les exploitations. Une application combinée avec le binage limite le nombre de passages toutefois au détriment de la vitesse de travail optimale pour la herse étrille. La sélectivité vis à vis de la culture semble bonne pour le soja, mais au contraire limitée chez le lupin blanc pour des passages réalisés à un stade jeune de la culture.
- La bineuse à doigts KRESS s'est montrée particulièrement intéressante pour le désherbage dans le rang du soja (2005). La décision de savoir si l'acquisition de l'outil (env. 700,- € par rangée y inclus éléments de préparation, prix 2001) vaut la peine en comparaison d'une herse étrille, ne peut se décider qu'au cas par cas. La bonne adaptabilité de la bineuse à doigts n'a pas pu être mise en évidence par le lupin blanc, mais elle représente une alternative intéressante à l'étrille. Toutefois, en raison d'interrangs plus restreints chez le lupin, il conviendrait probablement d'utiliser des étoiles plus petites (acquisition supplémentaire).

Une régulation suffisante des mauvaises herbes sans binage à pattes d'oie devrait être possible dans le soja quand la pression en adventices n'est pas trop forte. Dans ce cas, il est conseillé de réduire l'écartement entre rangs, de semer dense et de passer plusieurs fois la herse étrille. Il faut tabler sur des salissements plus importants lorsque l'on ne peut pas étriller en particulier pour des raisons de sols plus humides et à cause d'adventices trop grandes. La culture de lupin blanc sans binage apparaît peu probable (pouvoir de compétition restreint, plus faible sélectivité de l'étrille).

- La houe rotative Yetter est efficace seulement sur de jeunes adventices („stade fili-forme“) et pour cette raison à conseiller uniquement pour des sols qui sèchent rapidement, afin d'assurer une intervention au bon moment. En comparaison à l'étrille, on ne peut citer comme avantages que la vitesse d'intervention (15-20 km/h). On peut cependant se demander si cela suffit à justifier des coûts élevés d'acquisition

d'environ 5000,- € pour un outil de 3m de largeur de travail (FiBL 2003). L'effet d'un assouplissement des croûtes du sol n'a pas fait l'objet d'observations dans les essais.

- Le désherbage thermique avec des outils à flamme s'est montré sélectif du soja au stade „cotylédons fermés“ (tout de suite après la levée) et efficace sur de jeunes adventices (deuxième cotylédons) A ce stade, aucune intervention mécanique n'est réalisable et le désherbage thermique fonctionne également dans des conditions plus humides. La période d'intervention optimale est courte , seulement 1 à 2 jours, et l'efficacité sur graminées est largement insuffisante. On peut se demander si l'acquisition d'un tel outil est rentable pour un faible usage.

On peut constater que l'utilisation combinée de différents outils (en particulier l'étrille + bineuse) reste la solution la plus sûre pour lutter contre les mauvaises herbes aussi bien sur les rangs qu'entre les rangs et à différents stade de développement des cultures.

Semis sous couvert

Dans le cadre des essais réalisés, les sous semis testés se sont avérés inadaptés pour maintenir la pression des adventices. D'un côté, les mises en place ont été difficiles, car les semis sous couvert ont été réalisés relativement trop tardivement afin de ne pas provoquer de concurrence avec l'espèce cultivée. D'un autre côté, les mauvaises herbes estivales à la croissance très rapide n'ont pas pu être contenues par des sous semis de cameline et de trèfle blanc au développement plus lent.

Principaux facteurs d'influence du salissement

Le potentiel de compétition vis à vis des mauvaises herbes semble assez élevé chez le soja et plutôt faible chez le lupin blanc, ce qui a été toutefois accentué par les états végétatifs insuffisants du lupin dans les essais.

- Une installation rapide et homogène est un point très important pour le pouvoir de compétition d'une végétation. Pour ce faire, le lit de semences, une distribution régulière de semences (semis monograine idéal) ainsi qu'une densité suffisante s'avèrent décisifs.
- Le choix de la date de semis influence aussi bien le développement des plantes (état du sol et réchauffement) ainsi que les périodes d'intervention possibles. En particulier, un semis tardif permet une lutte contre les mauvaises herbes par travail du sol avant le semis (par ex. plusieurs passages de préparation du lit de semences) ainsi qu'un raccourcissement de la durée de la période sensible des cultures aux interventions mécaniques (environ jusqu'au stade 4 feuilles) en raison de températures plus élevées.

La relative longue période jusqu'à l'atteinte de végétations fermées pour les deux espèces oblige à des interventions directes de désherbage.

- Comme il y a généralement après le semis de bonnes conditions pour la germination des adventices, le passage d'une herse étrille en aveugle avant la levée s'avère significatif. D'un côté, il est ainsi possible d'anéantir une grande partie des adventices potentielles et d'un autre côté la phase sans intervention est raccourcie. Afin de ne pas risquer de nuire aux cultures, le semis ne doit pas être trop superficiel, en raison

de la germination épigée du soja et du lupin sans être pour autant excessivement profond. Selon les observations faites dans les essais, une profondeur de 4 cm semble un bon compromis.

- Le salissement global a été en général le plus faible pour l'utilisation de bineuse à pattes d'oie et une forte part d'étréillage des surfaces (forts écartements), tant qu'après les interventions, les cultures ont pu atteindre des états végétatifs bien fermés.
- Pour la lutte sur les rangs impossible avec le binage, la fréquence des interventions et la réalisation du travail à bon stade ont eu plus d'importance que le choix de l'outil dans le résultat, car toutes les techniques hormis le binage ne détruisent les adventices que jusqu'à un certain stade de développement.

Salissement tardif

Lors des observations dans les essais, que les salissements tardifs ont été le fait avant tout de mauvaises herbes établis assez précocement et devenant particulièrement grandes en fin d'été (par ex. *C. album* jusqu'à 2 m). Il semble que les semences des adventices présentes à la surface du sol soient mortes durant la phase de couverture par la végétation ou bien aient germé juste avant la fermeture des rangs et aient disparu suite au manque de lumière. Une germination de nouvelles mauvaises herbes n'a guère lieu après la chute des feuilles des cultures sans travail du sol. On peut cependant penser que les pluies pourraient aussi provoquer de nouvelles vagues de germination.

Pour minimiser les salissements tardifs, la stratégie suivante peut être conseillée :

- porter grande attention à des états végétatifs poussants et des densités régulières,
- conserver la culture libre de mauvaises herbes jusqu'à si possible la fermeture de la végétation et couverture du sol

Effets sur le rendement

Le niveau de rendement a été déterminé en grande partie par les conditions de l'année et du lieu d'essai notamment les différences de conditions d'alimentation en eau (pluies, irrigation, réserve utile du sol). La variabilité intraparcellaire a parfois été forte à l'intérieur du champ d'essais. Des différences de rendement significatives n'ont été que rarement constatées.

De manière générale, il n'a pas été mis en évidence de lien entre les rendements et les niveaux d'infestations en mauvaises herbes. Des variantes fortement enherbées ont également livré de bons rendements. Les effets de l'enherbement se sont fait plus sentir dans les difficultés de récolte, les efforts de nettoyage et les baisses de qualité (important pour la production de tofu) que dans la nuisibilité de la compétition avec la culture.

Les rendements ont été souvent corrélés avec la densité de végétation. Chez le lupin, les peuplements étaient trop faibles et donc limitant du rendement. Les tendances aux baisses de rendement pour les forts écartements (50 cm) sont à rapporter à une exploitation insuffisante des espaces par densité de plantes insuffisante. Chez le soja, il a été pour partie possible d'atteindre de bons rendements avec des faibles densités (28 Pl./m²: 33 q/ha, F-Holtzwihr 2004). Une corrélation entre rendement et densité peut également avoir son origine commune (par ex. technique de semis à D-Buggingen 2005).

Optimisation des stratégies de production

Le choix des stratégies de lutte contre les mauvaises herbes dépend des conditions du site, des outils à disposition et des disponibilités en main d'œuvre et des seuils de tolérance en adventices que l'on se donne.

Pour la production de soja, les décisions pour une optimisation des techniques culturales se prennent au niveau des points suivants :

décalage du semis (fourchette: fin avril à début mai)

avantages : lutte contre les m. h. avant le semis, développement juvénile plus rapide et période sans interventions plus courte, moins d'interventions jusqu'à la fermeture de la végétation

inconvenients : risque à atteindre la maturité, parfois chute de l'index de récolte

⇒ un semis tardif (env. 20 mai) avec les variétés 000 les plus productives semblerait un compromis intéressant, mais il n'a pas été étudié dans le cadre du projet

écartement (15 - 50 cm)

fort écartement : proportion plus importante de surface binable, meilleure facilité d'intervention

faible écartement : fermeture des rangs par la végétation plus précoce et moins d'interventions nécessaires, meilleure exploitation potentielle de la surface, mais probable plus fort salissement en mauvaises herbes

Pour le lupin blanc, le semis fin mars à début avril semble à conseiller. Les principales décisions pour la culture concernent :

écartement

Problème : 50 cm d'écartement sont trop grand pour une fermeture de la végétation fiable mais d'un autre côté le renoncement au binage est risqué pour cette culture.

Idéal : écartement d'environ 30 cm, désherbage avec herse étrille (seulement aux stades précoces) et bineuse à pattes d'oies. Ceci nécessite toutefois de disposer d'un outil spécifique ou bien de passer beaucoup de temps au réglage des écartements entre éléments de la bineuse, peu d'autres cultures sont cultivées avec un tel écartement.

Choix du site : le choix du site joue un grand rôle selon nos expériences dans l'atteinte d'un pouvoir de compétition suffisant de la végétation du lupin:

Plus faible pression en adventices

Pas de dégâts de gibiers (lièvres, chevreuils...)

Conditions de croissance optimales (sols perméables, bien drainés, pH < 6,8, sans calcaire actif)

La stratégie „buttage“ a été réalisée de manière sous optimale dans les essais (passage trop tardif et avec un écartement trop grand), mais elle apparaît cependant intéressante et bien appropriée pour la culture du lupin étant donné le niveau d'insertion des gousses assez élevé. En particulier lorsque les lupins sont trop grands pour un étrillage, un buttage réalisé à temps, lors du dernier passage de la bineuse à la fermeture de la végétation, pourrait limiter le nombre de m. h. sur les rangs.

4.4 Essais variétés

4.4.1 Pois protéagineux

4.4.1.1 F-Appenwihr, 2002 / F-Appenwihr et F-Sausheim, 2003

Essai F-Appenwihr 2002

Observations générales

La levée a été très irrégulière, avec en moyenne, 34 % de pertes, en partie à cause de la sécheresse de printemps.

De plus, des pucerons sont apparus début juin, et il y a eu une période de forte chaleur pendant 3-4 jours. Les pucerons se sont fortement multipliés, en raison de l'absence d'intervention rapide et probablement d'une irrigation trop tardive. Les pois ont fini par être complètement détruits par les pucerons en juin, au profit des adventices. L'essai n'a donc pas été récolté.

Différences de développement selon les variétés

La variété POWER est la plus haute et a une bonne levée, vigueur et couverture du sol. (Figure ci-dessous et annexe).

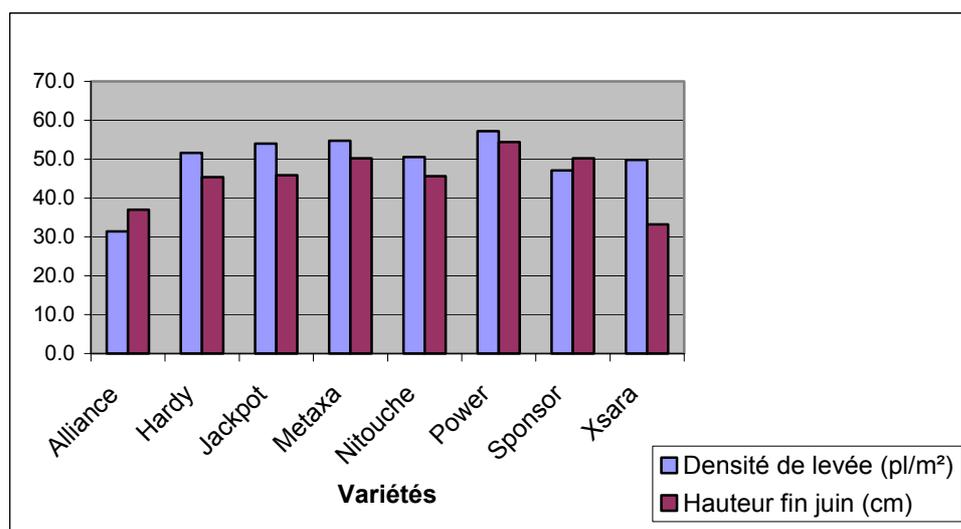


Fig. 20 : Densité de levée et hauteur fin juin des variétés de pois de printemps, F-Appenwihr 2002

Elle est suivie de près par les variétés JACKPOT et SPONSOR seulement un peu plus courtes, puis viennent les variétés METAXA et NITOUCHE qui couvrent un peu moins le sol. La variété HARDY est dans la moyenne. La variété ALLIANCE a eu la levée la plus faible.

Essais 2003

La levée a été très difficile en raison de la sécheresse et la densité de levée faible en moyenne (60-72 pl/m²) par rapport à la densité initialement visée (100 pl/m²). Cela a été par-

ticulièrement le cas à Appenwihr, où les stades des plantes étaient hétérogènes au sein d'une même bande. Ceci n'a pas facilité la maîtrise des adventices

Remarques générales sur le site d'Appenwihr

La levée a été particulièrement irrégulière et hétérogène sur ce site et la pression des adventices forte, avec la présence, entre autres, de renouée-liseron et de ravenelle.

Cependant il semble y avoir une différence de sols sur ce site entre 2 zones : la zone A près du chemin et la zone B « au fond ».

En comparant les valeurs de la zone A par rapport à celle de B pour chaque critère, pour les variétés mises en bordure chacune à la fois sur A et sur B, il semblerait que la levée ait été plus difficile dans la zone B, mais surtout l'écart type des données pour chaque variété est plus important dans la zone B. La pression des adventices semble aussi plus forte. D'autre part, les pois semblent nettement plus hauts dans la zone A que dans la B, que ce soit à fin floraison ou à la récolte. Il semblerait que cette zone B soit un peu plus caillouteuse et plus séchante que la zone A.

Comme il n'y a pas eu de récolte différenciée de variétés présentes à la fois sur A et B, il est difficile de dire si le rendement est véritablement plus élevé sur A que B.

Par ailleurs, il y a eu une attaque importante de pucerons verts sur ce site au cours de la floraison du pois. De la roténone a donc été pulvérisée fin mai – début juin et l'irrigation a été importante pendant cette période. La population de pucerons était ainsi très réduite début juin.

Remarques générales sur le site de Sausheim

La pression des adventices était en moyenne assez faible. Cependant elle avait tendance à être légèrement plus importante sur le bloc 3 dès le début de la floraison, et le rendement s'est avéré être en moyenne plus faible sur ce bloc 3.

Des pucerons verts ont été observés en cours de floraison fin mai, mais leur population s'est réduite d'elle-même sans intervention.

Comparaison des deux sites

- Développement de la culture

La pression des adventices était globalement plus faible à Sausheim qu'à Appenwihr et l'état sanitaire des pois meilleur.

Les hauteurs moyennes à fin floraison et à la récolte étaient beaucoup plus faibles à Appenwihr qu'à Sausheim (18 cm plus faible en moyenne). Ceci s'explique très probablement par le sol beaucoup plus caillouteux et séchant (particulièrement dans la zone B) à Appenwihr par rapport à Sausheim, en cette année de sécheresse marquée presque depuis le semis. L'irrigation pratiquée à Appenwihr à partir de la floraison n'a pas suffi.

Cependant le rapport de la hauteur du couvert à la récolte sur celle à fin floraison (renseignant sur la tenue de tige) est bon et seulement très légèrement inférieur à Appenwihr (0.90) par rapport à Sausheim (0.94).

- Rendement et qualité de la production

Le PMG est en moyenne identique sur les 2 sites, et, en cette année sèche et chaude, il est plus faible que celui à l'achat des semences.

De même les taux de protéines sont très voisins entre les 2 sites, pour une même variété, excepté pour la variété Hardy, pour laquelle le taux est plus faible à Appenwihr (23.4 %) qu'à Sausheim (24.9%). Mais elle est située dans la zone B à Appenwihr.

Par contre, le rendement à 14 % d'humidité (estimé sans impureté) est en moyenne supérieur à Sausheim (27.8 q/ha) que celui à Appenwihr (15.9 q/ha). Ainsi avec un taux de protéines semblable entre les sites, le rendement en protéines est en moyenne supérieur à Sausheim (5.5 q/ha) qu'à Appenwihr (3.8 q/ha).

Le rendement en protéines résulte plus, cette année, du rendement en graines que du taux de protéines.

Le taux humidité à la récolte est en moyenne inférieur à Sausheim (16.9 %) qu'à Appenwihr (18.4 %), site irrigué où les adventices et le taux d'impuretés à la récolte étaient plus importants.

Les hauteurs des plantes ainsi que le salissement et le rendement semblent donc être très liés au site.

Résultats par variété

Sont rapportées ci-dessous, pour chaque variété, les caractéristiques pour lesquelles la variété se démarque des autres et qui apparaissent à la fois sur les 2 sites d'essais.

Abaque :

Sa densité de levée et sa capacité à couvrir le sol avant floraison sont bonnes. Par contre, il est assez court à fin floraison comme à la récolte et sa tenue de tige est assez faible par rapport aux autres variétés. Elle est plutôt assez tardive à floraison. Son PMG est petit. Son rendement en protéines est élevé à Sausheim, en raison du rendement en grains élevé.

Alliance :

La capacité à couvrir le sol avant floraison est bonne. Sa hauteur à fin floraison est semblable sur les 2 sites (68-69 cm). Il en est de même pour sa hauteur à la récolte (59-61 cm). Mais située dans la zone la plus poussante à Appenwihr, elle apparaît être aussi haute que Nitouche à Appenwihr alors qu'elle est plus petite à Sausheim. Elle valorise peut-être bien l'irrigation. Sa tenue de tige est moyenne à faible. Elle est plutôt assez tardive à floraison. Son rendement à 14 % humidité est bon et son PMG est petit, mais son taux de protéines étant assez faible, son rendement en protéines est moyen.

Attika :

Elle se distingue par sa hauteur importante à fin floraison et à la récolte (90 cm à Sausheim et 71 puis 62 cm à Appenwihr), et son assez bonne tenue de tige.

Son rendement est assez bon, mais son rendement en protéines est moyen en raison d'un faible taux de protéines.

Cosmos :

Elle se distingue, elle, à l'inverse, par sa très petite taille à fin floraison comme à la récolte par rapport aux autres variétés, même si elle est environ de 20 cm plus petite à Appenwihr (dans la zone B séchante) qu'à Sausheim.

Elle est précoce à floraison et à maturité.

Son rendement est assez faible, mais il est probable, en raison de sa précocité, que des grains soient tombés avant la récolte réalisée à maturité des variétés les plus tardives.

Dolmen :

Sa levée a été très difficile et irrégulière. Sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol sont faibles et son salissement à floraison est important. Son port est rampant pendant une grande partie de son développement. Son hauteur à fin floraison et à la récolte est faible.

Elle est tardive à floraison.

Son rendement à 14 % humidité est faible, tandis que le taux d'impuretés et l'humidité à la récolte sont importants à Appenwihr. Son PMG est important.

Pour de nombreuses raisons, elle ne semble donc pas du tout être à conseiller en agriculture biologique en Alsace.

Hardy :

Elle est précoce à floraison.

Son rendement à 14 % d'humidité et son taux de protéines sont importants. Son rendement en protéines est ainsi bon.

C'est la variété qui a le mieux levé et a eu le rendement le plus important de la zone B, très séchante et avec une forte pression d'adventices, à Appenwihr.

Laser :

Elle est précoce à floraison et sa tenue de tige semble être assez bonne.

Son taux de protéines est élevé à Sausheim et son rendement à 14 % d'humidité semble assez bon à Sausheim. Située en zone B à Appenwihr, son rendement est plutôt faible.

Lumina :

Un problème de semis pour cette variété (non enterrée suffisamment) a pénalisé sa levée à Sausheim. Donc les résultats sur ce site sont difficilement représentatifs et comparables aux autres variétés.

A Appenwihr, située dans la zone A, elle semble avoir bien levé, son salissement à début floraison est faible, sa tenue de tige semble être bonne. Son rendement semble sur ce site plutôt bon et le taux d'impuretés assez faible.

Elle est précoce à floraison.

Metaxa :

Sa levée et surtout sa capacité à couvrir le sol ont été très mauvaise à Appenwihr, où elle se situait dans la zone B séchante. Le salissement à début floraison était ainsi important sur ce site et son rendement est faible.

Par contre, à Sausheim, sa capacité à couvrir le sol est très bonne et le salissement à début floraison est faible. Elle est aussi très haute à fin floraison et à la récolte.

Elle semble assez tardive à floraison ?

Son taux de protéines semble assez faible à Sausheim.

Nitouche :

Sa levée et sa vigueur de développement sont bonnes. Le salissement à début floraison est faible. Sa hauteur à fin floraison et à la récolte est élevée et sa tenue de tige est plutôt bonne.

Son taux de protéines est élevé, et son rendement moyen à important. Son rendement en protéines est ainsi important.

Rialto :

Sa vigueur de développement est assez bonne et sa hauteur à la récolte est assez importante. Elle est précoce à floraison.

Son rendement est par contre assez faible.

Tab. 63 : comparaison synthétique des variétés de pois de printemps – Sausheim 2003:

Variétés	Densité de levée	Vigueur de développement	Capacité à couvrir le sol	Salissement à début floraison	Précocité de floraison	Hauteur à fin floraison	Hauteur à la récolte	Tenue de tige	PMG à 14 % d'humidité	Rendement à 14 % humidité	Taux de protéines	Rendement en protéines
Abaque	+		++		½ T	-	-	-	++	+ ?		
Alliance			++		T			-	++	+ ?	-	
Attika					P	++	++				-	
Cosmos					P	-	-			- ?		
Dolmen	-	-	-	-	T	-	-		-	- ?		
Hardy					P			+		+ ?	++ ?	++ ?
Laser					P			+		+ ?	+ ?	+ ?
Lumina	+ ?			+ ?	P ?			+ ?		+ ?		
Metaxa			++ ?	+ ?	P	++ ?	++ ?				- ?	
Nitouche	+	++	+	++	P	+	++			+ ?	++	++ ?
Rialto	-	+			P		+			- ?		

Légende : ++ = bon comportement

+ = assez bon comportement

- = mauvais comportement

P = Précoce, T = Tardif

? = à vérifier

4.4.2 Lupins blanc et bleu

4.4.2.1 Comparaisons variétales en Suisse 2002 – 2004

Développement de la végétation

En **2002**, les deux types de lupin se sont très bien comportés. Un orage, le 12 mai, a provoqué dans l'essai de Wil le dépôt de terre fine en provenance d'une parcelle voisine située au dessus. Les lupins n'ont pas semblé souffrir de cet événement et la terre fine accumulée a étouffé les mauvaises herbes si bien que la densité d'adventices est restée très faible jusqu'à la récolte (malgré l'absence de désherbage chimique car production bio). A Thun et Möhlin des averses violentes ont provoqué une forte verse des végétations du lupin bleu, avec en fonction des variétés des redressements partiels des plantes d'ici la récolte. A Möhlin, la végétation du lupin blanc n'a pas réussi à se redresser avant la récolte. Les lupins bleus ont commencé à fleurir vers mi-juin, les lupins blancs quelques jours après.

En **2003**, les végétations se sont développées beaucoup plus vite que les autres années grâce aux températures élevées. La récolte a été particulièrement précoce. La forte sécheresse n'a pas affecté visuellement les lupins. Aucune maladie ou ravageur n'ont été observés. Toutefois, il a été remarqué surtout chez les variétés monotiges de lupins bleus que les plantes ont plié à mi hauteur sans pour autant passage d'orages qui auraient pu expliquer ces dégâts. Pour les variétés de lupin bleu ramifiées, la verse est restée normale. Les lupins blancs n'ont pas versé. Dans les conditions particulièrement chaude et sèche de l'année, les deux types de lupins ont fleuri dès fin mai.

En **2004** également, les végétations des lupins bleus se sont bien développées. Il n'y pas eu d'essais avec du lupin blanc. Sur l'essai conduit en bio à Wil, après la floraison des lupins, un salissement tardif s'est produit avec surtout *Chenopodium album*. La floraison a débuté début juin. En raison de nombreux orages, les lupins ont versé aussi à Wil qu'à Möhlin bien mais avec des différences variétales. Aucune maladie ne s'est développée. A Will, les lièvres ont occasionné quelques dégâts à un stade jeune de la culture.

Densité de peuplement

Les densités recommandées par les obtenteurs ont été atteintes en règle générale. A Changins, les densités n'ont pas fait l'objet de comptages. Les valeurs détaillées sont présentées en Annexe E.

Hauteur des plantes fin floraison

Les **lupins blanc** ont atteint lors des années 2002 et 2003 dans le nord-ouest suisse des hauteurs de l'ordre de 80 cm. A Changins, les plantes étaient plus courtes. Cet effet du site a été également observé pour les lupins bleus.

La hauteur des plantes **des lupins bleus** a fluctué selon la variété et le site entre 38 cm (Arabella, Changins 2002) et 85 cm (Boregine, Möhlin 2004) pour les variétés ramifiées. Chez les variétés



Photo 7 : comparaison de variétés de lupin bleu à Wil en 2004

tés monotiges, la variété Borweta s'est montrée la plus courte à Changins en 2002 avec 41 cm, et la variété Boruta la plus haute avec 85 cm à Möhlin en 2004. Globalement, la hauteur de végétation des variétés ramifiées était de l'ordre de 70 cm, celle des variétés monotiges d'environ 65 cm. Les valeurs détaillées sont présentées

Verse

En 2002, les **lupins blancs** ont versé fortement à Möhlin. Au contraire des lupins bleus, la végétation n'a pas réussi à se relever jusqu'à la récolte. La récolte sur ce site a donc été particulièrement difficile, car une part des plantes était fortement aplatie au sol (cf. tab. 64). Sur les deux autres sites, aucun problème de tenue de végétation n'a été observé. En 2003 les deux variétés Amiga et Fortuna n'ont pas connu de verse sur le même site de Möhlin.

Les **lupins bleus** montrent une sensibilité variétale à la verse, comme on l'observe dans le tableau 64. Les variétés non ramifiées Borweta, Sonet und Prima se sont montrées peu sensibles à la verse lors des différentes années. Parmi les variétés ramifiées testées sur plusieurs années, les variétés Bolivio, Bora et Borlu ont montré une bonne tenue de végétation. En revanche, les variétés Baron, Bordako, Boregine ainsi que la variété monotige Boruta ont montré une résistance à la verse insuffisante dans nos essais. Les essais ont montré que le choix d'une variété peu sensible à la verse est intéressant à considérer que de telles variétés sont à disposition.

Il a été aussi constaté que la verse indépendamment de la variété est un critère sous dépendance des conditions de l'année et du site de culture.

Tab. 64: Notation de verse des différentes variétés de lupin blanc et bleu dans les différents essais 2002-2004 . Note moyenne sur 4 répétitions

	2002				2003	2004	
	Thun	Möhlín	Wil	Changins	Möhlín	Möhlín	Wil
Lupin blanc (<i>Lupinus albus</i>)							
Amiga		7.5	1.0	1.0	1.0		
Fortuna		6.9	2.0	1.0	1.0		
Bardo		6.0	1.0	1.0			
Lupin bleu (<i>Lupinus angustifolius</i>)							
Variétés ramifiées							
Aniska					4.0		
APR_82					5.3		
Arabella	8.5	1.4	1.0	3.0	2.5	5.0	3.3
Baron						6.0	5.0
Bolivio	4.3	1.1	1.0	1.8	1.8	3.3	3.3
Boltensia	6.0	5.8	1.0	2.0	7.8	2.5	3.3
Bora	4.3	1.1	1.0	2.0	2.3	1.3	2.8
Bordako	8.3	6.9	1.0	2.0	8.3		
Boregine					6.3	4.5	4.8
Borlana	6.3	2.5	1.0	1.3	6.0	4.8	3.3
Borlu	4.0	1.0	1.0	2.5	7.3	1.3	1.8
Idefix						2.0	1.3
Rose						3.5	3.8
Vitabor						2.3	3.0
V6-1						4.3	3.5
Variétés monotiges							
Borweta		1.0	1.0	1.0	7.8		
Sonet		1.0	1.0	1.0	6.8	3.3	2.5
Boruta	6.0	3.0	1.0	1.0	6.5	5.5	6.0
Prima					7.5	2.0	2.0

Redémarrage de la ramification

Les types ramifiés de **lupins bleus** peuvent à nouveau ramifier en présence de pluies après la floraison. Le risque de redémarrage de la ramification est fonction de la variété. Au total des 7 essais, sur 3 années, le redémarrage de la ramification a été observé 4 fois. Parmi les variétés testées sur les trois années, la variété Bolivio s'est plutôt montré sensible à ce phénomène de redémarrage de la ramification. Les variétés Arabella et Bora lors des trois années d'essais se sont montrés peu sensibles. Pour les autres variétés, l'importance du redémarrage de la ramification a varié d'année en année. Les variétés non ramifiées n'ont pas été sensibles à ce phénomène en raison de leur croissance déterminée. Toutefois, ce phénomène n'a pas eu de conséquence importante et aucune difficulté supplémentaire n'a été relevée à la récolte.

Les **lupins blancs** n'ont pas été concernés par ce phénomène dans nos essais.

Les résultats détaillés sont présentés en annexe..

Egrenage

Les **lupins bleus** ont en général des gousses très résistantes à l'éclatement. Si les gousses éclatent, les graines restent généralement attachées dans les gousses. Des pertes de rendement sont ainsi peu à craindre. Une notation visuelle a montré que les variétés Bolivio, Boruta et Boregine étaient cependant quelque peu sensibles à ce phénomène d'ouverture des gousses. Pour le reste des variétés, il a été observé également un faible égrenage de graines, mais les différences variétales étaient infimes.

Aucun égrenage n'a été observé chez les **lupins blancs**.

Les résultats détaillés sont présentés en annexe.

Maladies et facteurs de dégâts

Il a été relevé sur le site en AB de Wil en 2002 pour le **lupin blanc** quelques plantes infectées par de l'antracnose (foyers primaires) pendant la floraison de la variété Amiga. L'infection secondaire qui a suivi a également atteint les variétés Fortuna et Bardo, toutefois à un stade tardif, si bien qu'il n'y a pas eu de répercussion sur le rendement. Sur les deux autres sites, aucune maladie n'a été observée.

Chez le **lupin bleu** aucune maladie significative a été relevée. Quelques plantes fanées isolées ont été retrouvées dont la cause était un type de Fusarium. En 2004, sur la parcelle conduite en AB, il a été retrouvé en parcelles de bordure de l'antracnose et du botrytis. Ces maladies étaient manifestement introduites par des semences contaminées de la variété Prima. Ces maladies n'ont pas semblé influencer le développement des plantes dans l'essai.

Les plus grands dégâts et difficultés ont été posés par les cervidés et les lièvres. Ils ont dévorés de préférence les tiges principales des jeunes plantes des lupins, aussi bien de type blanc que bleu. Les dégâts ont généralement été limités en surface, les plantes de lupin réagirent par une croissance compensatoire mais avec des retards de développement conséquents .

Récolte et rendement

Humidité à la récolte

Les **lupins blancs** ont pu être récoltés en 2002 avec une humidité du grain légèrement inférieure à 20%. En été 2003 (sécheresse), les teneurs sont tombées très bas à environ 13%.

Les essais avec les **lupins bleus** ont été la plupart du temps récoltés à une humidité de 20-30%. Pour cette raison, une ventilation séchante était urgente et réalisée à la FAL. Les lupins pourraient certainement être récoltés dans des conditions plus sèches, mais l'attente du stade optimal n'a pas été toujours possible dans des essais conduits aux champs loin de la FAL. De plus, les variétés n'étaient pas à la même maturité en même temps mais il a fallu les récolter le même jour. Les teneurs en eau exactes du grain des variétés et pour les différentes années se trouvent en annexe.

Rendements

Pour les **lupins blancs**, le rendement en 2002 a été fortement dépendant du site. A Will, les rendements étaient de l'ordre de 37 q/ha, à Möhlin autour de 29 q/ha et à Changins de seulement environ 24 q/ha. Les différences variétales ont été faibles, comme le Tab. 65 le montre. En 2003, seules les deux variétés Amiga et Fortuna ont été cultivées à Möhlin et les rendements ont atteint cette année là 32 q/ha (forte chaleur et sécheresse).

En moyenne de toutes les variétés et de tous les sites, les rendements des **lupins bleus** sont de 26 q/ha. Pour les variétés testées trois ans Arabella, Bolivio, Boltensia, Bora, Borlana, Borlu, Sonet, Boruta et Sonet, c'est la variété Borlu qui a atteint le meilleur rendement avec en moyenne 27.9 q/ha (cf. Tab. 65). Les variétés Bolivio et Sonet ont montré la même productivité moyenne de 26.9 q/ha. Arabella a été la moins productive avec en moyenne 23.4 q/ha sur les trois années. Comme le montre l'exploitation statistique, peu de variétés se distinguent statistiquement les unes des autres au niveau du rendement. En 2004, lignée danoise V6-1 a atteint à Möhlin l'excellent résultats de 40 q/ha. Globalement les rendements étaient très élevés à Möhlin en 2004. Sur les deux sites de 2004 la variété Baron a donné les plus mauvais rendements. La nouvelle variété Vitabor a également semblé de faible productivité. Les variétés Idefix, Rose et Prima ont atteint des rendements intermédiaires.

Tab. 65 : Rendements des variétés en q/ha (13% H₂O) dans les différents essais en moyenne de 4 répétitions.

variété	2002				2003	2004		Moy.t
	Thun	Möhlin	Wil	Changins	Möhlin 03	Möhlin 04	Wil 04	
Lupin blanc (<i>Lupinus albus</i>)								
Amiga		28.8 a	39.1 a	22.3 a	32.7 a			
Bardo		28.1 a	36.0 a	22.5 a				
Fortuna		30.3 a	36.8 a	25.4 a	31.9 a			
Lupin bleu (<i>Lupinus angustifolius</i>)								
Variétés ramifiées								
Aniska					21.6 ab			
APR_82					18.5 abc			
Arabella	15.0 ed	27.8 ab	22.1 b	22.5 abc	16.3 bcd	29.4 cdef	30.9 abcdef	23.4
Baron						23.2 f	25.3 h	24.2
Bolivio	21.8 ab	29.2 ab	26.2 a	24.4 ab	19.9 abc	32.8 abcde	34.0 a	26.9
Boltensia	19.2 bc	28.0 ab	24.1 ab	23.4 abc	17.9 abc	33.4 abcde	30.4 bcdef	25.2
Bora	22.5 ab	26.7 b	23.9 ab	20.1 bc	20.7 ab	37.7 ab	31.6 abcde	26.2
Bordako	12.3 e	26.9 b	23.0 ab	22.4 abc	14.2 cd			19.8
Boregine					11.3 d	35.7 abc	29.8 cdef	25.6
Borlana	17.5 cd	26.9 b	26.2 a	23.5 abc	19.7 abc	35.8 abc	31.3 abcdef	25.8
Borlu	23.6 a	29.2 ab	25.3 ab	22.4 abc	22.9 a	38.3 ab	31.5 abcde	27.6
Idefix						27.2 ef	33.2 ab	30.2
Rose						34.9 abcde	32.1 abcd	33.5
V6-1						40.4 a	32.5 abc	36.5
Vitabor						30.0 cdef	28.0 fgh	29.0
Variétés monotiges								
Boruta	23.5 a	27.8 ab	24.6 ab	23.6 abc	17.5 abcd	28.0 def	25.7 gh	24.4
Boreweta		28.8 ab	23.0 ab	18.5 c	16.9 abcd			21.8
Sonet		30.7 ab	23.5 ab	27.5 a	19.4 abc	32.1 bcde	28.3 efgh	26.9
Prima					18.2 abc	33.3 abcde	29.0 defg	26.8

Les rendements sur un site indiquées par des lettres différentes se distinguent significativement au Test t à 5%)

Teneurs et rendements en protéines

La teneur en protéines chez le **lupin blanc** a avoisiné les 40% (cf. Tab. 66) en 2002 et 2003. Il est ainsi possible d'atteindre en moyenne avec le lupin blanc un rendement en protéines brutes de 10 q/ha.

Les teneurs en protéines chez le **lupin bleu** ont varié lors des trois années d'étude et en fonction des variétés entre 32 et 42 % de la matière sèche, comme le présente le Tab. 66. En moyenne, les variétés ont présenté une teneur en protéines de 37% de la MS. Parmi les variétés testées trois ans, c'est Borlu et Boruta qui ont été les plus riches avec en moyenne 38% de protéines. Mais Bolivio avec presque 38% appartient aussi aux variétés riches en protéines. Les deux variétés monotiges Sonet et Prima ont été sensiblement plus pauvres en protéines que les variétés ramifiées avec un taux de tout juste 35%. Les deux variétés Baron et Idefix testées pour la première fois en 2004 ont montré également des teneurs légèrement

supérieures à 38%. Les deux variétés danoises Rose et V6-1 sont à considérer comme plutôt pauvres en protéines.

Tab. 66 : Teneur en protéines en % de la MS pour différentes variétés des essais

variété	2002				2003	2004		min.	max.
	Thun	Möhlin	Wil	Changins	Möhlin	Möhlin	Wil		
Lupin blanc (<i>Lupinus albus</i>)									
Amiga		41.1	40.5	40.8	40.1				
Bardo		41.0	40.2	41.0	-				
Fortuna		41.3	40.4	39.6	39.2				
Lupin belu (<i>Lupinus angustifolius</i>)									
Variétés ramifiées									
Aniska					35.4				
APR_82					34.3				
Arabella	39.4	39.1	34.1	39.4	36.0	36.8	36.7	34.1	39.1
Baron						38.9	37.7		
Bolivio	38.6	37.0	35.4	40.1	36.5	39.2	38.5	35.4	40.1
Boltensia	37.0	36.4	33.7	38.3	36.5	37.0	36.8	33.7	38.3
Bora	37.1	37.2	34.9	37.1	35.5	37.2	35.1	34.9	37.2
Bordako	37.1	37.5	32.9	38.6	35.2			32.9	38.6
Boregine					35.9	35.0	36.0	35.0	36.0
Borlana	37.5	36.6	34.4	39.7	34.0	36.9	35.4	34.0	39.7
Borlu	37.7	37.3	37.3	41.8	36.1	39.5	38.3	36.1	41.8
Idefix						38.6	37.4		
Rose						35.8	35.9		
V6-1						35.2	35.5		
Vitabor						38.2	35.9		
Variétés mono-tiges									
Boruta	40.3	38.7	35.4	41.1	37.3	37.9	37.1	35.4	41.1
Borweta		35.4	32.3	33.7	34.8			32.3	35.4
Sonet		36.3	32.3	34.6	34.1	35.7	34.6	32.3	36.3
Prima					33.6	34.8	34.0	33.6	34.8

Les plus forts rendements en protéines dans nos essais sur 3 années ont été atteints par les variétés Borlu et Bolivio. Avec ces deux variétés, des rendements en protéines brutes moyens de 9 q/ha sont réalisables. Avec la variété monotige Sonet, il ne faut pas compter plus de 8 q/ha en raison de sa teneur en protéines plus faible. Lors de l'année 2004 très productive, la lignée V6-1 a atteint l'excellent résultat de 11 q/ha de rendement en protéines.

La teneur en protéines des trois variétés de lupin blanc est restée un peu plus élevée que la moyenne des variétés de lupin bleu. Sur quelques sites, certaines variétés de lupin bleu ont pu rivaliser avec les variétés de lupin blanc et atteindre des teneurs en protéines voisines.

4.4.2.2 D-Buggingen, 2003

Les Tab. 67 et Tab. 68 présentent les valeurs moyennes des paramètres relevés avec les tests de signification statistique. Le traitement de semences supplémentaire réalisé dans cet essai pour lutter contre l'antracnose chez le lupin blanc n'a eu aucun effet visible sur les paramètres, si bien que 9 parcelles par variété (3 blocs x 3 traitements) ont été exploitées. Au contraire, il a été observé des interactions nombreuses pour le lupin bleu, si bien que pour l'évaluation des variétés seules les variantes non traitées (3 parcelles par variété) ont été exploitées. Les effets significatifs sont mis en évidence par la couleur plus foncée des cases. Les valeurs individuelles peuvent être comparées à l'aide de la plus petite différence significative ou seuil de différence.

Tab. 67 : résultats de l'essai Lupin blanc, D-Buggingen 2003

variété	densité		Notations au 05.06.			Rendement et composantes								
	levée %	à la récolte Pl./m ²	hauteur cm	Couverture du sol %	adventices ⁴ (1-5)	rendement (w=14%) q/ha	Taux de plantes avec gousses %	gousses/pl. g	Grai- nes/gousse g	PMG (w=14%) g	Teneur protéines. (MS) %	Rendement protéines q/ha	Rendement en paille. (MS) q/ha	Teneur N de la paille kg/ha
Amiga	91	70	62	85	2,5	20	1,6	4,2	3,4	309	36,8	6,2	21,1	16,2
Arès	103	71	61	77	3,3	18,4	1,4	3,6	2,9	320	38,5	6	18,7	15,8
Fortuna	89	55	53	76	3,3	12,6	2,3	4,1	3	276	38,6	4,1	15,9	14,8
Lublanc	80	58	57	71	3,8	14,7	0,7	4,1	2,4	282	37,7	4,6	17,2	13,9
Rondo	86	66	54	78	3,2	14,7	1,4	3,6	2,7	311	37,3	4,7	15,9	12
Fabiola	80	61	50	69	4,2	12,7	3,4	3,2	3,2	246	37,7	4	13,3	10,6
Test F ¹	2,59*	2,92*	12,68***	2,6*	11,8*	2,25	2,02	1,93	3,86**	7,02***	0,99	2,38	3,61**	4**
Seuil de différence ²	14,9	10,4	3,7	10,2		5,8	1,9	0,8	0,5	30,2	2	1,7	4	3,2

Tab. 68 : résultats de l'essai lupin bleu, D-Buggingen 2003

Sorte	densité		Notations au 05.06.			Rendement et composantes								
	levée %	à la récolte Pl./m ²	hauteur cm	Couverture du sol %	adventices ⁴ (1-5)	rendement (w=14%) q/ha	Taux de plantes avec gousses %	gousses/pl. g	Grai- nes/gousse g	PMG (w=14%) g	Teneur protéines. (MS) %	Rendement protéines q/ha	Rendement en paille. (MS) q/ha	Teneur N de la paille kg/ha
Bolivio	71	78	52	72	2,5	14,3		6,9	3,9	133	33,2	4,1	18,8	13,2
Bordako	90	89	49	43	3,5	8,3		3,7	3,8	136	31,2	2,2	12,4	11,1
Borlu	84	80	57	62	3	15,3		4,6	4,9	136	32,4	4,3	20	15,3
Boruta	66	64	41	32	3,5	3,7		4,6	3,7	99	33,4	0,9	5,9	4,9
Borweta	96	84	35	48	4,5	10,5		5,3	3,5	92	31,2	2,8	11,1	7,8
Sonet	89	82	35	62	2,5	9,6		4,6	2,8	132	33,4	2,7	10,6	6,7
Test F ¹	3,9*	0,77	17,83***	6,43**	7,58	9,14**		3,19	20,92***	6,68**	0,26	9,28**	8,53**	6,71**
Seuil de différence ²	18,6	30,3	6,9	18,2		4,4		1,9	0,5	24,4	6,4	1,3	5,8	4,9

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ densité fonction de la variété⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), sans 1 bloc. (préalablement récolté à la main)

Développement de la végétation

La levée pour les deux types de lupin a eu lieu vers le 13.04.2003 et a atteint selon la variété entre 66% et 100% (rapporté au nombre de graines germantes). Visiblement il existait des différences de vigueur entre les lots de semences. La densité de peuplement à la récolte était pour les lupins blancs de 55 à 71 pl./m² dans le domaine visé, tandis que pour les lupins bleus (et en particulier les variétés monotiges) trop faible avec 64-89 pl./m².

Le début floraison de toutes les variétés s'est fait à une date à peu près identique autour du 22.05.2003. L'été 2003 a été particulièrement extrême avec des températures maxi de juin à août comprises en 30 et 40 degrés et un fort déficit de pluviométrie. Il a été apporté 110 mm par irrigation, mais seulement à partir du 04.06., après que l'on ait constaté le 02.06. pour toutes les variétés des avortements de floraison (étages du milieu entre les gousses déjà formées et les nouvelles fleurs). De plus le sol était assez argileux avec un pH de 7,2. Même si aucune chlorose n'a été observée, on ne peut pas écarter la possibilité que la croissance des plantes ait été perturbée.

Caractéristiques variétales

Les variétés de lupin blanc se sont développées d'une manière assez homogène. AMIGA et ARES ont montré les plus fortes végétations (62 à 61 cm), et AMIGA a atteint la plus forte couverture du sol avec 85%. La part de gousses éclatées à la récolte a été évaluée, mais elle était faible avec 0,7% - 3,4% et certainement uniquement due à l'extrême sécheresse, car les lupins blancs sont connus pour être peu sensibles à l'égrenage.

Chez les lupins bleus, en règle générale, les variétés monotiges ont une végétation plus courte et couvrent moins bien le sol, nécessitant des plus fortes densités, afin de pouvoir atteindre de bons rendements. De plus, elles sont plus précoces que les variétés ramifiées. Les propriétés suivantes ont été observées :

Lupin bleu, variétés ramifiées (BOLIVIO, BORDAKO, BORLU):

BOLIVIO : bonne masse de végétation et bonne couverture du sol

BORDAKO : très faible développement (possible plus forte sensibilité vis à vis du pH du sol), forte perte de grains par égrenage juste avant la récolte (Trockenheit)

BORLU : bonne masse de végétation et forte hauteur pour un lupin bleu (57 cm)

Lupin bleu, variétés monotiges (BORUTA, BORWETA, SONET):

BORUTA : densité insuffisante (64 pl./m²)

BORWETA : maturité tardive (récolte avec les variétés ramifiées)

SONET : développement rapide, bonne couverture de sol pour une variété monotige

Mélanges d'espèces

Au 19.05. l'aspect visuel de la végétation donnait une impression d'encore bon équilibre entre partenaires du mélange. Dans la phase plus tardive de développement, les lupins bleus ont été dominés par les lupins blancs. Finalement, la maturité plus précoce et la faible résistance à l'égrenage des lupins bleus n'ont pas permis de faire une récolte commune. L'association de ces deux types de lupins ne semble donc pas prometteur d'avenir.

Maladies et autres problèmes sanitaires

En plus des conditions climatiques extrêmes, le fort salissement en mauvaises herbes a été problématique. L'intervention avec la herse étrille s'est faite trop tardivement et ne fut pas très efficace contre les principales adventices présentes : gaillet grateron, chénopodes blancs, sétaire glauque et amarantes.

Il a été constaté au départ des différences en raison de différents pouvoirs de compétition entre les végétations mais à la récolte toutes les parcelles étaient fortement enherbées.

Récolte et rendement

La récolte est intervenue le 07.07. (BORUTA et SONET), le 17.07. (reste des lupins bleus) et le 20.08. (lupins blancs). Les rendements machines des parcelles ont montré de fortes variations et les échantillons prélevés sur la récolte pour la mesure de l'humidité et de la teneur en impuretés n'ont pas pu être effectués de manière représentative en raison de l'extrême enherbement.

Les rendements estimés à partir de placettes sont présentés dans les Tab.67, Tab. 68 et la figure Fig. Le niveau de rendement a été plus élevé chez le lupin blanc. Ceci doit être vu avec prise en compte des densités et de l'irrigation tardive, qui pour la végétation plus longue du lupin blanc ont du montrer plus de répercussions sur le rendement.

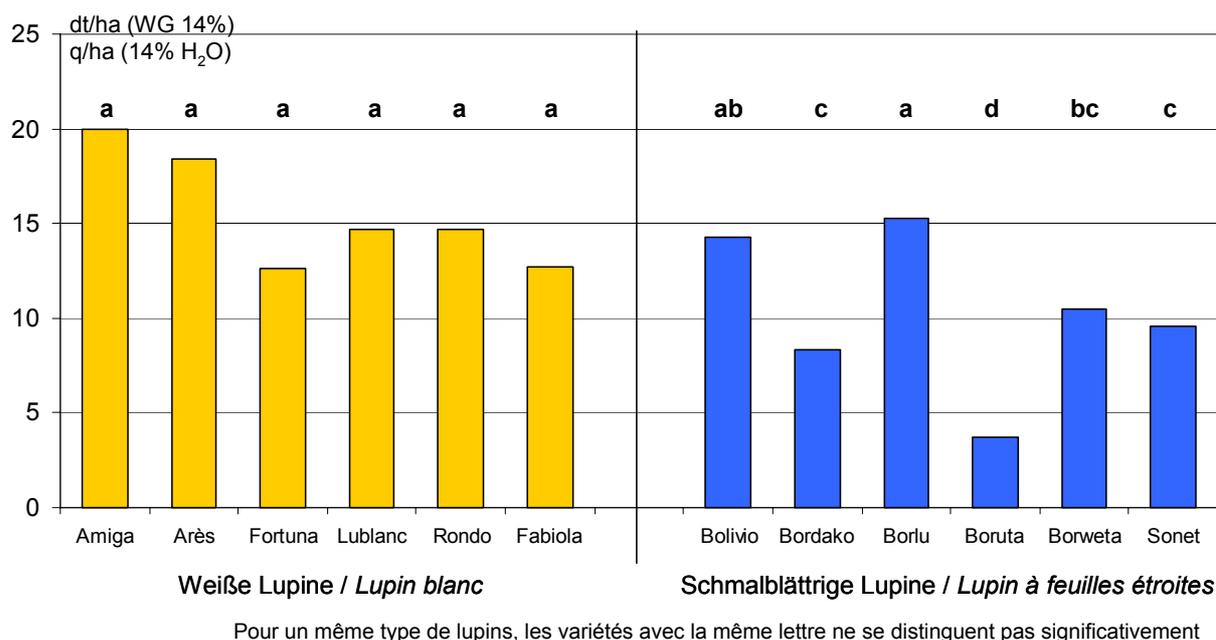


Fig. 21 : rendements des lupins blanc et bleu de l'essai D-Buggingen, 2003

Composantes de rendement

Chez les deux types de lupin, le rendement en grains est corrélé avec le rendement en paille (lupin blanc = 0,91***, lupin bleu: $r = 0,80^{***}$). Ceci souligne la nécessité d'un bon développement de la végétation. De plus, les rendements du lupin blanc sont corrélés avec la densité ($r = 0,58^{***}$), le poids de mille grains ($r = 0,58^{***}$) et le nombre de gousses/plante ($r = 0,40^{**}$) et les rendements du lupin bleu avec le nombre de grains/gousse ($r = 0,58^*$). Toutefois, les relations au niveau de valeurs moyennes de l'ensemble des variétés n'ont guère pu être établies.

En raison des conditions de développement peu favorables (sécheresse, mauvaises herbes) les faibles densités de peuplement ont été dans de nombreux cas limitants des rendements. En particulier pour le lupin bleu, une compensation à la faible densité par un plus fort nombre de grains par plante ne s'est faite qu'irrégulièrement ce qui peut avoir conduit à des différences de rendement entre variétés.

La teneur en protéines de la MS du grain a été de 37,8% pour les lupins blancs et de 32,5% pour les lupins bleus, sans différences significatives entre variétés d'un même type.

4.4.2.3 F-Sausheim et F-Herbsheim, 2003

Observations générales

La sécheresse importante cette année, particulièrement en début de cycle, a rendu la levée très difficile avec en moyenne :

- pour le lupin bleu, seulement 50 % de graines levées par rapport au semis, un mois et demi après celui-ci.
- pour le lupin blanc : 65 % de graines levées à Sausheim et seulement 23 % à Herbsheim, presque 2 mois après le semis.

La faible densité de levée de la culture (par rapport à la densité conseillée) a rendu celle-ci moins compétitive par rapport aux adventices, alors qu'il s'agit déjà d'un des points faibles de cette culture. De plus la levée étalée des lupins blancs (entraînant la présence simultanée de plantes à des stades de développement différents) a rendu plus difficile la maîtrise des adventices : le risque est alors important de détruire les plants sensibles.

La sécheresse et la forte chaleur ont aussi entraîné l'avortement de nombreuses fleurs, particulièrement pour les lupins bleus.

Résultats de l'évaluation des lupins bleus

a) Comparaison des résultats entre les 2 sites

Des différences apparaissent cependant entre les 2 sites d'essais, pour le lupin bleu.

Développement de la culture.

Différences de levée et hétérogénéité à Herbsheim

En considérant les mêmes variétés sur chaque site (donc excepté Boltensia), la proportion de graines levées par rapport à celles semées est plus importante à Sausheim (52 %) qu'à Herbsheim (41 %), en raison de la meilleure levée de Borlu et Boruta à Sausheim qu'à Herbsheim.

Or à Herbsheim, le sol est plus sableux (42 % de sable) et plus caillouteux. Il semblerait cependant, que l'importance des cailloux ne soit pas identique sur toute la parcelle : la zone B, au milieu (fig. 4) aurait tendance à être plus caillouteuse, plus « séchante » et moins « poussante », à l'inverse de la zone A, plus près du chemin. La densité des adventices est d'ailleurs beaucoup plus importante dans la zone A que B et les 2 variétés, situées en B, Boruta et Bolivio, sont celles avec la plus faible proportion de levée par rapport au semis (30 % environ).

Cette hétérogénéité n'était pas particulièrement visible au semis. L'emplacement des variétés s'est fait au hasard, en semant d'abord les variétés de lupin bleu, puis celle de lupin blanc, pour permettre une récolte machine à deux dates différentes. Ainsi une variété de lupin bleu se trouve dans la zone A, la plus « poussante » (Boltensia), 2 autres dans B, la zone la moins « poussante » (Bolivio et Boruta) et 2 dans la zone C, qui semble intermédiaire (Borlu et Sonet). Ceci pourrait être source de biais dans la comparaison variétale.

Par contre, la moins bonne levée de Borlu à Herbsheim par rapport à Sausheim pourrait s'expliquer, par un problème d'enterrage des graines au semis pour cette variété.

Pression des adventices

A Sausheim, la pression des adventices était relativement plus importante qu'à Herbsheim. Surtout, la culture a été implantée sur ce site après plusieurs années de culture de maïs. Les adventices présentes sont ainsi caractéristiques de ce précédent : il s'agit de chénopodes blancs, d'amarantes, de panics et, par endroit, de morelles noires. Un désherbage manuel a ainsi été effectué avant la récolte, pour permettre celle-ci par une moissonneuse-batteuse.

Cependant, malgré des différences significatives de densité de levée entre les variétés, le salissement par les adventices à début floraison s'avère être non significativement différent entre variétés.

A Herbsheim, un passage de herse étrille a été effectué après la levée. Par ailleurs, les précédents sont plus divers, comprenant des cultures d'hiver comme de printemps et celles de légumes comme celles de céréales et protéagineux. Les adventices sont ainsi relativement moins importantes qu'à Sausheim, mais surtout elles sont diverses, et leur répartition est hétérogène sur le site. Elles sont, en particulier, relativement peu nombreuses dans la zone B.

Etat sanitaire

L'état sanitaire des lupins a été globalement bon et meilleur à Sausheim qu'à Herbsheim, où l'alimentation hydrique a été plus importante et où le pH est plus élevé. A noter que certains pieds ont jaunis par groupe à Herbsheim en mai, particulièrement pour Boruta, située dans la zone B. Peut-être cela est-il dû à une teneur importante en calcaire dans ces micro-zones ?

Croissance de la culture :

Les hauteurs des plantes sont à peu près semblables sur les 2 sites à fin floraison, avec 66 cm de haut en moyenne. Par contre, suite à un orage important à Herbsheim en juin, certaines variétés ont versé sur ce site.

Rendement et qualité de la production

La récolte a finalement été réalisée à l'aide de la moissonneuse-batteuse de l'IfuL à Sausheim et de façon manuelle à Herbsheim, en raison de rendements trop faibles pour une récolte avec une machine type agriculteur.

Le rendement sans impureté à 14 % humidité a été plus élevé à Sausheim (11.8 q/ha) qu'à Herbsheim (7.6 q/ha), tandis que le taux d'humidité à la récolte était supérieur à Sausheim (20.3 %) qu'à Herbsheim (16.7 %) : sur ce dernier, les adventices à fort taux d'humidité étaient moins nombreuses et la récolte a été beaucoup plus tardive et réalisée de façon manuelle.

Le PMG à 14 % humidité est en moyenne plus élevé à Sausheim (165 g) qu'à Herbsheim (126 g). Mais celui des lupins bleus ramifiés a tendance à être supérieur à celui des lupins bleus monotiges et le classement des variétés est variable suivant le site.

A Sausheim, le classement des variétés est identique à celui indiqué par l'obtenteur et, pour chaque variété, le PMG à Sausheim semble identique, voire légèrement supérieur, à celui fourni par l'obtenteur.

Mais à Herbsheim, le PMG est plus petit (en moyenne de 20 %, c'est-à-dire de 30 g) par rapport à celui indiqué par l'obtenteur.

Le taux de protéines est soit inférieur, soit supérieur à Herbsheim par rapport à Sausheim suivant la variété, pour celles communes analysées.

Mais, en raison de rendements supérieurs à Sausheim, le rendement en protéines semble en moyenne presque 2 fois supérieur à Sausheim qu'à Herbsheim,.

A noter que, sur le site de Sausheim, non irrigué, la pluviométrie a été très faible pendant toute la culture, alors que le site d'Herbsheim a été irrigué et a bénéficié de précipitations relativement importantes à partir de mai.

Les lupins à Sausheim sont ainsi arrivés beaucoup plus tôt à maturité qu'à Herbsheim : la récolte a eu lieu 24 j plus tôt à Sausheim alors que le semis n'a été effectué que 8 jours plus tôt.

Par ailleurs, le décalage de maturité a été beaucoup plus faible (même nul) entre les variétés à Sausheim, alors qu'il y a eu 2 à 3 semaines de décalage de maturité à Herbsheim entre les variétés les plus précoces et les plus tardives, si bien qu'à Herbsheim, les gousses de certaines variétés ont commencé à s'ouvrir.

b) Caractéristiques récurrentes de chaque variété

Malgré ces différences entre les sites, des points communs apparaissent entre eux pour certains critères, en terme de classement des variétés les unes par rapport aux autres.

Sont rapportées ci-dessous, pour chaque variété, les caractéristiques pour lesquelles la variété se démarque des autres et qui apparaissent à la fois sur les 2 sites d'essais.

Lupin bleu ramifié :

Bolivio :

Sa densité de peuplement, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol ont été assez faibles à Sausheim et, malgré une production relativement importante par pied, son rendement est faible. Son taux de protéines ayant tendance à être faible, son rendement en protéines l'est aussi. Elle semble être assez tardive à floraison. Son PMG semble relativement important.

A Herbsheim, cette variété était située dans la zone la plus séchante. Sa densité de peuplement, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol ont été faibles aussi. Malgré une production assez importante par pied (par rapport aux autres variétés), son rendement est faible.

A noter que la faculté germinative du lot de semences fourni était assez faible (75 %).

Borlu :

La proportion de levée de ses graines par rapport au semis est importante, de même que sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol. Ainsi, avec une production par pied dans la moyenne des variétés évaluées, son rendement est élevé. Son taux de protéines a

tendance à l'être aussi, d'où un rendement en protéines a priori élevé. Elle est cependant assez tardive à floraison. Son PMG semble assez gros.

Par contre, elle a été mal enterrée à Herbsheim : la proportion de levée, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol ont été assez faibles. Néanmoins, tardive à maturité, son rendement est moyen à bon sur ce site. Elle a probablement bien valorisé l'irrigation et les précipitations tombées à partir de mai.

Boltensia

Elle a seulement été évaluée à Herbsheim, donc sans répétition, et elle était située dans la zone la plus « poussante ». Sa proportion de levée par rapport au semis y est élevée, de même que sa vigueur de développement, sa capacité à couvrir le sol et sa hauteur à fin floraison. Ainsi, avec une densité de peuplement assez bonne et une production par pied dans la moyenne, son rendement est assez bon. D'où, avec un taux de protéines assez élevé, son rendement en protéines est a priori élevé.

Cependant, suite à un orage de grêle, elle semble assez sensible à la verse. Par ailleurs, son PMG semble être assez gros. Mais ces caractéristiques restent à confirmer.

Lupin bleu monotige

Pour les variétés monotiges, la hauteur maximale des feuilles apparaît beaucoup plus faible que celles des variétés ramifiées.

***Boruta* :**

La proportion de levée semble assez bonne à Sausheim, mais sa capacité à couvrir le sol est relativement faible. Elle est par ailleurs tardive à floraison. La hauteur maximale de ses tiges est relativement haute, mais ses feuilles atteignent une hauteur beaucoup plus faible. Malgré une densité de peuplement plutôt élevée, son rendement est faible, en raison d'une faible production par pied. Son PMG semble assez petit et son taux de protéines assez élevé. Son rendement en protéines est ainsi moyen à faible. Tardive, elle a peut-être été plus sensible à la sécheresse.

***Sonet* :**

La proportion de graines levées par rapport au semis est bonne pour cette variété. Il en est de même de la vigueur de développement et de sa capacité à couvrir le sol. En raison de sa forte densité de peuplement et d'une production par pied dans la moyenne, son rendement est élevé. Ainsi, à Sausheim, avec un taux de protéines dans la moyenne, son rendement en protéines est élevé.

Par contre, la hauteur maximale de ses tiges, et encore plus de ces feuilles, est faible et, suite à un orage de grêle à Herbsheim, elle semble un peu sensible à la verse

Elle est cependant la plus précoce des variétés évalués. Elle est arrivée à maturité 2 à 3 semaines avant Borlu et Boltensia à Herbsheim, et ses gousses se sont peu ouvertes.

Tab. 69 : Tableau synthétique des caractéristiques des variétés de lupins bleus - 2003

Variétés	Type	Proportion de levée par rapport au semis	Vigueur de développement	Capacité à couvrir le sol	Précocité de floraison	Hauteur maximale des tiges à fin floraison	Hauteur maximale des feuilles à fin floraison	Sensibilité à la verse	PMG ou économie sur le coût des semences	Rendement à 14 % humidité	Taux de protéines	Rendement en protéines
Bolivio	R	- ?	-	-	½ T à T				- ?	-	- ?	- ?
Borlu	R	++ ?	+	++ ?	½ T				- ?	++	+ ?	+ ?
<i>Boltensia</i>	R	+ ?	+ ?	++ ?	½ P ?	+ ?	+ ?	- ?	- ?	+ ?	+ ?	+ ?
Boruta	M	+ ?		-	T	+	-		+ ?	-	+ ?	
Sonet	M	+ ?		++	½ P	-	-	- ?	+ ?	++		+ ?

Légende : ++ = bon comportement pour la culture en agriculture biologique / + = assez bon comportement

- = mauvais comportement pour la culture en agriculture biologique

P = Précoce, T = Tardif / ? = à vérifier

R = Ramifié, M = Monotige

Ainsi, d'après cette comparaison variétale réalisée en 2003, les variétés Borlu, Sonet et peut-être Boltensia, sembleraient être, parmi les variétés de lupin bleu testées, les plus adaptées pour l'agriculture biologique dans la plaine du Rhin. Mais étant données les conditions climatiques particulières de cette année, ces résultats demandent à être confirmés.

Résultats de l'évaluation des lupins blancs

a) Comparaison des résultats entre les 2 sites

Des différences apparaissent aussi entre les 2 sites d'essais pour le lupin blanc.

Développement de la culture.

Différences de levée et hétérogénéité à Herbsheim

La proportion de plants présents par rapport à la quantité de graines semées s'avère beaucoup plus faible à Herbsheim (avec une moyenne de 23 %) qu'à Sausheim (65 %).

Ainsi la densité de pieds, déjà assez faible à Sausheim (avec en moyenne 40 pieds/m²), est très faible à Herbsheim (avec en moyenne 12 pieds /m²) par rapport à la densité conseillée de 60 pieds /m². Le peuplement est peu dense et irrégulier à Herbsheim sans différence significative entre les variétés.

Cette faible densité peut s'expliquer par la sécheresse, particulièrement défavorable à la levée dans le sol caillouteux à Herbsheim. Des dégâts dus aux pigeons ou aux corbeaux, observés sur les sites, pourraient s'être ajoutés à cela.

Cependant, pour réduire la pression des adventices, un passage de herse étrille a été effectué début mai à Herbsheim, c'est-à-dire avant le comptage des pieds. Or la levée était très irrégulière et les stades de développement des plants assez différents. Ce passage a donc pu engendrer la destruction des plants aux stades précoces, sensibles à la herse étrille, d'autant plus en présence de cailloux.

Cependant, le sol s'est avéré plus caillouteux et plus séchant dans la zone B, où se trouvait une des variétés de lupin blanc, Rondo. Les 3 autres variétés étaient dans la zone A, plus « poussante ». Ceci pourrait être source de biais dans la comparaison variétale.

Pression des adventices

A Sausheim, l'essai de lupin blanc ayant été implanté juste à côté de celui de lupin bleu, les adventices présentes sont semblables et caractéristiques du précédent maïs : il s'agit essentiellement de chénopodes blancs, d'amarantes et de panics. Par contre, la densité de la culture étant beaucoup plus faible pour le lupin blanc (40 pl/m²) que pour le lupin bleu (62 pl./m² en moyenne), les adventices et surtout les chénopodes blancs ont pris le dessus par rapport à la culture. Ces chénopodes atteignaient 2 m de haut fin juin. Le lupin blanc sur ce site n'a donc pas pu être récolté.

Malgré des différences significatives de densité de levée entre les variétés, le salissement par les adventices à début floraison s'avère être non significativement différent entre variétés.

A Herbsheim, comme pour le lupin bleu, évalué sur le même site, les adventices sont diverses et leur répartition est hétérogène sur le site. Elles sont relativement peu nombreuses dans la zone B, très séchante. La variété Rondo, dans cette zone, semble ainsi être la moins envahie d'adventices à la récolte.

Cependant étant donnée la très faible densité du lupin blanc sur ce site, les adventices sont plus nombreuses que pour le lupin bleu, particulièrement dans la zone A, la plus « poussante », mais tout en restant moins envahissantes qu'à Sausheim.

Etat sanitaire

Des dégâts d'antracnose sont apparus sur les variétés de lupin blanc à Herbsheim, où les lupins ont été irrigués et où les précipitations ont été relativement importantes en mai et non négligeables en juin et juillet.

A noter que, à la récolte, les grains de la variété Rondo, située dans la zone la plus séchante, semblent être moins atteints.

Croissance de la culture :

Malgré les différences de conditions pédoclimatiques entre les 2 sites, la hauteur des lupins à fin floraison est assez semblable à Sausheim et à Herbsheim, soit en moyenne 75 – 80 cm de haut.

Rendement et qualité de la production

La récolte des variétés de lupins blancs évaluées n'a pas pu être réalisée à Sausheim, (où 3 microparcelles avaient été implantées pour chaque variété), en raison de l'importance des chénopodes présentes.

Ainsi, elle a été seulement réalisée de façon manuelle à Herbsheim, où une seule bande par variété a été implantée et où une certaine hétérogénéité du site est apparue. Les résultats de cette récolte sont donc à considérer avec précaution et restent à confirmer.

Si l'on ne considère à Herbsheim que la zone assez homogène, où, pour chaque variété, les rendements des placettes de récolte sont du même ordre de grandeur, le rendement a tendance à être le plus élevé pour la variété Rondo (10.3 q/ha), en raison de sa production par pied la plus importante des variétés. A noter que cette variété est située dans la zone B et que les grains de cette variété avaient le taux d'humidité à la récolte le plus faible et qu'ils semblent avoir été moins touchés par l'antracnose que les autres variétés.

A l'inverse, la variété Arès semble avoir le plus faible rendement, en raison de sa production par pied la plus faible des variétés

Par ailleurs, le PMG des grains récoltés est élevé par rapport à celui indiqué par l'obtenteur, avec 369 g observé en moyenne contre 317 g pour 1000 gr (d'après l'obtenteur).

A noter que, sur le site d'Herbsheim, où la production a été analysée à la fois pour le lupin bleu et le lupin blanc, la taux de protéines a tendance à être plus important pour le lupin blanc (avec en moyenne 38.5 % MS) que le lupin bleu (34.7 % MS).

b) Caractéristiques récurrentes de chaque variété

Malgré ces différences entre les sites, le classement des variétés les unes par rapport aux autres est semblable entre les 2 sites pour certains critères, comme la capacité à couvrir le sol, la vigueur de développement et la hauteur. Sont rapportées ci-dessous, pour chaque variété, les caractéristiques récurrentes de chacune des variétés.

Amiga :

Cette variété se distingue par une assez faible densité de levée ainsi qu'une levée irrégulière, une faible vigueur de développement et une faible capacité à couvrir le sol. Sa hauteur à fin floraison et à la récolte est moyenne à faible par rapport aux autres variétés.

A Herbsheim, son rendement est moyen à faible, son taux de protéines plutôt faible (35,7 %), d'où un rendement en protéines de 1.9 q/ha qui semble plutôt faible par rapport aux autres variétés.

Arès :

Son comportement diffère suivant le site en terme de densité de levée : celle-ci est la plus élevée des variétés à Sausheim, alors qu'elle a tendance à être aussi faible que les autres à Herbsheim. Par contre, sa régularité de levée, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol sont, avec celles de Rondo, les plus élevées sur les 2 sites. Elle est par ailleurs la variété la plus haute à fin floraison et à la récolte.

A Herbsheim, son rendement est faible (4.9 q/ha dans la zone un peu moins « poussante »), et malgré son taux de protéines relativement élevé, son rendement en protéines est faible aussi.

Par contre, son PMG à 14 % d'humidité est le plus important des variétés évaluées, avec 410 g pour 1000 grains.

Lublanc :

Sa densité est faible à moyenne par rapport aux autres variétés. Sa régularité de levée, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol ont tendance à être, avec celles

d'Amiga, les plus faibles sur les 2 sites. Sa hauteur à fin floraison est semblable à celle d'Amiga à Sausheim.

Elle semble être la plus tardive des variétés évaluées.

A Herbsheim, son rendement est moyen, tout comme son taux de protéines et son rendement en protéines par rapport aux autres variétés. Par ailleurs, son PMG est le plus faible de ceux des variétés évaluées.

Rondo :

Sur les 2 sites, la proportion de plantes présentes par rapport à la quantité de graines semées a tendance à être, pour cette variété, la plus importante des variétés évaluées. Sa densité de peuplement est ainsi moyenne à élevée par rapport aux autres. Sa régularité de levée, sa vigueur de développement et sa capacité à couvrir le sol sont, avec Arès, les plus élevées.

A Herbsheim, elle semble avoir le rendement (10.3 q/ha), le taux de protéines (40.4 %MS) et, par conséquent, le rendement en protéines (3.6 q/ha), les plus élevés.

Ses grains semblent être les moins atteints par l'antracnose à Herbsheim, mais il est difficile de dire s'il s'agit d'une meilleure résistance de la variété à celle-ci ou si cela résulte de la localisation de la variété sur le site.

Tab. 70 : aperçu synthétique des caractéristiques des variétés de lupin blanc - 2003 :

Variétés	Proportion de plantes par rapport au semis	Vigueur de développement	Capacité à couvrir le sol	Précocité de floraison	Hauteur à fin floraison	Hauteur à la récolte	Résistance à l'antracnose	Rendement à 14 % humidité	Taux de protéines	Rendement en protéines
Amiga		-	-		-	-			- ?	
Arès		+	+		++	++				
Lublanc		-	-	T ?						
Rondo	+	+	+				+ ?	+ ?	+ ?	+ ?

Légende : ++ = bon comportement pour la culture en agriculture biologique

+ = assez bon comportement / - = mauvais comportement pour la culture en agriculture biologique

P = Précoce, T = Tardif

? = à vérifier

D'après cette comparaison variétale, la variété Rondo (et peut-être Arès) semblerait être, parmi les variétés évaluées, celle la plus adaptée pour l'agriculture biologique dans la plaine du Rhin supérieur. Mais, en raison de la sécheresse, de la très faible densité de peuplement et, sur le site d'essai de Sausheim, de l'envahissement de la culture par les adventices, ces résultats demandent à être confirmés.

4.4.3 Essais de comportement

4.4.3.1 Pois chiche (D-Heitersheim, 2004/05)

Les pois chiches ont levé chaque année environ deux semaines après le semis et la densité établie était de 32 plantes/ m² la première année d'essai et de 28 pl./m² la seconde. Alors que la première année il n'a pas été observé de nodosités sur les racines, le développement des nodosités en 2005 a été très bonne après inoculation avec un rhizobium spécifique du pois chiche. Toutefois les végétations se sont bien développées lors des deux années et les densités correctes (avec en 2004 apparemment des fournitures d'azote par la minéralisation du sol suffisantes). Les pois chiches ont montré une bonne capacité à s'alimenter en eau et même durant des périodes très sèches de 2005 il a été constaté présence d'eau de transpiration au niveau de la pilosité des feuilles. Les végétations ont atteint avant la fin juin une couverture du sol satisfaisante et les hauteurs avoisinaient entre 30 - 40 cm. Le début floraison a été respectivement constaté les 28.06.2004 et 22.06.2005. Les plantes ont formé des gousses mais la maturité a été très lente et la croissance des plantes indéterminée. Les deux années d'essai, il y avait à la mi septembre encore des tiges vertes avec des fleurs. Les gousses présentes étaient pour la plupart stériles ou bien ne portaient que des graines chétives et mal formées recouvertes d'un mycélium blanc. Il n'a pas été possible de conclure si celui-ci était la cause ou une conséquence (parasite de faiblesse) d'autres problèmes.

En 2004, il a fallu abandonner l'essai avant la fin. En 2005, des échantillons ont été prélevés le 09.09, séchés et égrenés. Le rendement moyen avoisinait les 7,1 q/ha (14% d'humidité). Les gaines ont montré une qualité insuffisante pour une commercialisation en denrées alimentaires. Des analyses à l'institut de la protection des végétaux à Stuttgart ont confirmé la présence de botrytis.

Aucune différence manifeste n'a été observée entre les deux provenances en 2005 hormis la faculté germinative.

4.4.3.2 Lupin jaune (Suisse, 2003/04)

En 2003, les plantes se sont développées sans problèmes. Il a été confirmé que le lupin jaune était sensible à l'antracnose. Les plantes ont montré des symptômes typiques tandis que la végétation du lupin bleu de l'essai de lutte contre l'antracnose installé à proximité restait au même moment quasi indemne de maladie.

La question de la contamination des semences du lupin jaune n'a pas pu être éclaircie après coup. L'essai n'a pas fait l'objet d'une récolte.

En 2004, les plantes se sont également très bien développées sur le sol acide de Wil doté d'un pH de 5.2 (CaCl) à 5.9 (H₂O) ainsi que sur le site plutôt basique de Möhlin doté d'un pH de 6.9 (CaCl) à 7.4 (H₂O). La hauteur des plantes a atteint env. 80 cm et était comparable à celle du lupin bleu. La date de floraison a été également semblable à celle des variétés Boltensia, Vitabor, Idefix, Boruta et Boregina. Ces variétés appartiennent au groupe des variétés à maturité tardive testées dans les essais. Les lupins jaunes ont semblé assez sensible



Photo 8 : floraison du
Lupin jaune

à la verse. A Möhlin, la note de verse était de 5.3, alors que la tenue de végétation était meilleure à Wil, la note de verse n'atteignant que 2.8.

La récolte a été réalisée en même temps que celle des lupins bleus. Les gousses ont été difficiles à égrener et les rendements de 10.6 q/ha (Möhlin) et de 12.3 q/ha (Wil) se sont avérés décevants. Il est probable qu'avec d'autres équipements de la moissonneuse batteuse, de meilleurs rendements auraient été obtenus. Les teneurs en protéines ont atteint 46 % de la MS et sont significativement supérieurs à ceux des lupins bleus. Un rendement brut en protéines de 5.5 q/ha a été ainsi possible. C'est environ la moitié des rendements en protéines possibles avec les lupins bleus.

4.4.4 Discussion des essais variétés

Essais pois 2002 et 2003, comparaison avec les pois d'hiver en 2004 et 2005, Alsace

L'essai de 2002 a montré les difficultés qui pouvaient arriver en production biologique de pois de printemps et en particulier la sensibilité aux pucerons, au stress hydrique et au salissement en mauvaises herbes. Les essais de 2003 ont montré que des différences de sites (en particulier au niveau du type de sol) pouvaient fortement influencer sur le développement de la culture et notamment la hauteur de végétation (et par là son pouvoir de compétition contre les mauvaises herbes) et sur le rendement. De plus, une sécheresse inhabituelle au printemps près du semis a particulièrement défavorisé la culture.

La **densité de semis** doit être suffisamment élevée (minimum de 90 gr./m²), afin de compenser d'éventuelles pertes, et dans le cas d'attaques de **pucerons** il faut intervenir très rapidement, car sinon il y a danger de dégâts considérables voire de destruction de la culture. Un **semis précoce** (début mars au lieu de fin mars) peut permettre une floraison plus précoce de la culture et ainsi un plus faible impact de la sécheresse et des attaques de pucerons.

Dans les essais de comparaison variétale (2002 et 2003), NITOUCHE s'est bien comporté grâce à un bon démarrage et un bon pouvoir de compétition, des qualités particulièrement importantes en production biologique. Les variétés suivantes sont apparues également intéressantes METAXA, HARDY, ATTIKA, POWER, JACKPOT, SPONSOR ainsi qu'en situation de bonne alimentation en eau ABAQUE, ALLIANCE, LASER et LUMINA.

Dans les essais de pois d'hiver et de printemps (2004 et 2005) les variétés NITOUCHE et HARDY ont été retenues comme variétés de printemps. NITOUCHE s'est montré plus tardive de floraison, ce qui l'expose plus aux pucerons. De plus, NITOUCHE possède un plus fort PMG que HARDY ce qui augmente le coût en semences. L'essai de 2005 a montré que le pois de printemps (en particulier HARDY) lors d'années favorables avec une date de semis et des conditions de développement satisfaisantes, une absence d'attaques de pucerons et une alimentation en eau suffisante, pouvait atteindre d'excellents rendements en mode de production biologique.

Lupins blancs et bleus, CH 2002-2004, D 2003, F 2003

Développement de la végétation

Les essais variétés conduits en Alsace et en Pays de Bade n'ont été conduits qu'en 2003. Cette année n'a pas été représentative en raison d'une sécheresse extrême et plusieurs difficultés ont été rencontrées :

Levée hétérogène et avec des manques selon la variété qui a eu pour conséquence des densités de végétation insuffisantes (en Allemagne en particulier pour les lupins bleus et en France en particulier pour les lupins blancs)

salissement extrême en raison de "trous" dans la végétation ainsi qu'en raison d'interventions trop tardives (D)

Floraison raccourcie et pertes de rendement en raison du manque d'eau

Le niveau de rendement a été faible comme il fallait s'y attendre et donne avant tout une idée de l'adaptation aux conditions extrêmes mentionnées.

Les végétations se sont mieux développées dans les essais en Suisse.

Exigences vis à vis du sol

Des chloroses ont été observées seulement chez les lupins bleus. En Allemagne, elles sont apparues dans un essai de lutte contre les mauvaises herbes (parcelle au pH 7,3), mais pas dans l'essai variétés (pH 7,2). Dans le champ d'essai avec présence de chloroses, il a été mis en évidence du calcaire actif (CaCO_3 , bouillonnement avec HCl), et dans l'autre parcelle non. En Alsace il n'a pas été relevé de calcaire actif malgré la présence de chloroses. L'apparition de foyers de chloroses peut toutefois être dû à des fortes teneurs en calcaires très localisées et/ou à la forte sécheresse.

D'autres essais ont été poursuivis en Allemagne en 2004 et 2005 avec des lupins blancs (lutte contre les mauvaises herbes, comparaison avec des types hiver). Malgré de meilleures alimentations en eau, le niveau de rendement des sites suisses n'a jamais pu être approché. Les raisons probables sont probablement les sols trop lourds des essais peu favorables à l'enracinement et à l'aération des sols.

Les sols lourds pénalisent non seulement la respiration des racines mais renforcent également la sensibilité aux chloroses dues à des carences en fer, qui sont selon la bibliographie favorisées par des échanges gazeux insuffisants dans le sol et des concentrations élevées de HCO_3^- dans la solution du sol.

Il est donc conseillé pour la culture du lupin de rechercher des sols légers bien aérés et sans calcaire actif.

Différences variétales

Les essais ont montré que les variétés de lupin blancs sont assez proches les unes des autres et que de plus fortes différences existaient chez les lupins bleus. Certaines variétés ont montré des rendements souvent au dessus de la moyenne si bien qu'une recommandation peut être faite pour le choix de la variété dans le Rhin supérieur.

Dans les essais variétés conduits avec les lupins bleus en Suisse, les variétés ramifiées BORLU et BOLIVIO ont procuré les meilleurs rendements et ont aussi montré une forte teneur en protéines. La variété monotige SONET a montré en moyenne des rendements en protéines plus faibles mais elle s'est montrée de rendement très régulier. Dans les essais F et D de 2003 les variétés BORLU (D et F), BOLIVIO (D) et SONET (F) se sont bien comportées confirmant qu'elles peuvent être recommandées..

Dans les essais variétés de lupin blanc (y inclus les comparaisons avec les types hiver) les variétés AMIGA et RONDO ont eu tendance à être les plus productives et les plus régulières.

En 2005, une liste officielle des variétés recommandées de lupin blanc et bleu pour la Suisse établie sur la base des résultats d'essais a été publiée (Frick *et al.* 2005). Les variétés BOLIVIO, BORLU, BORA, SONET et PRIMA ainsi que AMIGA y sont présentées et comparées entre elles.

Lupins blancs ou bleus ?

Les lupins blancs montrent en situation de bon développement et de bon état sanitaire un potentiel de rendement sensiblement plus élevé que celui des lupins bleus, et la teneur en protéines est plus importante de quelques pourcents.

Toutefois, il est plus tardif de maturité et nécessite des situations plus chaudes que le lupin bleu. De plus, le lupin blanc est très sensible à l'antracnose alors que les lupins bleus sont assez tolérants à la maladie. Même si la maladie n'est pas apparue souvent dans les essais, mais il faut tenir compte que les conditions favorables aux hauts rendements du lupin blanc (chaleur, alimentation en eau suffisante) sont aussi favorables à la propagation de l'antracnose.

Le lupin bleu apporte une meilleure sécurité de rendement en production biologique. Les essais variétés conduits en Suisse ont montré que la teneur en protéines du grain des nouvelles variétés pourrait progresser grâce à la sélection effectuée en Allemagne sur le lupin bleu. Les nouvelles variétés danoises testées en 2004 sont très productives mais n'ont pas montré de fortes teneurs en protéines. Lors des trois années d'essais en Suisse, il n'y a pas eu une seule fois des pertes de rendement à cause de maladies ou d'autres raisons.

En production biologique du lupin, la lutte contre les mauvaises herbes reste problématique. Comme les lupins blancs montrent en règle générale un meilleur pouvoir de compétition que les lupins bleus, la sélection de variétés de lupin blanc résistantes à l'antracnose serait une avancée décisive.

Lupin jaune, Suisse 2003 - 2004

Avec une teneur protéines voisine de 46%, le lupin jaune est une plante protéagineuse très intéressante. Contrairement aux sources bibliographiques, il a été possible dans les essais suisses qu'il pouvait aussi être cultivé sur des sols au pH > 6,0. Afin de vérifier si les problèmes rencontrés au battage pour l'égrenage des gousses sont surmontables et que des rendements machines satisfaisants pourraient être atteints pour le lupin jaune en Suisse, il serait nécessaire de comparer plusieurs variétés sur plusieurs sites. En raison de la forte sensibilité à l'antracnose, ce type de lupin est plutôt réservé à une production conventionnelle avec un traitement fongicide chimique des semences.

Pois chiche, Allemagne 2004 - 2005

Le pois chiche s'est plutôt bien comporté dans les essais et s'est montré intéressant pour le Rhin supérieur, surtout de par son adaptation à la sécheresse. Selon des informations orales recueillies sur le marché des produits alimentaires biologiques, les prix du pois chiche sont environ deux fois plus élevés que ceux du soja, ce qui laisse atteindre un intérêt économique dès des rendements de 10 à 15 q/ha.

Le problème principal a été l'infertilité des gousses et la qualité insuffisante des graines dont l'origine n'a pas été éclaircie. Les pluies en août favorisent les attaques de maladies et le redémarrage de nouvelles pousses, et les sites retenus doivent être peu sujet aux précipitations estivales. D'autres essais avec des qualités de semences suffisantes et différentes variétés devraient être reconduits.

4.5 Essais de comparaison de protéagineux de type hiver et printemps

4.5.1 Féverole d'hiver

4.5.1.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

Les Tab. 71 et Tab. 72 présentent les valeurs moyennes des paramètres relevés pour les deux années avec un test statistique de signification. Les effets significatifs sont mis en évidence par un surlignage plus sombre (effets principaux en 2005 tant qu'il n'existe pas d'interaction significative). Les seuils de signification ou plus petite différence significative se rapportent aux effets principaux ou bien à l'interaction pour les comparaisons entre les variantes individuelles. En raison d'un nombre de variantes différent entre le semis d'automne et de printemps, ils sont différents.

Le Test F - date de semis- de la première année d'essai teste uniquement la date de semis à l'intérieur des variétés.

Pour les dates de développement, on a tenu compte de moyennes, afin de mieux mettre en évidence les effets principaux des variétés ou de la date de semis.

Tab. 71 : résultats de l'essai féverole d'hiver, D-Heitersheim 2004

Variantes		Dates				Densité			Développement						Rendement parcelaire et rendement machines								
Date de semis	Variété	Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hivernales	Au printemps 3	hauteur 07.06.	hauteur 06.07.	Couv. sol. 07.06.	couv. sol 06.07.	Couverture en adventices. 07.06.	Couverture en adventices. 06.07.	Rendement (Hu=14%)	tiges/plante	Gousses/tige	Grains/gousse	PMG	Teneur protéines (MS)	Rendement protéines	Rendement paille (MS)	N paille
						%	%	pl./m ²	cm	cm	%	%	%	%	q/ha				g	%	q/ha	q/ha	kg/ha
14.10.	Karl	26.11.	30.04.	28.06.	02.08.	102	9	28	85	115	80	93	7	1	24,6	2	4,8	3,3	333	38,6	8,2	38,2	41,6
12.11.		01.01.	04.05.		02.08.	94	1	30	77	109	70	93	8	1	28,4	1,5	5,5	3,4	328	38,1	9,3	32,5	33,9
04.03.	Aurelia	30.03.	18.05.		07.08.	58		23	61	90	40	55	39	17	11,7	0,9	6,9	3,1	242	38,1	3,8	16,3	18,9
01.04.		21.04.	30.05.		10.08.	67		27	61	101	30	65	22	8	13,1	1,1	5,2	3,6	315	36,1	4,1	24,4	26
F-Test différence ¹						0,71	2,7	0,61	2,61	3,66	∞***	1,42	2,55	4,07	1,68	9,28*	10,62*	1,5	2,25	1,01	0,88	2,01	2,09
Seuil de signification ²						24,8	20,9	9,2	8,9	11,3	0	14,5	18,1	7,1	5,5	0,3	1	0,7	84,4	3,5	2,1	12,2	12,6
moyennes Karl			02.05.	28.06.	02.08.	98		29	81	112	75	93	7	1	26,5	1,7	5,1	3,3	331	38,3	8,7	35,3	37,7
variétés Aurelia			24.05.	28.06.	08.08.	62		25	61	96	35	60	31	13	12,4	1	6,1	3,3	278	37,1	4	20,4	22,4
F-Test variétés ¹						25,66**		2,07	58,1***	24,35**	∞***	63,16***	20,17**	30,98**	79,72***	84,64***	11,75*	0,01	4,61	1,5	62,48***	18,16**	17,76**
Seuil de signification ²						17,5		6,5	6,3	8	0	10,3	12,8	5,1	3,9	0,2	0,7	0,5	59,7	2,5	1,5	8,6	8,9

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test (α=5%) ³ densité indépendante de la variété

Tab. 72 : résultats de l'essai féverole d'hiver, D-Heitersheim 2005

Variantes		Dates				Densité			Développement						Rendement parcelaire et rendement machines									
Date de semis	Variété	Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hivernales	Au printemps 3	Dégâts froid. 17.03. (surf. foliaire)	Vigueur au printemps 4	hauteur 11.05.	hauteur 06.07.	Couv. sol. 07.06.	Couverture en adventices. 07.06.	Couverture en adventices. 06.07.	Rendement (Hu=14%)	tiges/plante	Gousses/tige	Grains/gousse	PMG	Teneur protéines (MS)	Rendement protéines	Rendement paille (MS)	N paille
						%	%	pl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	%	q/ha				g	%	q/ha	q/ha	kg/ha
14.10.	Diva	05.11.	25.04.	16.06.	15.07.	102	5	29	3	3	51	105	82	4	7	19,6	1,6	4,9	3,6	305	38,3	6,5	31,2	39,9
	Karl		28.04.		20.07.	87	3	26	4	4	44	111	93	5	5	19,6	1,4	5,6	4,4	248	40,4	6,7	34,1	37,9
	Olan		28.04.		20.07.	96	7	28	10	2	47	102	85	5	4	17,4	1,4	6,2	3	284	40,2	6	38,5	50,2
16.11.	Diva	01.02.	02.05.	22.06.	20.07.	96	7	27		7	31	91	73	23	24	15,9	1,3	5,5	3,5	232	39,5	5,3	21,6	23,4
	Karl		02.05.		22.07.	95	2	28		8	28	101	72	17	24	13,7	1,3	6,6	3,1	234	39,4	4,6	27,4	36,7
	Olan		02.05.		22.07.	97	1	29		7	30	97	73	15	26	13,3	1,2	7,7	2,9	225	33,5	3,8	28	34,4
17.03.	Aurelia	31.03.	20.05.	22.06.	27.07.	72		29			21	99	55	19	16	9,4	0,9	4,7	3	336	41,5	3,4	21,8	31,1
04.04.	Aurelia	26.04.	25.05.	27.06.	07.08.	78		31			10	84	32	18	24	8,8	1	3,4	3,1	351	37	2,8	17,9	31,6
F-Test date semis x variété ¹						0,48	0,43	0,7	74,91***	5,13	0,49	0,94	1,48	1,27	0,33	0,2	2,98	0,14	1,29	4,07*	1,96	0,35	0,2	1,8
Seuil de signification ²						21,8	11	6,5	1,8		5,6	10	12,2	9,2	9	5,4	0,1	2,3	1,3	32,8	6,2	2,1	9,4	13,8
moyennes Date semis	14.10.	05.11.	27.04.	16.06.	18.07.	95	5	27		3	47	106	87	5	6	18,9	1,5	5,6	3,6	279	39,6	6,4	34,6	42,7
	16.11.	01.02.	02.05.	22.06.	22.07.	96	3	28		8	30	96	73	19	25	14,3	1,3	6,6	3,1	230	37,5	4,6	25,6	31,5
	17.03.	31.03.	20.05.	22.06.	27.07.	72		29			21	99	55	19	16	9,4	0,9	4,7	3	336	41,5	3,4	21,8	31,1
	04.04.	26.04.	25.05.	27.06.	07.08.	78		31			10	84	32	18	24	8,8	1	3,4	3,1	351	37	2,8	17,9	31,6
F-Test date semis ¹						0,22	0,36	0,41		13,24***	79,6***	11,5**	17,31***	15,39***	32,61***	4,94*	22,79***	2,15	0,95	15,92***	2,08	5,53*	6,61**	4,54*
Seuil diff. Semis automnet ²						12,6	6,3	3,8			3,2	5,8	7,1	5,3	5,2	3,1	0,1	1,3	0,8	18,9	3,6	1,2	5,5	8
Seuil diff. Semis printemps ²						21,8		6,5			5,6	10	12,2	9,2	9	5,4	0,1	2,3	1,3	32,8	6,2	2,1	9,4	13,8
moyennes variétés	Diva					99	6	28		5	41	98	78	14	16	17,7	1,5	5,2	3,5	269	38,9	5,9	26,4	31,6
	Karl		29.04.	19.06.	20.07.	91	2	27		6	36	106	83	11	15	16,6	1,3	6,1	3,7	241	39,9	5,7	30,8	37,3
	Olan					97	4	28		5	39	99	79	10	15	15,4	1,3	7	2,9	255	36,8	4,9	33,2	42,3
	Aurelia		22.05.	24.06.	01.08.	75		30			16	92	43	19	20	9,1	1	4	3	344	39,3	3,1	19,8	31,4
F-Test variétés ¹						4,51*	0,48	0,78		8,03*	78,98***	6,44**	41,35***	3,3	1,57	9,17**	49,68***	5,54*	1,56	35,98***	0,83	6,87**	7,11**	2,61
Seuil de signification ²						15,4	7,8	4,6			4	7,1	8,6	6,5	6,3	3,9	0,1	1,6	0,9	23,2	4,4	1,5	6,7	9,8

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ densité indépendante de la variété⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1= meilleur développement (22.04.)

Développement de la végétation

Mise en place

La levée s'est faite pour le semis d'octobre avant l'installation de l'hiver, alors que pour le semis de novembre, la levée n'est intervenue que durant l'hiver (janvier/février). En 2004/05, les plantes ont pu ainsi échapper à une partie des froids. Les variétés hiver ont levé à près de 100 %, alors que la variété Aurélia lors des deux années d'essai a montré des taux de levées médiocres de 62 à 75 %. Pour les plantes semées en octobre, il était déjà possible d'observer deux bourgeons axillaires juste après la levée.

Comportement hivernal

Les semis d'octobre avaient déjà atteint le stade 2-3 feuilles à la mi décembre. Pour les semis de novembre, le stade 1-2 feuilles a été observée au début de février. Les dégâts de froid ont été observés lors de la deuxième année d'essai sous forme de nécroses des feuilles des semis d'octobre. L'estimation réalisée en mars 2005 des pourcentages de feuilles atteintes a montré une incidence plus forte sur la variété Olan, mais qui toutefois avec 10% de surface nécrosée est restée relativement modeste.

Pour aucune variante il n'y a eu de dégâts de froid significatifs, ce qui signifie que les pourcentages de pertes de plantes entre la levée et la sortie de l'hiver ne se sont pas différenciées entre elles et sont restées quasi nulles.

Printemps et automne

Les floraisons et la maturité à la récolte des variétés d'hiver n'ont que peu divergé entre dates de semis malgré les grands écarts de levée. Diva s'est montrée un peu plus précoce à la maturité que Karl et Olan.

Les variétés d'hiver ont fleuri environ 3 semaines plus tôt que la variété de printemps Aurelia (fin avril/début mai), mais la fin floraison était quasi identique (2 ème moitié de juin). La maturité de récolte a varié en fonction des conditions climatiques, et se situe pour les variétés hiver dans la seconde moitié de juillet et pour la variété de printemps, 1-2 semaines plus tard suivant la date de semis.

Au niveau du développement végétatif, une forte différence a été constatée entre les variétés d'hiver qui avaient une avance nette sur les variétés de printemps, ainsi qu'en 2005 un décalage important entre les semis d'octobre et de novembre. Les plantes des semis d'octobre étaient en particulier plus ramifiées à la base (tallage) que celles semées en novembre, ce qui n'a toutefois pas pu être quantifié à cause d'une croissance irrégulière et une population hétérogène. La variété Karl en comparaison des autres variétés d'hiver a montré un développement au début quelque peu plus lent puis à partir de juin plutôt plus vigoureux.

La couverture des interrangs a été atteinte pour les semis d'automne lors de deux années environ au 25 mai. Les semis de novembre ont couvert l'interrang en 2004 env. 3 jours plus tard, mais en 2005 avec un retard d'environ 4 semaines. La variété de printemps Aurelia n'a pas pu recouvrir les interrangs de 50 cm de large lors des deux années d'expérimentation.

La couverture du sol par Aurelia a été de plus limitée lors des deux années par les levées plus faibles et les densités de végétation atteintes de max. 31 pl./m², trop faibles pour une féverole de printemps. Lors de la seconde année d'essai, la couverture du sol n'a été éva-

luée qu'à une seule date car les variétés d'hiver étaient déjà largement défoliées au début de juillet 2005.

Lors de deux années, les valeurs de couverture du sol par les adventices sont corrélées négativement à celles de couverture par la culture ainsi que les hauteurs de végétation (exception : hauteurs et couverture en adventices au 07.06.2004 avec risque d'erreur de 11% non significatif)

Enherbement, maladies et autres facteurs de dégâts

Le développement des mauvaises herbes ne s'est fait qu'après l'hiver. Les espèces d'adventices dominantes lors des deux années d'essais ont été *Polygonum lapathifolium* et *P. convolvulus* ainsi qu' en 2004 *Chenopodium album* et *Stellaria media* et en 2005 *Cirsium arvense*. La première année, la lutte mécanique et la compétition exercée par la culture ont permis de maintenir de manière satisfaisante les mauvaises herbes. La seconde année, il n'a pas été possible de passer la herse étrille à cause de l'humidité du sol persistante et le binage n'est intervenu que très tardivement (4 semaines plus tard qu'en 2004). Ceci a conduit un salissement en adventices nettement plus important où le pouvoir de compétition du semis précoce d'octobre a été clairement mis en lumière.

Dégâts importants de binage après les passages des 10.05. et 07.06.2005, surtout au niveau des tiges secondaires poussant à l'horizontal près du sol → tallage des variétés d'hiver probablement fortement réduit suite à ces agressions

Dégâts dus à la mauvaise météo (à chaque fois probablement sans gros effet sur le rendement)

08.07.2004 : blessures dues au vent et à la grêle → lésions sur les gousses et partie des tiges pliées, mais au total dégâts limités

29.06.-06.07.2005: à nouveau fortes précipitations et coups de vent → nombreuses tiges pliées

Les facteurs de dégâts suivant sont apparues au cours de la végétation des féveroles :

sitones (*Sitona lineata*) : lors des deux années, en avril, pratiquement 100% des feuilles avec une morsure, pas de perturbations de la croissance (par d'éventuels dégâts des larves sur les nodosités) visibles.

Maladie des taches chocolat (*Botrytis fabae*) : maladie observée en progression début juin lors des deux années, plus fortement chez Aurelia en 2004

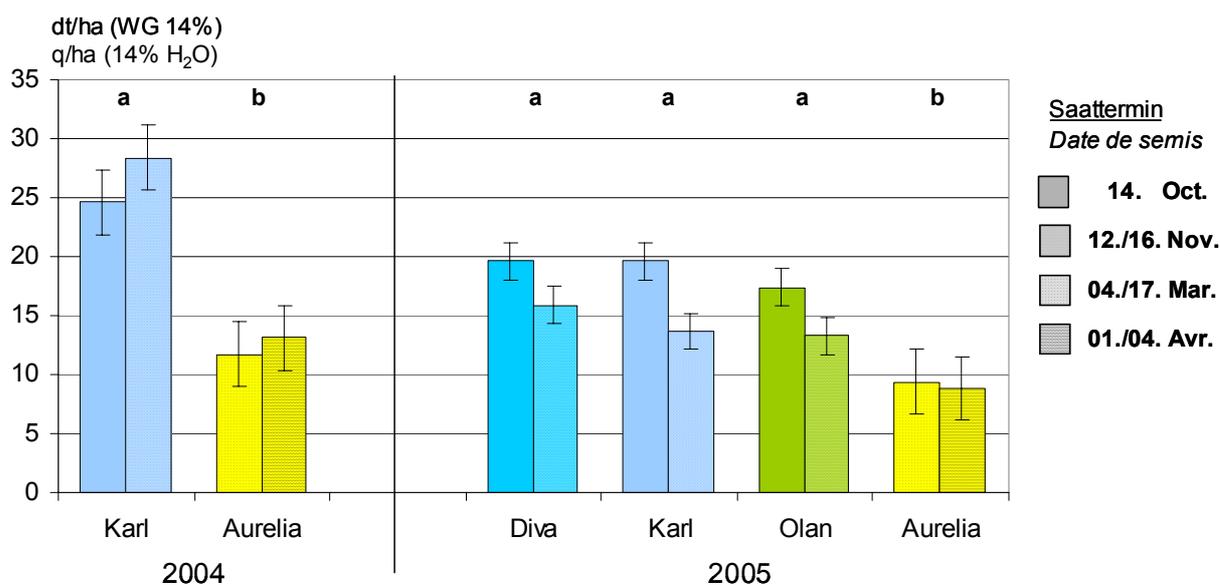
Pucerons noirs (*Aphis fabae*) : seulement en 2004, à partir de mi-juin, quelques plantes isolées extrêmement touchées, Aurelia plus que Karl – après 2-3 semaines, destruction totale des pucerons par les coccinelles.

En 2004 des pucerons verts (*Acyrtosiphon pisum*) : à la mi juin, pression plus faible que celle des pucerons noirs. Pucerons moins appréciés des coccinelles, multiplication stoppée brutalement après l'orage de grêle du 08.07.2004 .

Bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*) : présence de trous sur les graines récoltées lors des deux années env. 20% des graines touchées → pertes de poids des graines d'environ 11% selon les publications → pertes de rendement d'environ 2%

Récolte et rendement

Les récoltes sont intervenues le 10.08.2004 (hiver et printemps) et en 2005 les 27.07. (variétés hiver) et 12.08. (variétés printemps). Les types hiver ont largement dominé les types printemps lors des deux années d'essais comme on le constate dans la figure 22. De plus, les semis d'octobre 2005 se sont montrés plus productifs que ceux de novembre alors qu'en 2004 il n'y avait pas d'écarts significatifs. Ceci recoupe le développement végétatif qui en 2005 était plus fortement marqué par la date de semis qu'en 2004. Le rendement grains est significativement corrélé avec le rendement en paille lors des deux années ($r_{2004} = 0,75^{**}$, $r_{2005} = 0,69^{***}$).



plage de variation = seuil de différence de l'écart type pour la date de semis (effet principal)

Les variétés notées d'une même lettre ne se distinguent pas significativement en moyenne au sein d'une même année

Fig. 22: rendement des type hiver et printemps de féverole, D-Heitersheim 2004 et 2005

Les explications aux rendements plus faibles de 2005 sont les faibles précipitations, une plus forte pression des mauvaises herbes et un sol mal aéré asphyxiant (teneur en argile plus forte) et des dégâts de binage.

Composantes du rendement

Le rendement est étroitement corrélé lors des deux années avec le nombre de tiges / plante ($r_{2004} = 0,80^{**}$, $r_{2005} = 0,71^{***}$). Comme la ramification (tallage) est plus importante pour les semis d'octobre que pour les semis de novembre, il semble nécessaire d'augmenter la densité de semis pour les semis tardifs. Pour les variétés de type printemps qui ne ramifient pas à leur base, une densité de semis encore plus élevée est conseillée (ceci n'a pas été obtenu pour Aurelia suite à une mauvaise levée au champ).

Au niveau des composantes du rendement, on constate certaines différences, mais aucun lien évident avec le rendement n'est mis en évidence.

Les teneurs en protéines calculées à partir des teneurs en N multiplié par le facteur 6,25 sont apparues non réalistes car trop élevées pour de la féverole, ont toutefois été relevées sur les deux années et confirmées par une répétition des analyses en 2004, ce qui doit remettre en question la validité du facteur 6,25 pour la féverole.

Comparaison variétale

Il faut tenir compte dans la comparaison entre type hiver et printemps que Aurélia lors des deux années d'essais a eu une levée faible et une croissance insuffisante et que le rendement atteint n'a pas été représentatif du potentiel de la féverole de printemps.

Les différences sont faibles entre les types hiver :

OLAN : quelque peu moins résistante à l'hiver

KARL : démarrage au printemps moins rapide

DIVA : maturité plus précoce, tendance au meilleur rendement

4.5.1.2 choix variétal (F-Sausheim et F-Elsenheim, 2004/05)

Tolérance au froid des variétés d'hiver

Les pertes totales entre le semis et la fin de l'hiver sont comprises entre 9 et 23 % (voir en annexe). Mais l'hiver ayant été assez doux, il n'a pas été observé de pertes par gel, quels que soient la variété et le site.

Sur les 2 sites, la variété DIVA a une densité en sortie d'hiver inférieure à celle de KARL, mais cette différence s'explique plus par les différences –non volontaires- au semis.

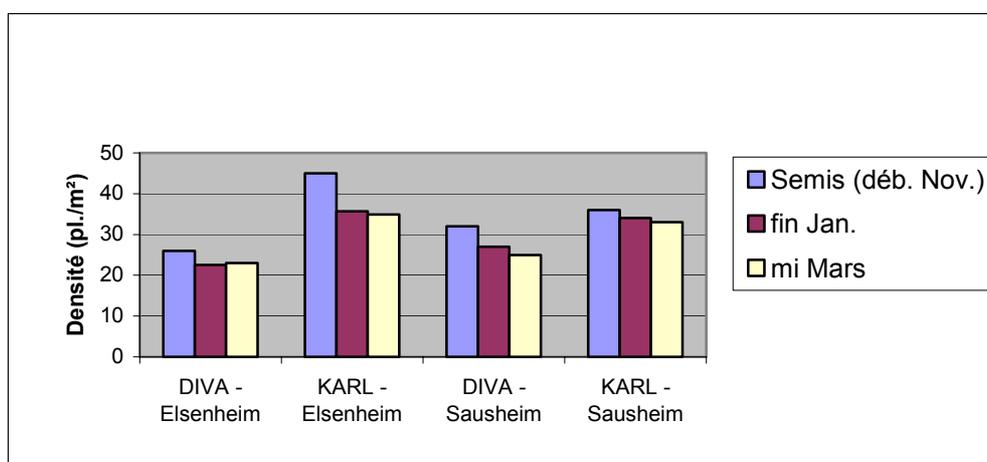


Fig. 23: Evolution des densités de peuplement des féveroles d'hiver en fonction des variétés et du site, F-Elsenheim et F-Sausheim 2004

Développement et précocité

Les féveroles d'hiver ont commencé à fleurir fin avril, soit 3 à 4 semaines avant les féveroles de printemps (dates en annexe). Toutefois à maturité, l'écart entre les 2 types n'était plus que d'une semaine environ cet été 2004.

Mais il y a aussi des différences de précocité entre variété d'un même type :

- la variété d'hiver KARL est plus tardive à floraison et à maturité que DIVA,
- la variété de printemps DIVINE est plus tardive à floraison que la variété AURELIA.

Maladies et ravageurs

Cette année 2004, suite à l'hiver doux et au printemps sec, la pression des **pucerons noirs** a été importante sur le site non irrigué de **Sausheim**, particulièrement pour la féverole de printemps. Pour cette dernière, le passage tardif de roténone a été insuffisant pour limiter cette invasion. Apparus fin mai, peu avant le début floraison, ils n'ont cessé de se multiplier et fin juin, tous les pieds de féverole de printemps étaient grillés.

A Elsenheim, en revanche, où les féveroles ont été irriguées mi-mai, il n'y a pas eu de pucerons sur les variétés d'hiver et seulement en bordure de l'essai pour les variétés de printemps.

Ces essais 2004 montrent ainsi que les féveroles d'hiver, plus précoces à floraison, ont été moins sujettes aux pucerons noirs et que leur culture peut donc se révéler très préférable à la féverole de printemps en conditions non irriguées.

Par ailleurs, à Elsenheim, en fin de culture, des petites pustules brunes-rougeâtres de rouille sont apparues sur les feuilles et les tiges, ces dernières devenant rougeâtres, particulièrement pour la variété KARL, versée.

D'autre part, sur les 2 sites, les attaques de bruches ont été importantes à la récolte pour les féveroles d'hiver comme pour celles de printemps.

Compétitivité par rapport aux adventices

La capacité à couvrir le sol et la hauteur des féveroles sont plus faibles et le salissement beaucoup plus important sur le site de Sausheim que celui à Elsenheim¹⁷.

Cependant, sur le site où les féveroles ont pu être comparées jusqu'à la récolte – c'est-à-dire à Elsenheim-, le **salissement** est alors nettement **plus faible pour les féveroles d'hiver** (moins de chénopodes) que pour celles de printemps.

A Elsenheim, aussi, les féveroles de printemps sont plus **hautes** que celles d'hiver à leur début respectif de floraison. Cependant, ensuite, des différences apparaissent plus entre les variétés : la variété d'hiver DIVA est plus courte, mais aussi moins sensible à la verse que KARL. La variété de printemps AURELIA est à fin floraison aussi haute que KARL et plus haute que l'autre variété de printemps DIVINE.

A noter qu'en fin de cycle, les féveroles d'hiver à Elsenheim sont apparues plus sensibles à la **verse** que celles de printemps. Mais à Sausheim, où les féveroles d'hiver étaient environ plus petites de 40 cm par rapport à Elsenheim, il n'y a pas eu de verse.

Production

Les rendements sont très variables suivant le site et le type de féverole. Ils vont de 0 pour la féverole de printemps à Sausheim à 36,7 q/ha pour la variété d'hiver DIVA à Elsenheim.

¹⁷ Le salissement est important à Sausheim en raison d'un semis d'avoine qui n'a été que partiellement détruite par le vibroculteur avant l'essai et dont une partie a donc repoussé dans la féverole.

A Sausheim, en conditions non irriguées, le rendement des variétés d'hiver est nettement plus important que celui des féveroles de printemps, ces dernières s'étant complètement desséchées pendant la floraison suite aux pucerons (cf. Fig. 24).

A Elsenheim, une des variétés d'hiver a tendance à avoir un rendement plus important que les 3 autres variétés (d'hiver et de printemps) testées (graphe ci-dessous). Mais la variabilité sur la parcelle est importante et les récoltes ont été retardées en raison des épisodes pluvieux de cet été et des contraintes de récolte de la parcelle (sol humide collant). Certaines gousses commençaient ainsi à s'ouvrir lors des récoltes.

A noter que les 2 variétés d'hiver ont en moyenne 3 tiges fructifères par pied contre une seule pour les féveroles de printemps, ce qui contre-balance la densité de semis plus faible des féveroles d'hiver. Cependant, les variétés DIVA (hiver) et AURELIA (printemps) ont produit plus de gousses par tiges que les 2 autres variétés.

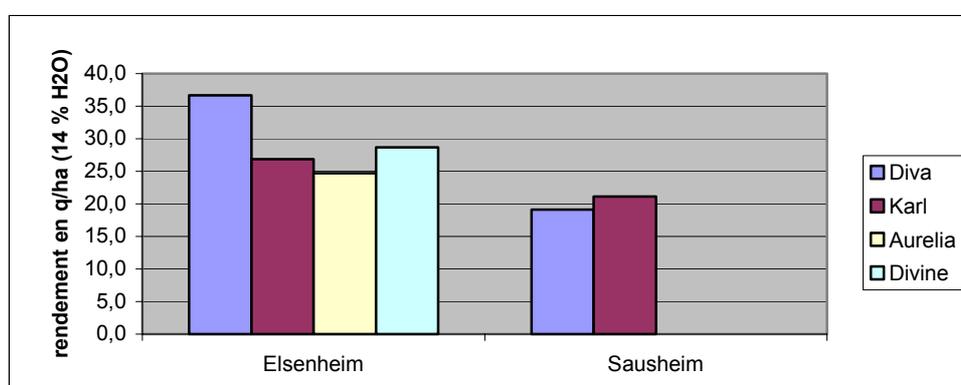


Fig. 24 : Rendement des féverole d'hiver et de printemps en fonction de la variété et du site, F-Elsenheim et Sausheim 2004

Le **PMG**, compris entre 350 et 390 g, n'est pas significativement différent entre les féveroles d'hiver et de printemps (voir en annexe).

Il en est de même pour le **taux de protéines**. Par contre, pour les féveroles d'hiver (féveroles récoltées sur les 2 sites), ce taux est plus élevé à Elsenheim qu'à Sausheim, si bien que, le rendement étant aussi un peu plus élevé, le rendement en protéines est environ 2 fois plus important à Elsenheim qu'à Sausheim :

Site	Type de féverole	Rendement en grain (q/ha)	Taux de protéines (% MS)	Rendement en protéines (q/ha)
Elsenheim	Hiver	31,8	33,5	9,1
	Printemps	26,7	32,8	7,5
Sausheim	Hiver	20,1	27,4	4,7

Tab. 73 : Rendements en grain, en protéines selon le type de variété de féverole et le site F-Elsenheim et F-Sausheim 2004

Essai F-Elsenheim 2005

Tolérance au froid des variétés d'hiver

La levée des variétés d'hiver a été très lente de décembre à mars et assez irrégulière, avec un taux de pertes estimé (entre le semis et le comptage de mars) de 16 % pour DIVA et de 31 % pour KARL. Ces pertes sont dues en partie aux très mauvaises conditions de semis à l'automne : sol collant, présence de nombreux cailloux, rangs de semoir bouchés, d'où une répartition irrégulière des graines sur le rang et une profondeur variable d'enterrement des graines.

L'hiver a été assez froid dès décembre, puis entre fin janvier et mi-mars, avec 16 j de températures inférieures à -5°C ¹⁸ sur les 79 j de gel de l'hiver (figure ci-dessous), mais il y a eu plusieurs jours de neige.

La faculté germinative déterminée était bonne, avec 98 % pour les 2 variétés.

La différence du taux de pertes théorique entre les 2 variétés pourrait être liée à une moins bonne énergie germinative du lot de semences reçu pour KARL, comme cela s'observe parfois pour les protéagineux.

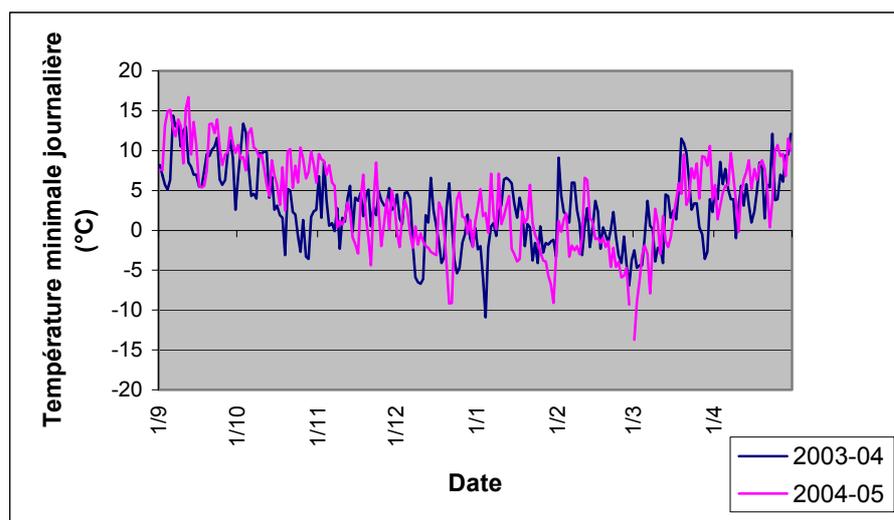


Fig. 25 : Températures minimales journalières à Sélestat pendant les hivers 2003-04 et 2004-05

La densité de semis ayant été augmentée en raison des mauvaises conditions de semis, la densité est correcte au printemps avec 30 pl./m² environ pour les 2 variétés d'hiver.

Développement et précocité

L'hiver ayant été froid en décembre 2004, la levée des féveroles d'hiver a été lente et tardive. A l'opposé, les conditions de semis des féveroles de printemps étaient très bonnes et la levée a été rapide (en 2 semaines).

Les féveroles d'hiver ont commencé à fleurir début mai, soit 3 semaines environ avant les féveroles de printemps, puis l'écart s'est beaucoup réduit, avec une date de maturité pres-

¹⁸ Seuil en dessous duquel il pourrait y avoir des dégâts de gel sur la partie aérienne des féveroles d'hiver KARL au stade jeune le plus sensible (entre la levée et le stade 2-3 feuilles).

que semblable entre les 2 types, comme en 2004 (tableau des dates de réalisation des stades en annexe).

Maladies et ravageurs

Contrairement à 2004, il y a eu beaucoup de coccinelles cette année et très peu de pucerons. Par contre, des dégâts de sitones (sous forme d'encoques sur les feuilles) ont été observés début avril et à nouveau en juillet en grand nombre sur les 2 types de féverole. En mai, les féveroles ont été touchées par l'antracnose, avec des différences notables entre variétés : la variété d'hiver DIVA et la variété de printemps DIVINE sont apparues être moins sensibles.

Des bruches ont été observées lors de la floraison et elles ont occasionnées des dégâts qui étaient déjà en partie visibles sur les grains à la récolte, à savoir :

- 10 % de grains touchés pour la féverole de printemps AURELIA,
- et 20 % environ pour les autres variétés d'hiver comme de printemps.

Compétitivité par rapport aux adventices

La levée des variétés d'hiver a été assez irrégulière. Certaines zones très caillouteuses étaient presque vides (peu de féveroles et aussi peu d'adventices).

A l'opposé, la levée des féveroles de printemps a été rapide et bonne. La faculté germinative des graines de la variété AURELIA étant faible (81 % seulement), sa densité de semis a été augmentée, mais le taux de pertes a atteint 40 %, d'où une densité plus faible en avril pour AURELIA (avec 40 pl./m²) que pour DIVINE (50 pl./m²).

Pendant l'hiver, l'adventice principale était la véronique à feuilles de lierre (*Veronica hederifolia*), dont le port reste rampant. Puis en avril, des mercuriales annuelles (*Mercurialis annua*) et des amarantes réfléchies (*Amaranthus retroflexus*), et un peu de gaillet gratteron (*Galium aparine*) se sont développés. Une partie a survécu aux étrillages (souvent suivis de pluie) et dépassait les féveroles à la récolte.

Au début floraison, la hauteur est significativement différente entre les variétés et les formes : les féveroles de printemps (en particulier la variété DIVINE) étaient plus hautes que celles d'hiver à leur date respective de début de la floraison ; mais à maturité, les différences étaient moindres. Seule la variété d'hiver DIVA est restée moins haute que les autres.

A la récolte, il semblait y avoir un plus d'adventices (telles des chénopodes) dans les féveroles de printemps.

Dégâts d'herbicide

Suite à la pulvérisation, par inadvertance, d'herbicide pour maïs¹⁹ par un agriculteur voisin, le 01/06/05, sur l'essai, les féveroles sont devenues jaunes pendant 2 semaines et le haut de certaines tiges s'est déformé, alors que les variétés de printemps venaient de commencer à fleurir et que celles d'hiver étaient encore en floraison. Tout l'essai en féverole d'hiver a été touché, de même qu'une grande partie des féveroles de printemps (pour lesquelles la limite de la zone touchée a été très irrégulière).

¹⁹ Les matières actives probables sont la mésotrione et la sulcotrione, agissant sur la plupart des dicotylédones et sur quelques graminées annuelles.

Un comptage du nombre de gousses sur 10 tiges a été réalisé fin juillet dans chaque zone (celle jaunie et celle indemne) pour les 2 variétés de printemps, pour évaluer l'incidence sur la fertilité des plantes. Il montre une diminution significative du nombre de gousses dans les zones touchées, de l'ordre de 20 % pour la variété AURELIA et de 35 % environ pour la variété DIVINE, un peu plus tardive à floraison et donc touchée peu de temps après son début floraison (cf. figure ci-dessous).

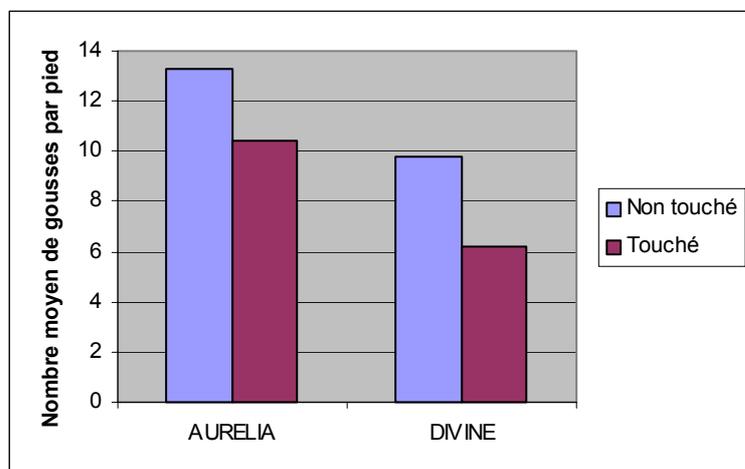


Fig.26 : Différence du nombre moyen de gousses par pied entre la zone touchée/non touchée par l'herbicide, pour les 2 variétés de féverole de printemps AURELIA et DIVINE, F-Elsenheim 2005

Récolte et rendements

Malgré les dégâts dus à l'herbicide, l'essai a été récolté. Mais en raison de la répartition irrégulière des dégâts et des différences de sensibilité variétale, il est impossible de faire une analyse statistique et de comparer, de façon fiable, le rendement des variétés testées.

Les rendements mesurés sous-estiment donc le potentiel réel des féveroles de cette année d'essai. Et étant donnée la délimitation irrégulière entre les zones touchées et indemnes, il est impossible d'estimer le potentiel de l'essai et de comparer les variétés entre elles.

Pour la variété d'hiver DIVA*, le rendement est sous-estimé pour une raison supplémentaire : le sol étant trop caillouteux, les premières gousses, situées trop près du sol, n'ont pas pu être récoltées, d'où une sous-estimation du nombre de grains produits par pied.

La récolte nous montre seulement que le potentiel des féveroles était important cette année car le rendement moyen récolté est de 40,6 q/ha, c'est-à-dire de 40 % plus important qu'en 2004 à Elsenheim (figure 27).

Le bon potentiel de la culture fait d'autant plus regretter la phytotoxicité accidentelle qui empêche de comparer les productivités des différentes variétés mises en place.

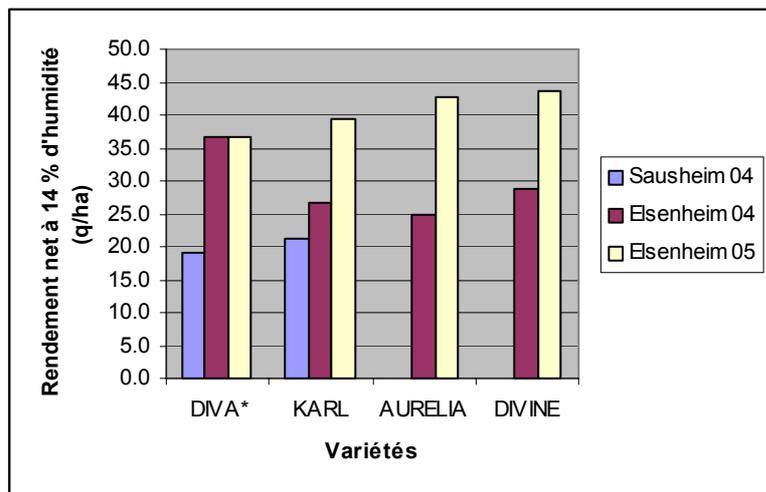


Fig. 27 : Comparaison du rendement net en grains entre variétés de féverole, sites et années d'essais en Alsace

Ce potentiel élevé est notamment lié à un PMG important, qui dépasse les références généralement données en France pour les variétés testées (figure 28).

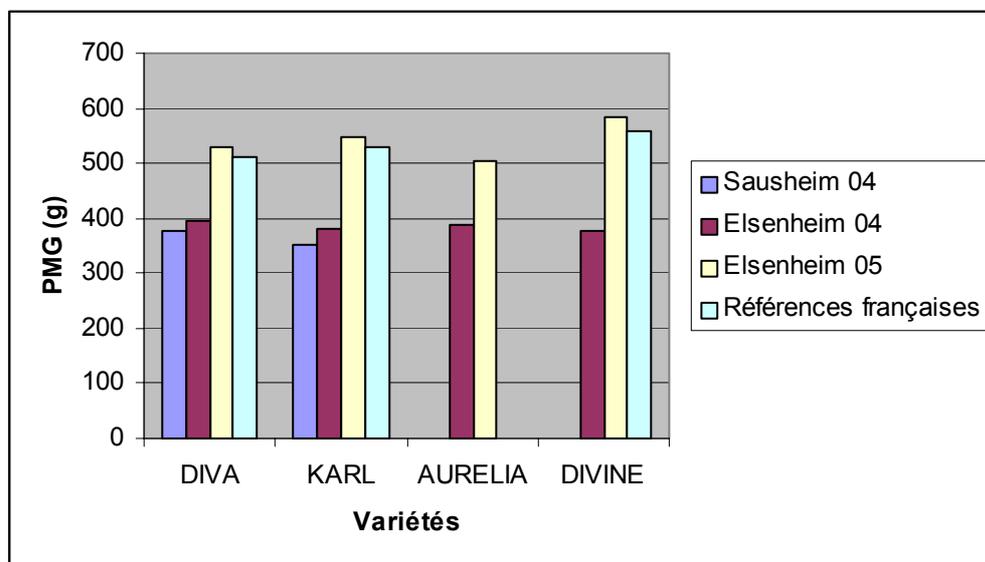


Fig. 28 : Comparaison du Poids de Mille Grains entre variétés, sites et années d'essais en Alsace

Ce fort PMG s'explique par une pluviométrie et surtout des irrigations plus importantes en juin qu'en 2004, avec un total de 342 mm de pluies et irrigations du 01/03 au 31/07 en 2005 contre 261 mm en 2004. Cela a permis une meilleure nutrition hydrique des féveroles pendant la phase de remplissage (figure 29).

Le fort impact de la nutrition hydrique de la féverole sur le rendement est aussi apparu nettement pour la variété de printemps DISCO mise en bordure dans une zone non irriguée : son rendement s'est avéré de 40 % plus faible que celui de la même variété en zone irriguée, en lien direct avec la diminution de 40 % du nombre de grains par pied. Cette féverole a souffert de stress hydrique dès la mise en place des graines.

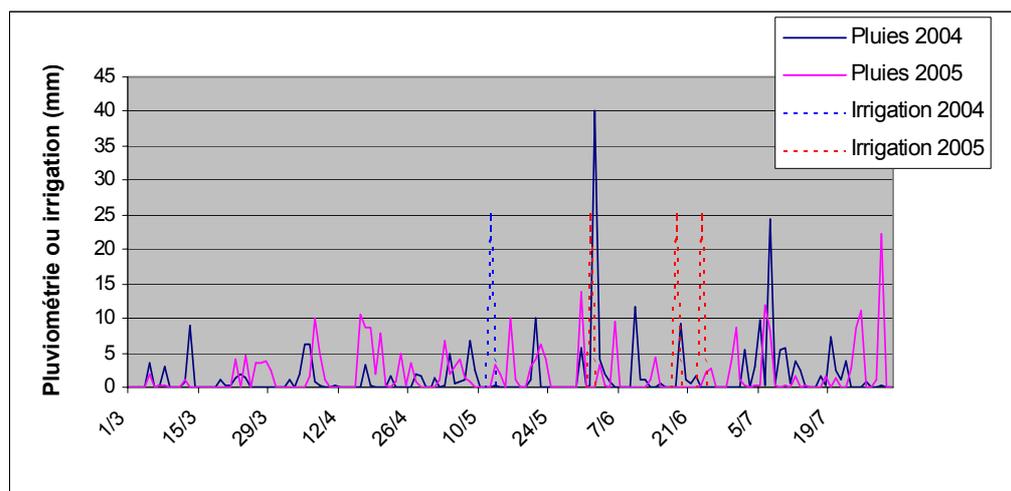


Fig.29 : Pluviométrie et irrigation reçues par les féveroles de printemps à Elsenheim du 01/03 au 31/07 en 2004 et 2005

Le taux de protéines est à peu près semblable entre les variétés d'hiver et de printemps et est proche de celui de 2004 à Elsenheim (qui atteignait 33 % en moyenne).

Tab.74 : Rendements en grain et en protéines suivant le type de féverole, F-Elsenheim 2005

Type de féverole	Variété	Rendement en grain (q/ha)	Taux de protéines (% MS)	Rendement en protéines (q/ha)
Hiver	DIVA	37	33.9	11
Printemps	DIVINE	44	33.3	13
	DISCO	43	30.4	11

Conclusion

La pulvérisation, par inadvertance, d'herbicide sur l'essai, par un agriculteur conventionnel, a fortement compromis la floraison des féveroles et la mise en place des gousses. La surface touchée étant de plus irrégulière et les sensibilités variétales différentes, toute comparaison fiable et statistique du rendement entre les variétés est rendu impossible. Ceci est très dommageable car le rendement est le critère le plus important de la comparaison variétale entre variétés. L'objectif de l'essai - identifier les variétés les plus adaptées à la région et les plus productives et tester si les variétés d'hiver ont plus d'intérêts - n'a pas été atteint.

L'essai nous montre seulement que le potentiel de rendement était important et supérieur à celui de 2004 réalisé dans la même commune, avec plus de 40 q/ha. Une bonne irrigation a permis un bon remplissage des grains, malgré le sol superficiel et caillouteux. Cet essai montre bien que le rendement des féveroles (et particulièrement celles de printemps) est très dépendant de la nutrition hydrique pendant la floraison et le remplissage des gousses.

Cette année a été plus défavorable à la féverole d'hiver, avec de mauvaises conditions de semis et un hiver froid. Mais l'essai a montré que les variétés d'hiver (et en particulier DIVA) présentaient une bonne résistance au froid. C'est la qualité du semis qui est très importante (plus précisément le bon enterrement des graines).

4.5.2 Pois d'hiver

4.5.2.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

Les valeurs moyennes des paramètres relevés sur les deux années d'essais sont rassemblés dans les tableaux 75 et 76 avec aperçu des résultats des tests statistiques. Les effets significatifs sont mis en évidence par un surlignage plus sombre (effets principaux tant qu'il n'existe pas d'interaction significative). Les seuils de signification (ou ppds) se rapportent aux effets principaux ou bien à l'interaction pour les comparaisons entre les variantes individuelles. En raison d'un nombre de variantes différent entre le semis d'automne et de printemps, ils sont différents. Pour les dates de développement, on a retenu des dates moyennes afin de mieux marquer l'effet variété ou date de semis.

En raison de développements atypiques en 2004 et de manques parcellaires >50% en 2005 (dépérissements des plantes), il n'a pu être tenu compte que de 2 répétitions en 2004 pour certaines données de rendement et en 2005 aucune analyse de variance n'a été réalisée.

Tab. 75 : résultats de l'essai pois d'hiver, D-Heitersheim 2004

Date de semis	Variétés	Date				Densité			Développement							Rendement et composantes									
		Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hiver	printemps ³	Vigueur au printemps ³	Hauteur 11.05.	Hauteur 07.06.	Couv. du sol. 11.05.	couv. du sol. 07.06.	Couv. adventices. I. 11.05.	Couv. adventices. II. 07.06.	verse 06.07. ³	rendement (H ₂ O=14%)	Gousses/pl.	Grains/gousse	PMG (H ₂ O=14%)	Teneur protéines. (MS)	Rendement protéines	Rendement paille. (MS)	N paille	
						%	%	pl./m ²	(1-9)	cm	cm	%	%	%	%	(1-9)	q/ha			g	%	q/ha	q/ha	kg/ha	
14.10.	Iceberg	12.11.	04.05.	01.06.	06.07.	79	28	64	4	42	46	75	72	12	10	3	27,1	6,8	5,7	125	21,2	4,9	28,2	29,8	
	Cheyenne		01.05.			91	18	84	1	40	47	83	82	6	9	5	30,8	5	5,2	151	21	5,7	33,1	43,2	
	Lucy		04.05.			74	14	72	3	36	45	87	78	8	10	4	35,1	6,7	4,6	133	20,2	5,9	27,9	23,3	
12.11.	Iceberg	09.12.	12.05.	07.06.		65	10	65	7	29	44	62	72	9	14	2	19,4	4,3	6	119	21	3,5	20,4	22,7	
	Cheyenne		10.05.			87	7	91	5	32	48	72	85	10	7	3	26,8	3,7	5,4	161	20	4,6	29,2	30,2	
	Lucy		15.05.			67	7	69	6	31	44	70	78	8	11	2	27,2	5,6	5,6	121	20,9	5,3	26,0	30,0	
04.03.	Hardy	26.03.	22.05.	15.06.			84		94			44		47		16	2								
01.04.	Hardy	18.04.	02.06.	18.06.			93		105			34		45		14	4								
F-Test date de semis x variété ¹						0,76	0,96	0,42	12,67**	2,6	0,29	0,36	0,06	1,16	1,22	4,33	0,51	0,24	1,93	2,86	0,51	0,4	1,11	6,22*	
Seuil de signification ²						13,7	12,7	17,1		5,9	7,3	9,5	16,5	7,3	5,2		7,8	3,6	0,7	15,4	2,6	1,5	7,5	10,4	
Moyennes	14.10.	12.11.	03.05.	01.06.	06.07.	82	20	74	3	39	46	82	77	8	10	4	31,0	6,2	5,2	136	20,8	5,5	29,7	32,1	
	12.11.	09.12.	12.05.	07.06.		73	8	75	6	31	46	68	78	9	10	2	24,5	4,5	5,7	134	20,6	4,5	25,2	27,6	
Date semis	04.03.	26.03.	22.05.	15.06.		84		94			44		47		16	2									
	01.04.	18.04.	02.06.	18.06.		93		105			34		45		14	4									
F-Test date semis ¹						3,95*	13,02**	0,95	13,24***	29,89***	4,32*	31,89***	0,05	0,09	0,42	2,67	13,94*	4,07	7,51*	0,49	0,05	10,53*	7,33*	3,69	
Seuil diff. Semis aut. ²						7,9	7,3	9,9		3,4	4,2	5,5	9,5	4,2	3		4,5	2,1	0,4	8,9	1,5	0,8	4,3	6	
Seuil diff. Semis print. ²						13,7		17,1			7,3		16,5		5,2										
moyennes variétés	Iceberg					72	19	65	6	36	45	68	72	10	12	3	23,3		5,5	122	21,1	4,2	24,3	26,2	
	Cheyenne					89	12	88	3	36	48	78	83	8	8	4	28,8		4,3	156	20,5	5,1	31,1	36,7	
	Lucy					71	10	71	5	34	45	78	78	8	11	3	31,2		6,1	127	20,6	5,6	26,9	26,7	
	Hardy					88		99			39		46		15	3									
F-Test variétés ¹						9,95***	2,47	15,69***	15,16***	0,87	4,51*	6,79*	18,71***	0,73	6,98**	3,16	7,24*	1,66	6,85*	28,65***	0,3	5,88*	5,63	8,5*	
Seuil de signification ²						9,7	9,0	12,1		4,2	5,2	6,7	11,7	5,2	3,7		5,5	2,6	0,5	10,9	1,8	1	5,3	7,4	

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=meilleur développement (16.04.) ou absence de verse⁴ sans répétitions 3 (égrenage)

Tab. 76 : résultats de l'essai pois d'hiver, D-Heitersheim 2005

Variantes		Date				Densité			Développement						Rendement et composantes									
date	variété	Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hiver	printemps ³	Dégâts de froid 08.02. (surf foliaire)	Vigueur de printemps 3	hauteur 11.05.	hauteur 15.06.	Couv. du sol. 07.06.	Couv. adventi- ces. 07.06.	verse 07.06. 3	rendement (H ₂ O=14%)	Gousses/pl.	Grains/gousse	PMG (H ₂ O =14%)	Teneur protéi- nes. (MS)	Rendement protéines	Rendement paille. (MS)	N paille	
						%	%	pl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	(1-9)	q/ha			g	%	q/ha	q/ha	kg/ha	
14.10.	Iceberg	29.10.	04.05.	01.06.	16.06.	93	13	73	2	3	34	51	63	9	4	34,7	6	5,4	115	22,3	6,7	20,9	24,9	
	Cheyenne					107	4	92	6	3	29	50	65	11	4	38,3	5,7	5,3	150	21,7	7,1	39,2	51,1	
	Lucy					107	11	85	4	3	30	54	75	8	3									
16.11.	Iceberg	01.02.	17.05.	07.06.	22.06.	63	3	56		8	32	45	65	15	2									
	Cheyenne					74	0	68		7	24	49	70	15	3	15,4	4,3	5,1	130	21,6	2,9	22,1	21,7	
	Lucy					84	1	74		7	27	49	75	9	2	21,7	6,3	4,6	120	20,6	3,9	20,9	18	
17.03.	Hardy	31.03.	26.05.	09.06.	29.06.	99		89			21	46	72	14	3	15,3	2,5	4,9	122	20,8	2,7	18	16,1	
04.04.	Hardy	22.04.	01.06.	16.06.	04.07.	110		99			13	39	57	7	3	7,8	2,1	4,1	117	24	1,6	18	18,2	
F-Test date semis x variété ¹						0,17	0,5	0,38	6,23	8,53	0,01	0,21	0,06	0,22	3,42									
Seuil de différence ²						27,7	10,1	23,3	3,2		13,4	11,9	21,8	11,7										
moyennes	14.10.	29.10.	04.05.	01.06.	16.06.	102	9	83		3	31	52	68	10	4									
	16.11.	01.02.	17.05.	07.06.	22.06.	73	1	66		7	28	47	70	13	2									
	17.03.	31.03.	26.05.	09.06.	29.06.	99		89			21	46	72	14	3									
	04.04.	22.04.	01.06.	16.06.	04.07.	110		99			13	39	57	7	3									
F-Test date semis ¹						7,96**	9,23*	4,25*		13,37***	0,92	1,75	1,16	1,47	4,23									
Seuil diff. Semis aut. ²						16	5,8	13,4			8,2	6,9	12,6	6,7										
Seuil diff. Semis print. ²						27,7		23,3			16,5	11,9	21,8	11,7										
moyennes variétés	Iceberg					78	8	65		6	33	48	64	12	3									
	Cheyenne					90	2	80		5	26	50	68	13	4									
	Lucy					95	6	80		5	28	51	75	9	2									
	Hardy					105		94			17	43	64	11	3									
F-Test variétés ¹						2,94	1,75	4,91*		2,45	2,66	1,83	1,01	0,5	2,21									
Seuil de signification ²						19,6	7,1	16,5			9,5	8,4	15,4	8,3										

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test ($\alpha=5\%$) ³ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=meilleur développement (22.04.) à pas de verse ⁴ pas d'analyse de variance (>50% Fehlparzellen)

Développement de la végétation

Mise en place

La levée des pois d'hiver est intervenue la première année après environ 4 semaines pour les deux dates de semis. En seconde année, le semis d'octobre a levé rapidement dès après deux semaines, le semis de novembre au contraire n'a levé qu'au mois de février pouvant ainsi échapper à une partie des froids. Lors des deux années, le taux de levée du semis de novembre (env. 73%) est resté significativement inférieur à celui d'octobre (102% à 82%). La variété de printemps Hardy a levé selon la date de semis, entre 84 et 110%. En première année, les levées de Cheyenne et Hardy ont été significativement plus élevées que celles de Iceberg et Lucy (effet qualité lots de semences ?).

Comportement hiver

Les semis d'octobre ont atteint en première année d'étude le stade 2-3 feuilles à la mi-décembre, et en seconde année le stade 3-4 feuilles, et à chaque fois développé deux ramifications basales. Les variétés ne sont guère distinguées. Les semis de novembre la première année étaient juste levés en décembre et n'ont pointé en seconde année qu'en février. Des dégâts de froid ont été observés sous la forme de nécroses sur les feuilles des semis d'octobre (seconde année d'essais). Ces dégâts concernaient au 08.02.2005 env. 2-6% de la surface foliaire sans différences conséquentes entre variétés et au 17.03.2005 (reprise de la croissance et début de l'allongement des tiges) env. 25%. Les semis de novembre ne montraient au 17.03.2005 (2-3 feuilles) aucun dégâts de froid.

Les pertes hivernales sont plus fortes pour le semis d'octobre que le semis de novembre lors des deux années, mais aucune différence n'a été observée entre variétés. Selon les observations faites, les dégâts occasionnés par les oiseaux ont interférés sur les estimations de taux de levées et des pertes hivernales, mais ils n'ont pas pu être quantifiés.

Une densité plus forte a été atteinte en comparaison à la sortie de l'hiver par Cheyenne en 2004 et en 2005 par le semis d'octobre, ce qui est à rapporter dans les deux cas à de meilleures levées.

Printemps et été

La date de semis a une influence nette sur la date de floraison, alors que les différences variétales sont minimales (2004). Les semis d'octobre ont fleuri lors des deux années environ du 04.05 au 01.06. En comparaison, les semis de novembre ont fleuri deux à une semaine plus tard, le semis de mars 3 semaines plus tard et le semis d'avril avec 4 semaines d'écart. De plus, les phases de floraison plus tardives ont également duré moins longtemps.

Au niveau du développement végétatif, les semis d'octobre ont eu tout d'abord une avance mais ils ont été rattrapés en juin par les dates de semis de novembre et en 2005 également par celle de mars. Les différences variétales ont été faibles, mais Iceberg a eu une végétation moins poussante que Cheyenne et Lucy. Les variétés hiver ont achevé fin avril et début mai la couverture du sol entre rangs, le semis de novembre de la seconde année restant en comparaison plus irrégulier avec des trous.

La variété de printemps Hardy a montré en 2004 une croissance faible, un peuplement irrégulier et une carence dans la formation de gousses. Elle n'a en conséquence pas été récol-

tée. En 2005, la végétation du semis d'avril est restée largement inférieure à celle du semis de mars et n'a jamais pu recouvrir totalement les interrangs.

La maturité de récolte a été atteinte en 2005 dès la seconde moitié de juin et en 2004 après de fortes précipitations seulement début juillet.

Salissement en mauvaises herbes, maladies, autres facteurs de dégâts

Le développement des mauvaises herbes ne s'est fait qu'après l'hiver. En 2004 les espèces dominantes étaient *Chenopodium album*, *Polygonum lapathifolium*, *P. convolvulus*, *Matricaria chamomilla* et *Papaver rhoeas*, en 2005 au contraire avant tout *Cirsium arvense*. La couverture en adventices est restée dans un ordre de grandeur voisin de 10-15% et plutôt par taches. Aucune différence entre traitements n'a été constaté (exception : salissement plus faible pour Cheyenne au 07.06.2004). tandis qu'en 2004 la lutte mécanique et une fermeture rapide des interrangs par la végétation du pois ont limité l'enherbement, il a été nécessaire en 2005 de désherber manuellement les répétitions 1 et 2, afin de réduire le fort peuplement de *C. arvense*.

En 2004 il y a eu des manques dans le bloc 3 et pour quelques parcelles le rendement potentiel a été fortement réduit, ces problèmes étant certainement occasionnés par des différences de sol (cailloux, infiltration de l'eau). Les rendements et les données calculées n'ont été exploités que sur deux répétitions.

En 2005 il a été observé une persistance de saturation en eau en particulier dans les blocs 1 et 2 (le bloc 3 a montré moins de problème d'asphyxie, moindre tassement, ce qui a été traduit par une moindre densité en adventices *C. arvense*) → cela a eu pour conséquence le développement de bactérioses *Pseudomonas pisi* à la mi-mai, surtout chez les pois d'hiver (Photo : 01.06.2005), les végétations ont tout d'abord semblé se relever, puis se sont affaissées totalement en raison des bases de tiges détruites vers la mi juin, la perte étant quasi totale en raison des gousses éclatant et de l'égrenage. Finalement 14 des 24 parcelles n'ont pas pu être récoltées, et c'est pourquoi il n'a été obtenu que des données incomplètes et qu'aucune analyse de la variance n'a été possible.



Photo 9 : dégâts occasionnés par une saturation en eau persistante

La verse a été notée en 2004 à la récolte et en 2005 déjà au 07.06. Il n'a pas été constaté de différences entre les variantes et pas de tendance à une sensibilité à la verse car l'affaissement de la végétation en 2005 n'est intervenu qu'après la notation.

Les ravageurs suivants ont été observés sur les pois en courant de végétation :

Les sitones (*Sitona lineata*) : chaque fois en avril, attaques moyennes

Pucerons verts du pois (*Acyrtosiphon pisum*) : chaque année à la fin mai

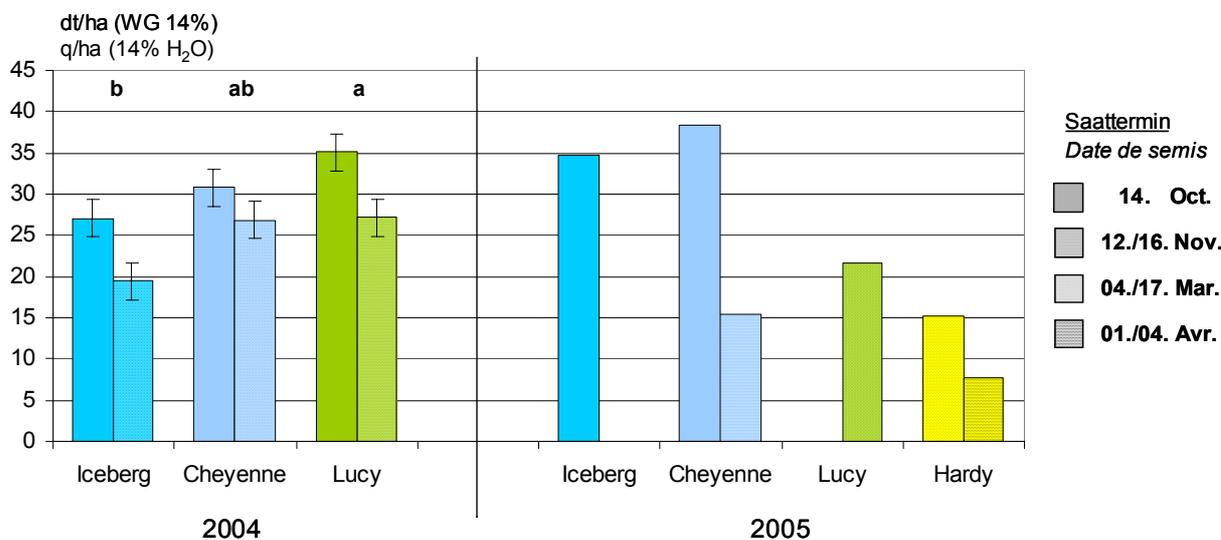
En 2004 attaque massive, qui a été stoppée le 10.06. avec une application de Pyrèthre, car la population de *Coccinelles* ne semblait pas progresser suffisamment

En 2005 plus faible pression, réduction des populations visible dès le 01.06. grâce à une population croissante de *Coccinelles* (adultes, larves et pontes), concentrations des pucerons sur les parcelles encore vertes (Hardy, en particulier le semis d'avril)

Tordeuse du pois (*Laspeyresia nigricana*) : la forte attaque sur la récolte 2005 a conduit à des baisses de qualité (grains dévorés)

Récolte et rendement

Les récoltes ont été faites (autant que possible) le 06.07.2004 le 29.06.2005. La figure 30 présente les rendements pour 2004, ainsi que les quelques données exploitées en 2005. Il est clair, que les semis d'octobre ont été plus productifs que ceux de novembre (significatif en 2004), et que le potentiel de rendement du pois d'hiver est nettement au delà des 30 q/ha. Lucy a été significativement plus productive en 2004 que la variété Iceberg.



résultats 2005 incomplets, d'où absence d'analyse de variance
 plage de variation ETR = seuil de différence entre moyennes de dates de semis (effet principal)
 variétés avec les mêmes lettres ne se distinguent pas

Fig. 30 : rendements des pois d'hiver et de printemps, D-Heitersheim 2004 et 2005

Composantes du rendement

Bien qu'en 2004 des différences existent dans le nombre de grains/gousse et le PMG entre variantes, aucun lien direct avec le rendement n'a pu être établi. Le rendement grain a été corrélé positivement avec le rendement MS plante entière ($r_{2004} = 0,74^{**}$). Les teneurs en protéines ne se distinguent pas significativement.

Comparaison variétale

La puissance des essais a été limitée par le faible nombre de données exploitables. Dans le cadre de ces essais, les variétés de type hiver ont semblé plus productives et plus vigoureuses que la variété de printemps Hardy. Iceberg a semblé un cran inférieure au niveau du rendement que Lucy et Cheyenne, globalement équivalentes.

4.5.2.2 Choix variétal (F-Sausheim et F-Elsenheim, 2004/05)

Essais de Sausheim et d'Elsenheim - 2004

Tolérance au froid des variétés d'hiver

L'hiver ayant été assez doux, il n'a pas été observé de pertes par gel entre la levée et la fin de l'hiver, quels que soient la variété et le site : le taux de pertes est de 7 % au maximum entre janvier et mars.

Les pertes sont les plus importantes entre le semis et la date du premier comptage (fin janvier). Elles le sont particulièrement sur le site de Sausheim, où, au total, les pertes entre le semis et la fin de l'hiver sont ainsi de 30 à 47 % suivant la variété (graphique ci-dessous). Elles pourraient être dues pour partie à des ravageurs comme les oiseaux.

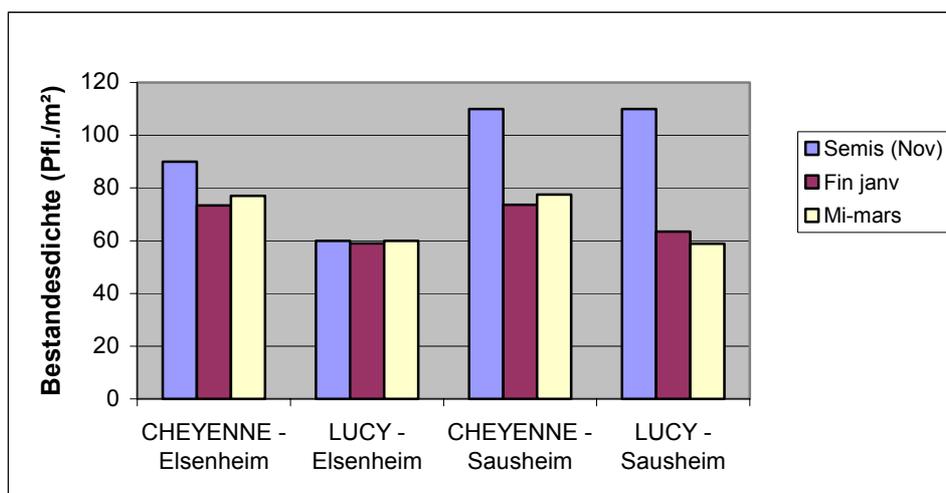


Fig. 31: Evolution des densités de pois d'hiver suivant la variété et le site, Elsenheim et Sausheim 2004

Mais en raison de différences de sol, du type de travail du sol et de la pression d'adventices, la densité de semis avait été surélevée à Sausheim, si bien qu'à la sortie de l'hiver, pour une même variété, la densité est similaire entre les 2 sites.

En outre, sur les 2 sites, la densité de la variété CHEYENNE est significativement supérieure (à 5 % de risque d'erreur) à celle de LUCY, en raison :

- à Elsenheim, d'une densité de semis –involontairement- plus faible pour LUCY,
- à Sausheim, d'un taux de pertes plus important pour LUCY.

Développement et précocité

Pour un même type, il est apparu des différences de précocité entre les 2 variétés évaluées :

- la variété d'hiver CHEYENNE est plus précoce à floraison que la variété LUCY,
- la variété de printemps HARDY est plus précoce à floraison que la variété NITOUCHE.

En outre, en considérant les 2 variétés les plus précoces de chaque type, la floraison a débuté début mai pour le pois d'hiver (CHEYENNE), soit 3 semaines avant celle du pois de printemps (HARDY).

L'écart à fin floraison et à maturité entre les variétés d'hiver et de printemps est ensuite variable suivant le site, en raison de l'attaque des pucerons et des précipitations de l'été (dates en annexe).

Maladies et ravageurs

A Elsenheim, en mars, la tige principale de la majorité des pois d'hiver ont été coupés par des lièvres, mais d'autres tiges se sont développées ensuite.

Par contre, cette année 2004, suite à la combinaison d'un hiver doux et d'un printemps sec, la pression des **pucerons verts** du pois a été très importante sur les 2 sites d'essais.

Mais, sur les 2 sites, le nombre de pucerons par plante a été plus faible sur les pois d'hiver. Leur impact a aussi été plus réduit sur les pois d'hiver, malgré une dose de traitement avec de la roténone plus importante sur les pois de printemps. En effet, les premiers pucerons ont été observés autour du 20-25 mai, soit 2 semaines après le début floraison des pois d'hiver, mais seulement quelques jours avant celui des pois de printemps.

A Elsenheim, l'essai a été irrigué fin mai, puis de la roténone a été pulvérisée les 5-6 juin sur tout l'essai, mais à une dose double sur les pois de printemps par rapport à ceux d'hiver.

A Sausheim, parcelle non irrigable, de la roténone a été pulvérisée le 8 juin et seulement sur les pois de printemps, mais le nombre de pucerons était très important (tableau ci-dessous) et les dégâts étaient alors déjà visibles, si bien que l'impact des pucerons s'avère au final beaucoup plus important à Sausheim qu'à Elsenheim.

Tab. 77: nombre approximatif de pucerons verts par pied suivant le type de pois

	Elsenheim		Sausheim	
	Le 04/06 (avant le traitement)	Le 09/06 (après le traitement)	Le 02/06 (avant le traitement)	Le 10/06 (après le traitement)
Pois de printemps	75-160	20-80	100-350	30-85
Pois d'hiver		6-60		7-18

Rem. : le seuil à partir duquel il est généralement conseillé d'intervenir est de 20 pucerons verts/pied pour le pois.

En outre, ce sont ajoutés ensuite les conditions humides de l'été, qui ont entraîné le développement d'oïdium sur la variété de printemps NITOU-CHE, pour laquelle des gousses sont ainsi toujours restées vertes.

Compétitivité par rapport aux adventices

A Elsenheim, pour les variétés de printemps, le taux de pertes entre la densité au semis et celle à la levée est proche de celui de la variété d'hiver CHEYENNE, avec 16 % de pertes au total. Ainsi, comme les doses de semis des variétés d'hiver et de printemps sont proches, les densités au printemps sont semblables pour les variétés de printemps HARDY et NITOU-CHE et la variété d'hiver CHEYENNE, et elles sont supérieures à celle de la variété d'hiver LUCY .

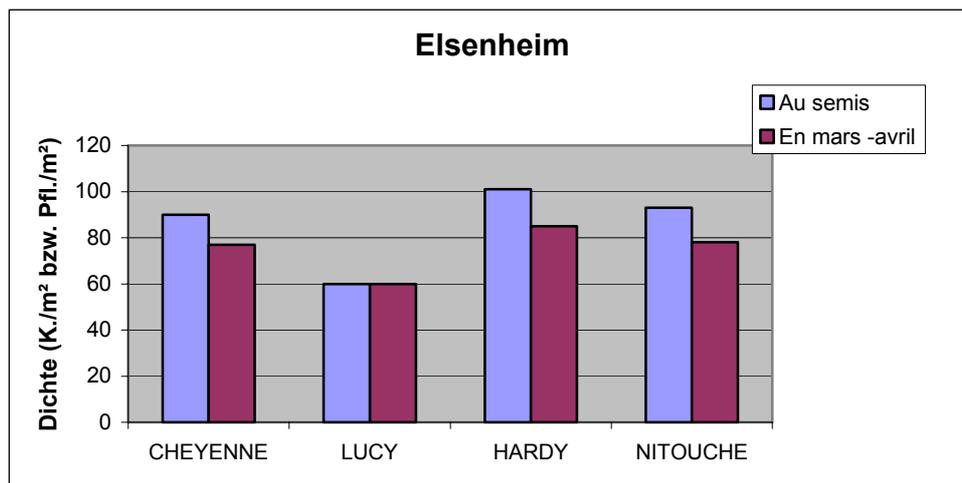


Fig. 32 : comparaison des densités des pois d'hiver et de printemps à Elsenheim 2004

Cependant cette dernière a un port plus couché que CHEYENNE, si bien qu'il n'y a pas de différence significative de couverture du sol ou de salissement entre ces 2 variétés d'hiver. Par contre, le salissement à début floraison et à la récolte a tendance à être moins important pour ces 2 variétés d'hiver que pour celles de printemps.

A Sausheim, le taux de pertes entre la densité au semis et celle à la levée pour la variété NITOUCHE est supérieur à celui de l'autre variété de printemps HARDY. Ainsi au printemps, les variétés CHEYENNE (hiver) et HARDY (printemps) ont une densité supérieure aux variétés LUCY (hiver) et NITOUCHE (printemps), et elles ont légèrement tendance à avoir un plus faible salissement.

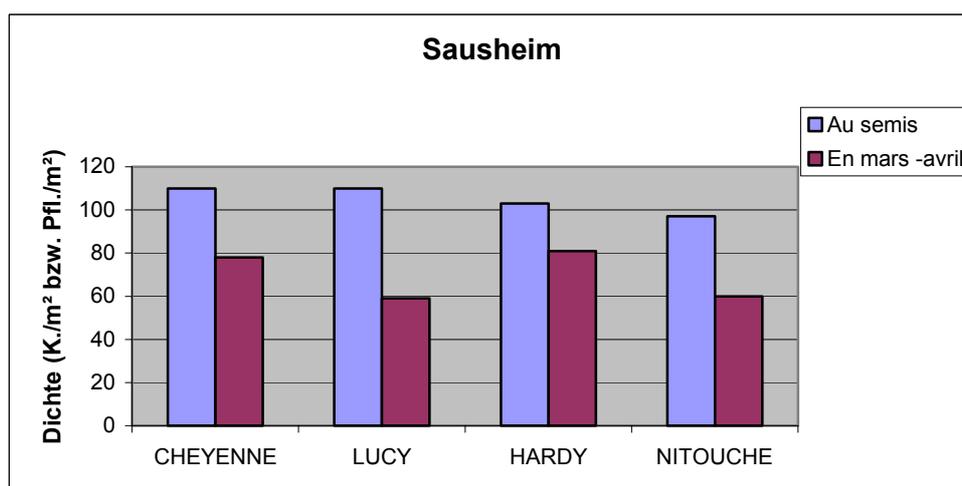


Fig. 33 : comparaison des densités des pois d'hiver et de printemps à Sausheim 2004

A noter qu'au printemps, la densité de la variété de printemps HARDY est semblable sur les 2 sites.

En terme de **hauteur**, les pois de printemps sont plus hauts que ceux d'hiver à leur début respectif de floraison, mais les différences disparaissent ensuite.

A Sausheim, suite à la pression importante des pucerons, la croissance des pois de printemps s'est presque arrêtée, si bien qu'à fin floraison et à la récolte, les pois d'hiver sont plus hauts.

A Elsenheim, il n'y a pas de différences nettes à fin floraison et à la récolte entre les pois d'hiver et de printemps, mais les pois d'hiver se sont avérés beaucoup moins sensibles à la verse.

Autre observation en cours de culture

A Elsenheim, les pois d'hiver ont viré au jaune début avril et les nodosités étaient rares. Puis les pieds, et surtout les jeunes feuilles, ont reverdi. Il pourrait s'agir de symptômes de **chlorose ferrique**, car le pH de cette parcelle est élevé (pH=8) et il s'y produit une effervescence au sol au contact de l'acide.

Production

Les rendements des pois d'hiver s'élèvent à 31-33 q/ha (à 14 % d'humidité) sur les 2 sites.

A Sausheim, ils sont nettement plus importants que ceux des pois de printemps, ces derniers ayant été fortement pénalisés par l'attaque de pucerons. Le rendement est le plus faible pour la variété NITOUCHE, qui était la plus tardive à floraison.

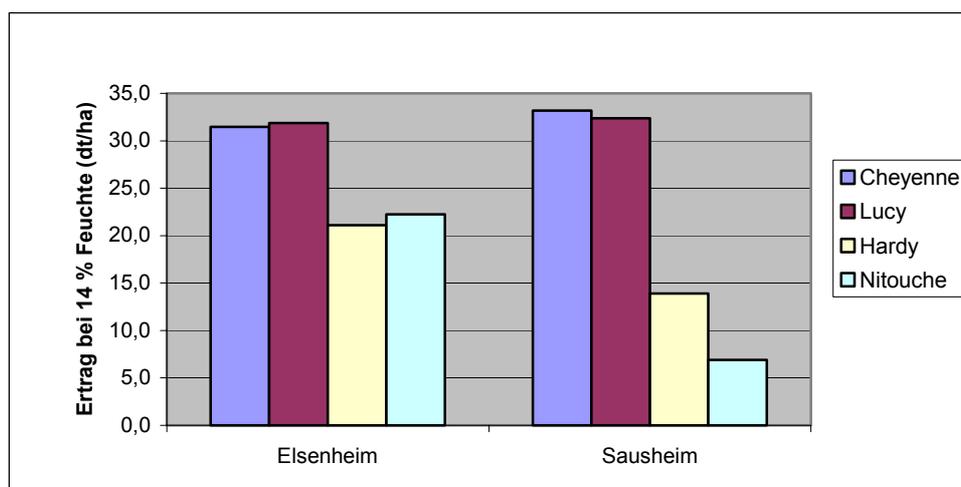


Fig.34 : comparaison des rendements en grains des pois d'hiver et de printemps suivant la variété et le site, Elsenheim et Sausheim en 2004

A Elsenheim, il n'y a pas de différences nettes de rendement entre les types hiver et printemps. Mais sur ce site, les pois d'hiver n'ont pu être récoltés que fin juillet, en même temps que les pois de printemps, en raison des nombreuses averses début juillet et des contraintes de sol pour la récolte (sol humide trop collant). Certaines gousses commençaient ainsi à s'ouvrir. La production récoltée est donc probablement inférieure au potentiel des pois d'hiver.

A noter que les pois d'hiver ont tendance à avoir un plus grand nombre de gousses par tige fructifère que les pois de printemps. Mais ceci est contre-balançé par le PMG plus important des pois de printemps :

Tab. 78 : Comparaison des PMG des pois protéagineux suivant la variété et le site d'essai (en g à 14 % d'humidité)

Variété	Type	Elsenheim	Sausheim
CHEYENNE	H	187	186
LUCY	H	157	156
HARDY	P	238	241
NITOUCHE	P	250	245

Néanmoins, il y a aussi des différences entre variétés d'un même type :

- pour les variétés d'hiver, le PMG est plus important pour la variété CHEYENNE que LUCY,
- pour les variétés de printemps, il a tendance à être plus important pour la variété NITOU-CHE.

Ainsi, la variété d'hiver LUCY a le plus faible PMG et la plus faible densité sur les 2 essais. Mais elle a tendance à avoir plus de tiges fructifères par pied, d'où un plus grand nombre de gousses par pied, si bien qu'elle n'a pas un rendement plus faible à la récolte que la variété CHEYENNE.

Le taux de protéines est à peu près semblable entre les variétés d'hiver et de printemps, voire légèrement supérieur pour celles de printemps (particulièrement NITOU-CHE). Mais les rendements en grains des variétés d'hiver étant supérieurs (en particulier à Sausheim), les rendements en protéines sont, eux aussi, supérieurs pour les variétés d'hiver.

Tab. : 79 : Rendements grains et protéines des pois hiver et printemps à Elsenheim et Sausheim

Site	Type de pois	Rendement en grain (q/ha)	Taux de protéines (% MS)	Rendement en protéines (q/ha)
Elsenheim	Hiver	31,7	22,8	6,2
	Printemps	21,7	24,8	4,6
Sausheim	Hiver	32,8	26,0	7,3
	Printemps	10,4	27,9	2,5

Essai F-Elsenheim 2005

Tolérance au froid des variétés d'hiver

L'hiver a été assez froid (cf. première figure du paragraphe 4.5.1.2), mais il y a eu plusieurs jours de neige et seulement 4 jours, dispersés entre janvier et mars, de températures inférieures à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (seuil en dessous duquel il pourrait y avoir dégâts de gel sur le pois d'hiver CHEYENNE). D'ailleurs aucune destruction de pieds par le gel n'a été observée.

Toutefois la levée des variétés d'hiver a été très lente de décembre à mars et assez irrégulière, avec un taux de pertes important de 45 % environ entre le nombre de graines semées et le nombre de plantes levées en mars. Ces pertes sont dues en grande partie aux très mauvaises conditions de semis à l'automne (sol gelé, mais encore un peu collant, présence

de nombreux cailloux, rangs de semoir bouchés et profondeur variable d'enterrement des graines).

Mais la densité de semis avait été augmentée en raison de ces mauvaises conditions, d'où une densité des pois d'hiver au printemps de 70 pl./m² au minimum (et assez proche de la moyenne de 2004). La petite différence entre les 2 variétés est liée à une différence – non volontaire- au semis.

Développement et précocité

L'hiver ayant été froid, la levée des pois d'hiver a été lente et tardive. A l'opposé, les conditions de semis des pois de printemps étaient très bonnes et la levée a été rapide (en 2 semaines).

Comme en 2004, les pois d'hiver sont arrivés à floraison le 10/05 approximativement, soit 17-20 jours avant les pois de printemps, et ensuite l'écart s'est réduit à fin floraison et à maturité entre les 2 types hiver et printemps (tableau des dates de réalisation des stades en annexe). Les durées de floraison et de mise en place des gousses sont ainsi plus longues pour les pois d'hiver.

Il y a aussi des différences variétales : la variété d'hiver CHEYENNE est plus précoce à floraison et à maturité que LUCY, et de même pour la variété de printemps HARDY, par rapport à l'autre variété, NITOUCHE.

Maladies et ravageurs

Contrairement à 2004, les pucerons ont été très peu nombreux cette année sur les pois de printemps et presque absents des pois d'hiver. Les coccinelles étaient, de plus, présentes en grand nombre et bien avant que les pucerons ne soient visibles.

Il n'a pas été observé de dégâts de bruches ou de tordeuses sur les grains.

Aucune maladie n'a été présente dans l'essai, en pois d'hiver comme en pois de printemps.

Compétitivité par rapport aux adventices

La levée des variétés d'hiver étant assez irrégulière, il y a eu, par endroit, des zones presque vides, mais très caillouteuses et sans qu'il y ait, pour autant, au printemps, plus d'adventices dans celles-ci.

La levée des pois de printemps a été rapide et bonne, particulièrement pour la variété HARDY. Pour la variété NITOUCHE, elle a été un peu plus lente et irrégulière, avec un taux de pertes plus important comme en 2004 à Sausheim. Peut-être est-ce en lien avec la taille plus grosse de sa graine, plus lente à se réhydrater et donc à germer ?

Ainsi au printemps, la densité est la plus élevée pour la variété de printemps HARDY et la plus faible pour la variété d'hiver CHEYENNE (figure ci-dessous).

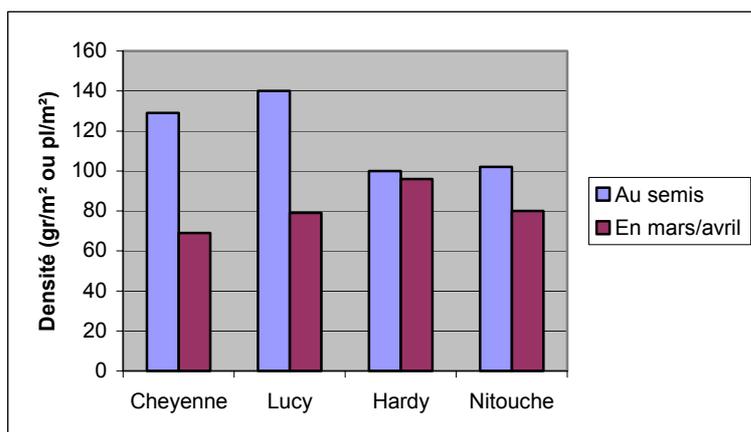


Fig. 35 : densité au semis et au printemps des pois d'hiver et de printemps, F-Elsenheim 2005

Pendant l'hiver, l'adventice principale était la véronique à feuilles de lierre (*Veronica hederifolia*), dont la végétation reste sur le sol. Mais progressivement du gaillet gratteron (*Galium aparine*) s'est développé, en passant au dessus des pois, de façon un peu plus importante pour les pois de printemps (et en particulier pour NITOUCHE), malgré la bonne couverture du sol. Il y a ainsi, à la récolte, de 5 à 7 % d'impuretés environ (essentiellement de graines de gaillet)²⁰.

Comme en 2004, la végétation du pois d'hiver est plus courte à début floraison que celle du pois de printemps quand il atteint ce stade, mais à fin floraison, il n'y a plus de différence significative entre les 2 formes hiver et printemps.

Comportement des nouvelles variétés APACHE ET CHEROKEE

Leurs hauteurs sont très proches de celles des variétés testées CHEYENNE et CHEROKEE. Leur tenue de tige est meilleure que celle de la variété DOVE. Elles arrivent tôt à floraison et maturité comme CHEYENNE. Il n'a pas été observé de pieds gelés comme pour les autres variétés.

Récolte et rendements

Les rendements s'élèvent cette année de 41 à 53 q/ha. La variété de printemps HARDY a un rendement plus important que les 3 autres variétés d'hiver et de printemps (Fig. 36), en partie en raison de sa densité au printemps plus importante que les autres.

Pour les 3 autres variétés, le rendement est similaire : les pois d'hiver ont un PMG plus faible que ceux de printemps, mais il est compensé par un nombre de grains par pied (c'est-à-dire un nombre de gousses par pied) plus important.

²⁰ Estimation moyenne à partir des échantillons de récolte.

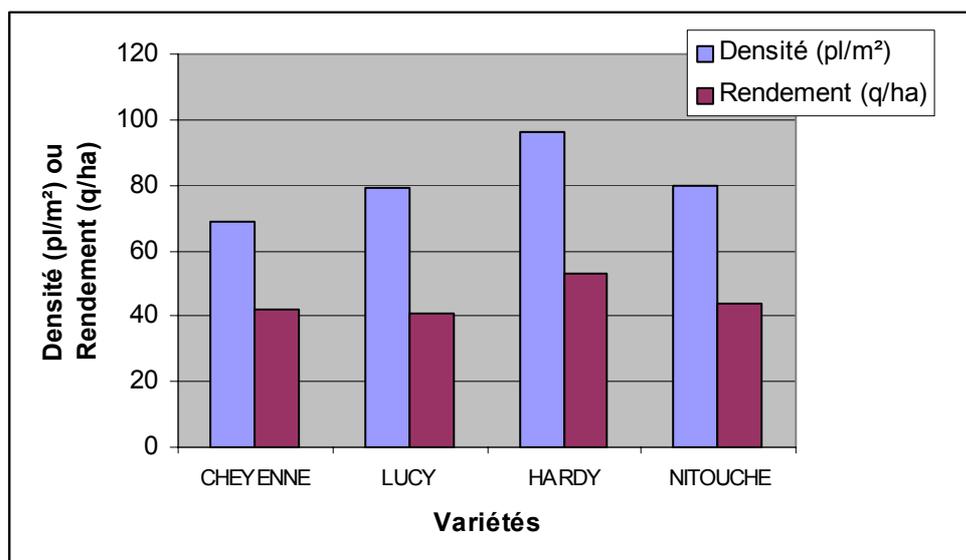


Fig. 36 : Comparaison de la densité et du rendement grains entre variétés de pois, F-Elsenheim 2005

A noter, par contre, que les **pois d'hiver ont été récoltés trop tardivement**, début juillet. Etant alors à sur-maturité, elles s'affaissaient et étaient en partie versées. Ceci a engendré des pertes de grains à la récolte, en particulier pour la variété LUCY, dont le nombre de grains par pied est certainement sous-estimé. A l'opposé, les pois de printemps ont pu être récoltés au bon moment : NITOUCHE venait d'atteindre le stade optimum de maturité et HARDY commençait à verser et seulement quelques rares gousses commençaient à s'ouvrir.

Toutefois **la tenue de tige** des pois d'hiver CHEYENNE et LUCY a été bonne jusqu'à maturité, contrairement à la variété DOVE, à côté de l'essai, qui a produit beaucoup de biomasse, et qui a commencé à s'affaïsser plus tôt et était presque plaquée au sol à la récolte.

Les **rendements** en grain de cette année sont **supérieurs à ceux de 2004** (Fig. 37), particulièrement pour le pois de printemps (avec 20 à 30 q/ha de plus pour ce pois, contre 10 q/ha supplémentaires pour le pois d'hiver).

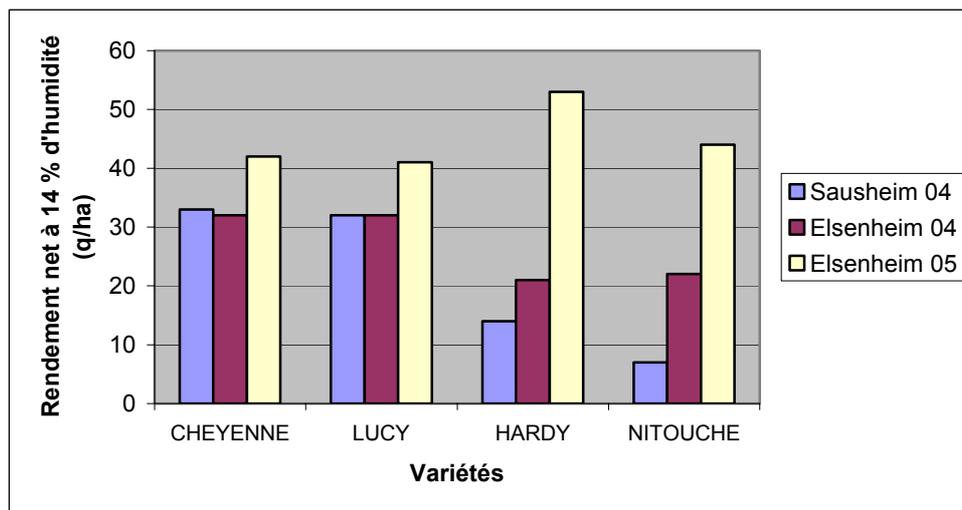


Fig. 37: Comparaison du rendement net en grains entre variétés de pois, sites et années d'essais en Alsace

Pour le pois de printemps, la différence s'explique en grande partie par un **nombre de grains par pieds plus important en 2005 qu'en 2004** sur les 2 sites d'essais (figure ci-dessous).

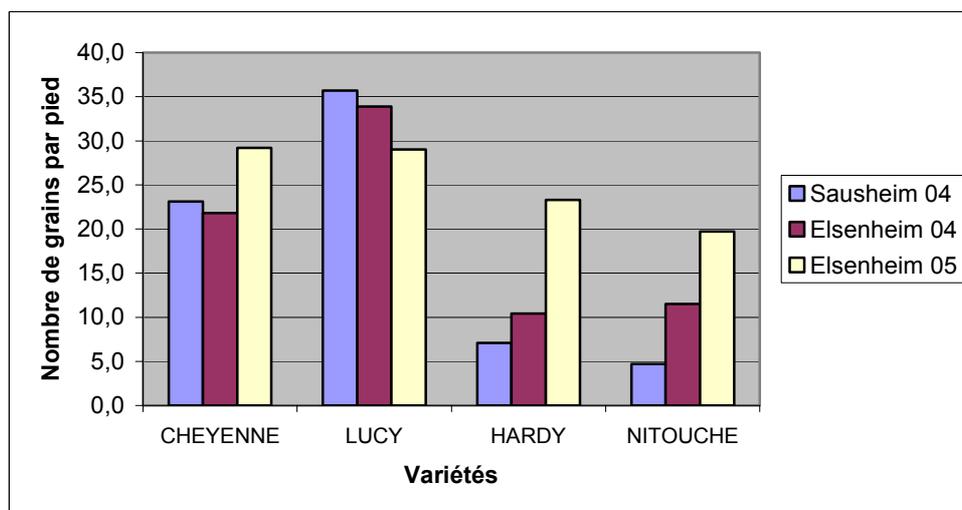


Fig. 38 : Comparaison du nombre de grains par pied de pois entre variété, site d'essai et année

Ce nombre de grains plus important est dû à l'absence de pucerons en 2005 alors qu'en 2004, ils avaient été très nombreux et les dégâts importants pendant la floraison, particulièrement à Sausheim, où l'application de roténone avait été trop tardive.

Le PMG influe aussi un peu, puisqu'il est plus important en 2005 qu'en 2004 pour la majorité des variétés. Il atteint de plus, cette année, les valeurs généralement référencées en France par Arvalis - Institut du Végétal (figure ci-dessous).

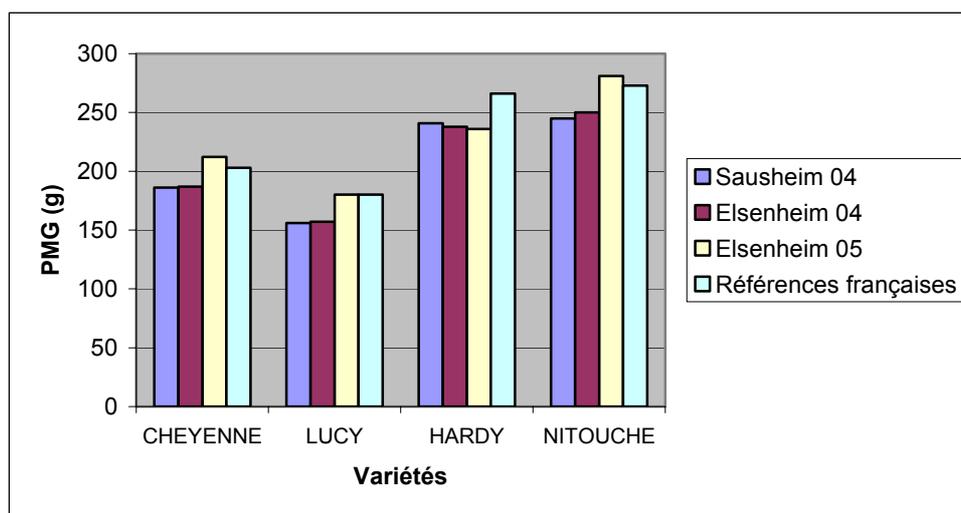


Fig. 39 : Comparaison du Poids de Mille Grains (en g.) des pois entre variété, site et année en Alsace

L'alimentation en eau a donc été correcte, notamment grâce à l'irrigation. Seule la variété HARDY a un PMG semblable à 2004, mais elle a eu une densité et un rendement plus importants qu'en 2004 et plus élevés que les autres variétés en 2005.

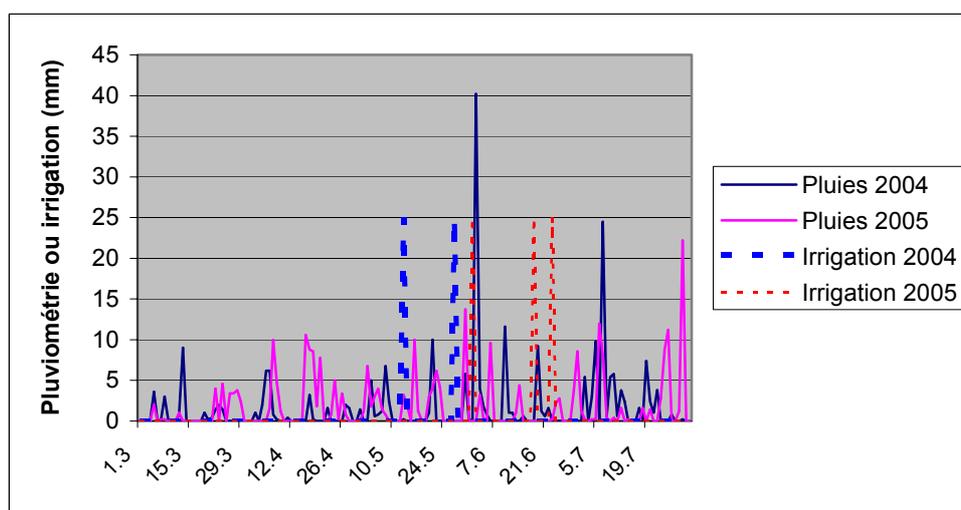


Fig. 40 : Pluviométrie et irrigation reçues par les pois de printemps à Elsenheim du 01/03 au 31/07 en 2004 et 2005

Le taux de protéines est légèrement supérieur pour la variété d'hiver LUCY que pour la variété de printemps HARDY. Mais cette dernière ayant un rendement en grain plus important, son rendement en protéines est aussi plus élevé que celui de LUCY (tableau ci-dessous).

Tab. 80 : Rendements en grain et en protéines suivant la variété de pois, F-Elsenheim 2005

Type de pois	Rendement en grain (q/ha)	Taux de protéines (% MS)	Rendement en protéines (q/ha)
Hiver (Lucy)	41	21.0	7.4
Printemps (Hardy)	53	19.8	9.0

En 2004, les grains de ces 2 variétés contenaient plus de protéines (23 %), mais les rendements en grains étaient plus faibles, surtout pour la variété de printemps HARDY.

Conclusion

Cet essai pois réalisé en 2004-05 montre que les variétés de printemps comme HARDY (et dans une moindre mesure, NITOUCHE) peuvent avoir de bons rendements en cas d'année favorable : bonnes conditions de semis et de levée, absence de pucerons, alimentation en eau suffisante.

Cette année a été plus défavorable au pois d'hiver, avec de mauvaises conditions de semis (d'où une densité un peu trop faible et des hétérogénéité de peuplement) et une récolte intervenue trop tardivement (avec quelques pertes de grains au champ).

Ainsi le meilleur rendement a été obtenu cette année par une variété de printemps (HARDY). Mais la récolte à sur-maturité des variétés d'hiver a certainement handicapé le rendement mesuré, en particulier pour la variété LUCY, qui devait avoir, au champ, le nombre le plus important de grains par pied.

4.5.3 Lupin d'hiver

4.5.3.1 Essai comportement (CH-Möhlin, 2003)

Début novembre, les lupins se trouvaient au stade 2 feuilles. Les comptages ont montré que tous les lupins étaient levés. Quelques plantes ont montré des dégâts de morsure occasionnés par des lièvres ou des chevreuils. D'autres plantes étaient déjà dépéries – vraisemblablement pour des dégâts sur racines.

En janvier, les plantes avaient environ atteint le stade 6 feuilles. Les plantes de la variété Lugain étaient nettement plus développées et plus vertes que celles de la variété Luxe. Celles-ci étaient brunes et peu vigoureuses. Les comptages ont montré que pour la variété Luxe seulement 50 % des plantes avaient survécu alors que pour la variété Lugain il restait environ 80 % des plantes.

L'hiver 2002/2003 a été particulièrement froid avec une température moyenne de 0.2 °C en février (Annexe 7.1.2). C'est pourquoi peu de plantes ont survécu jusqu'en mars. Une autre cause de la mortalité a été aussi l'alternance de gel et dégel du sol et le déchaussement des plantes qui ont alors gelé. Les pertes hivernales ont été si élevées qu'il a été renoncé à réaliser de nouveaux comptages. L'essai a été abandonné au printemps.

L'essai a toutefois montré que la variété Lugain était plus résistante au froid que la variété Luxe et qu'elle s'avérait plus pertinente sous les conditions suisses.

4.5.3.2 Choix variétal, densité et profondeur de semis (CH-Reckenholz, 2004)

L'énumération suivante donne un aperçu chronologique du calendrier de développement des lupins :

26. Septembre 03	Semis dans de bonnes conditions
25. Octobre 03	la plupart des lupins au stade 2-feuilles
25. Novembre 03	tous les lupins au stade 2-feuilles
20. Février 04	environ stade 4-feuilles
28. Mars 04	env. Stade 6-feuilles
15. Avril 04	env. Stade 10-feuilles
10. Mai 04	début floraison CH1811
18. Mai 04	début floraison Lugain et Luxe
25. Mai 04	premières fleurs des tiges secondaires CH1811
04. Juin 04	floraison des tiges secondaires Luxe et CH1811
07. Juillet 04	fin floraison CH 1811 et Lugain, floraison 4 ^{ème} étage chez Luxe (Photos 3-5)
25. Août 04	CH1811 et Lugain brun, Luxe seulement chute des premières feuilles
02. Septembre	récolte Lugain et CH1811
22. Septembre	récolte Luxe



Photo 10 : lupin d'hiver - variété Lugain déb Juillet



Photo 11 : lupin d'hiver - variété CH1811 déb Juillet



Photo 12 : lupin d'hiver - variété Luxe déb Juillet

La variété Lugain est une variété non ramifiée (Photo 10). Cependant jusqu'à un tiers des plantes ont formé des tiges secondaires dans nos essais, si bien que la végétation était relativement hétérogène à maturité.

La variété CH1811 est une variété déterminée, seuls 2 étages fructifères porteurs de gousses ont été formés (Photo 11).

La variété Luxe est indéterminée et ramifiée, ce qui dans les conditions de l'année a conduit à la formation de plusieurs étages de gousses et ainsi à une floraison plus longue et une maturité décalée plus tardive (Photo 12).

Maladies

Pour environ 10% des pieds de lupin, des dégâts ont été relevés en décembre au niveau des racines. Les analyses des agents pathogènes responsables a montré qu'il s'agissait vraisemblablement principalement de *Fusarium*. Pour quelques pieds, le collet racinaire était nécrosé et brun, et le responsable semble être *Fusarium avenaceum*. Chez d'autres lupins, la racine a pourri plus en dessous, ce qui semble être le fait d'une infection par d'autres espèces de *Fusarium*.

De manière sporadique *Phoma herbarum*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* et *Epicoccum* ont aussi été retrouvés. Shield *et al.* (2000) mentionne *Fusarium spp.* et *Botrytis cinerea* comme les principales maladies cryptogamiques des lupins d'hiver relevées en fin d'automne.

En été, on a constaté que dans quelques gousses il ne se formait que peu de grains qui plus est petits. Les plantes correspondantes donnaient en plus l'impression d'un dessèchement. Il est possible que ces symptômes soient le fait d'une infection de *Botrytis cinerea*, les tiges malades n'ont toutefois pas fait l'objet d'analyses.

Pertes de plantes et comportement hivernal

La densité de peuplement contrôlée par des comptages de la plupart des variantes n'était déjà plus suffisante en décembre, ce qui est sans doute le fait de maladies.. La densité en plantes a continué à diminuer pendant l'hiver jusqu'au printemps. Globalement, l'effet négatif des maladies sur la densité semble avoir été plus important que celui des dégâts du froid. Cela reste difficile à quantifier. Les densités de peuplement estimées à l'aide des comptages sont présentées dans le Tab. 1 par traitement.

La comparaison en décembre du nombre de plantes et du nombre de graines semées indique qu'environ 1/3 des plantes sont déjà disparues. La variété Luxe a semblé un peu plus

sensible aux pertes que la variété en cours d'inscription CH1811, la variété Lugain pour sa part ne montrant une perte que d'un seul 1/3 des plantes en moyenne. Aucune différence n'a été perçue entre les variantes avec différentes profondeurs de semis. En février, plus de 40 % des plantes des peuplements déjà éclaircis de décembre avait encore disparu. Les températures froides de janvier ont peut être provoqué la destruction de plantes déjà affaiblis par les maladies, d'autres plantes n'étaient peut être pas suffisamment résistantes au froid. Durant la période février-mars, un tiers supplémentaire des plantes encore survivantes ont encore disparu. En mars, la densité était donc comprise entre 2 et 13 plantes par m². ce qui était décevant par rapport au nombre de graines semées de 25 à 35 gr/m².

Tab. 81: densités en plantes issues de comptages des différentes variantes à différentes dates : Moyennes de 4 répétitions et écart-type (italique)

Densité de plantes		03.12.2003		20.02.2004		26.03.2004		perte Semis-Déc.	perte Déc.-Fév.	perte Fév.-Mars
Nr.	Variante (g=graine)	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET			
1	Luxe 25 g/m ² 4cm	17.2	<i>9.3</i>	8.5	<i>4.2</i>	5.5	<i>3.9</i>	31%	51%	36%
2	Luxe 30 g/m ² 4cm	15.3	<i>4.3</i>	7.6	<i>5.1</i>	4.9	<i>3.1</i>	49%	51%	35%
3	Luxe 35 g/m ² 4cm	19.9	<i>6.7</i>	11.4	<i>8.0</i>	7.8	<i>7.8</i>	43%	43%	32%
4	Luxe 25 g/m ² 6cm	14.6	<i>5.7</i>	3.8	<i>2.6</i>	2.5	<i>1.7</i>	42%	74%	35%
5	Luxe 30 g/m ² 6cm	22.2	<i>3.8</i>	10.0	<i>6.2</i>	5.1	<i>4.1</i>	26%	55%	49%
6	Luxe 35 g/m ² 6cm	23.1	<i>7.8</i>	12.3	<i>9.4</i>	8.3	<i>7.1</i>	34%	47%	32%
7	Lugain 25 g/m ² 4cm	20.1	<i>3.5</i>	15.5	<i>4.5</i>	11.7	<i>6.7</i>	20%	23%	24%
8	Lugain 30 g/m ² 4cm	23.3	<i>6.1</i>	15.7	<i>9.1</i>	11.4	<i>9.8</i>	22%	33%	28%
9	Lugain 35 g/m ² 4cm	24.2	<i>5.2</i>	18.2	<i>4.5</i>	12.1	<i>4.8</i>	31%	25%	33%
10	Lugain 25 g/m ² 6cm	18.4	<i>3.5</i>	10.8	<i>3.2</i>	8.0	<i>4.7</i>	27%	41%	26%
11	Lugain 30 g/m ² 6cm	22.7	<i>6.4</i>	11.9	<i>7.8</i>	6.1	<i>1.2</i>	24%	48%	49%
12	Lugain 35 g/m ² 6cm	24.8	<i>2.0</i>	14.8	<i>3.2</i>	10.4	<i>3.1</i>	29%	40%	29%
13	CH 1811 25 g/m ² 4cm	18.6	<i>3.4</i>	13.4	<i>2.9</i>	9.5	<i>2.4</i>	26%	28%	30%
14	CH 1811 30 g/m ² 4cm	21.6	<i>4.6</i>	14.6	<i>7.4</i>	10.0	<i>7.1</i>	28%	32%	31%
15	CH 1811 35 g/m ² 4cm	22.7	<i>4.5</i>	17.2	<i>6.3</i>	12.9	<i>7.1</i>	35%	24%	25%
16	CH 1811 25 g/m ² 6cm	16.7	<i>3.2</i>	6.6	<i>2.3</i>	3.8	<i>1.1</i>	33%	60%	43%
17	CH 1811 30 g/m ² 6cm	22.7	<i>3.1</i>	10.4	<i>5.0</i>	7.4	<i>5.2</i>	24%	54%	29%
18	CH 1811 35 g/m ² 6cm	23.9	<i>6.3</i>	12.7	<i>6.6</i>	9.7	<i>5.9</i>	32%	47%	24%
	Moyenne	20.7		12.0		8.2		31%	43%	33%

Les résultats sont résumés comme suit :

Pour les variantes avec une profondeur de semis de 6 cm, seulement 23% des plantes en moyenne ont survécu, et 32 % pour les variantes avec 4 cm de profondeur.

Seulement 19 % des plantes de la variété Luxe ont survécu en moyenne, 30% pour la variété CH1811 et 33% pour Lugain.

Pour les variantes avec différentes densités de semis, environ 30% des plantes ont survécu sans distinction.

En raison des densités insuffisantes, seule la 3ème répétition des variantes semées à 4 cm de profondeur a été maintenue pour la poursuite de l'expérimentation. Un nouveau comptage en mai a montré que en moyenne pour cette répétition, 40% des plantes avaient survécu.

Les plantes de la variété Luxe atteignaient en juillet environ 80cm de haut. Avec environ 60 cm, la variété Lugain était plus courte (seule les plantes sans ramifications secondaires ont été prises en compte). La variété CH1811 appartient au type „nain“ avec une hauteur d'environ 40 cm.

Rendements

Les rendements ont varié selon les parcelles – et selon les traitements, entre 7 et 50 q/ha (cf. Tab. 82). Les rendements ne sont pas exploitables étant donné l'absence de répétitions. Le niveau de rendement surprend et il est assez élevé en comparaison du lupin de printemps et étant donné les faibles densités en plantes. Pour la variété Luxe, deux parcelles ont atteint de 30 à 50 q/ha. La variété CH1811 a atteint des rendements entre 9 et 21 q/ha. Lugain avec environ 10 q/ha n'a donné qu'un faible rendement, bien que les comptages aient montré que le peuplement en plantes n'était pas plus faible que pour la variété Luxe. Les teneurs en protéines des MS ont été avec 43% très haute chez Lugain. Luxe atteignait une teneur en protéines de 39%, CH1811 seulement 36%.

Tab. 82: densité de plantes en mai, rendement grains, poids de 1000 grains et teneur en protéines des différentes variétés de l'essai lupin d'hiver à Reckenholz 2003/2004

	plantes /m ² en mai	Hauteur des plantes début Juillet [cm]	rendement q/ha (14% H ₂ O)	PMG (éch. moy)	PMG grai- nes se- mées	Teneur pro- téines % MS (éch. Moy.)
Luxe 25 pl. 4cm	10	80	33.8			
Luxe 30 pl. 4cm	2	70	8.5	272	253	39%
Luxe 35pfl 4cm	14	90	56.4			
Lugain 25 pl 4cm	20	60	11.3			
Lugain 30 pl 4cm	11	60	9.7	244	325	43%
Lugain 35 pl 4cm	12	50	11.1			
CH 1811 25 pl 4cm	7	40	9.9			
CH 1811 30 pl 4cm	14	40	12.7	247	322	36%
CH 1811 35 pl. 4cm	16	50	23.7			

4.5.3.3 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)

Les Tab. 83 et Tab. 84 présentent les valeurs moyennes des paramètres relevés lors des deux années avec un aperçu des résultats des tests statistiques de signification.

Les effets significatifs sont mis en évidence par un surlignage en sombre (effets principaux tant qu'il n'existe pas d'interaction significative). Les seuils de signification (ppds) se rapportent aux effets principaux ou bien à l'interaction pour les comparaisons entre les variantes individuelles. Ils sont différents en raison d'un nombre de variantes qui diverge entre le semis d'automne et de printemps,. Pour les dates de développement, on a retenu des « dates moyennes » afin de mieux marquer l'effet variété ou date de semis.

Tab. 83: Résultats de l'essai lupin d'hiver, D-Heitersheim 2004

Variantes		Date			Densité			Développement				Rendement et composantes								
Date de semis	variété	Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hiver	printemps ³	Vigueur de printemps ⁴	hauteur 07.06.	Hauteur. M.h. 14.07.	Couv. 07.06.	rendement (H ₂ O=14%)	Gousses/pl.	Grains/gousse	PMG (H ₂ O = 14%)	Teneur protéines. (MS)	Rendement protéines	Rendement paille. (MS)	N paille
						%	%	pl./m ²	(1-9)	cm	cm	%	q/ha			g	%	q/ha	q/ha	kg/ha
18.09.	Lumen	10.10.	27.04.	19.06.	23.07.	61	50	11	4	30	28	23	5,2	11,5	4	353	35,6	1,6	20,1	15,3
	Lugain		04.05.	28.06.	05.08.	55	53	10	5	37	47	35	3,3	5,4	3,6	294	45,1	1,3	10,2	13
	Luxe		01.05.	24.06.	17.08.	70	52	14	3	38	49	18	19,7	12,6	4,6	344	39,7	6,6	42,3	50,1
14.10.	Lumen	19.11.	27.04.	19.06.	23.07.	57	74	5	9	21	23	37	3,2	11	3,1	279	34,7	0,9	8,9	10
	Lugain	16.11.	07.05.	28.06.	12.08.	71	58	10	7	42	52	27	9	12,4	3,4	305	41,4	4,5	21,5	22,5
	Luxe	14.11.	01.05.	24.06.	17.08.	70	47	13	6	35	48	21	15,8	15	4,5	326	39,5	5,4	38,6	48,5
04.03.	Amiga	30.03.	18.05.	24.06.	02.08.	48		34		35	37	15	7,2	3,8	4,5	336	37,8	2,4	12,7	15,1
01.04.	Amiga	19.04.	30.05.	06.07.	17.08.	85		59		28	43	8	8,3	2,7	2,9	379	40,7	2,9	13,2	22,6
F-Test date semis x variété						0,89	0,72	0,44	8,13	1,48	0,21	7,31**	1,27	1,96	0,26	2,43	4,56*	1,91	4,83*	0,93
Seuil de différence ²						24,2	38,6	10,6		12,3	15,1	8,9	8,6	4,5	1,2	51,2	1,6	2,8	8,5	11,9
moyennes	18.09.	10.10.				62	52	11	4	35	41	25	8,1	9,5	4	329	40,2	2,7	21,9	23,1
	14.10.	16.11.				66	60	9	7	33	43	28	10,3	12,8	3,7	303	38,6	4,1	23	27
	04.03.	30.03.				48		34		35	37	15	7,2	3,8	4,5	336	37,8	2,4	12,7	15,1
	01.04.	19.04.				85		59		28	43	8	8,3	2,7	2,9	379	40,7	2,9	13,2	22,6
F-Test date de semis ¹						5,49*	0,6	13,63***	11,35***	1,04	0,36	2,11	0,22	2,44	5,41*	3,44	13,71**	0,45	0,11	1
Seuil diff. Semis aut. ²						14	22,3	6,1		7,1	9	5,1	5,7	3	0,8	33,8	1,1	2	5,6	7,9
Seuil diff. Semis printemps ²						24,2		10,6		12,3	15,1	8,9	8,6	4,5	1,2	51,2	1,6	2,8	8,5	11,9
moyennes	Lumen		27.04.	19.06.	23.07.	59	62	8	6	26	26	30	4,7	11,3	3,6	323	35,3	1,4	15,6	13,1
	Lugain		06.05.	28.06.	09.08.	63	56	10	6	39	50	31	6,2	8,2	3,5	299	43,6	2,6	14,7	16,8
	Luxe		01.05.	24.06.	17.08.	70	50	14	5	36	49	20	17,7	13,8	4,6	335	39,6	6	40,4	49,3
	Amiga		24.05.	30.06.	09.08.	66		47		32	40	12	7,8	3,3	3,7	357	39,2	2,6	12,9	18,8
F-Test variétés ¹						0,63	0,51		3,59	4,11*	7,78**	19,47***	4,32*	15,51***	1,52	4,25*	74,77***	4,69*	25,65***	21,44***
Seuil de différence ²						17,1	27,3			8,7	10,7	6,3	6,1	3,3	0,9	37,9	1,2	2,1	6,3	8,8

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test (α=5%) ³ densité indépendante de la variété ⁴ Test H (Rangvarianzanalyse), 1=meilleur développement (16.04.)

Tab. 84: Résultats de l'essai lupin d'hiver, D-Heitersheim 2005

Variantes		Date			Densité			Développement							Rendement et composantes								
Date de semis	variété	Levée	Début floraison	Fin floraison	Maturité récolte	levée	Pertes hiver	printemps ³	Dégâts froid. 17.03. (surface foliaire)	Vigueur au printemps ⁴	hauteur 11.05.	hauteur 15.06.	Couv. sol. 07.06.	Couv. sol. 07.06.	Couv. M.h. 29.06.	rendement (H ₂ O=14%)	Gousses/pl.	Grains/gousse	PMG (H ₂ O=14%)	Teneur protéines. (MS)	Rendement protéines	Rendement paille. (MS)	N paille
						%	%	pl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	%	q/ha			g	%	q/ha	q/ha	kg/ha
02.09.	Lumen	20.09.	28.04.	07.06.	18.07.	72	12	81	12	2	39	46	97	8	11	28,1	4,4	3,3	342	37	8,9	25,6	20,8
	Lugain			07.06.	20.07.	80	5	60	7	4	44	39	58	18	23	21,4	3,9	3,7	317	39,5	7,3	12,5	11
	Luxe			16.06.	07.08.	76	14	33	11	6	26	51	97	11	20	22,3	6,5	3,9	345	37,2	8,4	22,1	18,6
14.10.	Lumen	02.11.	28.04.	09.06.	18.07.	94	30	86	0	5	31	39	92	6	15	22,4	2,9	3,7	313	36,4	7	23,4	18,8
	Lugain			18.06.	25.07.	106	26	61	0	7	24	43	60	13	29	15,6	4,5	4,2	314	41,2	5,5	23,8	23,9
	Luxe			20.06.	10.08.	46	70	7	0	9	14	32	33	33	75	6,5	6,3	3,3	331	41,9	2,3	1,6	1,4
17.03.	Amiga	28.03.	26.05.	20.06.	07.08.	102		77			14	50	63	16	17	16,1	1,8	4	289	40,2	5,6	14,9	12,8
04.04.	Amiga	25.04.	30.05.	22.06.	07.08.	86		66			10	44	50	8	17	10,7	1,7	4,2	312	40,5	3,7	11,3	9,5
F-Test date semis variété																							
Seuil de différence ²						21,6***	9,67**		0,85	0,50	1,66	7,37**	22,03***	9,91**	7,07**	2,56	1,17	1,12	0,18	3,46	4,77*	6,44*	9,74**
						14,5	15		6,4		10	9,5	16,3	10	23,1	7,8	2,2	1,1	65,3	3,1	2,3	12,1	9,3
Valeur moy.	02.09.	20.09.				76	11	58	10	4	36	45	84	12	18	23,9	4,7	3,6	334	38	8,2	19,8	16,6
	14.10.	02.11.				82	42	51	0	7	23	38	62	18	40	14,8	4,6	3,7	319	39,8	5	16,3	14,7
	17.03.	28.03.				102		77			14	50	63	16	17	16,1	1,8	4	289	40,2	5,6	14,9	12,8
	04.04.	25.04.				86		66			10	44	50	8	17	10,7	1,7	4,2	312	40,5	3,7	11,3	9,5
F-Test date semis ¹																							
Seuil diff. Semis aut. ²						3,83*	64,7***	2,88	34***	13,03***	11,99***	4,8*	14,3***	3,26	6,18*	10,44**	0,14	0,26	0,78	2,26	13,13***	0,39	0,32
Seuil diff. Semis print. ²						8,4	8,7	8,5	3,7		5,8	5,5	9,4	5,8	13,4	4,5	1,3	0,6	38,8	1,8	1,4	7,2	5,5
						14,5		14,7			10	9,5	16,3	10	23,1	7,8	2,2	1,1	65,3	3,1	2,3	12,1	9,3
Valeur moy. variétés	Lumen		28.04.	08.06.	18.07.	83	21	84	6	4	35	42	94	7	13	25,2	3,7	3,5	328	36,7	8	24,5	19,8
	Lugain			13.06.	23.07.	93	16	61	3	5	34	41	59	16	26	18,5	4,2	3,9	315	40,3	6,4	18,2	17,5
	Luxe			18.06.	09.08.	61	42	20	5	8	20	42	65	22	48	14,4	6,4	3,6	336	40	4,8	9,8	8,3
	Amiga		28.05.	21.06.	07.08.	94		71			12	47	57	12	17	13,4	1,8	4,1	301	40,4	4,6	13,1	11,2
F-Test variétés ¹																							
Seuil diff. ²						20,23***	16,82***		0,85	13,99***	23,09***	1,34	20,63***	7,72**	8,13**	8,68**	12,45***	1,16	1,07	6,15**	8,64**	5,23*	6,28**
						10,3	10,6		4,5		7,1	6,7	11,6	7,1	16,4	5,5	1,5	0,8	46,2	2,2	1,6	8,6	6,6

¹ niveau de signification: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ densité indépendante de la variété⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=meilleur développement (22.04.)

Développement de la culture

Mise en place

Les variétés d'hiver ont levé de manière très irrégulière lors des deux années d'essais (à l'exception du semis d'octobre en 2004). La levée la première année a été en moyenne proche de 64%. En seconde année, elle a été pour le semis de septembre de 76%, et pour celui d'octobre pour Lumen et Lugain d'environ 100%, mais pour Luxe de seulement 46%. Les données de la seconde année se rapportent à des densités de semis absolue car seule en première année les capacités germinatives de semences ont pu être prises en compte.

La variété de printemps Amiga pour un semis d'avril a levé lors des deux années à environ 85% et pour le semis de mars à seulement 48% en première année, et en seconde année à environ 100%.

Différents facteurs peuvent avoir influé négativement sur la mise en place des cultures :

Conditions de semis difficiles (lit de semences encore très sec et très motteux en septembre, et en octobre plutôt trop humide suite à une période pluvieuse)

Dégâts provoqués par les lièvres et les oiseaux immédiatement après la levée (réduits en seconde année grâce à une clôture et à des dispositifs répulsifs)

Développement des plantes de lupin d'hiver très lent

Comportement hivernal

En première année d'étude, les semis de septembre avaient atteint au début décembre le stade 2 paires de feuilles. En seconde année (semis plus précoce, automne plus doux) les lupins étaient sensiblement plus développés et se trouvaient au stade rosette avec 6-9 paires de feuilles (tendance Lumen>Lugain>Luxe). Les semis d'octobre lors des deux années n'avaient atteint que le stade 1 paire de feuilles jusqu'à décembre.

Des dégâts de froid ont été observés la seconde année sous la forme de nécroses du feuillage pour le semis de septembre (photo : 08.02.2005). Une notation au 17.03.2005 n'a pas permis de montrer de différences entre variétés. Cependant, chaque année, il a été constaté des pertes considérables de densité



Photo 13 : dégâts de froid sur lupin d'hiver

entre la levée et le printemps (mars/avril).

Celles-ci ont été de plus de 50% en première année et ont du être occasionnées par des dégâts de froid mais aussi en grande partie par les dégâts de la faune sauvage.

En seconde année, avec la barrière anti-lièvres et la couverture de neige épisodique, les dégâts sont restés plus faibles, proches de 11% pour le semis de septembre et de 28% pour

le semis d'octobre (Lumen, Lugain) à 70% (Luxe). Les dégâts occasionnés par les oiseaux peuvent aussi avoir contribué aux pertes de plantes, en particulier pour le semis d'octobre car les dispositifs pour les effrayer n'ont pas toujours fonctionné.

Les densités de peuplement à la sortie de l'hiver étaient réduites pour toutes les variantes en première année et en seconde année surtout pour le semis d'octobre et la variété Luxe.

Printemps et été

Différences entre les années d'essais

- En raison des peuplements extrêmement réduits en 2004, la couverture du sol par la végétation n'a pas été atteinte cette année là.
- Les densités ont été égales en 2005 à plusieurs fois celles de 2004 en raison de densité de semis renforcées et de moins de pertes (excepté pour le semis d'octobre de Luxe). De plus, l'écartement entre rangs chez les variétés d'hiver avait été réduit et la croissance des plantes plus vigoureuse si bien que les végétations étaient régulières et se présentaient bien mieux qu'en 2004.
- La végétation de Lumen en 2004 est restée extrêmement rachitique et seules les tiges principales ont porté des gousses. En 2005, la variété s'est développée bien plus puissamment et a porté des gousses sur les tiges principales et secondaires de premier ordre. Le renforcement de la densité de semis en seconde année était d'ailleurs quelque peu trop important.
- La variété de printemps Amiga a développé en 2005 des plantes plus vigoureuses qu'en 2004, mais elle est restée lors des deux années en dessous de son potentiel renommé établi dans d'autres essais.
- Lugain a montré en 2004 plusieurs niveaux de tiges secondaires, une tendance à la formation tardive de ramifications responsable d'une maturité tardive et hétérogène. En 2005 la localisation des gousses a été fortement concentrée sur la tige principale, et la maturité s'est faite plus tôt et bien plus régulièrement.
- Luxe s'est développée de manière assez proche lors des deux années, mais la date de semis d'octobre ne s'est pas bien comportée la seconde année.

Différences variétales

- Lors du développement de la végétation en 2005, il a été observé une tendance bien établie Lumen > Lugain > Luxe, qui avait déjà été constatée avant l'hiver. Luxe s'est développée particulièrement lentement.
- Tandis que Lumen présente une croissance déterminée avec un arrêt bien marqué, Luxe a fabriqué plusieurs niveaux d'ordres de gousses, a eu une croissance permanente et a développé en partie de très grosses plantes individuelles ce qui a obligé à récolter avec de la matière verte. Lugain occupe une place intermédiaire, a eu tendance à être de croissance plutôt déterminée.
- Lumen a atteint la maturité en premier lors des deux années.
- Le semis tardif a provoqué de manière nette chez Lugain un retard de la floraison et de la maturité, ce qui n'a pas été le cas pour Lumen et Luxe.

- Lumen a couvert le sol en 2005 à 94%, tandis que Lugain en raison de son type de croissance et une moindre masse végétative n'atteignait que 59%. Luxe recouvrait en fonction de la densité de plantes 97% pour le semis de septembre et seulement 33% du sol pour le semis d'octobre.

Effets de la date de semis et autres observations

- Les lupins d'hiver sont restés très longtemps au stade rosette et n'ont commencé à vraiment se développer qu'avec le début floraison (fin avril)
- Le développement végétatif des semis de septembre a été plus important que celui des semis d'octobre.
- La floraison des variétés d'hiver a débuté d'une manière assez homogène vers la fin avril / début mai, même chez les variantes très retardées. La longueur de la floraison a varié selon la variété, mais guère selon la date de semis (avec exception de Lugain). En revanche, le début floraison de la variété de printemps s'est faite avec un décalage de 3-4 semaines en fonction de la date de semis.
- Aucune verse n'a été observée en 2004. En 2005, quelques plantes de Lumen se sont inclinées sous le poids des gousses, mais elles se sont toutefois redressées avec l'avancement vers la maturité.
- Le développement des nodosités sur les racines a été satisfaisant lors des deux années.

Salissement, maladies et autres facteurs sources de dégâts

Le salissement en 2004 a été très important suite aux trous dans la végétation, l'enherbement ne pouvait être maîtrisé durablement par les interventions mécaniques et un arrachage manuel (surtout *Stellaria media*, *Galium aparine*, *Papaver rhoeas*, *Matricaria chamomilla*). Une autre notation après celle du 07.06. n'était plus réalisable.

En 2005, après le semis de septembre, une levée massive de *Cirsium arvense* a été observée, qui a été maîtrisée manuellement. Les parcelles semées en octobre sont en revanche restées presque sans mauvaises herbes jusqu'au printemps grâce à la préparation renouvelée du lit de semences. Lors du développement ultérieur, le salissement en mauvaises herbes a été corrélé négativement avec la couverture du sol par la culture (07.06.: $r = -0,68^{***}$), ce qui signifiait pour en particulier pour Lumen et le semis de septembre de Luxe un faible salissement. Après la chute des feuilles, le salissement en mauvaises herbes s'est accru mais il est resté cependant limité. Amiga a longtemps permis des passages de bineuse et est restée en conséquence relativement propre.

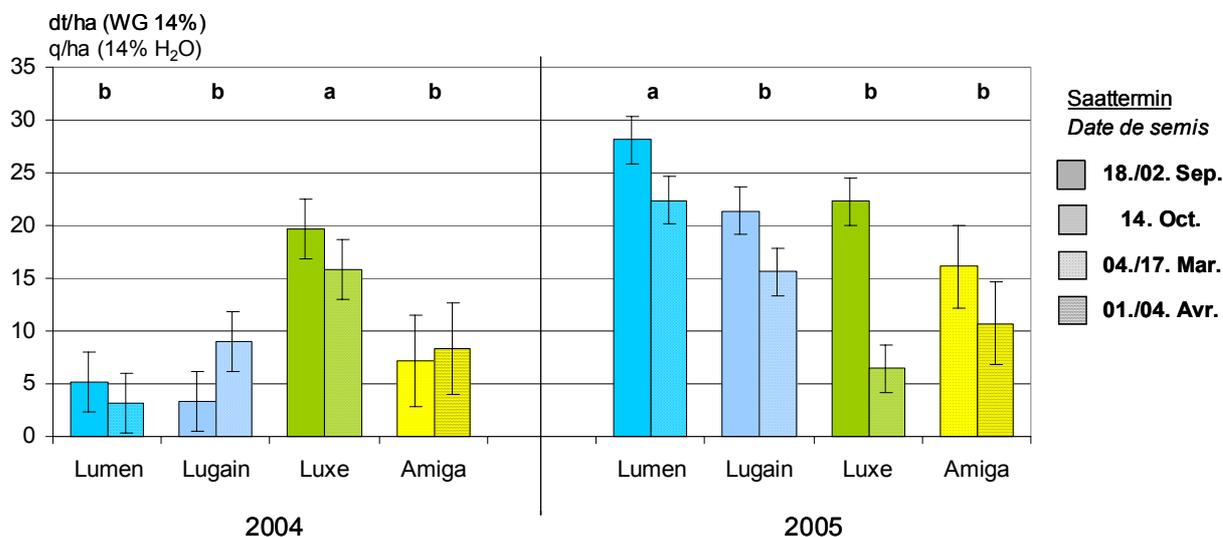
En février des deux années, une partie des plantes des semis d'octobre ont été retrouvées à moitié arrachées par des oiseaux. Les plantes de semis de septembre étaient en revanche probablement à cette époque plus enracinées et moins endommagées.

De nombreux dégâts ont été occasionnés en première année par les lièvres, et de nombreuses tiges ont été totalement dévorées et détruites. De jeunes plantes ont été aussi détruites, comme on a pu le constater en observant le reste des plantes. L'incidence exacte des dégâts n'est pas connue. En seconde année, la clôture a permis de s'affranchir de ce type de dégâts.

Aucune attaque de maladie significative n'a été observée.

Récolte et rendements

Les récoltes ont été faites le 17.08.2004 (toutes variantes) et les 27.07.2005 (Lumen, Lugain) et 12.08.2005 (Luxe, Amiga). La figure 41 présente les rendements machines selon la variété et la date de semis.



plage de variation ETR = seuil de différence entre moyennes de dates de semis (effet principal)
variétés avec les mêmes lettres ne se distinguent pas au sein d'une même année

Fig.41 : rendements des lupins d'hiver et de printemps, D-Heitersheim 2004 et 2005

En 2004, les très faibles peuplements et la croissance peu vigoureuse et la mauvaise exploitation de l'espace qui en a résulté ont limité le rendement. Luxe, en raison de sa croissance indéterminée s'en est mieux sorti tandis que la date de semis ne montrait pas d'incidence significative. L'exploitation de la coupe de deux placettes de 1 m bien établies a donné une estimation du rendement potentiel à 26,7 q/ha pour Lumen et à 23,7 q/ha pour Lugain, et de 48,7 q/ha pour Luxe. Mais il n'est pas pris en considération à ce niveau d'estimation le fait que l'interrang de 50cm a été plus ou moins bien exploité (Luxe > Lugain > Lumen).

En 2005, la valorisation de l'espace a été bonne (à l'exception du semis d'octobre de Luxe) et le niveau de rendement des parcelles récoltées nettement plus élevé. Lumen a atteint des rendements significativement plus importants que ceux des autres variétés, et les semis de septembre ont été plus productifs que ceux d'octobre. L'effet date de semis n'a pas été significatif pour le type printemps. Le semis de septembre de Luxe, malgré de meilleures conditions de développement, n'a pas atteint un rendement vraiment meilleur que l'année précédente.

Lors des deux années, il a été constaté une corrélation significative entre le rendement grains et le rendement en paille ($r_{2004} = 0,78^{***}$, $r_{2005} = 0,59^{**}$).

Composantes du rendement

En seconde année, le nombre de gousses par plante a été inférieur par réaction à la densité en plantes qui était très supérieure à celle de la première année. Mais les rendements atteints ont été cependant supérieurs (exception faite de Luxe semis do 'octobre). Pour ce qui concerne la ramification et le nombre de gousses, Luxe s'est montré plutôt comme un type adapté à de faibles densités donnant des plantes ramifiées assez « buissonnantes » alors

que Lumen et Lugain sont apparues comme des types de plantes à la végétation limitée demandant de fortes densités. Des corrélations fortes entre les rendements et les composantes n'ont pas été mises en évidence.

En 2004, la teneur en protéines a fortement varié mais Lumen a présenté les plus faibles valeurs. En 2005, Lugain, Luxe et Amiga ont atteint environ 40,2% de protéines brutes dans la matière sèche, alors que Lumen plafonnait à 36,7%. Cependant, le semis de septembre de Lumen a permis d'atteindre le meilleur rendement en protéines avec 8,9 q/ha.

Comparaison variétale

Etant donné les développements très différents sur les deux années d'essais, les conclusions suivantes doivent être prises avec certaines précautions :

Le rendement de la variété de printemps Amiga n'a pas été dépassé dans les deux essais.

Luxe possède un fort rendement potentiel, mais elle ne semble pas adaptée à la production biologique dans le Rhin supérieur à cause de son développement lent et d'une maturité tardive.

Lumen et Lugain se sont montrées plus prometteuses en seconde année, et Lumen de par sa précocité, son pouvoir de compétition et son rendement possèdent de bons atouts.

4.5.3.4 Choix variétal (essais F – Sausheim/Elsenheim 2004 et Ensisheim/Elsenheim 2005)

Essais F-Sausheim et F-Elsenheim, 2004)

Observations générales

La levée des lupins d'hiver a été très lente, et lors du premier comptage (mi-décembre), le taux de pertes par rapport à la densité de semis était déjà compris entre 25 et 56 % suivant le site et la variété. Il était plus important à Elsenheim qu'à Sausheim et sur les 2 sites, il était plus important pour la variété LUGAIN²¹ que la variété LUXE (fig. 42).

²¹ La densité de LUGAIN étant ainsi, pendant l'hiver, déjà inférieure à la densité conseillée de 20-25 plantes/m² en sortie d'hiver pour cette variété en agriculture conventionnelle, elle a été supprimée à la fin de l'hiver sur l'essai à Sausheim et sur des 2 des 3 blocs sur l'essai à Elsenheim.

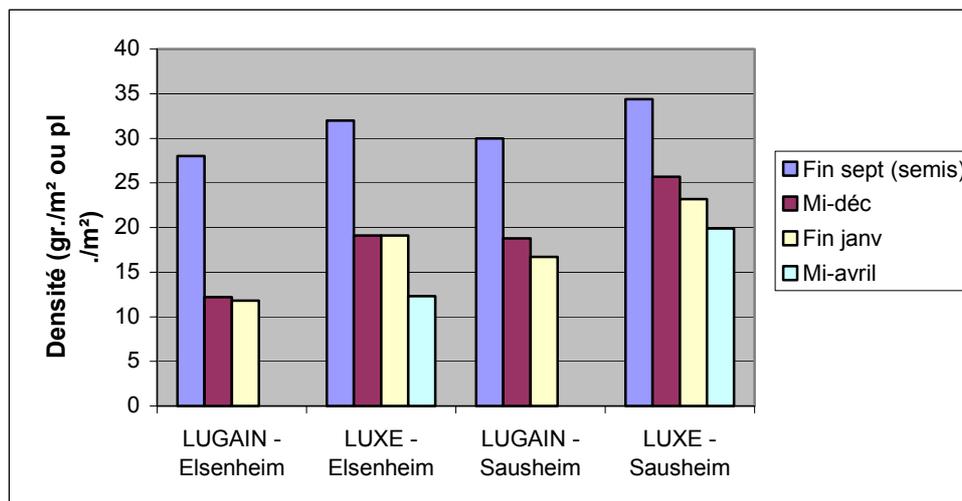


Fig. 42 : Evolution de la densité des lupins d'hiver en fonction de la variété et du site, F-Elsenheim et Sausheim 2004

Toutefois, à Elsenheim, la densité de levée, la vigueur et la croissance ont été plus faibles à certains endroits de la parcelle d'essai. Or sur celle-ci, le pH est plus élevé (pH = 8,2) qu'à Sausheim (pH=6,2), mais sans présence de calcaire actif à l'analyse et sans avoir observé de chlorose nette. Néanmoins, dans ces zones de plus faible vigueur, il se produit une effervescence sur la terre au contact de l'acide. Des conditions de sol défavorables à la culture du lupin pourraient donc être à l'origine, pour partie, de la faible densité de peuplement du lupin d'hiver à Elsenheim, et en particulier dans certaines zones.

Il se pourrait en outre que le lupin d'hiver soit plus sensible, en général, au pH alcalin que le lupin de printemps, car, à Elsenheim, ce dernier s'est avéré, lui, très vigoureux et sans symptôme de chlorose.

Tolérance au froid des variétés d'hiver

Comme il n'y a pas eu de froid marqué à l'automne, les pertes entre le semis et décembre ne semblent pas dues au gel.

Cependant, ensuite, entre fin janvier et mi-avril, la densité diminue encore pour la variété LUXE, maintenue sur les essais (Fig. 42), pour atteindre ainsi au printemps seulement 19 pl./m² à Elsenheim et 23 pl./m² à Sausheim, soit un taux de pertes total par rapport au semis de respectivement 62 ou 42 %. Cela pourrait être dû au froid en partie.

Maladies et ravageurs

A l'automne, de nombreux pieds à Elsenheim n'avaient plus de racines et l'axe hypocotylé était pourri à la base. A Sausheim, ces pieds étaient moins fréquents.

La mouche du semis (*Delia platura*) pourrait bien être responsable de ces pertes, car à Elsenheim, de nombreux facteurs étaient favorables à ce ravageur : labour réalisé peu de temps avant le semis, richesse en matière organique du sol, une céréale à paille en précédent, semis précoce et températures encore douces. A Sausheim, en revanche, le semis a

été réalisé 2 semaines plus tard et les conditions pédoclimatiques étaient plus défavorables à la mouche du semis.

A Elsenheim, certains pieds ont aussi été mangés par des biches.

Ensuite, en cours de culture, des pucerons gris ont été observés sur quelques pieds au printemps. Et pendant l'été, certains pieds présentaient des symptômes d'antracnose à Elsenheim. Mais l'impact a été très faible.

Développement et précocité

La floraison des lupins d'hiver a débuté fin avril, soit 1 mois avant celle des lupins de printemps et la variété d'hiver LUXE semble commencer à fleurir un peu plus tôt que LUGAIN.

Cependant, les dates de fin floraison et maturité sont apparues plus liées à la variété qu'au type (hiver ou printemps) à Elsenheim (site où la comparaison des lupins d'hiver et de printemps était encore possible) :

- la variété d'hiver, LUGAIN, et la variété de printemps, AMIGA, sont arrivées à fin floraison, puis à maturité, environ 15 jours avant les autres variétés,
- la variété d'hiver LUXE (semi-indéterminée), est restée très longtemps en floraison et a été la plus tardive, des variétés, à maturité.

Compétitivité par rapport aux adventices

La croissance des **variétés d'hiver** a été très lente jusqu'au début du printemps, particulièrement pour LUXE. La variété d'hiver LUGAIN a été plus vigoureuse alors, mais elle s'est très peu ramifiée, si bien qu'elle n'a jamais recouvert complètement le sol à Elsenheim, où l'écartement entre rangs était de 42,5 cm. A l'opposé, pour la variété LUXE, dans les zones les plus favorables, le développement végétatif a été important, les ramifications nombreuses et le sol totalement recouvert.

A Sausheim, le lupin d'hiver -en raison de sa très faible densité, associée à l'humidité importante de la parcelle - a été envahi de matricaire pendant l'hiver et presque étouffé par celle-ci ensuite.

La croissance des **lupins de printemps** a, au contraire, été très rapide et le taux de pertes assez faible par rapport au semis, excepté pour RONDO à Elsenheim, comme le montrent les deux figures ci-dessous.

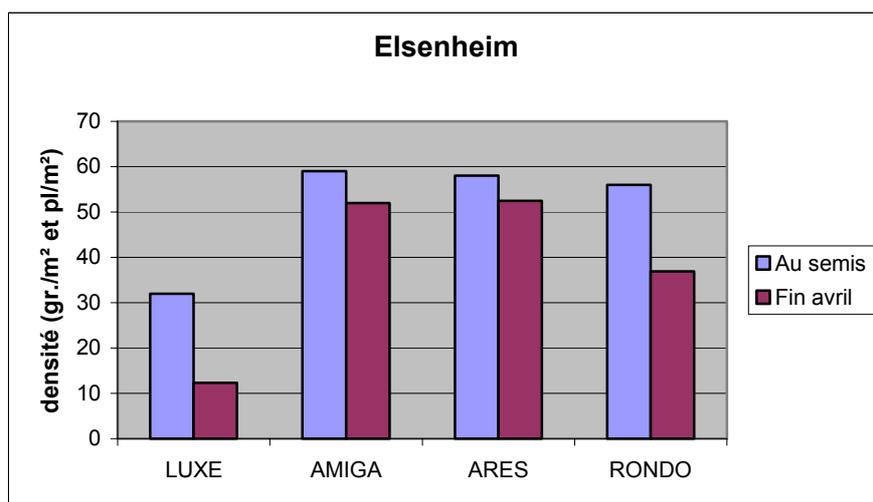


Fig. 43 : comparaison des densités de semis et de peuplement sortie hiver des types hiver et printemps F-Elsenheim 2004

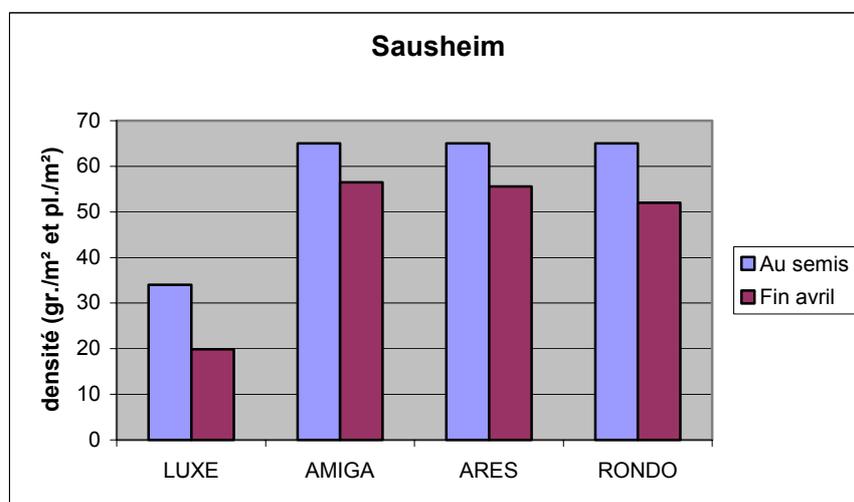


Fig. 44 : comparaison des densités de semis et de peuplement sortie hiver des types hiver et printemps F-Sausheim 2004

A début floraison, sur les 2 sites, il n'y a eu pas de différence de **hauteur** entre les variétés de printemps. Cependant, fin floraison, les variétés ARES et RONDO sont les plus hautes. AMIGA est la variété de printemps la plus courte, mais elle demeure alors, sur ce site, plus haute que la variété d'hiver LUXE (tableau ci-dessous). Ce classement reste le même jusqu'à la récolte.

Tab. 85 : Comparaison de la hauteur (cm) à la fin floraison des différentes variétés suivant le site

Variétés	Type	Elsenheim	Sausheim
LUGAIN	H	63	/
LUXE	H	58	69
AMIGA	P	74	57
ARES	P	101	72
RONDO	P	95	73

Rendement

A Elsenheim, pour les **variétés d'hiver**, les gousses du 1^{er} nœud étaient très basses (à 12-15 cm du sol), étant donnée que la floraison a commencé alors que la hauteur des lupins n'était que de 16 ou 20 cm, contre 41-46 cm pour les lupins de printemps. Ainsi, ces premières gousses n'ont pas été récoltées, en grande partie, par la moissonneuse batteuse. Le rendement obtenu sous-estime donc en partie le potentiel de production des variétés d'hiver.

En revanche, les variétés d'hiver ont beaucoup plus de gousses sur les nœuds supérieurs, donc un plus grand nombre total de gousses par pied. Mais cette année, il ne suffit pas à compenser la plus faible densité de pieds des lupins d'hiver.

En outre, la variété de printemps ARES est la variété avec le moins de gousses sur les nœuds supérieurs et ainsi avec le moins de gousses au total par pied. C'est la seule à avoir la plus grande partie de ses gousses sur le 1^{er} nœud.

Par ailleurs, les fortes précipitations d'août ont fortement retardé la récolte des lupins, particulièrement à Elsenheim, où les gousses des variétés les plus précoces, AMIGA et LUGAIN, commençaient déjà à pourrir et à s'ouvrir début septembre quand il a enfin été possible de les récolter.

Ainsi le **rendement** est nettement plus important pour les lupins de printemps que pour les lupins d'hiver à Elsenheim. Cependant pour les variétés de printemps, AMIGA a tantôt le plus fort des rendements (à Elsenheim, site irrigué), tantôt le plus faible (à Sausheim, non irrigué). Et inversement pour la variété RONDO, qui a le rendement le plus important à Sausheim et le plus faible à Elsenheim, par rapport aux autres variétés de printemps :

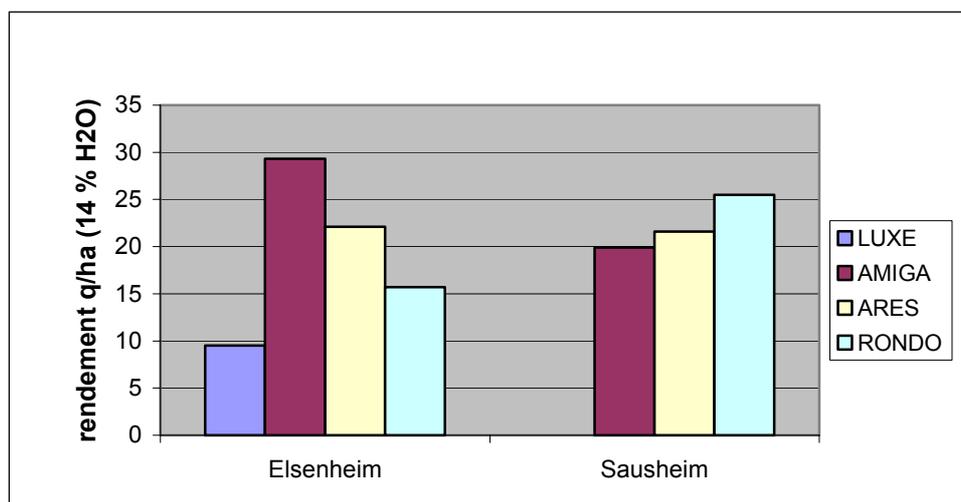


Fig. 45 : Comparaison des rendements des type hiver et printemps en fonction de la variété et d'un site, F-Elsenheim et Sausheim 2004

Le **PMG** des lupins de printemps (de 310 à 355 g) est supérieur à celui des lupins d'hiver (de 285 g en moyenne seulement). Il a tendance à être le plus important pour la variété ARES, ce qui compense en partie le faible nombre de gousses par pied de cette variété.

Le **taux de protéines** des lupins de printemps est semblable, voire légèrement supérieur, à celui des lupins d'hiver, et comme ils ont par ailleurs un rendement en grain supérieur à celui des lupins d'hiver, le **rendement en protéines** est beaucoup plus élevé pour les lupins de printemps.

Tab. 86 : rendement en grain et en protéines en fonction de la variété et du site – Elsenheim et Sausheim 2004

Site	Type	Variété	Rendement grain (q/ha)	Taux protéines (%MS)	Rendement protéines (q/ha)
Elsenheim	H	LUGAIN	6.0	36.9	1.9
		LUXE	9.5	38.5	3.1
	P	AMIGA	29.3	36.8	9.3
		ARES	22.1	40.4	7.7
		RONDO	15.7	42.4	5.7
Sausheim	P	AMIGA	19.9	39.4	6.7
		ARES	21.6	41.8	7.8
		RONDO	25.5	43.3	9.5

Parmi les lupins de printemps, le taux de protéines semble le plus important, sur les 2 sites, pour la variété RONDO et le plus faible pour la variété AMIGA. Mais le rendement en protéines étant principalement déterminé par le rendement en grain, AMIGA est la variété de printemps avec les plus grands rendements en grain et en protéines à Elsenheim.

Essais 2005 à Ensisheim et Elsenheim

Observations générales

Sur l'essai lupin d' Elsenheim, du gibier (lièvres et/ou biches) -s'abritant dans la forêt assez proche- a occasionné des pertes importantes de pieds en lupin d'hiver, comme en lupin de printemps²², alors que la levée de ce dernier avait été très bonne (presque 100 % de la densité semée). L'importance des dégâts nous a malheureusement obligé à arrêter l'essai en mai.

La période de sensibilité aux adventices est longue pour le lupin d'hiver. Il ne couvrait toujours pas le sol en sortie d'hiver sur les 2 sites. A Ensisheim, la densité de graminées était importante (en raison de l'absence de labours depuis plusieurs années et l'impossibilité de passer la herse étrille à l'automne à cause des conditions trop humides). Leur développement était tel qu'elles commençaient à étouffer le lupin et l'essai a été retourné en février.

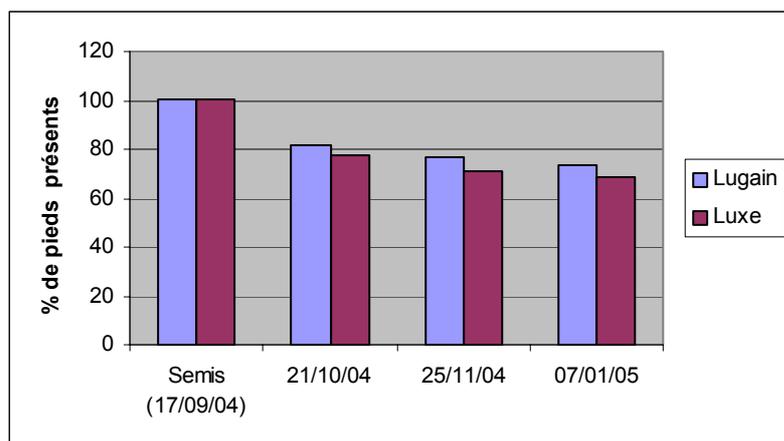
²² A noter que le gibier n'a pas occasionné de dégâts sur le pois protéagineux d'hiver semé à côté de l'essai lupin. Le pois semblerait donc moins attractif.

Quant à la sensibilité au calcaire actif, il n'a pas été observé de chlorose sur le lupin blanc de l'essai d'Elsenheim, où le pH est élevé mais où il ne se produit pas d'effervescence de l'acide au contact du sol.

Tolérance au froid des variétés d'hiver

A Ensisheim, les pertes sont les plus importantes entre le semis et le premier comptage (en octobre). Ensuite quelle que soit la variété, il n'y a pas de pertes significatives jusqu'au dernier comptage effectué début janvier (figure ci-dessous). Ainsi le lupin, semé le 17/09 sur cet essai, avait atteint le stade 4-6 feuilles en novembre et la densité était bonne à élevée en janvier, avec 55 pl./m² pour LUGAIN (semé à 75 gr/m²) et 34 pl./m² pour LUXE (semé à 50 gr/m²). A cette date, les températures n'étaient encore que très rarement descendues en dessous de -5 °C. Les observations faites confirment que le lupin d'hiver résiste bien jusqu'à ces températures. Fig. 46 : Evolution de la proportion de pieds de lupin d'hiver présents par rapport au semis à F-Ensisheim 2005

Fig. 46 : Evolution de la proportion de pieds de lupin d'hiver présents par rapport au semis (dans la zone ayant subi le moins de dégâts de gibier), F-Ensisheim 2005



A Elsenheim, dans la zone ayant subi le moins de dégâts de gibier, les pertes sont les plus importantes entre les comptages de début janvier et mars (figure 47). Début avril, il n'y a plus que 9 ou 14 pl/m² pour une densité de semis respectivement atteinte de 45 ou 55 gr/m². En janvier, le lupin avait seulement atteint le stade « 2 feuilles » et de janvier à mi-mars, il y a eu plusieurs jours (dont certains consécutifs) de température inférieure à -5 °C. Le lupin d'hiver, ayant moins de 6-7 feuilles, s'est montré sensible aux températures inférieures à -5 °C, ce qui confirme la nécessité de le semer avant octobre. A noter, par ailleurs, que la densité n'est pas significativement différente entre les 2 variétés, à cause de la très grande variabilité entre placettes.

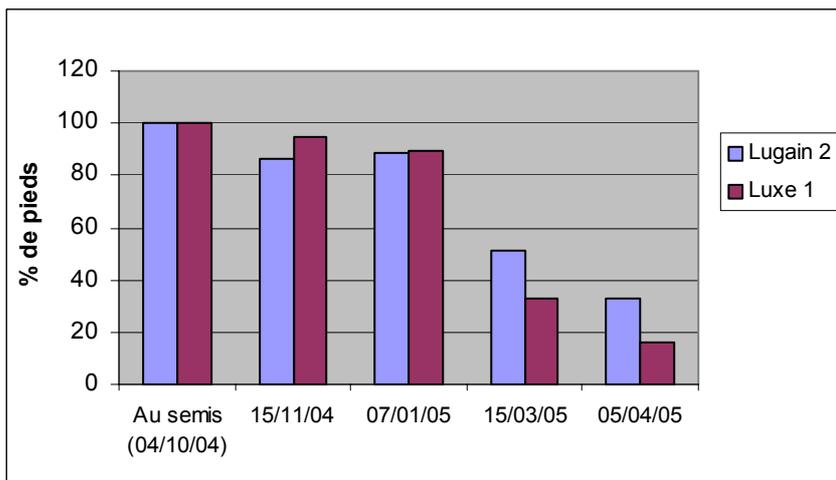


Fig. 47 : Evolution de la proportion de pieds de lupin d'hiver présents par rapport au semis (dans la zone ayant subi le moins de dégâts de gibier), F-Elsenheim 2005

Conclusion

Ces essais confirment plusieurs facteurs de sensibilité du lupin :

- pour les variétés d'hiver : la sensibilité au gel, en cas de semis assez tardif (tel en octobre à Elsenheim),
- la sensibilité aux adventices, et cela d'autant plus pour le lupin d'hiver, en raison d'une durée longue de 6-7 mois, pendant laquelle il ne couvre pas le sol.
- la sensibilité aux dégâts de gibier et une attractivité supérieure à celle du pois protéagineux.

4.5.4 Discussion sur la production de protéagineux de type hiver et printemps

Classification des résultats d'essais

Durant l'hiver 2004/05 il y a eu plus de journées avec gel et des températures plus extrêmes qu'en 2003/04. Toutefois, il y a eu en 2004/05 des phases avec une couverture de neige, au contraire de 2003/04, si bien qu'il est difficile de comparer les comportements aux atteintes du froid. Des pertes de plantes ont de plus été occasionnées par des dégâts de gibier (lièvres, oiseaux). Le développement avant l'hiver et la résistance au froid qui est en lien ont été influencés par les conditions de températures automnales différentes suivant l'année, ce qui a été particulièrement sensible en fonction de la date de semis. En 2004, les températures en octobre et durant la première semaine de novembre ont d'abord été nettement plus douces qu'en 2003, puis elles ont ensuite été très basses, si bien que les variantes du semis tardif de 2004 n'ont bénéficié que de sommes de températures avant beaucoup nettement plus faibles l'hiver qu'en 2003.

Les rendements des types printemps et hiver ont été essentiellement influencés par l'alimentation en eau (répartition des pluviométries, irrigation), caractéristiques du sol (lupin, pois), attaque de pucerons (pois, féverole) et les dégâts provoqués par les gibiers (Lupin). Dans ces cas, les pertes ont été totales. En raison du lien étroit de la résistance hivernale et du rendement aux conditions climatiques annuelles et aux caractéristiques du site d'essai, les résultats obtenus sur seulement deux années d'expérimentations méritent d'être confirmés.

Résistance au froid et productivité des types hiver

Dans les conditions d'expérimentations et pour les variétés testées, il a été constaté une très bonne résistance au froid pour la féverole d'hiver, une résistance suffisante chez le pois d'hiver pour une production dans le Rhin supérieur et une résistance insuffisante ou critique pour le lupin d'hiver.

Le comportement hivernal du lupin d'hiver n'a été satisfaisant que dans un seul des huit essais mis en place. Toutefois, il faut convenir que d'autres facteurs que le froid ont joué la plupart du temps des rôles importants dans les pertes. De plus, les lupins d'hiver se sont développés de manière inattendue (végétation entre autre plus petite) et leur comportement a été dépendant de la variété et de l'année. Selon des données bibliographiques (Crowley, 2001), les sommes de température (supérieures à 3°C) jusqu'à mars influencent considérablement l'architecture des plantes à venir. La longueur de la période de végétation de 11-12 mois est aussi un point critique.

Si l'on considère les meilleurs rendements atteints par les variétés hiver et printemps des trois espèces, on ne peut conclure que le rendement potentiel des variétés hiver est meilleur mais plutôt équivalent à celui des variétés printemps. Cependant, dans la plupart des essais, de meilleurs rendements ont été atteints pour le pois et la féverole avec des variétés de type hiver. De plus, les rendements des variétés hiver se sont montrés globalement plus stables dans les essais. Ce critère régularité de rendement est un critère de sécurité important.

Date de semis

Le développement automnal a été influencé pour l'essentiel par la date de semis et les conditions climatiques. Pour de semis tardifs (mi novembre) la levée ne s'est produite qu'au cours de l'hiver. Une avance prise à l'automne dans le développement de la culture reste acquis pour la plupart des situations pour toute la période de végétation. Dans ce sens, les pois d'hiver montrent un décalage à la floraison alors que la date de début floraison des féveroles et des lupins d'hiver a été pratiquement indépendante de la date de semis et du développement végétatif.

Comme le rendement est généralement corrélé positivement avec le développement végétatif, le semis précoce est en tendance globale favorable. Chez la féverole d'hiver, les semis précoces conduisent à une ramification basale plus importante („tallage“).

Les effets de la date de semis observés sur la résistance au froid ont été les suivants :

Féverole d'hiver : aucun effet

Pois d'hiver : résistance au froid diminue avec la précocité de la date de semis (selon le cas baisse de la tolérance au froid avec un développement trop important)

Lupin d'hiver : résistance au froid accrue avec semis précoce (principalement dépendant de l'importance de la taille du collet de la racine pivotante)

Il existe pour le pois d'hiver une difficulté à optimiser, car le semis précoce renforce le risque de dégâts d'hiver mais aussi le potentiel de rendement. Dans le projet, il n' a pas été semé plus tôt que mi octobre (D 2003/04 u. D 2004/05). Sur les deux années d'essais, la vigueur du développement végétatif plus importante l'emporte sur les plus fortes pertes hivernales.

Pour la féverole d'hiver, le semis de mi-octobre s'est également montré intéressant, même si cette espèce réagit moins sensiblement à la date de semis. Il est donc possible d'attendre plus longtemps s'il le faut pour avoir des bonnes conditions de semis. Une autre bonne raison pour ne pas semer trop tôt la féverole d'hiver est d'éviter un enherbement trop rapide.

Selon les observations faites, après mi octobre, il ne germe quasiment pas de mauvaises herbes et surtout pas les adventices typiques des sols du Rhin supérieur qui sont des espèces estivales. Ceci procure aux espèces d'hiver un avantage important car elles peuvent faire l'objet de passages de herse étrille ou de binage plus tôt que dans les types printemps (aussitôt que le sol est assez ressuyé), et atteignent des couvertures de l'interrang plus précocement.

Les lupins d'hiver doivent être semés dès mi septembre dans le Rhin supérieur (en Suisse peut être dès le mois d'août) afin d'atteindre un stade suffisamment résistant au froid.

Différences variétales

Parmi les variétés de pois d'hiver testées Cheyenne et Lucy divergent quelque peu dans l'élaboration de leur rendement, mais les deux variétés peuvent être conseillées pour la production biologique dans le Rhin supérieur.

Les variétés de féverole d'hiver ne sont pas beaucoup différenciées dans les essais. Diva apparaît peut être la plus intéressante pour sa résistance au froid, sa maturité et sa productivité.

Les variétés de lupin d'hiver se distinguent fortement :

Luxe a montré un fort potentiel de rendement, mais elle a probablement des besoins en chaleur trop élevés pour la région Rhin supérieur. Dans les essais, elle a montré une résistance au froid insuffisante, un développement extrêmement lent et une maturité difficile (croissance indéterminée).

Lumen donne une faible végétation, mais se développe plus régulièrement et plus précocement que Luxe, et s'est avéré la variété testée la plus précoce. La teneur en protéines de Lumen est restée inférieure d'environ 3 pour-cents à celles des autres variétés. La résistance au froid semble supérieure à celle de Luxe, mais aucune affirmation définitive ne peut être donnée à ce sujet.

Lugain se trouve pour de nombreuses caractéristiques agronomiques entre Luxe et Lumen, et n'a pas réussi globalement à convaincre. Cette variété a de plus montré une forte variabilité (hauteur, degré de ramification). En situation normale, Lugain montre une croissance déterminée et ne ramifie pas ce qui est un avantage pour obtenir une maturité plus homogène. Sa faible couverture du sol est un inconvénient surtout en production biologique.

Avec une stratégie de production adaptée, Lumen semble être la mieux placée pour les conditions climatiques du Rhin supérieur et les exigences de la production biologique.

Stratégie de conduite culturale

Féverole d'hiver:

Le semis à 17 cm d'écartement pratiqué dans les essais en Alsace avec une lutte contre les adventices uniquement par étrillage semble avoir mieux fonctionné que le semis à fort écartement (50 cm) pour le binage réalisé du côté allemand. Car d'un côté l'interrang trop important n'a été recouvert que tardivement ou imparfaitement et de l'autre le passage de herse étrille doit suffire à une espèce comme la féverole au fort pouvoir d'étouffement.

La densité de semis des types hiver peut être réduite en comparaison de celle de printemps grâce à la ramification basale (1,5 à 2,0 tiges par plante), 40 graines/m² apparaît une densité adaptée, afin de garantir l'installation d'une bonne végétation.

La fin octobre semble être une date de semis adaptée au Rhin supérieur.

Pois d'hiver.

La stratégie mise en oeuvre du côté allemand de semer les pois à 30 cm d'écartement et de biner l'interrang peu avant que les plantes ne s'accrochent entre-elles par leurs vrilles, a bien fonctionné en 2004, mais s'est avérée désavantageuse en 2005 en raison de la végétation qui tardé à couvrir le sol. Pour diminuer la charge de travail, il apparaît là encore conseillé de semer à plus faible écartement et de travailler dès que possible et le plus longtemps possible avec la herse étrille .

La densité de semis doit pour le pois d'hiver comme pour le pois de printemps atteindre 90-100 graines/m². Une légère augmentation pour le pois d'hiver semble conseillé pour compenser d'éventuelles pertes hivernales.

Un semis de mi à fin octobre semble le mieux adapté pour la plaine du Rhin supérieur.

Lupin d'hiver.

La culture de lupin d'hiver semble réclamer dans le Rhin supérieur une autre stratégie que celle appliquée dans des régions plus chaudes de France, où les types de lupin d'hiver monotiges plus productifs sont cultivés.

Dans le Rhin supérieur, la culture de lupin d'hiver doit être à même de mettre en place une densité de végétation conséquente pour être produite en mode biologique. La variété Lumen s'est montrée la plus adaptée dans ce sens.

Le semis doit être fait tôt (fin août-début septembre) pour atteindre une meilleure résistance au froid.

Une densité optimale pour Lumen devrait être voisine de 80-90 graines/m² (éventuellement moins pour d'autres variétés).

La lutte contre les mauvaises herbes doit s'engager très tôt, si possible dès l'automne. L'écartement conseillé est de 30 à max. 40 cm afin de permettre l'usage de la bineuse et de ne pas empêcher la couverture de l'interrangs.

Le choix du site doit être raisonné pour permettre un bon développement de la culture : le sol doit être aéré, sans calcaire actif et son pH < 6,8 de préférence. La pression en adventices ne doit pas être trop forte et il faut éviter les secteurs où les populations de lièvres et de cervidés sont importantes.

Comparaison de l'intérêt des types hiver et printemps dans le Rhin supérieur

Les types hiver du pois et de la féverole se sont montrés dans la plaine du Rhin plus avantageux que les types printemps grâce à une meilleure régularité de rendement et une moyenne plus élevée. Les rendements dépendent fortement de la disponibilité en eau pendant la floraison et le remplissage des gousses, alors que la plus période de végétation des types hiver n'a pas semblé être pénalisante. Un point décisif en faveur des variétés hiver est le début floraison environ 3 semaines plus tôt et ainsi :

Une meilleure exploitation de l'eau du sol pour la réalisation du rendement

Le décalage de la floraison à une période moins chaude

Une moindre exposition aux attaques de pucerons

Toutefois, il reste à lever la question de savoir si la réduction de l'attaque de pucerons est aussi certaine lorsqu'il n'y a pas à proximité de variétés de printemps plus attractives (plus vertes. Car en Allemagne (2004), il y a eu aussi une forte attaque de pucerons sur les variétés d'hiver (particulièrement en pois d'hiver). L'irrigation est en règle générale efficace pour optimiser le rendement mais encore plus pour les variétés de printemps. Une irrigation abondante en 2005 en Alsace a conduit à des rendements proches entre variétés hiver et printemps. Dans ces conditions, l'avantage des pois d'hiver dans des parcelles irriguées se réduirait à une économie possible en apports d'eau.

D'autres aspects doivent également être pris en considération :

Les types hiver ont une avance par rapport au développement des mauvaises herbes, qui peut être particulièrement décisif dans le Rhin supérieur où la flore est principalement composée d'espèces d'adventices estivales.

Les types hiver mettent en place une couverture du sol en hiver, même si celle-ci n'est pas aussi conséquente qu'une culture intermédiaire classique.

Les types hiver libèrent les sols plus tôt que les types printemps, ce qui peut être avantageux suivant la rotation et les pointes de travail de l'exploitation. L'atteinte de la maturité est sous

influence des conditions climatiques mais elle se fait en moyenne chez les variétés hiver la plupart du temps 1-2 semaines plus tôt que celle des variétés de printemps.

Pour des parcelles sans irrigation et dotées d'une faible réserve utile en eau, le pois d'hiver est sans doute le protéagineux le plus intéressant à cultiver car il est généralement récolté dès la seconde moitié de juin et il arrive à couvrir ses plus forts besoins en eau à une époque de l'année où l'évapotranspiration est encore faible.

La féverole d'hiver est à conseiller principalement de par sa bonne capacité à étouffer les mauvaises herbes. Sur les sites irrigables, ou bien dotés d'une bonne réserve en eau, les féveroles d'hiver peuvent atteindre des rendements en protéines supérieures à ceux des pois d'hiver.

L'intérêt du lupin blanc dans le Rhin supérieur en mode de production biologique est encore globalement contestable, car les variétés d'hiver comme de printemps rencontrent fréquemment des problèmes de développement, sont menacés par les mauvaises herbes et les dégâts de la faune sauvage. Les essais réalisés avec les lupins d'hiver ont montré qu'il n'existe aucune sécurité de rendement. La stratégie de production esquissée ci-dessus pourrait être un point de départ pour de nouvelles expérimentations.

4.6 Essais de lutte contre l'antracnose du lupin

4.6.1 Essai fongicide en Suisse en 2002

Le comptage des plantes a montré que la densité de peuplement était comprise entre 60 et 70 plantes/m². La densité recherchée de 65 pl./m² pour le lupin blanc était donc atteinte. Les plantes ont commencé à fleurir début juin et atteignaient peu de temps avant la récolte une hauteur de 70 à 75 cm.

Des symptômes d'Antracnose nets ne sont apparus que relativement tardivement (Tab. 87). Les premiers symptômes étaient déjà visibles à la mi mai mais ils n'ont pas évolué jusqu'en juin. L'attaque d'Antracnose était quasi identique pour toutes les variantes et difficile à noter. Le témoin et les variantes Switch-précoce présentaient lors de la notation de mi juin des attaques de la maladie plus fortes dans chacune des 5 répétitions que les autres variantes. Début juillet, la mus faible attaque était observée pour le traitement Horizon/Amistar_précoce/tardif, la plus forte attaque chez le traitement Horizon_précoce. Les notations faites début juillet se sont pas révélées corrélées avec le nombre de plantes malades et les foyers de maladie à la mi mai.

Tab. 87 :Notations des attaques d'antracnose - moyenne sur 5 répétitions- à différentes dates dans l'essai fongicides à Dielsdorf 2002

Date de notation	24.5.02	24.5.02	17.6.02	3.7.02
comptage / notation	Nombre de plantes à la croissance déformée / parcelle	Nombre de foyers de maladie par parcelle	Anthracnose (Note 1-9, 1: aucun symptôme)	Anthracnose (Note 1-9, 1: aucun symptôme)
Traitement				
Switch précoce	0.6	0.2	1.8	1.8
Switch tardif	1.0	1.0	1.0	1.2
Horizon précoce	0.0	0.0	1.0	2.2
Horizon tardif	1.6	0.6	1.0	1.4
Amistar précoce	2.0	0.4	1.0	1.4
Amistar tardif	0.4	0.2	1.4	1.6
Horizon/Amistar précoce	0.0	0.0	1.0	1.6
Horizon/Amistar tardif	0.4	0.4	1.4	1.8
Horizon/Amistar précoce / tardif	2.0	1.0	1.0	1.0
Témoin sans traitement	0.0	0.0	1.8	2.2

Les rendements ont été élevés pour tous les traitements et les différences statistiques rares. Le rendement le plus élevé statistiquement distinct est celui du traitement Amistar-tardif. Le gain de rendement en comparaison du témoin atteint 20 %. Les rendements les plus faibles sont procurés par le témoin non traité et le traitement Horizon-tardif. Les autres traitements donnent des rendements intermédiaires.

Les dénombrements des gousses par plante et des taux de gousses atteintes d'antracnose pour chaque traitement sont rassemblés dans le Tab. 88.

Tab. 88 : comptage du nombre de gousses sur 10 plantes par répétition (n=50) et rendement parcel- laire en moyenne des 5 blocs pour les différentes variantes

	Nbre. gous- ses étages bas		Nbre gousses étage haut		Part de gousses malades Etages du bas		Part de gousses malades Etages du haut		Part de gousses malades total		rendement [kg à 13% H ₂ O)	
Switch précoce	4.84	ab	5.1	ab	15%	bc	16%	bc	15%	bc	8.6	ab
Switch tardif	4.92	ab	4.58	ab	20%	abc	32%	bc	21%	abc	9.4	ab
Horizon précoce	5.2	a	5.04	ab	26%	a	16%	bc	21%	ab	8.6	ab
Horizon tardif	4.88	ab	3.68	b	25%	ab	31%	a	28%	a	8.4	b
Amistar précoce	4.74	ab	4.44	ab	12%	c	12%	c	13%	c	8.9	ab
Amistar tardif	4.82	ab	5.18	a	15%	c	18%	bc	15%	bc	9.8	a
Horizon/Amistar précoce	5.1	ab	4.98	ab	15%	bc	16%	bc	16%	bc	9.0	ab
Horizon/Amistar tardif	4.56	b	4.78	ab	21%	ab	26%	ab	24%	a	9.0	ab
Horizon/Amistar précoce / tardif	4.5	b	4.7	ab	23%	ab	27%	ab	25%	a	9.5	ab
Témoin sans traitement	4.74	ab	4.62	ab	16%	abc	13%	c	15%	bc	8.4	b

Exploitation statistique (valeurs moyennes avec différentes lettres se distinguent significativement, t-Test, p<5%)

4.6.2 Essai de traitements des semences et en végétation

4.6.2.1 Traitements de semences et en végétation, CH-Reckenholz, 2002 – 2004

Comme l'essai a été chaque année quelque peu différent, les résultats sont présentés séparément pour chaque année.

Résultats essai au champ 2002 avec du lupin blanc

Les lupins ont été semés en de bonnes conditions le 4 avril 2002. La levée a été bonne. Un dénombrement des plantes saines et malades a été réalisée au stade 4 feuilles le 8 mai alors qu'une densité d'environ 50 plantes/m² était atteint.

Tab. 89: densité moyenne et attaque d'antracnose en % - lupin blanc à Reckenholz 2002

Traitement	8 mai 2002				6 juin 2002			
	Plantes/m ²		% plantes atteintes		Plantes/m ²		% plantes atteintes	
Témoin	50	a	7	a	42	abc	7	cd
Rovral UFB	49	a	8	a	44	a	1.4	ab
Solitär	48	a	19	b	43	ab	0.7	a
Désinfection trempage eau chaude	38	a	13	b	34	e	3	ab
Tillecur (SBM-neu)	48	a	15	b	40	abcd	9	cd
Tillecur + acide acétique.	46	a	12	b	39	bcd	6	bcd
TRF-FU-AGRO	42	a	13	b	42	abc	6	abc
Menno Florades	45	a	15	b	41	abc	8	cd
Sojall-Vitana	53	a	17	b	38	cd	16	e
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrait	44	a	15	b	38	cde	5	abc
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrait	49	a	12	b	41	abc	6	abc
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrait	51	a	17	b	43	abc	11	de
Menno Florades + Lebermoos-Extrait	52	a	9	b	44	a	6	bc
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrait	42	a	19	b	36	de	14	e
<i>Produit non chimique sans Lebermoos-Extrait</i>	47		14		38		9	
<i>Produit non chimique avec Lebermoos-Extrait</i>	48		14		36		9	

valeurs moyennes avec différentes lettres se distinguant significativement à un niveau d'erreur de 5%, t-Test

Les densités de peuplement et les taux de plantes malades des différents traitements au 8 mai 2002 sont présentés dans le tableau 89. La levée des lupins a été la plus mauvaise pour le traitement des semences à l'eau chaude (probable mauvaise sélectivité sur la germination des semences). Les densités des différentes variantes ne se distinguent pas significativement.

Le pourcentage de plantes atteintes par l'antracnose a été le plus bas chez le témoin et le traitement chimique Rovral avec respectivement 7% et 8%, significativement plus faible que celui des autres variantes. Les taux de plantes malades les plus forts ont été relevés chez les variantes Solitär et Sojall-Vitana et traitement foliaire avec chacun 19%.

Dans le tableau 89, on retrouve les mêmes données mais au 6 juin 2002. Les symptômes en antracnose étaient cette fois bien plus marqués. Les traitements Rovral et Menno Florades avec traitement foliaire ont montré début juin une densité significativement plus élevée que celle des autres traitements. La plus faible densité était à cette date encore le traitement à l'eau chaude. La part de plantes malades était significativement le plus faible pour le traitement Solitär avec moins de 1%. La végétation était presque totalement indemne de maladie. Les végétations des traitements Rovral et désinfection par trempage dans l'eau chaude étaient aussi parmi les plus saines avec moins de 5% plantes malades. Les variantes significativement les plus atteintes par l'antracnose ont été les deux variantes Sojall-Vitana avec 14% et 16%. Avec 11%, la variante TRF-FU-AGRO avec traitement foliaire a montré également un fort taux de plantes malades. Les autres traitements se sont révélés en position intermédiaire, sans différences notables.

On remarque que le taux de plantes malades a diminué au fil du temps. Ceci est à rapporter à l'incertitude de la méthode de notation car lors de la première date les comptages n'ont été

réalisés que sur 3 ml, et pour la seconde date sur toutes les plantes des parcelles. Une autre cause pourrait être que les beaucoup de plantes atteintes ont dépériées au fil du printemps en raison de la forte infection et n'ont ainsi plus été comptées par la suite. Ceci est conforté par la baisse de la densité de peuplement également constatée.

Les notations de fin juin présentées dans le Tab. 90 la forte attaque d'antracnose. A partir de la note 5, les taches sur les gousses étaient nettement identifiables. Les traitements les plus efficaces étaient les Rovral et Solitär. La variante trempage dans l'eau chaude a montré également une efficacité satisfaisante et se classe juste derrière les deux traitements chimiques. Les traitements avec du Tillecur se sont montrés quelque peu moins atteints que le témoin. Les deux traitements à base de Menno Florades et TRF-FU-AGRO ont été autant atteints que le témoin.. Les deux traitements avec Sojall-Vitana ont été sévèrement infectés par l'antracnose et les attaques ont été nettement plus fortes que celle du témoin. Les pulvérisations avec Lebermoos n'ont pas montré d'efficacité sans doute à cause de l'attaque précoce et forte.

Tab. 90 attaque tardive d'antracnose, densité et rendement en gousses à Reckenholz 2002

	26. juin	12 juillet, récolte en catastrophe après grêle			
	attaque Note 1 - 9	Plan- tes/m ²	gousses par plante	% gous- ses att.	Rendement en gousses [kg mat. frai- che/Par.]
Témoin	4.5 cd	12.3	1.8	62%	1.4
Rovral UFB	1.5 a	23.4	2.0	33%	3.1
Solitär	1.5 a	20.4	1.8	34%	2.2
Désinfection trempage eau chaude	3.0 b	12.9	2.5	52%	2.0
Tillecur (SBM-neu)	4.0 bcd	11.8	1.7	64%	1.2
Tillecur + acide acétique.	3.5 bc	9.3	1.8	74%	0.9
TRF-FU-AGRO	4.5 cd	11.0	1.9	51%	1.3
Menno Florades	4.5 cd	7.4	2.1	73%	1.1
Sojall-Vitana	6.5 e	10.5	1.7	76%	1.0
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrait	3.0 b	13.6	1.9	59%	1.3
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrait	3.5 bc	14.2	1.7	72%	1.4
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrait	5.0 d	12.1	1.5	67%	1.2
Menno Florades + Lebermoos-Extrait	4.0 bcd	6.0	1.5	67%	0.5
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrait	7.0 e	8.9	1.8	68%	0.8

valeurs moyennes avec différentes lettres se distinguent significativement à un niveau d'erreur de 5%, t-Test

Les comptages de densité sur deux répétitions après la grêle ont montré que les taux de plantes porteuses de gousses étaient faibles. Toutes les plantes qui portaient au moins une gousse et dont la surface était recouverte d'antracnose à moins de 50 % ont été prises en compte lors du comptage. En moyenne des deux répétitions, la densité était de 12 plantes/m et la plus forte densité à été observée pour le traitement Solitär avec 23 pl./m², alors que la plus faible a été retrouvée pour Sojall-Vitana avec traitement foliaire avec 6 pl./m². Dans tous les traitements, seules les tiges principales portaient des gousses.

Le nombre de gousses par plante a fluctué entre 1.5 et 2.5. Les plantes du traitement par l'eau chaude ont montré la meilleure fertilité avec 2.5 gousses par plante. Le taux de gousses malades a été le plus faible pour les traitements Solitär et Rovral avec env. 30%. Les traitements à l'eau chaude et au Tillecur-acide acétique avec traitement foliaire ont montré un taux de gousses malades de 50%, alors que dans le témoin celui-ci était voisin de 60%. Les taux de gousses porteuses d'antracnose des traitements non chimiques sont restés pour la plupart au dessus de celui du témoin (Tab.).

Les plantes des traitements Solitär, Rovral et désinfection à l'eau chaude n'ont formé que peu de gousses avec 1.8 à 2.5 gousses saines par plante, mais la différence en comparaison des autres variantes est nette. Dans les traitements non chimiques, le nombre de gousses saines par plante était de seulement environ 0.5. Seul le traitement Tillecur-acide acétique avec traitement foliaire se démarque avec une valeur intermédiaire de 0.9 gousses indemnes par plante.

Le rendement en gousses des deux répétitions a montré que les deux traitements chimiques Solitär et Rovral atteignaient largement le meilleur rendement. Les plantes traitées avec Rovral ont montré un meilleur rendement que celles protégées avec Solitär. Le traitement à l'eau chaude a montré, étant donné son faible peuplement en plantes, un fort rendement en gousses. Le rendement des traitements non chimiques est restée en moyenne voisin de celui du témoin non traité. Les deux traitements avec Sojall-Vitana ont été inférieurs au témoin et n'ont donné quasi aucun rendement. Parmi les traitements non chimiques, seul Tillecur + acide acétique a semblé limiter quelque peu l'attaque d'antracnose.

Résultats essai 2003 avec des lupins bleus, essai arrêté

La levée des plantes a été bonne. La densité recherchée de 100 plantes par m² n'a pas été totalement atteinte. La variante désinfection par trempage à l'eau chaude a montré comme l'an passé une perte sévère de la faculté germinative d'environ 40 %. La réduction de la faculté germinative est sans doute due au fait que les graines ont fortement gonflé durant le trempage.

Malheureusement, le 9 mai, le champ d'essai de lupins a été traité par erreur avec le produit herbicide homologué sur pois Trifolin (400 g/l Trifolin) à une dose de 4 l/ha pour lutter contre la forte levée de mauvaises herbes. Les lupins ont réagi violemment à l'application avec une réduction de la croissance et une déformation des plantes. Malgré les sévères symptômes

de phytotoxicité observables après l'application, les lupins se sont remis et ont fleuri avec un décalage, mais l'essai n'était plus exploitable à cause d'une hétérogénéité de la végétation trop importante. Quelques parcelles à l'intérieur de l'essai n'ont pas été atteintes. Car l'application de la l'herbicide n'a pas recouvert toute la surface de la parcelle. Il a pu être constaté sur les parcelles laissées en place presque jusqu'à la maturité qu'aucun symptôme d'antracnose n'apparaissait.

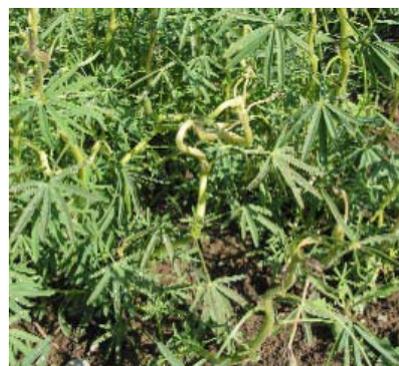


Photo 14 : déformation des plantes suite à l'application d'un herbicide non sélectif

Résultats des essais au champ 2004 avec les lupins blancs

La levée des plantes s'est faite régulièrement et les densités atteintes ont été satisfaisantes. Les végétations se sont très bien développées vigoureusement avec une hauteur de plus d'un mètre. Aucune différence agronomique notable n'a été observée entre les deux variétés Amiga et Fortuna ni la lignée testée.



Photo 15-17 : le lupin blanc est très sensible à l'antracnose, les symptômes de cette maladie sont des taches de couleur orange-brun sur les tiges et les gousses.

Les premiers symptômes d'antracnose ont été observés début juin. La notation fin juin a montré que dans les deux parcelles du traitement „Amiga stocké“ des foyers d'antracnose relativement importants sont apparus. Dans les traitements „Rovral Amiga“, „Tillecur ac. acétique Amiga“, „Amiga certifiée“ ainsi que „lignée tolérante à l'antracnose“, il n'a pas été

retrouvé de plantes malades dans chacune des répétitions. Dans les autres parcelles, il a été relevé quelques plantes malades isolées. Etant donné le dispositif expérimental qui ne comprenait pas de bandes tampons à base d'avoine autour des parcelles il peut être admis l'antracnose par la suite a pu passer d'une parcelle à une autre provoquant des contaminations secondaires. Les notes moyennes de la notation de fin juin sur les 4 répétitions sont présentées dans le Tab.91. Vers la mi-juin il a été noté dans certaines parcelles un début de verse. Les plantes étaient particulièrement hautes et fin juin, suite à de forts orages, la végétation du lupin s'est plaquée au sol. Au cours des deux mois suivants, les plantes de quelques parcelles ont réussi à se redresser partiellement mais dans la 4eme répétition les plantes de toutes les parcelles sont restées au sol. Dans le Tab. se trouvent les notations de verse de fin juin et fin août en moyenne des 4 répétitions. L'essai a été récolté début septembre. La variété Amiga avait une humidité de 18% et Fortuna atteignait 21%.

Les rendements moyens mesurés sur les 4 répétitions fluctuent entre 15 et 34 q/ha. L'exploitation statistique qu'il y a des différences entre répétitions. Le test t (sans prise en compte de l'effet répétition) indique que la lignée tolérante à l'antracnose se distingue des autres variantes par un rendement plus élevé.

Les variantes „Rovral Amiga“ et „ Amiga stockée“.montrent aussi de bons rendements, alors que l'on a relevé dans deux parcelles du traitement „Amiga stockée“ les premiers grands foyers d'antracnose. Les traitements avec „Tillecur acide acétique“ ont donné, pour les deux variétés, le moins bon rendement. Les détails sont présentés dans le Tab.

Tab.91 : densité et notes d'attaques de maladie et de verse dans l'essai anthracnose avec du lupin blanc- moyenne de 4 répétitions.

	plantes par m ²	Note An- thracnose 29.6. ¹⁾	Verse au 29. Juillet (note 1-9)	Verse au 25. août (note 1-9)	Rendement q/ha à 13% H ₂ O ²⁾	
Amiga certifié	74 <i>a</i>	1.0	6.5	8.0	23.8	<i>b</i>
Rovral UFB Amiga	61 <i>ab</i>	1.0	3.8	6.8	21.2	<i>bc</i>
Trempage Eau chaude Amiga	65 <i>ab</i>	1.5	4.5	6.5	19.1	<i>bc</i>
Témoin Amiga	64 <i>ab</i>	2.3	3.3	5.5	18.4	<i>bc</i>
Tillecur avec ac. acéti- que Amiga	62 <i>ab</i>	1.0	4.8	6.8	15.0	<i>c</i>
Lignée tolérante (Süd- westsaat)	62 <i>ab</i>	1.0	5.0	8.3	33.9	<i>a</i>
Semences stockées Amiga	57 <i>b</i>	4.5	4.3	5.3	20.5	<i>bc</i>
Témoin Fortuna	66 <i>ab</i>	1.5	5.5	6.8	16.3	<i>c</i>
Eau chauffer Fortuna	68 <i>ab</i>	1.8	6.0	7.8	17.3	<i>bc</i>
Tillecur avec ac. acéti- que Fortuna	66 <i>ab</i>	2.0	5.8	7.0	15.9	<i>c</i>

valeurs moyennes avec différentes lettres se distinguent significativement à un niveau d'erreur de 5%, t-Test

¹⁾ 1: aucune plante malade, 2: quelques plantes malades, 3: peu de plantes malades, 5: foyer net de maladie, 7: plusieurs foyers de maladie, 9: env. 10% des plantes malades

²⁾ Les traitements de la répétition 1 ont un rendement significativement supérieur à ceux des rép. 2 et 3. La rép. 4 est intermédiaire entre la rép. 1 et 2&3, mais ne distinguent pas significativement de celles-ci. Ceci n'a pas été pris en compte dans le t-Test.

Résultats des essais au champ 2004 avec les lupins bleus

Les végétations des lupins se sont bien développées et les densités obtenues étaient selon les comptages correctes pour toutes les variantes. La levée des plantes a été bonne même pour la variante désinfection à l'eau chaude. Aucun symptôme typique d'anthracnose n'est apparu jusqu'à la récolte. Début juillet, des taches sont apparues sur quelques tiges et il est possible qu'elles aient été occasionnées par du botrytis. Une notation n'a mis en évidence aucune différence entre traitements. Jusqu'à la récolte, de rares taches sont apparues sur gousses et l'attaque était trop faible pour permettre une notation de l'anthracnose. Les plantes ont atteint une hauteur d'environ 80 cm et ont versé avant la récolte mais dans une proportion peu marquée.

L'essai a été récolté le 19 août à une humidité de 19 % et les rendements avec une moyenne générale de presque 37 q/ha étaient particulièrement élevés pour du lupin bleu. Ceci a été permis par le choix de la variété Bolivio qui sur plusieurs années d'études permet d'atteindre de fortes productivités. Mais le haut niveau de rendement confirme également que l'anthracnose ne s'est pas développée suffisamment pour jouer un rôle limitant du rendement. Le Tab. 92 montre qu'il n'y a pas de différences conséquentes entre les rendements des différentes variantes.

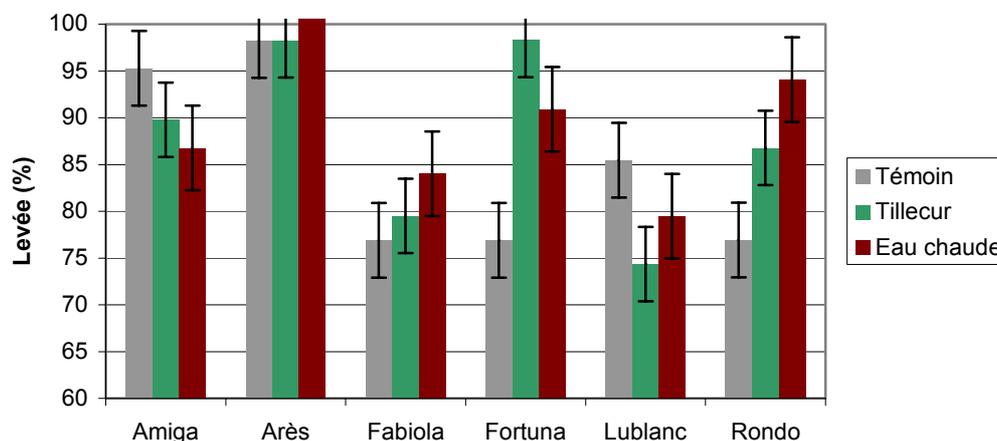
Tab. 92 : rendement (moy. 4 rép.) en q/ha des différents traitements de l'essai de lutte contre l'antracnose en 2004 avec du lupin bleu

Traitement	Plantes/m ²	Verse au 29/07 (note)	Rendement (13% H ₂ O)
Témoin	105	4	37.8
certifié	95	2	36.4
Eau chaude	93	2	36.3
Rovral	111	2	37.1
Tillecur	97	3	38.3
Tillecur ES Faulbaum	102	3	36.6
Tillecur ES	100	2	35.4
Tillecur ES Lebermoos	94	3	35.4
TRF FU Agro	101	4	36.3
TRF MS	108	3	36.3

4.6.2.2 Choix variétal et traitement des semences (D-Buggingen, 2003)

Aucune attaque d'antracnose n'a été relevée sur le lupin bleu ce qui est dû probablement aux conditions sèches et à la maturité très précoce. Les résultats présentés ne concernent donc que le lupin blanc. Un décalage du développement de la maladie sur le lupin blanc au sein d'une parcelle semée avec un mélange avec du lupin bleu n'a pas été mis en évidence.

La Fig. 48 présente la levée constatée en fonction du traitement de semences. On remarque que les traitements ont permis une amélioration, en particulier pour les variétés FABIOLA, FORTUNA et RONDO, qui sans traitement présentent les plus faibles levées.



(trait = écart type)

Fig. 48 : levée des variétés de lupin blanc en fonction du traitement de semences (D-Buggingen 2003)

L'antracnose est relevé pour la première fois le 07.07, uniquement sur les parcelles non traitées et celles traitées avec Tillecur des variétés AMIGA, ARES et FABIOLA betroffen. Le 16.07, les parcelles de toutes les variétés et deux parcelles des variantes désinfectées à l'eau chaude étaient aussi infestées. Le principal problème des essais de lutte contre l'antracnose par le traitement des semences est de faire la part entre les infections primaires et secondaires des plantes.

Les parcelles les plus infestées ont été relevées chez les variétés ARES et FABIOLA. Tous les foyers constatés appartenaient à une de ces variétés. Une exception est la parcelle 68 de la variété FORTUNA désinfectée à l'eau chaude, qui n'était entourée que de parcelles non infestées ou de lupin bleu. Une possibilité serait l'introduction de l'agent pathogène lors de notations en conditions humides. La bonne levée de la variété ARES malgré une infection annoncée des semences, pourrait s'expliquer par une contamination en fréquence élevée mais faible en intensité. L'origine serait probablement à rechercher dans l'évolution de l'infection lors de la production de semences.

Un effet de l'attaque d'antracnose sur le rendement n'a pas pu être mis en évidence. Les rendements des trois parcelles les plus atteintes ne se distinguaient pas de la moyenne générale. Avec une attaque plus précoce qui aurait atteinte les gousses et les tiges, il y aurait eu sans doute des pertes de rendement conséquentes.

4.6.3 Discussion de la problématique antracnose chez le lupin

Essai fongicide CH-2002

L'essai fongicides devait montrer si des applications de fongicides permettraient d'endiguer une attaque d'antracnose. Il a été utilisé de semences traitées du commerce pour l'essai. Bien que l'on espérait que le traitement des semences permette de maintenir la culture saine, il a été observé avant la floraison une attaque d'antracnose. L'application au stade 11 feuilles avec de l'Amistar a permis une progression du rendement tout juste significative d'environ 20 % vis à vis du témoin non traité. Toutes les autres variantes ont donné une plus faible augmentation du rendement non significative en comparaison au témoin.

Ce résultat recoupe ceux obtenus en Allemagne où Amistar (1l/ha) au premier passage et l'association Amistar (1l/ha) + Folicur (0.5 l/ha) à la seconde date de traitement ont permis de sauvegarder le rendement dans les essais (Römer 2000). Une double application d' Amistar (1l/ha) au premier et second passage a permis un gain de rendement de 35%. Dans le même essai, il a été observé que le traitement avec Switch à 1 l/ha en double application permettait de gagner 41% (Dittmann 1998). A Dielsdorf, les deux variantes avec Switch ne permettaient pas de gains de rendement en comparaison au témoin.

Ces résultats soulignent que la réussite des traitements fongicides dépend d'une date optimale d'application. Il n'est pas encore bien cerné le stade optimal de traitement. On suppose que la sensibilité à l'antracnose dépend aussi du stade de développement de la culture. Mais il n'y a pas d'études actuellement et une orientation de la recherche sur ce point serait utile. Avec une meilleure connaissance des voies d'infection et des facteurs qui jouent un rôle sur celle-ci, il serait plus facile d'appliquer le fongicide au bon moment. Il est possible que l'infection d'antracnose se fasse de manière analogue à celle de *Phytophthora* pour la pomme de terre, et la protection de la culture pourrait être pilotée à l'aide d'un modèle de prévision du type de PhytoPRE avec prise en compte des données météo et de l'apparition

des foyers primaires. Mais l'élaboration d'un tel modèle nécessite disposer de gros moyens financiers et de temps.

Essai au champ CH-2002 avec le lupin blanc

Le Tab. rassemble les résultats de l'essai traitements de semences de Reckenholz 2002 avec du lupin blanc.

Tab. 93 : synthèse des résultats de l'essai traitement de semences à Reckenholz 2002

Date	Note visuelle végétation	Nbre plantes saines	Nbre plantes malades	Attaque Anthracnose	Attaque Anthracnose
Date	1 juin	6 juin	6 juin	26 juin	4 juillet
Témoin	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Rovral UFB	moyen	élevé	bas	faible	faible
Solitär	moyen	moyen	moyen	faible	faible
Eau chaude	bien	bas	moyen	moyen	faible
Tillecur (SBM-neu)	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Tillecur + Essigs.	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
TRF-FU-AGRO	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Menno Florades	bien	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Sojall-Vitana	moyen	moyen	élevé	élevé	moyenne
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrait	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrait	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrait	moyen	moyen	moyen	moyenne	moyenne
Menno Florades + Lebermoos-Extrait	mauvais	élevé	moyen	moyenne	moyenne
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrait	bien	moyen	élevé	élevé	élevée

Les traitements chimiques Rovral et Solitär ainsi que le traitement à l'eau chaude ont été nettement supérieurs aux traitements non chimiques. En agriculture biologique, seule la désinfection par trempage dans l'eau chaude pourrait être conseillée. Mais la réalisation de cette pratique à de grandes quantités de semences reste difficile à envisager. La pulvérisation avec Lebermoosextrakt n'a pas montré d'effet de stabilisation du rendement. Ceci est peut être à relier avec la précocité de l'attaque.

Il convient de prendre en compte dans l'interprétation des résultats que la contamination des semences était apparemment supérieure à 5 %. Ceci explique l'attaque forte et précoce. Il est ainsi possible que les produits non chimiques atteignent une efficacité pour des situations faiblement infestées comme c'est le cas normalement avec des semences certifiées. C'est pourquoi l'essai a été renouvelé en 2003, mais cette fois avec du lupin bleu car le lupin blanc à cause de sa très forte sensibilité à l'anthracnose n'est pas conseillé pour la production biologique.

L'essai traitements de semences a été également mis en place sous un protocole analogue par le Dr. P. Römer à Raststatt en Allemagne du sud.

Essai au champ CH-2003 avec le lupin bleu

L'essai n'a pas pu être exploité à cause d'un traitement herbicide malheureux non sélectif du lupin. Le suivi réalisé sur quelques parcelles non touchées par l'herbicide a permis de constater l'absence d'attaque notable de la maladie ce qui est à relier aux conditions estivales très sèches et chaudes et à la faible contamination initiale du lot de semences.

Essai au champ CH-2004 avec le lupin blanc

L'antracnose est apparue début juin dans quelques parcelles. En raison du dispositif expérimental sans bordures d'isolation avec de l'avoine il est probable que les infestations secondaires se soient étendues aux parcelles voisines. Les orages au début de l'été ont provoqué une verse précoce qui n'a pas empêché de récolter l'essai. Le rendement le plus élevé a été atteint par la lignée résistante en provenance de chez Südwestsaat. Cela laisse espérer l'arrivée prochaine d'une variété tolérante. Les parcelles certifiées de la variété AMIGA ont aussi donné de bons rendements. Les autres variantes ne se distinguaient quasiment pas, les plus faibles rendements étant retrouvés pour le traitement Tillecur et le témoin non traité. La variante avec des semences stockées a donné un rendement intermédiaire. L'essai montre que les traitements avec du Tillecur ne sont pas adaptés pour le contrôle de l'antracnose. Dans les essais conduits ces dernières années (aussi dans les essais allemands du Dr. P. Römer/Südwestsaat) ce type de traitement s'était présenté comme le plus prometteur. Mais après plusieurs années de test de ce produit, il n'est pas possible de le conseiller car son efficacité est trop modeste.

Essai au champ CH-2004 avec le lupin bleu

Les rendements des différentes variantes ne se distinguent pas et seuls de faibles symptômes d'antracnose étaient visibles. Dans l'essai voisin avec du lupin blanc, l'attaque d'antracnose a été nettement plus forte.

Ceci permet de tirer quelques enseignements :

- La semence n'était pas contaminée par la maladie. La semence provenait pourtant d'un champ de multiplication déclassé mais peut être que la contamination était trop modeste ou devenue inactive.
- Les lupins bleus sont véritablement moins sensibles à l'antracnose. Les conditions environnementales auraient du être bien plus favorables à la maladie pour qu'elle se développe de manière conséquente.
- Il n'y a pas eu d'infestations secondaires du lupin blanc vers le lupin bleu. Il n'est cependant pas possible de savoir si ce constat résulte d'impossibilité de contamination entre espèces ou bien de conditions climatiques et phénologiques défavorables.

L'arrivée de l'antracnose, son déclenchement, son développement et sa propagation restent toujours peu clarifiés. Pour ces raisons, nous sommes obligés de nous en tenir à des hypothèses pour expliquer pourquoi dans cet essai il n'y a pas eu d'attaque pénalisant les rendements du lupin bleu.

Essai D-2003 choix variétal et traitement de semences

Dans cet essai, il a été possible de confirmer que les lupins bleus étaient moins sensibles à l'antracnose que les lupins blancs et que les conditions sèches limiter les effets négatifs sur le lupin blanc. Des différences entre variétés ont été observées au niveau des infections primaires des lupins blancs (lots de semences), mais apparemment pas au niveau de différences de sensibilité car après une courte période toutes les variétés étaient atteintes.

Le traitement par trempage dans l'eau chaude confirme son efficacité même s'il ne permet pas une efficacité de 100 %. Le compromis semble difficile entre l'efficacité du traitement et le maintien d'une bonne faculté germinative des semences. Une manipulation avec précaution des semences gonflées et un séchage lent semblent importants, ce qui pose problème pour de grosses quantités (faisabilité pratique, coût...).

Perspectives

Dans le cadre d'une production biologique des semences de lupins il est à craindre dans le futur que l'on assiste à une progression rapide des attaques d'antracnose en production de semences. Le test usuel de l'état sanitaire réalisé sur un échantillon de 400 graines n'offre qu'une faible sécurité, car sous des conditions favorables au pathogène, une contamination de seulement 0,1 % peut conduire à des pertes de jusqu'à 50 % (Thomas et al, 1998, in Feiler u. Nirenberg, 2004). Mais pour déterminer une contamination de l'ordre de 0,1% avec une probabilité d'au moins 95%, il faudrait réaliser le test sur 3000 graines ($0,999^{3000} = 0,0497$).

La tolérance à l'antracnose des lupins bleus semble fiable, car il n'a pas été constatée d'attaques. La production de variétés de type hiver du lupin blanc pourrait peut être diminuer le risque car pour l'instant il n'a pas été observé de problèmes dans les régions du sud de la France. Mais il est impossible de savoir si cela est le fait de la précocité des types hiver qui seraient moins exposés et moins sensibles ou bien si cela est le fait de secteurs moins favorables à la maladie.

A moyen terme, on peut penser que la production biologique de lupin blanc ou jaune ne se développera pas sans efforts de sélection et l'arrivée de variétés résistantes. Dans un projet dévaluation d'une banque de gènes de lignées de lupins blancs (2002-2003 dans le cadre du programme national Agriculture Biologique en Allemagne) des différences ont été trouvées pour ce qui concerne la résistance à l'antracnose. Le matériel fait actuellement l'objet d'un travail de sélection.

4.7 Dynamique de l'azote après la récolte des protéagineux

L'azote fixé par les légumineuses est d'un côté indispensable en mode d'agriculture biologique pour assurer l'alimentation en azote des autres cultures. D'un autre côté, cet azote peut être à l'origine de pollution de l'eau par lessivage de nitrates. Les éléments suivants qui proviennent des essais servent à apprécier l'ordre de grandeur des quantités d'azote présentes après la récolte des protéagineux ainsi qu'à donner une idée de l'évolution dans le temps de la minéralisation azotée

4.7.1 Quantités d' azote laissées dans les résidus après différentes espèces

Le Tab. présente les valeurs moyennes des résidus N contenus dans les pailles ainsi que les valeurs des rapports C/N. Les rapports entre l'azote contenu dans le grain et la partie végétative aérienne des plantes sont aussi donnés.

Tab. 94 : résidus d'azote et rapports C/N de la paille, rapport entre valeurs absolues N grain et paille

Culture	N paille (kg/ha)	Rapport C/N - paille	rapport $N_{\text{grain}} / N_{\text{paille}}$
Soja	39	55	4,3
Lupin blanc	20	55	6,5
Lupin bleu	10	61	4,7
Pois	32	42	2,7
Féverole	40	42	3

Les résidus d'azote contenus dans la paille sont compris entre 20 et 40 kg/ha car la faible valeur pour le lupin bleu est due au faible développement de la végétation dans l'essai de 2003. Pour aucune des cultures, il ne faut s'attendre à une libération directe de l'azote de la paille car les rapports C/N sont largement au delà de 20 et il faut donc tabler au départ sur une consommation de tout l'azote par les microorganismes qui dégradent la matière organique voire sur une immobilisation complémentaire d'azote minéral du sol.

Le rapport $N_{\text{grain}} / N_{\text{paille}}$ indique que chez le soja et le lupin, à maturité, la migration de l'azote de la partie végétative vers le grain est plus efficiente que chez le pois et la féverole. Le lupin blanc semble particulièrement performant sur ce point.

4.7.2 Dynamique des N_{min} dans le sol

Pour des raisons de charge de travail et de coût, il n'a pas été possible de faire de nombreux suivis périodiques de l'azote minéral du sol. Les mesures faites sur les sites expérimentaux français et allemands permettent cependant une estimation approximative des quantités d'azote susceptibles d'être lessivées ainsi que de la dynamique de N_{min} entre l'automne et le printemps. Une exploitation statistique n'a pas été réalisée vu le nombre de mesures.

4.7.2.1 Différentes cultures (D-Buggingen, 2003/05 / D-Heitersheim, 2004/05)

Les Figures 49 à 51 présentent les résultats des mesures N_{\min} après la récolte dans les essais du côté allemand, séparés par horizon de sol de 30 cm. L'indicateur de variation indique la variabilité entre deux mesures (deux parcelles conduites de manière identique) de N_{\min} total sur le profil (0-90 cm). Chez le lupin blanc, le pois et la féverole en 2004 et 2005, les comparaisons sont faites en prenant pour référence des variantes de bonne productivité. Pour le Soja en 2003, l'effet de la variété et de la localisation des mesures (sur le rang / entre rang) sont étudiés ainsi qu'en 2004 et 2005 l'effet de différents écartements et d'un semis de cameline sous couvert bien installé. Pour le détail des variantes, voir le chapitre 3.7.2.1.

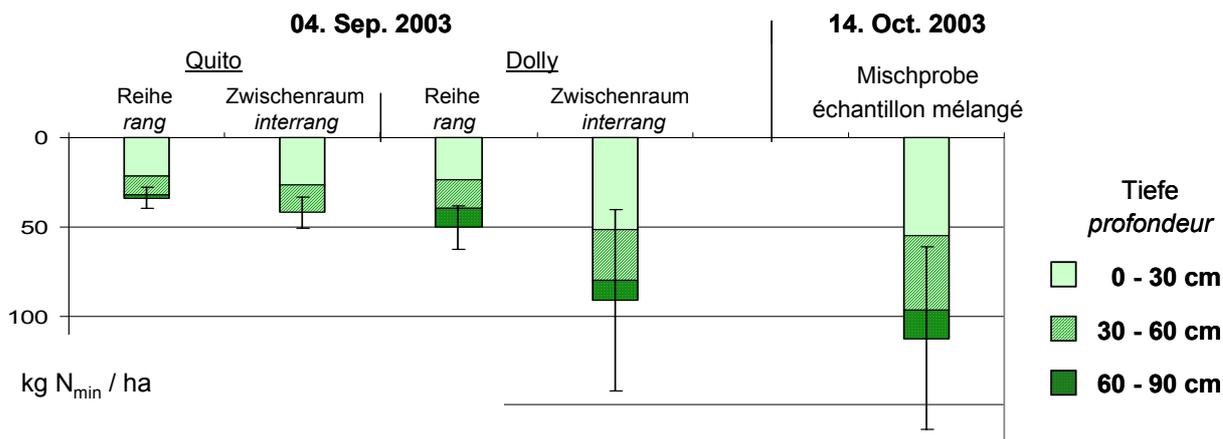


Fig. 49 : N_{min} après récolte du soja fonction de la variété et du point de mesure, D-Buggingen 2003

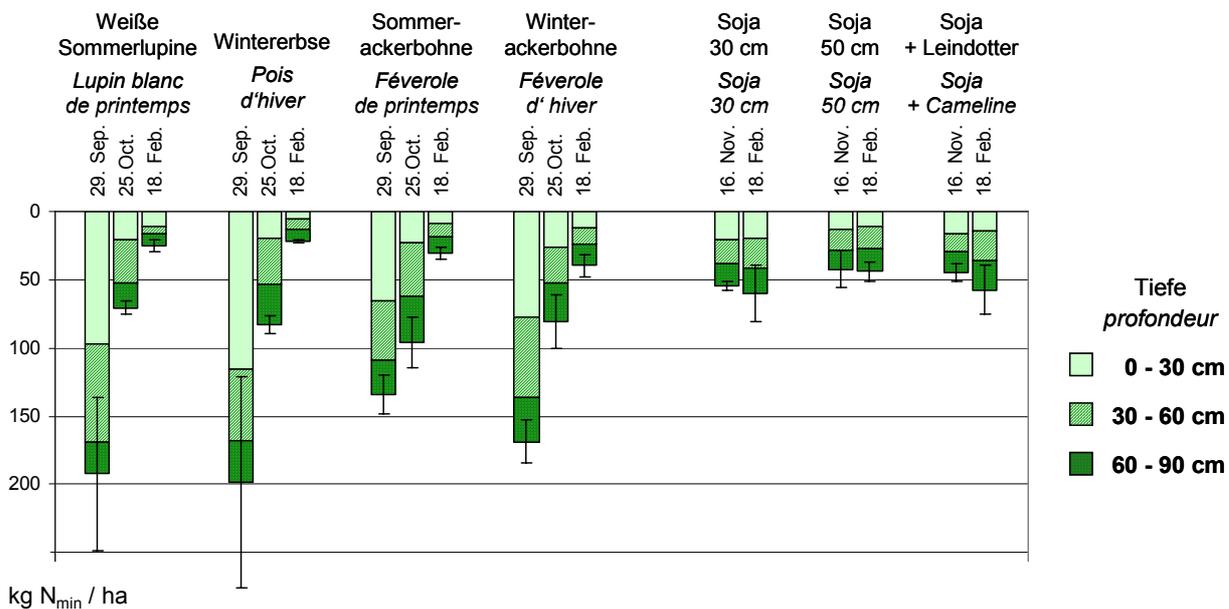


Fig. 50 : N_{min} -développement après la récolte de différents protéagineux, D-Heitersheim 2004/2005

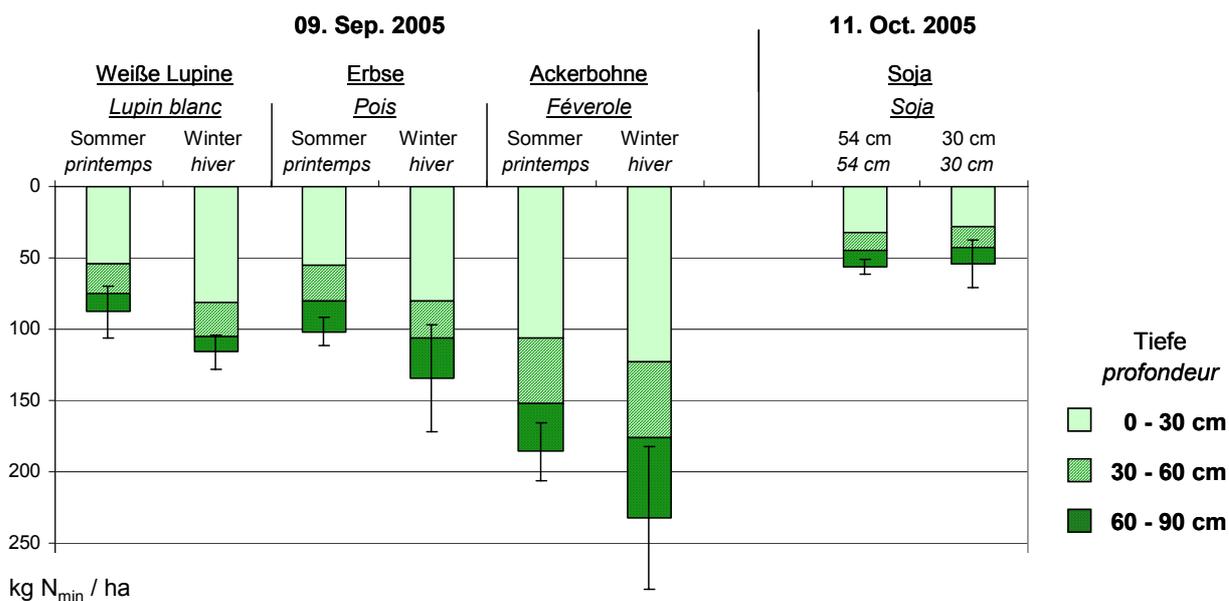


Fig. 51 : N_{min} après la récolte de différents protéagineux, D-Heitersheim/Buggingen 2005

2003

Absence de données pour 60-90 cm pour l'interrang de la variété Quito car la tarière n'a pas pu descendre suffisamment profondément.

Mi août, un égrenage assez important avait déjà eu lieu pour la variété Dolly. Selon nos calculs, ceci a correspondu en moyenne au plus à environ 40 kg N/ha. La chute des feuilles a également commencé plus tôt chez Dolly que chez Quito.

Le 14.10.2003, seul un échantillon moyen a pu être prélevé, car la parcelle venait d'être travaillée juste avant. Le travail du sol ne peut pas cependant avoir déjà eu un effet significatif.

2004

En septembre, un mélange d'espèces a été semé en culture intermédiaire qui s'est bien développé jusqu'à fin octobre. A la place de l'essai soja, il n'a rien été semé étant donné la récolte plus tardive.

Les lupin blanc d'hiver et pois de printemps étaient trop irréguliers dans l'essai cette année là si bien que des prélèvements n'ont pas été faits car ils n'auraient rien donné de représentatif.

2005

Une seule date de prélèvements a pu être faite lors de la dernière année d'essais.

Alors que pour les autres cultures, quelques semaines s'étaient déjà écoulées depuis la récolte, le prélèvement a été fait le jour de la récolte du soja. De plus l'essai soja se trouvait en 2005 sur une autre parcelle.

Globalement il est évident que les teneurs en N_{min} après soja sont plus faibles qu'après les autres protéagineux. Un effet de l'écartement des rangs ou bien du sous semis de caméline n'a pas été observé.

Les différences entre les types hiver et printemps de pois, féverole et lupin blanc sont faibles et expriment dans leur classement les différences de développement végétatif.

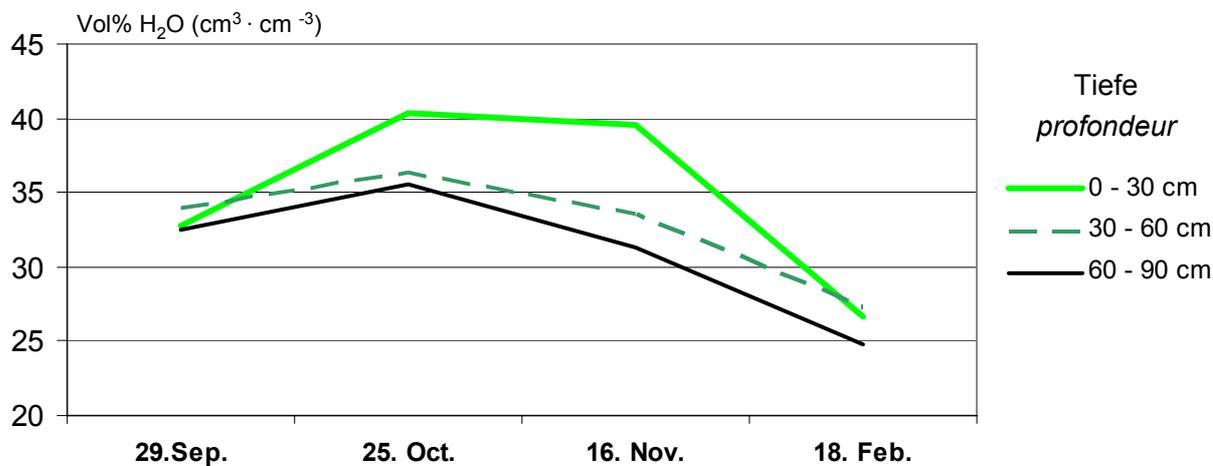
Au total, on retrouve après protéagineux des valeurs N_{min} plutôt assez importantes, exception faite du soja, toutefois comme le montrent les mesures faites à trois dates différentes en 2004, il existe de fortes fluctuations.

Dynamique de l'azote minéral N_{min}

La forte variation des valeurs N_{min} dans l'essai de Heitersheim, entre le 29.09. et le 25.10.2004, est particulièrement remarquable. Les pluviométries sur cette période ont été d'environ 90 l/m², la teneur en eau du profil (0-90 cm) a augmenté de 40 l/m². Le lessivage potentiel de 50 l/m² pourrait expliquer pour une porosité (volume de pores) de 50% une migration d'en moyenne 10 cm, mais n'explique pas la forte baisse de N_{min} dans l'horizon 0-60 cm. Des causes possibles à cette baisse des N_{min} pourraient être avant tout des pertes gazeuses (dénitrification, pertes d'ammoniac) et des fixations d'azote (culture suivante, immobilisation par la biomasse microbienne, fixation d'Ammonium aux argiles).

La Fig. 52 montre que la teneur en eau du sol était déjà relativement haute le 29.09.2004 et a atteint avec les précipitations enregistrées jusqu'au 25.10.2004 la capacité au champ

maximale. (la baisse apparente de la teneur en eau des horizons au 16.11. est sans doute expliquée par le fait que les prélèvements n'ont eu lieu que pour l'essai soja, où les couches de graviers étaient plus en surface et ainsi la capacité au champ plus faible).



16 Nov: autre place de prélèvement, sol superficiel

Fig. 52 : évolution de la teneur en eau du sol, D-Heitersheim 2004/2005

La saturation en eau du sol et les conditions anaérobies qui s'en suivent favorisent :

Dénitrification : la réduction de NO_3^- en N_2O et N_2 , qui quitte le système sous une forme gazeuse

Enrichissement en NH_4^+ , car la minéralisation se poursuit (NH_4^+ - libéré de sources organiques résidus de récolte), qui reste toutefois en deçà de la nitrification (oxydation de NH_4^+ vers NO_3^-) en situation de carence en oxygène. L'augmentation de la part de NH_4^+ dans l'azote minéral N_{min} total (NH_4^+ et NO_3^-) est facile à voir dans la Fig. .

NH_4^+ peut être à l'origine de pertes gazeuses (NH_3) ou bien être fixé de manière réversible aux argiles. En raison de sa faible signification malgré son enrichissement, le NH_4^+ est toutefois un indicateur de conditions de sol anaérobies à l'automne 2004, mais pas facteur principal de la baisse.

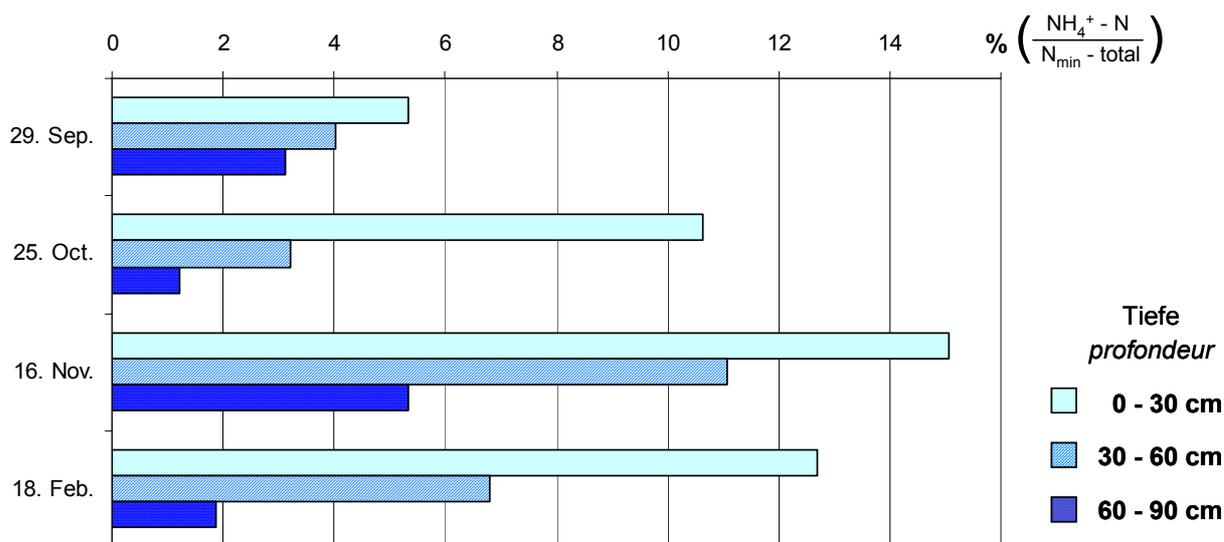


Fig. 53 : évolution de la part de l'azote Ammonium dans l'azote total minéral, D-Heitersheim 2004/2005

Les éléments principaux de la baisse de nitrates sont :

La dénitrification (cf. ci dessus)

L'absorption par la culture intermédiaire

- ⇒ comme en 2004 une culture intermédiaire s'est bien installée, l'absorption en N a du jouer un certain rôle.

L'immobilisation par les microorganismes

- ⇒ Cette hypothèse est crédible car la paille, qui possède selon l'espèce un C/N de 42 ou plus, a été incorporée au sol et que les conditions chaudes et humides ont favorisé une bonne activité du sol.

Estimation des pertes par lessivage possibles

Dans les conditions techniques de mesures réalisées, il n'était pas possible de quantifier les parts des différentes pertes d'azote. De plus il y a quelques incertitudes car les températures moyennes sont souvent même en hiver au dessus 0°C et peuvent avoir permis une poursuite des processus biologiques du sol.

Pour les sols limoneux et profonds de la zone allemande du projet, sous acceptation d'un volume de pores total de 50%, un volume d'eau dans les pores de 40% et une profondeur de 90 cm, il a été réalisée les estimations suivantes de lessivage :

2003

Teneur en eau du sol mesurée le 14.10.2003 : 23%

→ capacité de stockage restante : $(40-23)\% \times 90 \text{ cm} = 153 \text{ l/m}^2$

Précipitations du 14.10.2003 - 30.04.2004: 319 l/m²

→ lessivage maximum : $(319-153) \text{ mm} \times 2 = 33,2 \text{ cm}$

2004

Lessivage estimé 29.09. - 25.10. (cf. ci dessus) : 10 cm

Précipitations 25.10.2004 - 18.02.2005 : 183 l/m²

→ lessivage max. (capacité au champ) : 183 mm x 2 = 36,6 cm

Précipitations 16.11.2004 - 18.02.2005 : 43 l/m²

→ lessivage max. (capacité au champ) : 43 mm x 2 = 8,6 cm

Différence en teneur en eau du sol 18.02.2005 contre 25.10.2004 : 91 l/m²

précipitations 18.02.2005 - 30.04.2005 : 178 l/m²

→ lessivage max.: (178-91)mm x 2 = 17,4 cm

2005

Teneurs en eau du sol mesurées

09.09.2005 (Heitersheim) : 31% et 11.10.2005 (Buggingen) : 43%

En utilisant les valeurs estimées de lessivage, les teneurs en azote N_{min} mesurées ainsi que l'acceptation qu'une répartition homogène sur les 30 cm de l'horizon on trouve les valeurs suivantes pour le lessivage N jusqu'à fin avril de l'année suivante :

Soja (2003) : 20 kg N/ha

Soja (2004) : 15 kg N/ha

Lupin blanc (2004) : 38 kg N/ha

Pois hiver (2004) : 52 kg N/ha

Féverole printemps (2004) : 58 kg N/ha

Féverole d'hiver (2004) : 54 kg N/ha

En raison d'évapotranspiration également en hiver et un lessivage non total de l'azote dans le processus de lessivage (mélange de l'eau de pluie et de l'eau du sol, *diffusion en retour*) ces valeurs peuvent être considérées comme des maximums. Un lessivage d'azote avant les prélèvements apparaît comme improbable au regard des humidités du sol. L'effet des processus de libération et de fixation d'azote en hiver ne peut pas être quantifié.

4.7.2.2 Comparaison entre espèces et entre les formes hiver et printemps (F-Sausheim et F-Elsenheim, 2004)

Reliquats azotés après récolte et facteurs déterminants

Importance du site

Comme le montre la figure ci-dessous, les différences les plus importantes de reliquats azotés sont liées au site, donc aux caractéristiques du sol. Les reliquats sont beaucoup plus faibles sur les parcelles de Sausheim que sur celles d'Elsenheim, où le sol est très humifère (le taux de matière organique s'élève à 4 et 12 %).

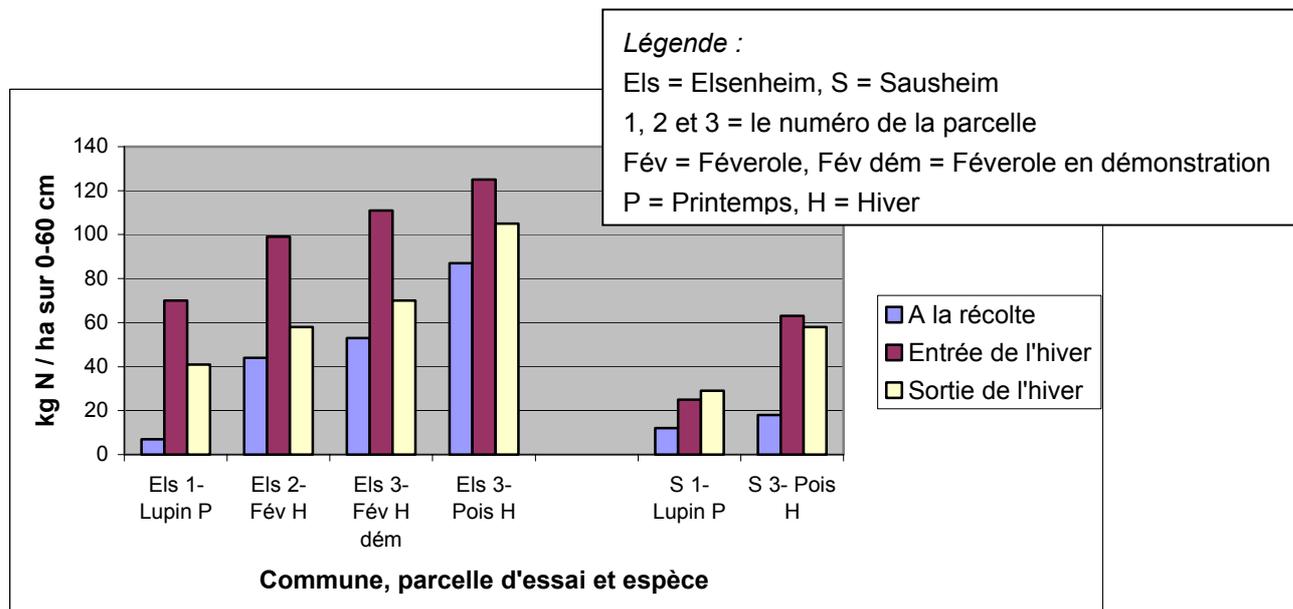


Fig.54 : Reliquats azotés à la récolte, à l'entrée et à la sortie de l'hiver selon le site et l'espèce (F-Elsenheim et F-Sausheim 2004)

Impact de l'espèce

A Elsenheim, où il y a le même type de sol entre les essais et des conduites homogènes, les différences semblent ensuite liées à l'espèce, et le classement des différents protéagineux en terme de reliquats azotés est le même pour les 3 dates de prélèvement, y compris après la période de drainage hivernal (figure ci-dessus) : les reliquats azotés sont les plus élevés après pois et les plus faibles après lupin. Ils sont intermédiaires pour la féverole.

Plus précisément, sur les horizons 0-30 cm et 60-90 cm, le pois a toujours eu des valeurs plus importantes de reliquats azotés que la féverole ou le lupin, tandis que sur l'horizon 30-60 cm, le pois et la féverole ont des niveaux de reliquats azotés à peu près similaires et supérieurs à ceux du lupin (figure 55).

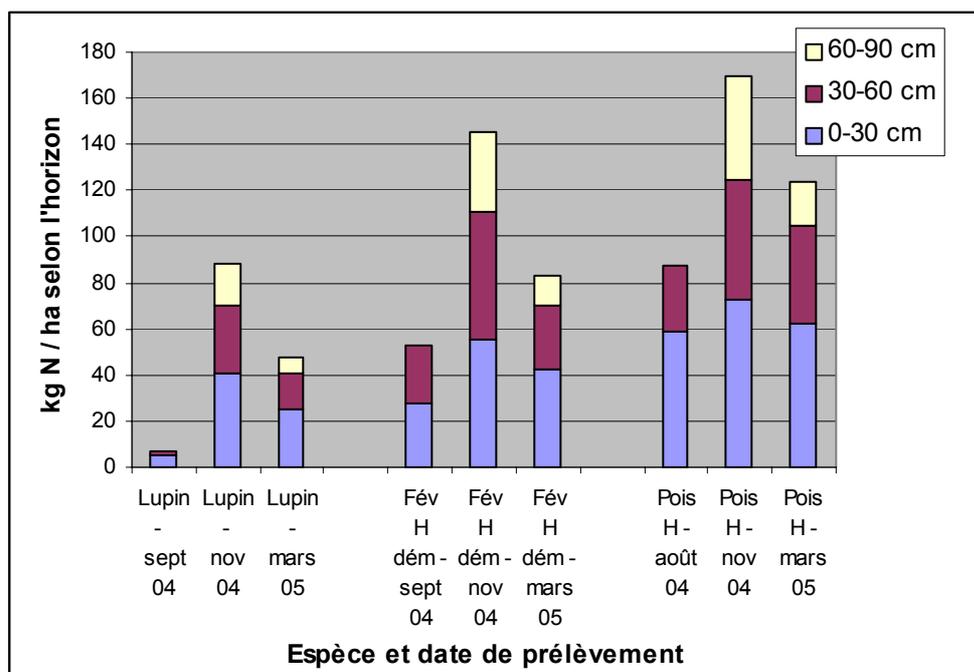


Fig.55 : Reliquats azotés sur les sites d'Elsenheim selon l'espèce, l'horizon et la date de prélèvement (F-Elsenheim 2004)

N.B. : il n'apparaît pas de valeur de reliquat à la récolte pour l'horizon 60-90 cm, car il n'a pas été possible de faire de prélèvement sur cet horizon à cette date.

A Sausheim, les reliquats sont difficiles à comparer entre le pois et le lupin, car la gestion de la post-culture a été très différente :

- après lupin : faible travail du sol et implantation d'un engrais vert 2 semaines après la récolte de l'essai,
- après pois : plusieurs passages pour déchaumer et préparer le semis d'une céréale d'hiver en novembre, donc plusieurs mois sans véritable couverture du sol.

Impact du type de variété (hiver ou printemps) ?

Cet impact se révèle difficile à évaluer car peu de valeurs sont utilisables.

Pour le lupin, le développement des variétés d'hiver et leur rendement a été trop faible, pour que la comparaison avec les variétés de printemps soit réalisable.

Pour la féverole, les variétés de printemps à Sausheim ont été détruites par les pucerons et à Elsenheim, le prélèvement de sol s'est avéré impossible, pour ces variétés, au delà de 30 cm de profondeur en raison de cailloux et pierres.

Pour le pois, les variétés de printemps à Sausheim ont eu leur développement et leur rendement très pénalisés par les pucerons par rapport aux variétés d'hiver. A Elsenheim, l'impact des pucerons a été beaucoup plus faible, mais en raison des mauvaises conditions climatiques en juillet, les pois d'hiver comme de printemps n'ont pu être récoltés que fin juillet, alors que les variétés d'hiver étaient arrivées à maturité depuis presque un mois.

On peut relever seulement qu'à Elsenheim à la récolte, les reliquats semblent un peu plus faibles pour le pois de printemps que celui d'hiver. Mais à l'entrée de l'hiver, le classement s'inverse en raison de reliquats azotés sur l'horizon 30-60 cm plus importants pour le pois de printemps que celui d'hiver (figure 56). Cependant cette observation demande à être confrontée à d'autres mesures.

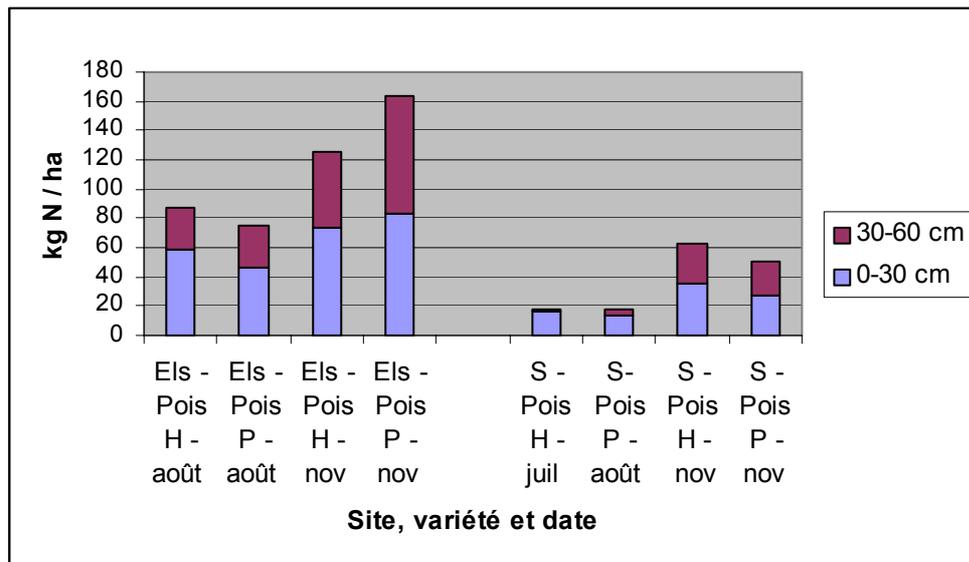


Fig.56 : Reliquats azotés après pois selon la variété, le site et la date de prélèvement

Pertes azotées hivernales

Le site (donc, en grande partie, le type de sol) semble aussi le facteur le plus déterminant du niveau des pertes azotées hivernales : ces dernières sont plus faibles sur les parcelles de Sausheim que d'Elsenheim (figure 57).

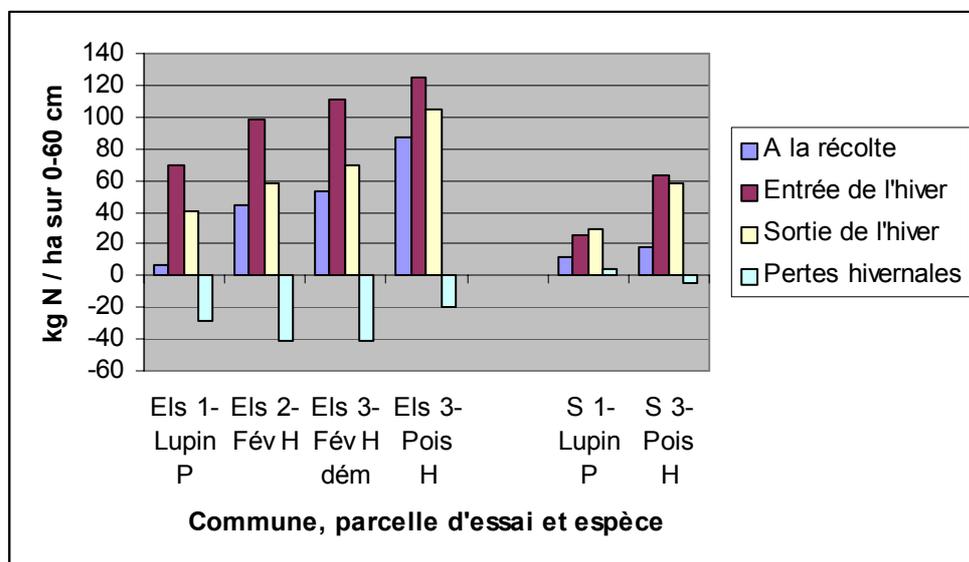


Fig.57 : Reliquats azotés à la récolte, à l'entrée et la sortie de l'hiver et pertes azotées hivernales estimées selon le site et l'espèce

A Elsenheim, pour le lupin et la féverole, le pourcentage de reliquat probablement lessivé pendant l'hiver (40 % environ) est d'ailleurs assez proche de celui défini selon le modèle de Burns (7.7.2.2.) à partir des conditions pédoclimatiques et en l'absence de culture intermédiaire (figure 57 et tableau 48).

Pour le pois, les pertes hivernales apparentes (entre fin novembre et fin mars) sont plus faibles que celles définies par ce modèle. Et elles semblent plus faibles que pour le lupin et la féverole, alors que les reliquats à l'entrée de l'hiver étaient les plus importants après pois. Cependant la pluviométrie a été très importante en octobre, avec 171 mm, soit 63 % des précipitations de l'hiver 2004-05 (figure 58).

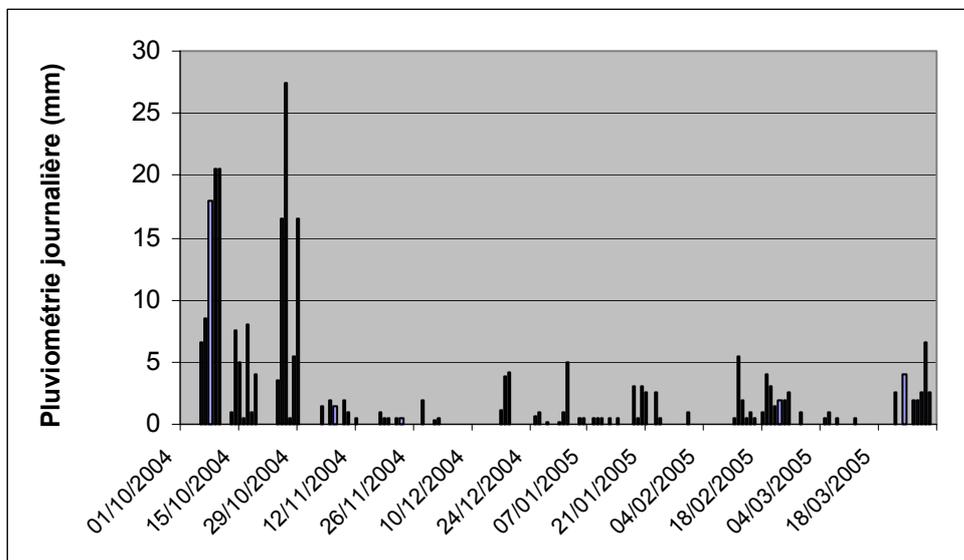


Fig.58 : Répartition de la pluviométrie hivernale (du 01/10/2004 au 31/03/2005) à Marckolsheim.

Etant donnée la récolte précoce du pois (en juillet), une bonne partie des résidus de récolte du pois devait être minéralisée en octobre. Suite à la saturation du profil en eau, ces reliquats azotés ont donc du descendre dans le profil et être en partie lessivés à l'automne avant le prélèvement réalisé à l'entrée de l'hiver fin novembre. La quantité lessivée estimée par la différence entre les reliquats mesurés à l'entrée et la sortie de l'hiver sous-évalue donc probablement la quantité réelle lessivée pendant l'hiver après pois.

A Sausheim aussi, le lessivage doit être sous-estimé étant donné les fortes précipitations d'octobre (251 mm) et le prélèvement d'entrée d'hiver intervenu en novembre.

La figure 55 montre d'ailleurs que les pertes azotées de décembre à mars pour le pois semblent concerner essentiellement l'horizon 60-90 cm, alors qu'elles concernent tous les horizons pour le lupin et la féverole.

Pour le lupin à Sausheim, où un engrais vert a été semé en septembre et retourné avant la fin de l'hiver, il ne semble pas y avoir eu de pertes d'azote, mais plutôt un léger gain (Fig. 57).

Reliquats azotés pour la culture suivante

La quantité de reliquats azotés restant à la fin de l'hiver pour la culture suivante est très variable et ne semble plus déterminée principalement par le site et/ou l'espèce. Elle est le résultat de nombreux facteurs, en particulier de la quantité à l'entrée de l'hiver et des pertes hivernales.

Ainsi il reste de 29 à 105 kg N /ha à la sortie de l'hiver, soit 14 à 40 kg N / ha en plus qu'à la récolte, selon le site et l'espèce (figure 59). Le reliquat à la sortie de l'hiver est le plus important après pois sur les deux communes, mais le gain par rapport à la quantité à la récolte est le plus important pour le pois à Sausheim et pour le lupin à Elsenheim.

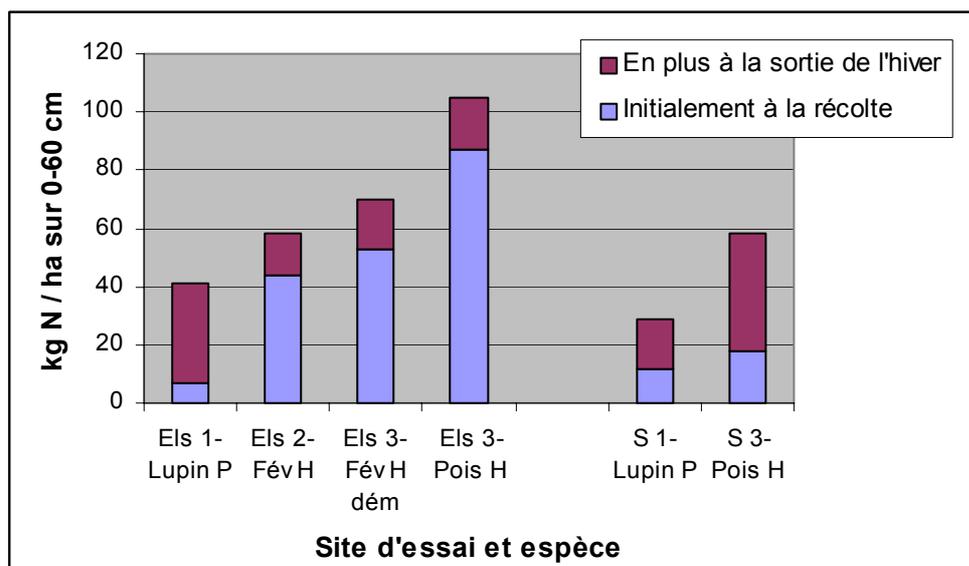


Fig. 59 : Gains azotés entre la récolte et la sortie de l'hiver selon la parcelle et l'espèce

4.7.3 Discussion de la dynamique de l'azote après protéagineux

Il est avéré que de nombreux phénomènes se déroulant dans le sol ont une forte influence sur les teneurs en azote minéral. A côté du lessivage, les phénomènes principaux pendant l'automne et l'hiver semblent être :

pertes gazeuses par dénitrification (N_2 , N_2O) sous des conditions anaérobies

fixation temporaire de l'azote (culture intermédiaire, microorganismes)

minéralisation de l'azote continue par dégradation des résidus de cultures (culture principale et engrais vert) ou des microorganismes

Ces processus sont fortement conditionnés par le sol et le climat et en raison des différents effets de leur action ne sont pas quantifiables à l'aide d'un bilan N_{min} . Les valeurs de pH les plus fréquentes dans le Rhin supérieur sont comprises entre 6 et 8 et favorisent la dénitrification. Les valeurs élevées de pH et les fortes températures diminuent la part du gaz à effet de serre N_2O dans les émissions gazeuses issues de la dénitrification au profit de N_2 (Scheffer, 1998).

Les valeurs élevées de pH favorisent également les émissions d'ammoniac (NH_3) du sol où l'ammonium (NH_4^+) ne représente qu'une faible part de l'azote total. La transformation de NO_3^- en NH_4^+ n'a pas une forte signification selon la bibliographie.

Lors de la dégradation de 3 t/ha de paille de céréales, environ 20 kg N_{min} /ha peuvent être immobilisées par les microorganismes (Baeumer, 1992). Si l'on considère le rapport C:N d'environ 42 et plus mesuré dans les pailles de légumineuses, on peut penser que l'ordre de grandeur doit être assez voisin.

Une estimation sûre des pertes en azote liées au lessivage des nitrates ne semble donc possible que par des moyens de mesure directe de l'eau d'infiltration, ce qui signifie des moyens techniques plus importants. Il n'en est pas moins vrai que les calculs réalisés donnent un point de repère pour l'ordre de grandeur et les éventuelles différences entre cultures.

Danger potentiel

Un lessivage d'azote de 20 kg N/ha pour une eau drainante de 300 mm correspond à une concentration en nitrates d'environ 30 mg/l de l'eau de cette eau. Selon les travaux réalisés, la culture de soja ne conduit pas à des valeurs qui soulèvent pas trop de critiques. Des valeurs plus élevées sont retrouvées après lupin blanc et encore plus fortes après pois et féverole, bien qu'il faille prendre les valeurs absolues avec précaution. Des différences entre types hiver et printemps de protéagineux n'ont pas pu être mises en évidence.

Comme il existe dans les sols une forte dynamique de l'azote (surtout pour des sols à fortes teneurs en humus) indépendamment de la couverture du sol, il convient dans la protection de la nappe phréatique d'attribuer autant d'attention aux caractéristiques du sol qu'à la culture en place. Dans les sols superficiels chargés en cailloux, des fortes quantités d'eau drainante peuvent se rencontrer et lessiver les horizons de surface du sol riches en N, ce qui ne se produit pas dans les sols de limons profonds allemands.

Une couverture des sols avec une culture intermédiaire sur les sols superficiels apparaît donc adaptée. Pour la culture du soja, on ne peut pas parler d'un renforcement du risque de lessivage de nitrates après la récolte en comparaison des espèces qui ne sont pas des légumineuses. Après d'autres protéagineux (en particulier pois et féverole), le risque peut être fortement augmenté, mais il est peut être géré par la mise en place immédiate de culture intermédiaire.

4.8 Discussion générale

Situation actuelle et développement futur

En raison de la supériorité économique de la culture du soja, sur les secteurs favorables à la sa production biologique, il ne faut pas compter sur un élargissement de la culture des autres espèces de protéagineux. Alors que l'on conseille de ne pas faire revenir le soja avant 4 ans sur une même parcelle, il serait possible d'augmenter la part des protéagineux par l'introduction d'autres espèces dans la rotation. Ceci est intéressant si l'on considère qu'avec la culture du soja pour la production de tofu, une grande part de l'azote fixé est exporté, et que d'autres protéagineux laissent plus d'azote dans le sol et permettent de plus un meilleur approvisionnement net d'azote dans le cycle de l'exploitation, via leur valorisation fourragère et les effluents d'élevage (ceux de l'exploitation ou bien de partenaires).

Sur les sites non adaptés à la culture de soja et pour les exploitations sans élevage, pour que les cultures de protéagineux se développent, il apparaît avant tout nécessaire que se développe le marché des aliments fourragers biologiques (ou bien du marché des produits à base de lupin pour l'alimentation humaine).

Cultures

L'adaptation du soja au Rhin supérieur caractérisé par des étés chauds est très bonne. Si le site ne présente pas de handicaps pour la culture, celle-ci est la plus intéressante des protéagineux surtout parce que son marché est porteur.

Pour les sites à l'alimentation en eau limitante (sols superficiels, sans irrigation), le pois d'hiver semble le mieux adapté à considérer que les autres caractéristiques du sol sont favorables au pois.

La féverole d'hiver semble aussi présenter un intérêt dans le Rhin supérieur. Mais en raison de ses besoins plus importants en eau, elle possède moins d'avantages pour concurrencer le soja (avant tout sa bonne rusticité et son pouvoir d'étouffement des adventices)

Les pois et féverole de printemps en conditions irriguées peuvent atteindre des rendements élevés, mais dans les conditions de la plaine rhénane, semblent plus exposées aux pucerons et aux mauvaises herbes que les types hiver.

Des rendements assez stables ont été obtenus dans les essais en Suisse. Ces cultures restent très intéressantes pour leurs forts rendements en protéines.

Les lupins bleus sont aussi précoces que les pois de printemps et possèdent des teneurs en protéines bien plus élevées. Leur comportement cultural devrait faire l'objet de tests dans des sites français et allemands.

Le lupin blanc a un potentiel de rendement en protéines très élevé et une bonne valeur fourragère. Sa culture pourrait être intéressante à la condition que le marché fourrager biologique permette d'atteindre des prix adaptés. Il reste nécessaire de faire des progrès dans la lutte contre l'antracnose et de disposer de sites favorables.

Le lupin jaune possède la plus forte teneur en protéines des protéagineux locaux mais un rendement trop limité. L'arrivée de variétés résistantes à l'antracnose et plus productives pourrait permettre une alternative au soja.

Le pois chiche pourrait être intéressant dans les sites pauvres en eau de la région et s'avérer également économiquement par sa commercialisation dans la filière alimentaire bio. D'autres essais seraient à conduire.

La culture d'associations, telles que par exemple le pois d'hiver et le triticale en Alsace est intéressante sur le plan agronomique (protection sanitaire, exploitation du milieu) mais peut faire l'objet de critiques sur l'aspect rotation (introduction d'une légumineuse supplémentaire sans enrichissement en N). De plus, une commercialisation est guère envisageable à cause de parts variables dans la récolte. Les mélanges semblent donc uniquement conseillés sur des sites qui ne comprennent pas déjà 25 % ou plus de soja dans l'assolement et pour une valorisation directe dans l'alimentation à la ferme.

Techniques culturales

Il s'est avéré que dans de nombreux essais, le rendement en grains et le développement végétatif ont été corrélés. Cela signifie que les cultures protéagineuses doivent atteindre une certaine masse végétative afin de pouvoir optimiser les fonctions d'assimilation et de remplissage du grain. Ce point se recoupe avec le pouvoir de compétition des plantes autres facteur très important en production biologique. Il convient donc de souligner encore une fois qu'un semis en bonnes conditions et de bonnes conditions de développement des cultures concourent à sécuriser l'obtention d'un haut rendement. Cela peut être favorisé par avant tout le choix du site et de la date de semis ainsi qu'un travail du sol adapté et une irrigation bien raisonnée au bon moment.

Pour la lutte contre les mauvaises herbes, deux stratégies se distinguent :

directe : écartement aussi large que possible, couverture tardive du sol par la culture → interventions intensives, rôle de la culture mineure

préventif : écartements étroits (tout juste encore binable ou bien écartements céréales avec passage herse étrille) → courte période d'interventions puis relai par le pouvoir de compétition de la culture

Le choix de la stratégie tient d'une part au potentiel de compétition de la culture (par ex. : féverole> soja> lupin) et d'autre part à l'objectif de production (optimisation du rapport coût/utilité, recherche de haute qualité (pureté), etc.) . La lutte par passage précoce de herse étrille, qui est indépendante de l'écartement, s'est montrée comme très favorable pour la destruction des mauvaises herbes estivales à petites graines. Le binage est indispensable pour des écartements importants. D'autres appareils peuvent être employés, plutôt en complément, afin d'optimiser le désherbage sur le rang (bineuse à doigts) ou bien réaliser une intervention supplémentaire entre l'étrillage de pré-levée (en aveugle) et celui sur des populations installées (par ex. par désherbage thermique).

Approvisionnement en protéines dans la production biologique animale

L'approvisionnement en protéines n'est pas qu'un problème quantitatif mais aussi qualitatif.

Tous les protéagineux montrent des faiblesses dans leur qualité fourragère (entre autres faibles teneurs en méthionine, facteurs anti-nutritifs).

Le soja a une qualité fourragère élevée (après toastage), mais n'est actuellement presque qu'exclusivement utilisé pour la production de tofu dans la région. Cela pourrait changer dans le futur car une forte demande existe.

Parmi les autres protéagineux courants, le lupin présente la meilleure qualité fourragère, mais une plus faible sécurité de rendement, tandis que les prix payés ne sont pas meilleurs.

La valeur fourragère des protéagineux peut être améliorée par le choix variétal et les interventions de post-récolte. La combinaison avec d'autres produits fourragers augmente la valorisation des protéines. Une alimentation suffisamment riche en protéines pour les domaines de haute performance (lait) ne semble toutefois actuellement guère possible sans le recours aux produits hautement concentrés en protéines comme par ex. le tourteau de soja.

On peut citer comme stratégies possibles et combinables de sécurisation de l'approvisionnement en protéines dans l'alimentation animale en agriculture biologique :

- ⇒ Fortes avancées dans la qualité fourragère des protéagineux locaux
- ⇒ Progrès dans la sécurisation et le niveau du rendement du lupin
- ⇒ Des prix en rapport avec la qualité sur le marché des aliments fourragers bio
- ⇒ Acceptation sur le long terme des importations de soja bio si sécurisation de marchandises non OGM
- ⇒ Sortie des productions à hautes performances, car des productivités moyennes peuvent être couvertes des produits fourragers bio disponibles

Rotation et protection de l'environnement

Il faut trouver un compromis dans la problématique des résidus en azote après la récolte des protéagineux. D'un côté, l'apport d'azote à partir du cycle de l'exploitation est souhaité et nécessaire, et l'azote doit être maintenu disponible pour la culture suivante, de l'autre côté le lessivage en nitrates doit être évité.

Le compromis dépend avant tout de la parcelle, du type de sol et du risque de lessivage. La rotation joue un rôle fondamental (type de protéagineux, résidus N, date de récolte, culture suivante). La mise en place d'une culture intermédiaire est intéressante dans la plupart des cas également pour l'effet sur la structure du sol. Il existe de nombreux travaux qui permettent de faire le choix de la date optimale d'implantation et de l'espèce à semer.

Une production de plus de cultures d'hiver aurait plusieurs avantages dans le Rhin supérieur : Une culture suivante semée à l'automne pourrait contribuer directement à la protection de la nappe phréatique. Par ailleurs, le développement de la flore adventices estivale serait défavorisé et l'efficacité de l'utilisation de l'eau améliorée.

Perspectives

Il existe encore de forts potentiels de progrès génétique par la sélection, en particulier :

Lupin blanc : résistance à l'antracnose, variétés hiver plus résistantes au froid et à la croissance plus rapide

Lupin bleu : teneurs en protéines plus fortes

Lupin jaune : augmentation du potentiel de rendement

Pois et féverole : amélioration de leur valeur fourragère.

D'autres stratégies pour améliorer la maîtrise des mauvaises herbes sont imaginables :

Lupin : binage précoce + herse étrille, binage tardif + buttage

Soja : semis dans mulch (de telles initiatives existent déjà dans la pratique), optimisation possible par des techniques de semis adaptées

En général : combinaison de semis avec fraissage sur les rangs dans un couvert et travail avec un appareil à mulcher l'interrang.

5 Conclusions

Recommandations pour la production biologique de protéagineux dans le Rhin supérieur

Du point de vue économique pour l'exploitation agricole, la production de soja pour la transformation en tofu est à recommander sous respect des limites connues pour le choix des sites et des rotations. Les limites pour la culture du soja résident dans les secteurs froids, les sols séchants sans possibilité d'irriguer ainsi que le respect d'une part limitée dans l'assolement.

- la lutte contre les mauvaises herbes habituellement réalisée en production de soja avec combinaison de passages de herse étrille et de bineuse est efficace mais elle génère un coût élevé. Un semis décalé rend possible une lutte mécanique intensive avant le semis ainsi qu'un développement plus rapide des plantes de soja. Suivant le site, le semis peut être retardé jusqu'à la mi-mai sans réduction de rendement et retards de maturité.
- La réduction de l'écartement entre rangs peut permettre de diminuer le nombre d'interventions mécaniques nécessaire par une couverture du sol plus rapide. Comme dans ce cas, l'emploi au bon moment et avec efficacité de la herse étrille devient fondamental, cette stratégie est avant tout adaptée aux sols légers.
- Une lutte contre les adventices optimale est possible pour le soja semé à fort écartement grâce à la combinaison d'une bineuse à pattes d'oie et d'une bineuse à doigts (Kress). Le désherbage thermique peut servir d'intervention complémentaire entre un passage de herse étrille en pré-levée (en aveugle) et en post-levée.

Lorsque les conditions locales ou la rotation limitent la culture de soja, les pois et féverole d'hiver sont d'autres protéagineux qui sont envisageables dans la plaine du Rhin supérieur, car ces cultures sont suffisamment tolérantes au froid et offrent des rendements plus élevés et surtout plus réguliers que les types printemps.

- avantages : avance de développement vis à vis des adventices estivales, meilleure valorisation de l'humidité du sol, floraison plus précoce, moindre sensibilité vis à vis des pucerons
 - variétés conseillées pour le Rhin supérieur : pois d'hiver Cheyenne et Lucy, féverole d'hiver Diva
 - date de semis optimale : mi à fin octobre
 - désherbage avec la herse étrille pour des écartements étroits (céréales)
 - densité : elle peut être réduite à environ 40 graines germantes par m² pour la féverole d'hiver grâce à la ramification à la base des plantes qui donne plusieurs tiges. Les pois d'hiver nécessitent en revanche la même densité que les pois de printemps, mais ils possèdent un plus petit PMG, ce qui permet de réduire le coût du poste semences.
 - L'irrigation est aussi performante et augmente le rendement potentiel pour les pois d'hiver et surtout la féverole d'hiver.
- ⇒ Les pois d'hiver permettent d'exploiter au mieux les pluies du printemps grâce à leur précocité remarquable à la floraison et à la maturité.

- ⇒ Les féveroles d'hiver se démarquent sur le plan de leur grand pouvoir de compétition vis à vis des mauvaises herbes.

Dans les essais avec des pois de printemps en Alsace, les variétés NITOCHE et HARDY se sont montrées adaptées à la production biologique. En présence de bonnes réserves hydriques des sols ou d'irrigation, les rendements peuvent dépasser les 40 q/ha. Toutefois, en raison des risques plus importants liés aux pucerons ou aux adventices estivales la régularité de rendement est moins bonne que chez les pois d'hiver. Les espèces de lupins possèdent un fort potentiel de rendement en protéines et en qualité. Des rendements intéressants et assez réguliers ont pu être atteints dans les essais en Suisse. Il existe toutefois différentes limites qui doivent être prises en compte dans la décision de production.

- Les caractéristiques du sol : les lupins ont montré une forte variabilité de développement selon les sites. Des perturbations dans la croissance et des chloroses sont surtout, selon les connaissances actuelles, occasionnées par des sols à fortes teneurs en calcaire actif et ou bien asphyxiants. Les lupins bleus réagissent encore plus fortement à ces aspects.
- Anthracnose : les lupins blancs et jaunes sont très sensibles à cette maladie transmise par les semences, et qui peut occasionner des gros dégâts même par de très faible attaque primaire. Des moyens de lutte fiables ne sont pas encore ne sont, jusqu'alors, pas encore connus. Aucune attaque conséquente n'a été relevée chez le lupin bleu.
- Mauvaises herbes : le développement des lupins est très lent et le pouvoir de compétition faible, ce qui occasionne souvent de forts problèmes de salissement en adventices en production biologique.
- Les dégâts de faune sauvage : dans les sites où il n'existe pas d'alternatives pour s'alimenter, les cervidés et les lièvres peuvent occasionner des dégâts considérables durant toute la période de végétation.

⇒ Les lupins bleus sont donc plus conseillés pour la production biologique de par leur plus grande régularité de production mais ils offrent la qualité fourragère la moins intéressante au sein de la famille des lupins. Les variétés BORLU et BOLIVIO se sont montrées productives et peuvent atteindre des rendements en protéines de 8 q/ha. La variété monotige SONET est encore plus précoce et a été également cultivée avec succès.

⇒ Les lupins blancs possèdent un rendement potentiel plus élevé. La variété AMIGA a atteint en Suisse des rendements moyens en protéines de plus de 10 q/ha. Mis en parenthèse a sensibilité à l'anthracnose, sa production est intéressante. Les variétés hiver de lupin blanc ont parfois atteint de forts rendements mais se sont montrées dans la plupart des situations comme trop risquées pour la production dans le Rhin supérieur.

⇒ Le lupin jaune possède la plus forte teneur en protéines et le rendement potentiel le plus faible au sein de la famille des lupins. Des essais supplémentaires seraient nécessaires pour investiguer l'augmentation du rendement et la lutte contre l'anthracnose.

Afin de préserver la nappe phréatique des apports de nitrates et de préserver le cycle sur l'exploitation de pertes d'azote, des mesures culturales adéquates doivent être engagées parmi lesquelles la date du travail du sol et le choix de la culture suivante voir de la culture

intermédiaire sont particulièrement importantes. Le risque potentiel est afin tout déterminé par les caractéristiques de la parcelle. Les plus fortes teneurs en azote minéral dans le sol sont à attendre après les cultures de pois et de féverole et non derrière une culture de soja. Les lupins se positionnent vraisemblablement à un niveau intermédiaire.

Recommandations pour d'autres projets et la poursuite de travaux de recherche

Afin de sécuriser l'approvisionnement en protéines dans l'alimentation animale en agriculture biologique, et de renforcer la part de protéagineux locales, il convient à côté des exigences liées à la production de rechercher également des améliorations du marché des produits fourragers biologiques. L'orientation vers des prix qui rémunèrent la qualité (teneur et valeur des protéines, digestibilité) a une importance particulière, dont pourraient profiter les lupins mais aussi les nouveautés de la sélection.

Pour les secteurs de moyenne montagne en Suisse (trop froides pour la culture de soja, mais douce et relativement bien arrosés), les féveroles d'hiver pourraient avoir un intérêt. Il conviendrait de comparer leur comportement et leur rendement en protéines en comparaison des lupins de printemps.

Le pois chiche et le lupin jaune ont montré quelque intérêt pour la région Rhin supérieur. D'autres essais seraient nécessaire afin de clarifier leur potentiel de rendement dans des conditions optimales.

Les résultats concernant les exigences des lupins bleus vis à vis des sols (pas de calcaire actif, sol bien aéré) doivent être confirmés, et leur niveaux de rendements précisés sous des conditions optimales en France et en Allemagne.

Travaux importants pour la sélection des protéagineux :

- Augmentation de la valeur fourragère (moins de facteurs anti-nutritifs, meilleure composition en acides aminés)
- Résistance à l'antracnose des lupins blanc et jaune
- Meilleure résistance au froid et développement plus rapide des lupins blancs d'hiver.

6 Résumé

Le projet a été réalisé de 2002 à 2005 avec des partenaires allemands, français et suisses. L'objectif était d'assurer l'atteinte de meilleurs rendements pour différents protéagineux, afin d'améliorer l'approvisionnement en aliments fourragers riches en protéines et la diversité d'espèces dans les successions culturales en agriculture biologique dans le Rhin supérieur.

Optimisation de la régulation des mauvaises herbes en production biologique de soja

Le soja est très attractif dans la région du projet grâce à la commercialisation favorable comme produit brut base du tofu mais aussi à sa qualité d'aliment fourrager, son rendement brut en protéines et sa bonne adaptation au milieu. Les limites à sa production résident dans les situations froides, les sols secs sans possibilité d'irrigation ainsi que dans une fréquence de retour dans la rotation limitée. La lutte mécanique usuelle à l'aide de passages de herse étrille et de bineuse est efficace, mais elle reste coûteuse. Un retard du semis jusqu'à mi mai ainsi qu'une réduction de l'espace entre-rangs pourraient renforcer le pouvoir de compétition du soja vis à vis des adventices et réduire le nombre de passages nécessaires. Pour ce faire, il convient de s'assurer que le soja arrivera bien à maturité et que l'étrillage pourra intervenir tant que les adventices sont encore petites.

La meilleure maîtrise des adventices a été obtenue avec le passage combiné de socs de bineuse entre les rangs et de roues à doigts en forme d'étoiles pour désherber sur les rangs.

Alternative : pois d'hiver et féverole d'hiver

Les variétés de type hiver de pois et féverole sont semées dès la seconde moitié d'octobre et se mettent en place pendant l'hiver. En production biologique, leur précocité est décisive dans l'atteinte de bons rendements en comparaison des types printemps plus exposés à la sécheresse, aux mauvaises herbes estivales et aux attaques de pucerons.

Le pois d'hiver exploite de manière optimale les précipitations du printemps grâce à une floraison et une maturité très précoces. La féverole d'hiver se distingue par son excellent pouvoir de compétition vis à vis des mauvaises herbes.

Possibilités et limites de la culture de lupin

Le lupin peut atteindre de hauts rendements en protéines mais il doit pour cela être cultivé dans un site à faible pression en adventices et non sujet aux dégâts de gibiers, où le sol est non tassé et sans forte teneur en calcaire.

Des rendements réguliers et compétitifs ont été obtenus dans les essais en Suisse. Le lupin blanc est sensible à l'anthracnose qui ne peut être combattue avec fiabilité en l'absence de traitements chimiques. Pour cette raison, le lupin bleu plus tolérant à l'anthracnose est mieux adapté en production biologique.

Les variétés d'hiver de lupin blanc atteignent de forts rendements dans quelques situations mais se montrent dans la plupart des cas très peu fiables pour une production dans le Rhin supérieur.

Autres légumineuses à grosses graines

De premiers essais ont montré que la culture de pois chiche dans les sites chauds et secs de la vallée du Rhin et celle de lupin jaune dans le nord-ouest suisse étaient possibles.

Résidus d'azote après la culture de protéagineux

En raison de résidus en azote en proportion plus élevés après cultures de pois et de féverole qu'après soja et lupin, il est conseillé dans les sites à risque de lessivage d'implanter une culture intermédiaire après ces deux espèces.

7 Annexes

7.1 Données météorologiques

7.1.1 Allemagne

La figure 60 présente les données météo de la station de l'IfU Müllerheim sur la totalité de la durée des essais. L'éloignement de la station météo des sites d'essais était de 5-8 km. En raison de différences et de spécificités locales fréquentes dans la région, des écarts conséquents peuvent s'être produits.

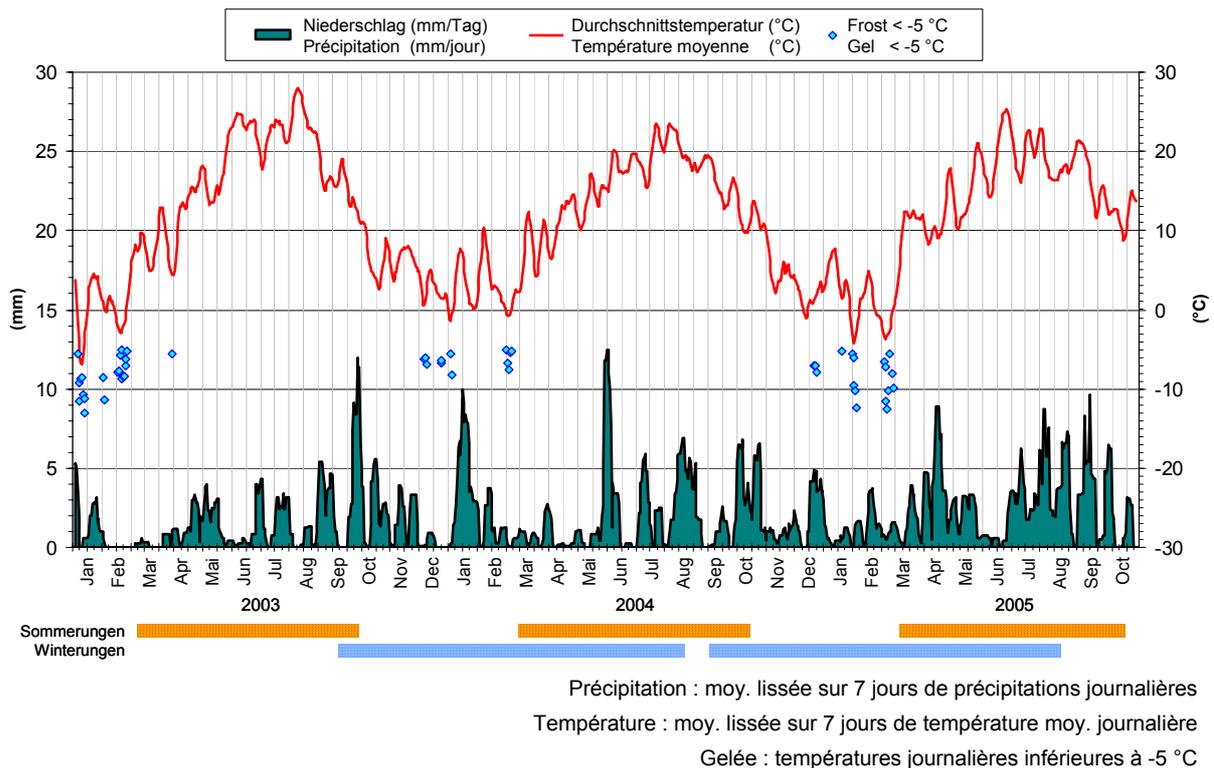


Fig. 60 : données météo dans la région du projet côté D pour 2003-2005

La figure présente les valeurs moyennes lissées sur 7 jours de températures moyennes quotidiennes et de précipitations moyennes journalières, ce qui signifie que chaque jour la valeur moyenne introduite est faite sur 7 jours (3 avant et 3 après le point de référence). Ainsi, les courbes de sommes de températures et de précipitations totales sont adoucies et en particulier les précipitations apparaissent comme des surfaces qui correspondent aux quantités d'eau et non pas une suite de lignes fines. Les pics de températures moyennes journalières ainsi que les épisodes isolés de pluie ne sont pas reconnaissables dans ce mode de description. Les valeurs de gels introduits en plus représentent au contraire l'apparition de températures basses journalières inférieures à -5°C.

Le Tab. 95 présente des données concernant les précipitations et les journées de fortes chaleurs ainsi que les gelées en hiver, qui permettent de comparer les années d'études. Les quantités d'eau supplémentaires apportées par irrigation peuvent être trouvées dans les chapitres 3 et 7 spécifiques aux conditions d'expérimentation.

Tab. 95 : données météo les plus significatives pour la comparaison des années d'essais dans la région de projet du côté D

	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>
Nombre de jours avec $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$	71	17	23
Pluvio. Avril (mm)	42	21	120
Pluvio. Mai - Juillet (mm)	141	196	213
Pluvio. Août (mm)	49	125	131
Pluies Avril - Août (mm)	232	342	464
Pluvio annuelle (mm)	553	760	-
Somme températures ¹ 15.10.-14.11. ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	161	279	-
Somme températures ¹ 15.11.-15.12. ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	179	95	-
<i>(période hivernale)</i>	<u>2003/04</u>	<u>2004/05</u>	
Nombre de jours avec $T_{\min} < - 5^{\circ}\text{C}$	12	17	
Nombre de jours avec $T(\emptyset) < 0^{\circ}\text{C}$	24	41	
Température la plus basse	- 8,2 $^{\circ}\text{C}$	- 12,6 $^{\circ}\text{C}$	

T_{\max} = température la plus forte

T_{\min} = température la plus basse

$T(\emptyset)$ = température moyenne quotidienne

¹ en base 0°C , pour 31 jours

7.1.2 Suisse

Tab. 96 : températures moyennes mensuelles et pluviométries pour les essais lupin de printemps des sites en Suisse

Année	Lieu	Meteostation	altitude.	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre	
				°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
2002	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.2	25	8.9	45	12.6	168	19.5	79	18.8	94	18.5	110	13.8	100
2002	Thun	Interlaken	580	6.4	99	8.7	75	12.3	147	18.4	151	17.6	179	17	143	12.6	176
2002	Wil	Schaffhausen	437	7	79	9.2	60	13.3	142	19.3	40	18.4	83	17.9	71	13.2	96
2002	Changins	Genf	420	7.8	57	10.5	23	13.4	149	20.5	64	19.8	118	18.6	90	15.1	29
2002	FAL	Zürich-Kloten	436	6.8	63	9	62	13	16.3	19.1	54	18.4	57	17.7	136	13	123
2003	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.7	16	10.6	54	15.3	80	23.3	21	21.3	68	23.8	59	15.5	46
2003	Katzenrüti	Zürich-Kloten	436	7	21	9.4	44	14.6	87	22.5	52	20.1	111	22.3	86	14.3	53
2004	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.7	16	10.6	19	13.2	51	17.7	70	19.4	71	19.8	80	16.4	35
2004	Wil	Schaffhausen	437	7.2	16	10.1	33	12.5	91	16.7	75	18.4	93	18.9	84	15.4	49
2004	Adlikon	Zürich-Kloten	436	4.3	55	9.7	29	12.1	115	16.5	134	18.1	123	18.8	74	15.2	68

Tab. 97 : températures moyennes mensuelles et pluviométries pour les sites des essais lupin d'hiver CH pendant la période de végétation

Année	Lieu	Meteostation	altitude	Jan.		Fev.		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Sept.		Oct.		Nov.		Déc.	
				°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
02	Möhlin	Basel-Binningen	316															13.8	100	10.8	155	7.9	177	5.1	47		
03				1.2	53	0.2	30	8.7	16																		
03	Reckenholz	Zürich-Kloten	436															14.3	53	6.4	164	4.8	67	0.8	42		
04				1.1	171	1.9	35	4.3	55	9.7	29	12.1	115	16.5	134	18.1	123	18.8	74	15.2	68						

7.1.3 France

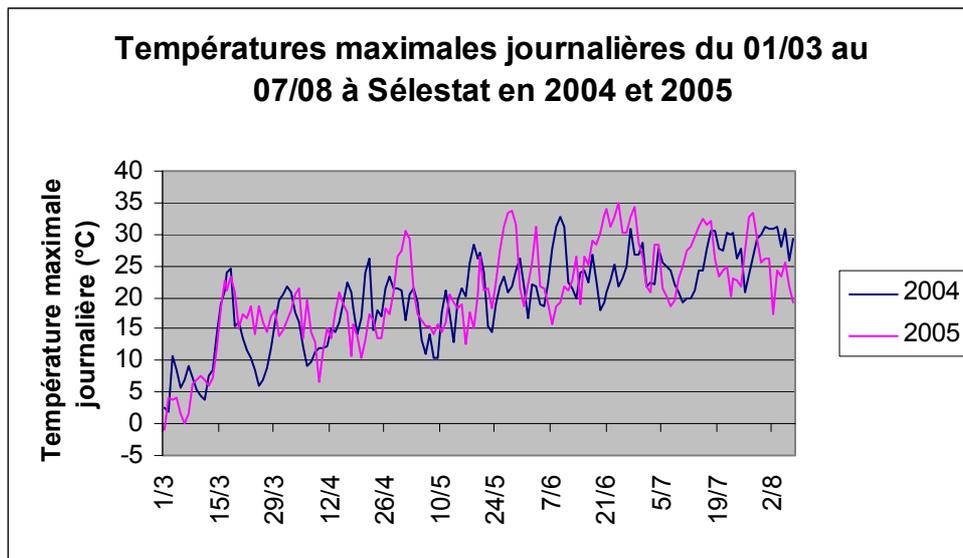


Fig. 61: températures maximales durant la période de végétation, Alsace 2004/2005

7.2 Enquêtes auprès des exploitants

7.2.1 Questionnaire d'enquête en Suisse pour la production de lupin 2001/2002

ANHANG C

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture
Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura
Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture

FRAGEBOGEN
LUPINEN-ANBAU IN DER PRAXIS

Name: _____
Adresse: _____
Telefonnummer: _____

Produktion gemäss Richtlinien : ÖLN BIO

Beschreibung der Parzelle:

Fläche (a): _____

Höhe: _____ m.ü.M.

Neigung: eben leicht geneigt stark geneigt
Ausrichtung nach: Süden Westen Norden Osten

Bodenbeschaffenheit: leicht schwer nass
Wasserhaushalt: neigt zu Trockenheit ausgeglichen neigt zu Vernässung

Für die folgenden Angaben benutzen Sie bitte die Bodenanalysen der Parzelle (sofern vorhanden):
pH: _____
Bodenart (z.B. schwach humoser, sandiger Lehm): _____

Versorgung Nährstoffe (Klassen): A=arm, B=mässig, C=genügend, D= Vorrat, E=angereichert

Nährstoffe	P:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E
	K:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E
	Mg:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E

Fruchtfolge

Vorkultur: _____
Zwischenkultur : _____

→ Bitte wenden 1/3

Sonstige Beobachtungen:

Lagerung: nein

ja, erstmals am: _____

stark schwach (zum Zeitpunkt der Ernte)

ca. ____ % der Parzelle

Wiederaustrieb: nein ja

stark schwach

besondere meteorologische Vorkommnisse (inkl. Zeitpunkt): _____

Krankheiten / Schädlinge

keine

Anthraknose (Brennfleckenkrankheit): orange-braune Flecken an Stängel oder Hülsen, Triebverdrehungen, Absterben der Nebentriebe während der Blüte

erste Beobachtung am : _____ Prozent der befallenen Pflanzen : _____ %

Stärke des Befalls: sehr stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)

andere: Symptome: _____

erste Beobachtung am : _____ Prozent der befallenen Pflanzen : _____ %

Stärke des Befalls: sehr stark mittel schwach

Ernte

Geerntet am: _____

Bedingungen bei Ernte: trocken feucht nass

Zeitaufwand Ernte: hoch, Ernte schwierig, weil _____

tief, Ernte problemlos

Feuchtigkeit der Körner bei Ernte: _____ %

Ertrag: _____ dt /ha

Verwertung

Verkauf an: _____

Einsatz auf Hof für Fütterung von (Tierart): _____

andere: _____

Zukunft

können Sie sich grundsätzlich vorstellen, nächstes Jahr wieder Lupinen anzubauen?

ja

nein, weil _____

Vielen herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit

7.2.2 Questionnaire d'enquête auprès des exploitations produisant du soja – D - 2003



Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland

Fragebogen

Ökologischer Körnerleguminosenanbau in der Praxis

Name/Betrieb: _____

Anschrift: _____

Telefon: _____ Fax: _____

e-mail: _____

Produktion gemäß: Verbandsrichtlinien: _____

EU-Ökoverordnung

Gesamtbetriebliche Daten

Betriebsfläche gesamt: _____ ha

davon: _____ ha Acker

_____ ha Dauergrünland

_____ ha Wald

_____ ha Dauerkultur

_____ ha Einjährige Sonderkulturen

Viehbestand: _____

Anbau von:

Soja auf _____ ha Ackerbohnen auf _____ ha

Erbsen auf _____ ha Lupinen auf _____ ha

Erbsen in Gemenge mit _____ auf _____ ha

Anwalt: _____

Marie Schloer
Benjamin Wolpert
45073317

Erwinstr. 7
70599 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-mail: bwwp@net.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711

1/2

Standort-Beschreibung

Höhe: von _____ bis _____ m ü. NN.

Klima:

Durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge: _____ mm

Niederschlagsverteilung: _____

Temperaturjahresmittel: _____ °C

Temperaturverlauf über das Jahr (z.B. wann wird's warm im Frühjahr): _____

Hauptstandorttypen: _____

Bodenwertzahlen: _____

Bodentypen: _____

Region: Nord 1 Süd

Anwalt: _____

Marie Schloer
Benjamin Wolpert
45073317

Erwinstr. 7
70599 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-mail: bwwp@net.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711

2/2

Kulturspezifischer Teil – Soja

Standort-Beschreibung

Boden

Bodenwertzahlen: _____

Bodentypen: _____

Bodenart (z.B. schwach humoser, sandiger Lehm): _____

Wasserhaushalt: neigt zu Trockenheit ausgeglichen neigt zu Vernässung

pH: _____

Nährstoff-Versorgung (Klassen): A=sehr niedrig, B=niedrig, C=optimal, D=hoch, E=sehr hoch

Nährstoffe P: A B C D E

K: A B C D E

Mg: A B C D E

Produktionsziel

die üblicherweise angebaute Sojamenge teilt sich auf in:

Futter: _____ ha

Saatgut: _____ ha

Konsumware: _____ ha

Sonstige: _____ ha (genauer: _____)

Diese Kultur wird seit _____ Jahren angebaut.

Fruchtfolge und Düngung					
Jahr		Jan. - März	April - Juni	Juli - Sept.	Oktober - Dez.
1	Frucht				
	Düngung				
2	Frucht				
	Düngung				
3	Frucht				
	Düngung				
4	Frucht				
	Düngung				
5	Frucht				
	Düngung				
6	Frucht				
	Düngung				
7	Frucht				
	Düngung				
8	Frucht				
	Düngung				

Arbeitsblätter
Hans Schloos
Benjamina Weigert

Erweitert, 7
70599 Stuttgart

1-61 4711 429 434
+49 711 4571242 oder 0711 458073317

3348961
Tel.: 4711 4571242 oder 4711 458073317

2/6

Arbeitsblätter
Hans Schloos
Benjamina Weigert

Erweitert, 7
70599 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-mail: hws@schloos.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 4571242 oder 0711 458073317

1/6

Bodenbearbeitung / Saat

Stoppelbearbeitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Grundbodenbearbeitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Saatbettbereitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Aussaat

Angestrebter Aussaattermin: _____

Häufig Schwierigkeiten mit Aussaattermin, weil _____

Saattechnik: Drillsaat Einzelkornsaat (ggf. Abstand in der Reihe _____)

angestrebte Saatkichte: _____ keimfähige Körner / m² Saatmenge: _____ kg / ha

Saattiefe: _____ cm Reihenabstand: _____ cm

Sonstige Arbeitsgänge:

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

Saatgut

Sorten: _____ Reifegruppe: 000 000/00 00

Verwendetes Saatgut: Z Basis (Aus Nachbau)

Saatgutbehandlung (z.B. biol. Beizverfahren): _____

Wirkung: _____

Impfstoff-Zugabe (Knöllchenbakterien)

ja

Produkt: _____

Bodenbehandlung Saatgutbehandlung

Probleme: _____

nein,

Begründung: _____

Anwort bitte an:
Marie Schloer
Benjamina Wolpert
Erwüchstr. 7
70599 Stuttgart
Fax: 0711 459-4344
e-Mail: bwolpert@mel.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711 458073317

3/6

Beobachtungen in der Kultur

Es treten üblicherweise Probleme auf mit:

Feldaufgang: _____

Bestandesschluß: _____

Lager: _____

Bewässerung

Bewässerungssystem: _____

Zeitraum: _____

Bewässerungsgabe: _____

Was ist die Bemessungsgrundlage? _____

Unkraut

Wichtigste Unkrautart(en): _____

Einschätzung des allgemeinen Unkrautdrucks: _____

Verunkrautung bei Ernte: hoch mittel gering

Bekämpfung:

mechanisch:

Zeitpunkt: _____ Gerät: _____ Erfolg _____

sonstige:

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

Anwort bitte an:
Marie Schloer
Benjamina Wolpert
Erwüchstr. 7
70599 Stuttgart
Fax: 0711 459-4344
e-Mail: bwolpert@mel.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711 458073317

4/6

Krankheiten / Schädlinge

- Sklerotinia - Stengelfäule
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)

Bekämpfung / Vorbeugung

Achimst Litzke
Sandra Schloer
Benjamina Wölger

Erwinstr. 7
70598 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-Mail: lmw@erwinstr.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 407242 oder 0711 45807317

5/6

Ernte

Zeitraum: _____
Ertrag: _____ dt/ha (bei Erntefeuchte)
Erntetechnik: _____
Zeitaufwand: normal hoch
Ursache: _____
Verluste: hoch mittel gering
Ursache: _____
Verschmutzung: hoch mittel gering
Ursache: _____
Abreife: gleichmäßig ungleichmäßig
Ursache: _____
Sonstige Ernteprobleme: _____

Einschätzung

Wo sehen sie die Hauptprobleme beim Sojaanbau in der Region und im Betrieb?

Wo sehen Sie die Hauptchancen? _____

Zukunft

Wollen Sie im nächsten Jahr wieder Soja anbauen?

- ja, auf _____ ha.
 nein, weil _____

Achimst Litzke
Sandra Schloer
Benjamina Wölger

Erwinstr. 7
70598 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-Mail: lmw@erwinstr.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 407242 oder 0711 45807317

6/6

7.3 Essais de lutte biologique contre les mauvaises herbes

7.3.1 Soja

7.3.1.1 Lutte mécanique et choix variétal (D-Buggingen, 2003)

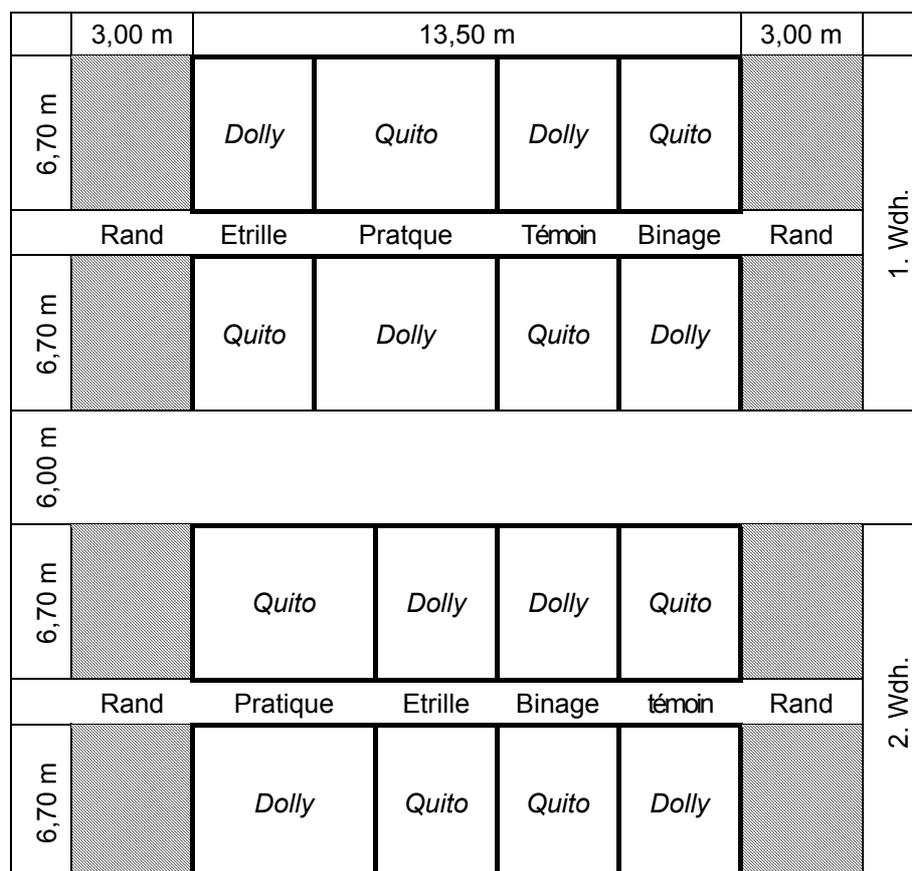
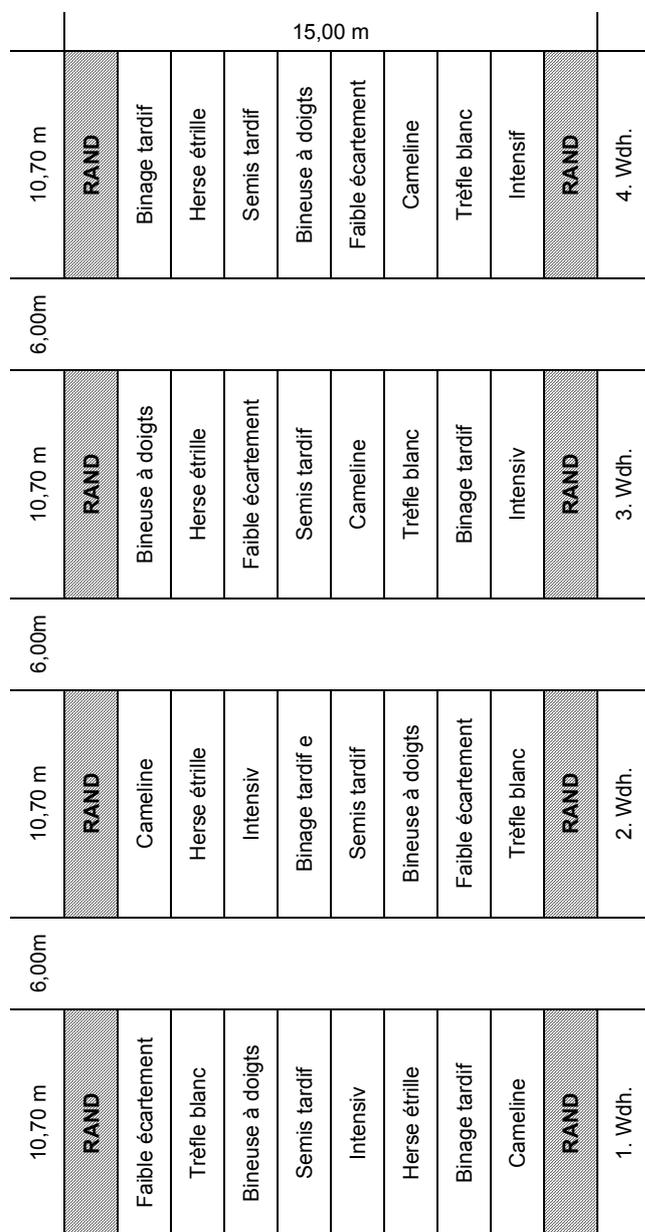


Fig. 62 : plan de l'essai lutte biologique contre les m.h. dans le soja, D-2003

Tab. 98 : dates d'interventions de lutte contre les m.h. du soja, D-2003

Date	Interventions	Remarques
28.04.03	Semis	Puis roulage bzw. Variante "Praxis" mit Andrückrollen
02.05.03	Étrille en pré-levée	
23.05.03	binage + étrille	Variante "Pratique"
28.05.03	étrille	Variante "étrillage"
30.05.03	binage	Variante "binage"
31.05.03	binage + étrille	Variante "Pratique"
13.06.03	binage + étrille	Variante "Pratique"
04.09.03	battage	Égrenage pour la variété Dolly

7.3.1.2 Lutte mécanique et techniques culturales (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)



Parcelles de bordure = Variante „faible écartement“
Interparcelles semés avec de l'avoine

Fig. 63: plan de l'essai régulation mécanique des m.h.- Soja, D-Heitersheim 2004

Tab. 99 : Aperçu des interventions pour la régulation des m.h. dans le Soja, D-2004

Date	Intervention	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Remarques
27.04.04	semis	x	x	x	x		x	x	x	Semis classique
30.04.04	Étrillage aveugle	x	x	x	x	x	x	x	x	In V5 als Maßnahme vor der Saat
18.05.04	semis					x				Nouvelle préparation du sol, semis classique
	Semis came-line								x	Incorporation avec herse étrille
	binage	x	x					x		
	étrille		x				x		x	
	Arbin									Répulsif contre lièvres
21.05.04	Étrillage aveugle					x				
	binage			x	x					V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
25.05.04	binage		x							
	Striegeln		x				x			
04.06.04	Arbin									Répulsif contre lièvres
07.06.04	binage	x	x			x		x		
	étrillage		x				x			
08.06.04	binage			x	x					V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
19.06.04	binage			x	x					V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
21.06.04	Semis trèfle blanc							x		Incorporation en même temps que binage
	binage	x	x			x		x		
	étrillage		x							
05.07.04	binage			x		x				
29.09.04		x	x	x	x		x	x	x	
12.10.04	récolte					x				Sur échantillons car trop humide pour battage machine

		Großspalte 1		Großspalte 2		
		4,90 m	3,20 m	4,90 m	3,20 m	3,20 m
Großzeile 1	18,00 m	Bineuse à doigts	Cameline	Pratique agri.	Herse étrille	Écartement réduit
	8 m					
	18,00 m	Semis tardif	Houe rotative	Bineuse à doigts	BAUM	
	8 m					
Großzeile 2	18,00 m	Pratique agri.	Écartement réduit	Semis tardif	Cameline	Houe rotative
	8 m					
	18,00 m	Semis tardif	Herse étrille	Pratique agri.	Houe rotative	Cameline
	8 m					
	18,00 m	Pratique agri.	Houe rotative	Bineuse à doigts	Écartement réduit	Herse étrille
	8 m					
	18,00 m	Bineuse à doigts	Écartement réduit	Semis tardif	Cameline	Herse étrille
	8 m					
Zufahrtsstreifen						

Longueur des parcelles non à l'échelle

Interblocs et bandes de circulation semé en mélange graminée-trèfle

Fig. 64 : plan de d'essai désherbage du soja, D-Buggingen 2005

Structure de randomisation 2005

En raison de l'étroitesse de la parcelle, de l'arbre dans le champ et de l'obligation pratique de situer des parcelles de même largeur les unes derrière les autres dans le sens du travail, il n'a pas été installé un dispositif blocs usuel mais un plan ligne/colonne suivant la structure suivante :

Les colonnes de différentes largeurs ont été randomisées à l'intérieur de la grande colonne

Dans chaque quart de la grande colonne x grande ligne il y a avait un bloc entier pour les variantes Pratique agri., semis tardif et bineuse à doigts (largeur 4,90 m), qui a été randomisé

Pour les 4 autres variantes (largeur 3,20 m) il restait six blocs incomplets (colonne x grande ligne), dans lesquels elles ont été réparties, afin que dans aucune ligne une variante ne soit répétée..

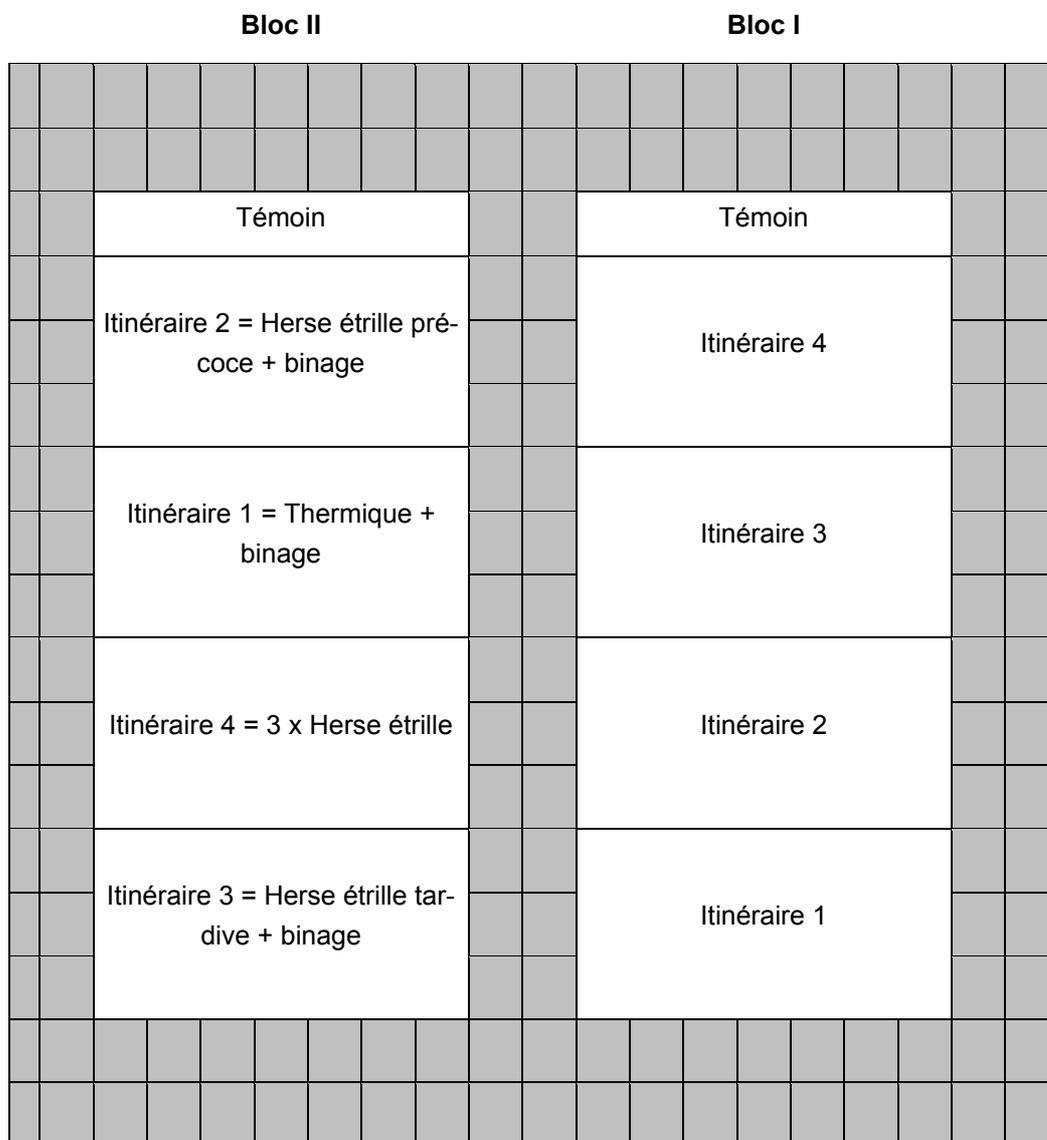
La structure de randomisation a été mise en compte lors de l'exploitation statistique.

Tab. 100 : Dates des interventions culturales de l'essai désherbage du Soja, D-2005

Date	Interventions	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Remarques
12.05.05	semis	x		x	x				Semoir de précision (54cm)
						x			Semoir classique (30cm)
							x	x	Semoir céréales classique (17cm)
19.05.05	Binage pré-levée	x		x	x	x			V6 et V7 plantes prêts à émerger
31.05.05	semis		x						Semoir de précision (54cm)
01.06.05	Semis came-line							x	Enfouissement avec passage herse étrille
	binage	x		x					V3 avec patte d'oie et bineuse à doigts
	étrille	x					x	x	
	Houe rotative				x				
03.06.05	Étrillage de pré-levée		x						
	binage					x			
09.06.05	binage	x							
	étrille	x							
10.06.05	binage			x					V3 avec patte d'oie et bineuse à doigts
17.06.05	binage					x			
	étrille						x		
	Houe rotative				x				
18.06.05	binage		x						
	étrille		x						
22.06.05	binage	x		x					V3 avec patte d'oie et bineuse à doigts
	étrille	x							
28.06.05	binage	x	x						
	étrille	x	x						
29.06.05	binage					x			
11.10.05	récolte	x	x	x	x	x	x	x	

7.3.1.3 Désherbage mécanique et thermique (F-Holtzwihr, 2003-04)

Champs de féverole et lupin



Echelle :

 = 3 m x 3 m

Légende :

 bordure en soja

Dimensions :

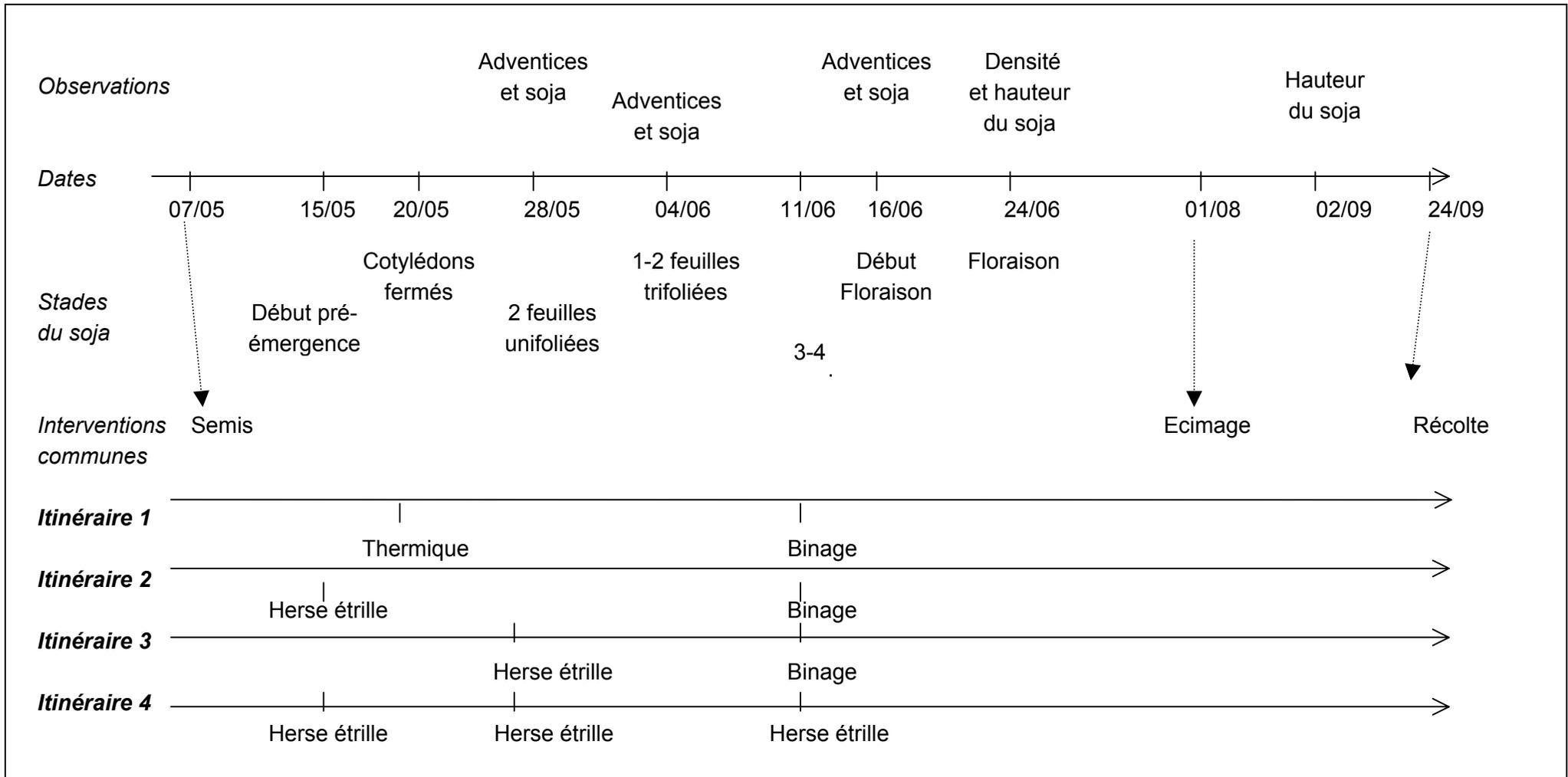
- chaque modalité = 9 m x 21 m = 189 m²- 2 répétitions par modalité,

soit 378 m² par modalité au total

- chaque témoin = 3 m x 21 m = 63 m² soit 126 m² au total en zone témoin

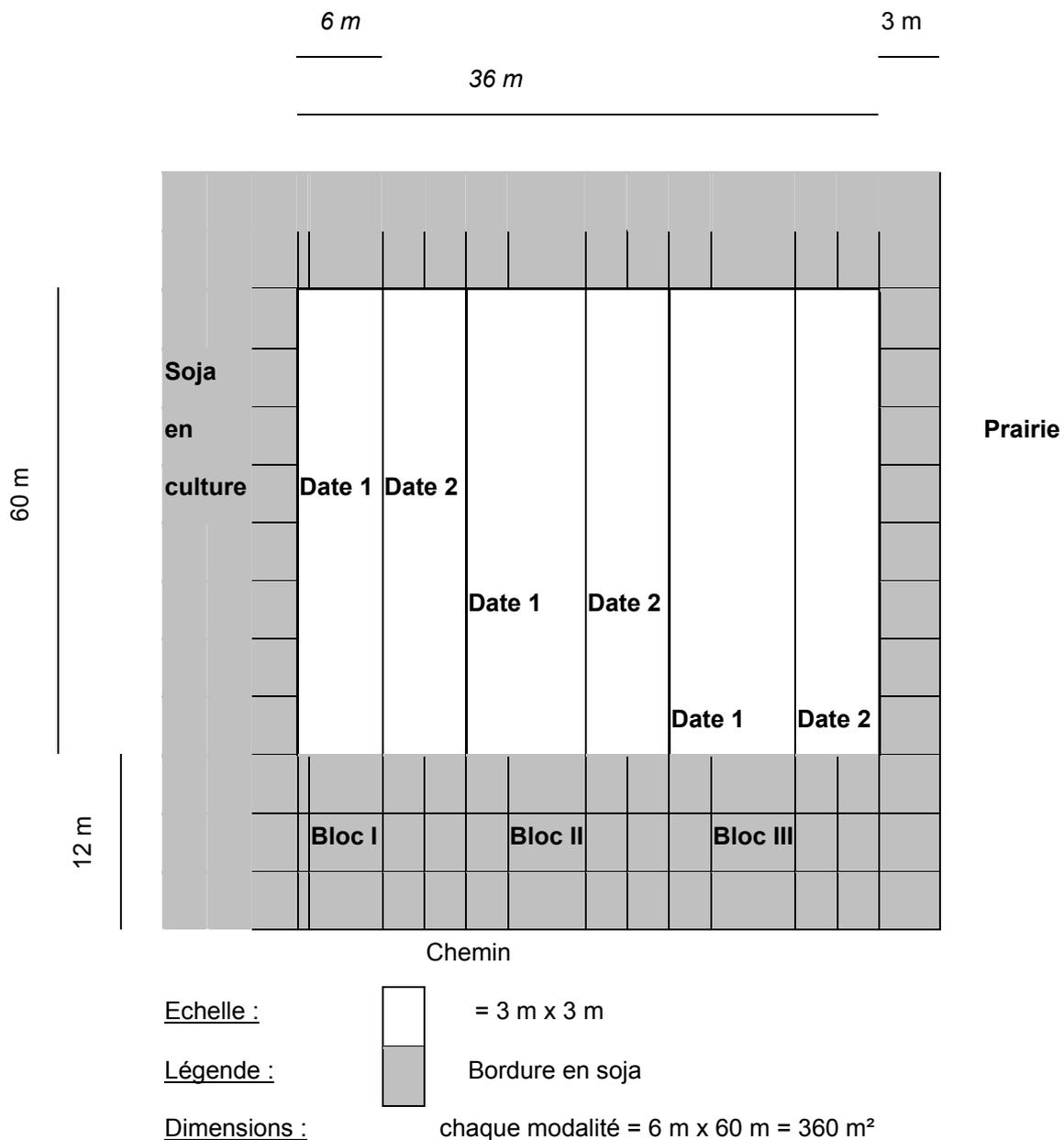
Fig. 65 : plan de l'essai désherbage du Soja, F-Holtzwihr 2003

Tab. 101 : Calendrier récapitulatif des opérations culturales et observations suivant les stades du soja- Holzwihr- 2003 :



7.3.1.4 Influence de la date de semis (F-Appenwihr, 2004)

Fig. 66 : influence de la date de semis sur le salissement en adventices du soja – Appenwihr- 2004



7.3.2 Lupins blancs et bleus

7.3.2.1 Désherbage mécanique et choix variétal du lupin bleu (D-Buggingen, 2003)

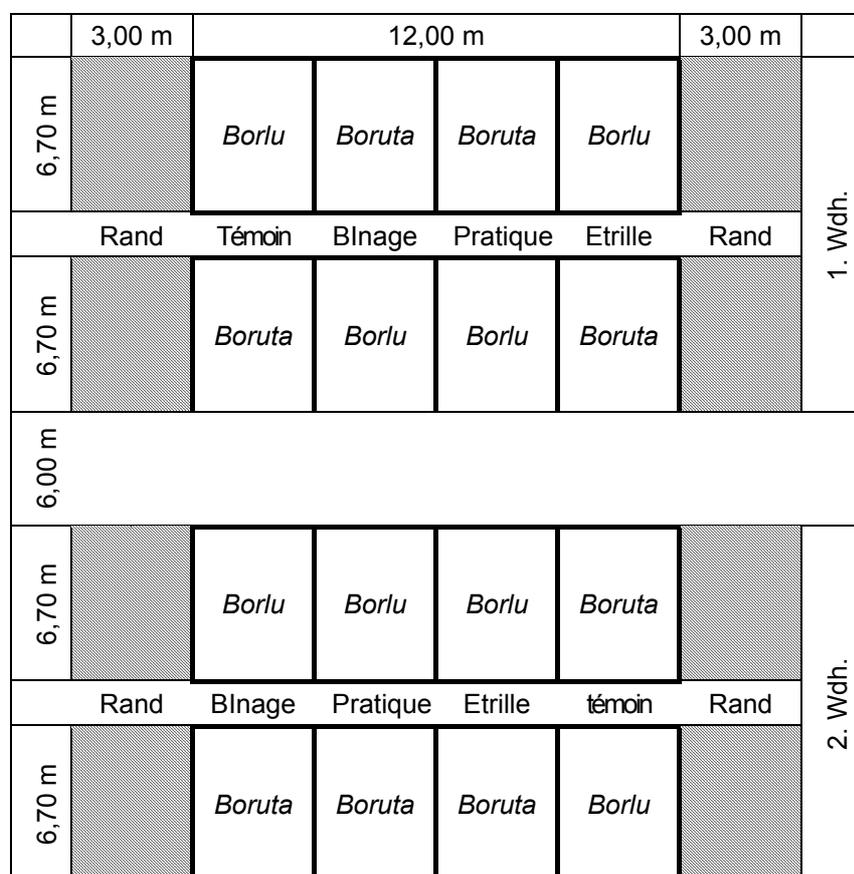


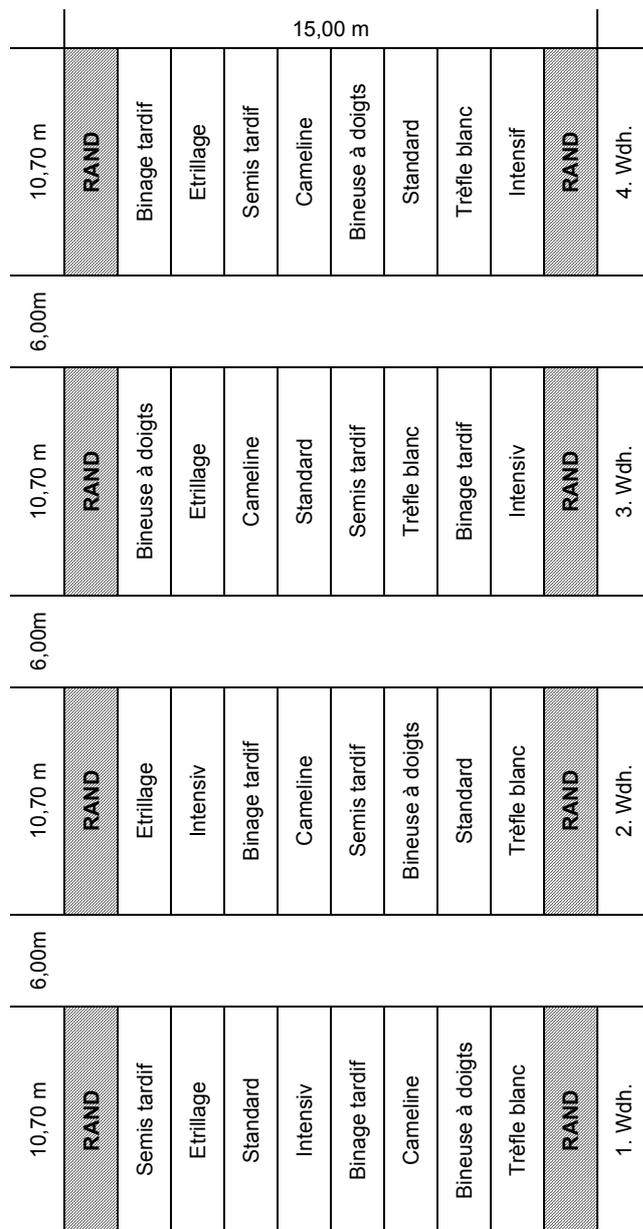
Fig. 67: plan de l'essai désherbage mécanique du lupin bleu, D-2003

Tab. 102 : dates d'interventions et de désherbage du lupin bleu, D-2003

Date	Interventions	Remarques
27.03.03	semis	
01.04.03	Hersé étrille en prélevée (en aveugle)	
22.04.03	étrillage	Toutes variantes (non prévu initialement)
28.05.03	étrillage	Variantes "étrillage" et "intensif"
30.05.03	binage	Variantes "binage" et "intensif"
17.07.03	battage	Pas de résultats représentatifs suite aux problèmes de croissance

7.3.2.2 Désherbage mécanique et techniques culturales du lupin blanc

(D-Heitersheim, 2004 / 2005)



Parcelles de bordures = Variante „Standard“
Espaces environnant semés avec de l'avoine

Fig. 68 : plan de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2004

Tab. 103 :Aperçu des dates d'interventions de l'essai désherbage lupin blanc, D-2004

Date	Interventions	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Remarques
04.03.04	semis	x	x	x	x		x	x	x	
20.03.04	Étrillage en pré-levée	x	x	x	x		x	x	x	
01.04.04	semis					x				Nouvelle préparation du semis
10.04.04	Étrille en pré-levée					x				
16.04.04	Semis came-line								x	Réalisé avec le passage de herse étrille
	biange	x	x	x	x			x		V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
	étrillage		x				x		x	
27.04.04	binage		x			x				
	étrillage		x				x			
04.05.04	binage			x	x					V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
10.05.04	Semis de TB							x		Réalisé avec le passage de bineuse
	binage	x	x			x		x		
	étrillage		x				x			
15.05.04	binage			x	x					V4 avec pattes d'oie et bineuse à doigts
18.05.04	Arbin									Produit répulsif contre les lièvres
25.05.04	Hacken	x	x			x				
04.06.04	Arbin									Produit répulsif contre les lièvres
07.06.04	binage					x				
15.06.04	arrachage									Chardons sur 3./4. rép.
19.06.04	binage			x	x					Avec socs patte d'oie
02.08.04	récolte	x	x	x	x		x	x	x	
17.08.04						x				

		20,00 m
		Rand
79,60 m	4. Wdh.	3 m standard
		3 m semis précoce
		3,4 m trèfle blanc
		3 m Intensif
		3 m buttage
		3 m étrillage
	3. Wdh.	3 m semis précoce
		3 m Intensif
		3 m étrillage
		3 m Standard
		3,4 m trèfle blanc
		3 m buttage
	2. Wdh.	3 m étrillage
		3 m buttage
		3 m Standard
		3 m semis précoce
		3 m Intensif
		3,4 m trèfle blanc
	1. Wdh.	3,4 m trèfle blanc
		3 m étrillage
3 m Intensif		
3 m buttage		
3 m semis précoce		
3 m Standard		
		Rand

Bordure = variante „Standard“
Surfaces autour semées avec du lupin bleu

Fig. 69 : plan de l'essai désherbage mécanique du lupin blanc, D-Heitersheim 2005

Tab. 104 : dates d'interventions de l'essai désherbage du lupin blanc, D-2005

Date	Interventions	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Remarques
17.03.05	semis		x					
	Semis du trèfle blanc						x	Passage de rouleaux
04.04.05	semis	x		x	x	x	x	Nouvelle préparation du lit de semences sauf pour V6
10.05.05	binage	x	x	x		x		
	Herse étrille			x	x			
20.05.05	biange		x					
26.05.05	Bineuse à doigts						x	Sans socs patte d'oie
03.06.05	binage	x	x	x				
07.06.05	mulchage						x	Entre rangs à la main (seul. 1./2. rép.)
14.06.05	buttage					x		Avec des socs à butter
12.08.05	récolte	x	x	x	x	x	x	

7.4 Essais variétés

7.4.1 Pois protéagineux

7.4.1.1 F-Appenwihr, 2002 / F-Appenwihr und F-Sausheim, 2003

Power	Power	Jackpot	Jackpot	Xsara	Xsara	Sponsor	Sponsor	Metaxa	Metaxa	Alliance	Alliance	Nitouche	Nitouche	Hardy	Hardy
Hardy	Hardy	Nitouche	Nitouche	Power	Power	Jackpot	Jackpot	Xsara	Xsara	Sponsor	Sponsor	Metaxa	Metaxa	Alliance	Alliance
Alliance	Alliance	Metaxa	Metaxa	Sponsor	Sponsor	Xsara	Xsara	Jackpot	Jackpot	Power	Power	Nitouche	Nitouche	Hardy	Hardy
Hardy	Hardy	Nitouche	Nitouche	Alliance	Alliance	Metaxa	Metaxa	Sponsor	Sponsor	Xsara	Xsara	Jackpot	Jackpot	Power	Power

Fig. 70 : plan de l'essai variétés pois de printemps, F-Appenwihr 2002

Tab. 105 : Résultats des différentes variétés de pois de printemps, F-Appenwihr 2002

Variété	Levée (pl/m ²)		Vigueur*		Couverture du sol*		Adventices*		Hauteur max. (cm)	
	23.04.02		08.05.02		05.06.02		05.06.02		28.06.02	
<i>P(sorte)</i>	0,00026		0,00203		0,00757		0,52030		0,00222	
<i>P(block)</i>	0,03571		0,08097		0,83962		0,53312		0,01150	
Alliance	31,5	<i>b</i>	1,88	<i>b</i>	2,06	<i>b</i>	1,60	37,1	<i>c</i>	
Hardy	51,6	<i>a</i>	3,70	<i>a</i>	3,80	<i>ab</i>	1,10	45,4	<i>abc</i>	
Jackpot	54,0	<i>a</i>	2,90	<i>a</i>	3,80	<i>a</i>	1,10	45,9	<i>ab</i>	
Metaxa	54,7	<i>a</i>	2,80	<i>a</i>	3,60	<i>ab</i>	1,50	50,2	<i>ab</i>	
Nitouche	50,5	<i>a</i>	3,00	<i>a</i>	3,80	<i>ab</i>	1,30	45,6	<i>ab</i>	
Power	57,2	<i>a</i>	4,60	<i>a</i>	4,40	<i>a</i>	1,00	54,4	<i>a</i>	
Sponsor	47,1	<i>a</i>	3,40	<i>a</i>	4,00	<i>a</i>	1,30	50,2	<i>ab</i>	
Xsara	49,8	<i>a</i>	2,30	<i>a</i>	3,30	<i>a</i>	1,00	33,2	<i>bc</i>	
Moyenne	49,5		3,07		3,60		1,24	45,2		
Badminton	48,6		2,50		3,00		1,00	43,4		

Légende : * Note de 1 à 5 : 1 = faible/peu, 5 = très fort/beaucoup

7.4.2 Lupins blancs et bleus

7.4.2.1 Essais variétés en Suisse 2002 – 2004

Pas de données

7.4.2.2 D-Buggingen, 2003

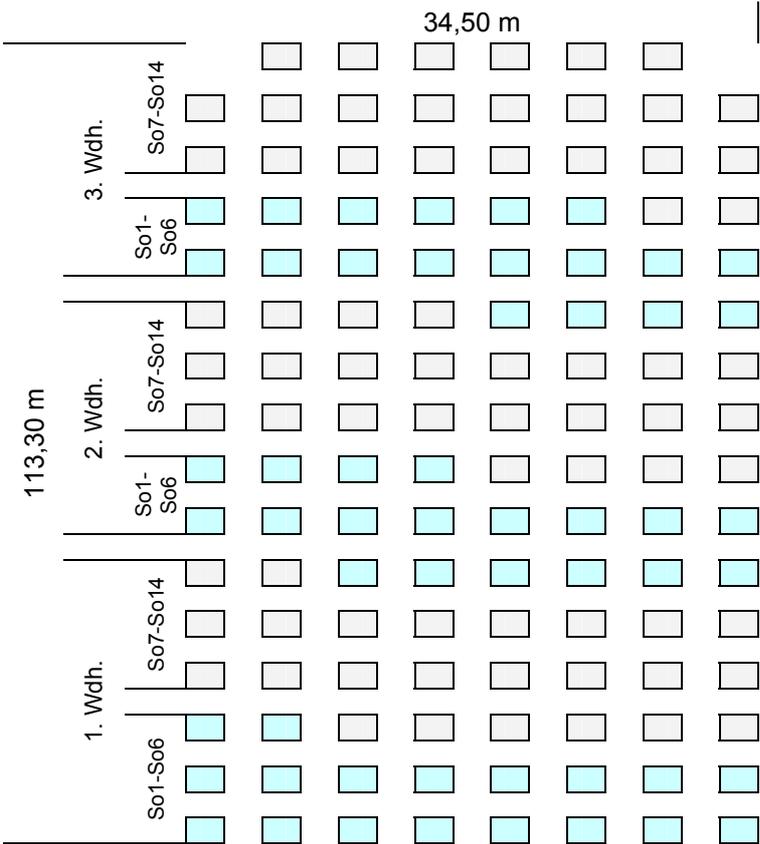


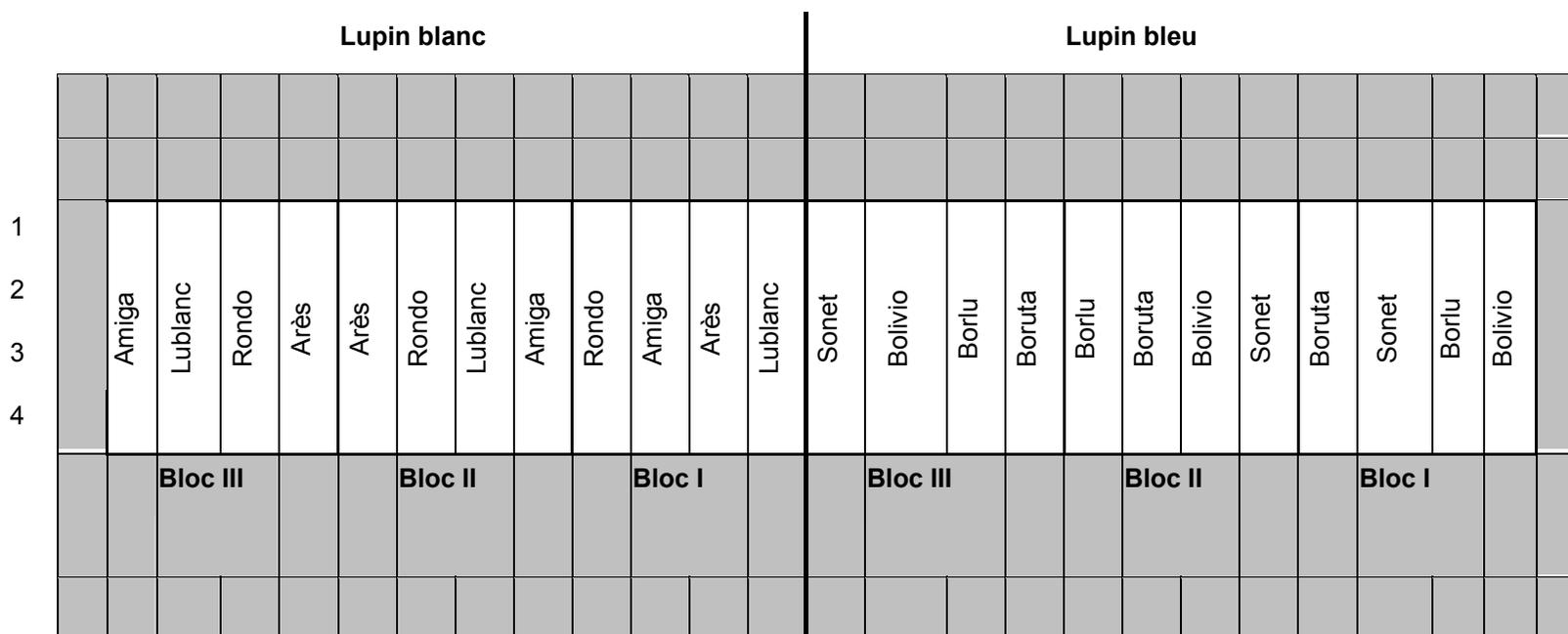
Fig. 71 : Plan de l'essai Lupin variétés/anthracnose (D-Buggingen, 2003)

7.4.2.3 F-Sausheim et F-Herbsheim, 2003

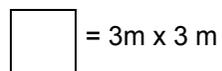
Fig. 72 : Plan de l'essai variétal de lupin de printemps à Sausheim en 2003

8 variétés sont comparées : - en lupin blanc : Arès, Lublanc, Amiga, Rondo

- en lupin bleu : Bolivio et Borlu (ramifiés), Sonet et Boruta (monotiges)



Dimension de ce dispositif



Champ de lupin autour de l'essai (variété Arès)

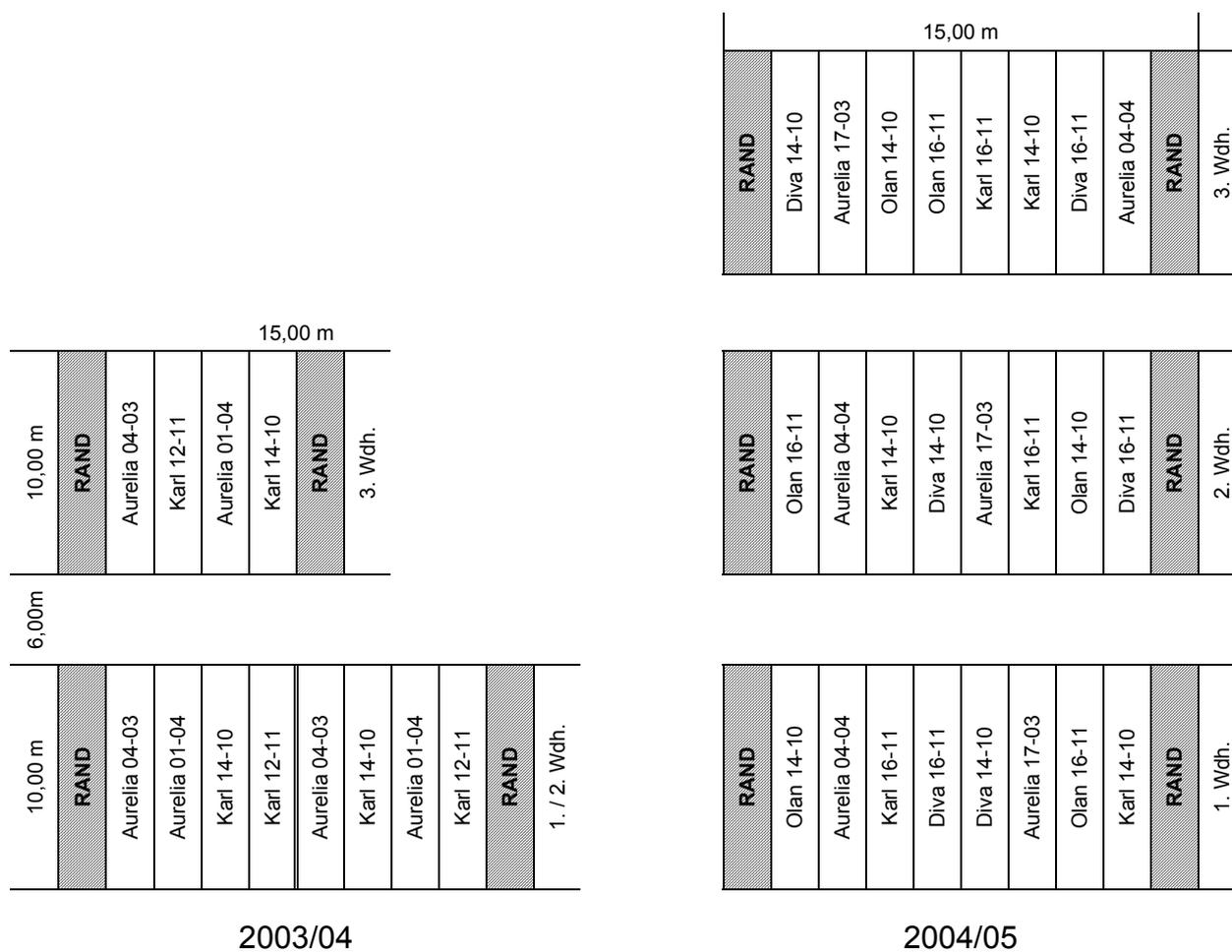
- Chaque micro-parcelle au semis : 3 m x 12 m = 36 m²

- Superficie totale par variété : 36 m x 3 = 108 m²

7.5 Essais de comparaison des types hiver et printemps de protéagineux

7.5.1 Féverole d'hiver

7.5.1.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)



Rand = bordure variété hiver, 1. ere date de semis Espaces entre blocs semés avec de l'avoine

Fig. 73 : plan des essais féverole d'hiver D-2003/04 und 2004/05

Tab. 106 : interventions dans les essais féverole d'hiver, D-2003/04 und 2004/05

Date	Interventions	Remarques
14.10.03	semis	Semis automne précoce
12.11.03	semis	Semis automne tardif
21.02.04	étrillage	Types hiver
04.03.04	semis	
20.03.04	Étrillage en pré-levée (en aveugle)	Semis de printemps précoce (conditions assez humides)
01.04.04	Aussaat	Semis de printemps tardif
10.04.04	Étrillage en aveugle	

16.04.04	binage	Types hiver
27.04.04	étrillage	Types printemps
04.05.04	binage	Types hiver+ printemps
21.05.04	binage	Types hiver
08.06.04	binage	Types printemps
10.08.04	récolte	Toutes variantes
<hr/>		
14.10.04	semis	Semis automne précoce (conditions assez humides)
14.10.04	fertilisation	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
16.11.04	semis	Semis automne tardif
17.03.05	semis	Semis printemps précoce
04.04.05	semis	Semis printemps tardif
10.05.05	binage	Semis printemps tardif avec de plus étrillage
03.06.05	binage	Sauf semis automne précoce (trop développé)
16.07.05	irrigation	20 mm
27.07.05	récolte	Types hiver
12.08.05		Types printemps

7.5.1.2 Choix variétal (F-Sausheim et Elsenheim, 2004-05)

Plan des essais pois et féverole 2004-05 à Elsenheim :

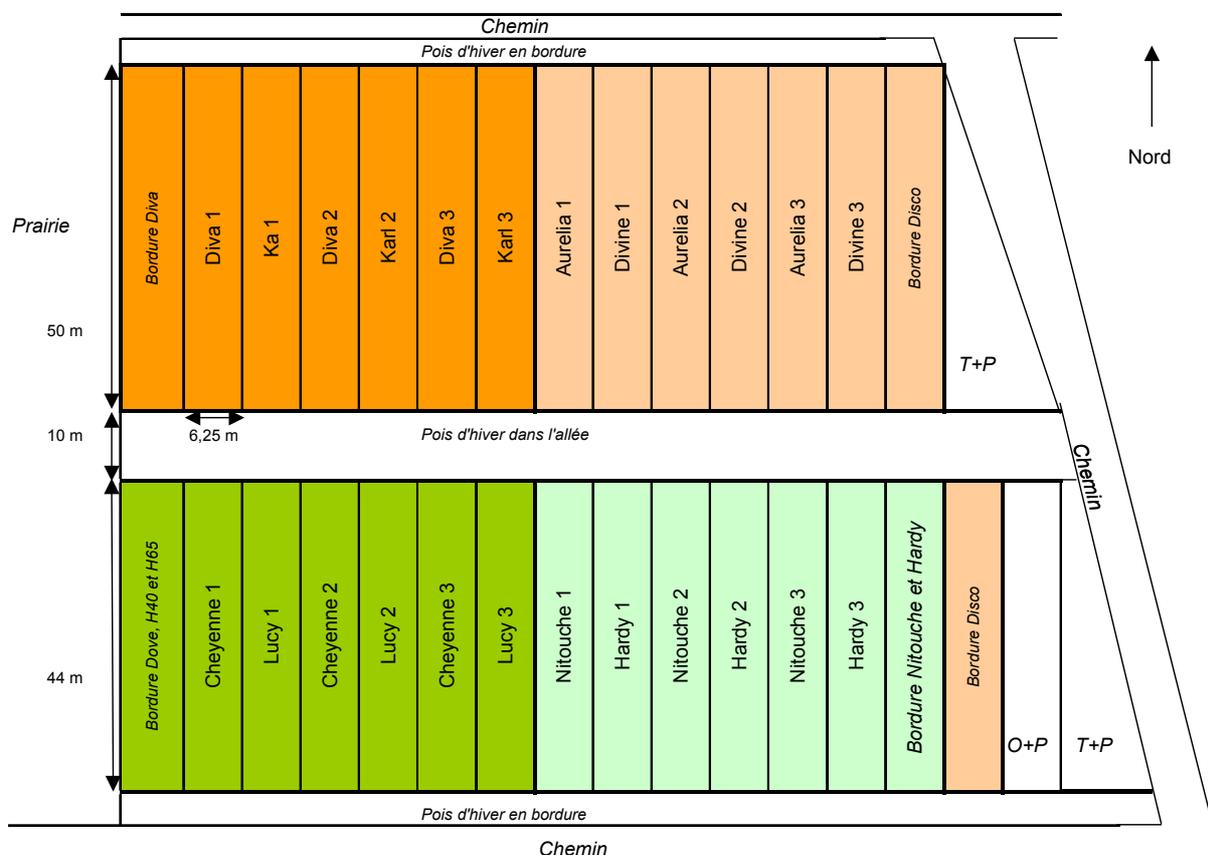


Fig. 74: plan des essais féverole et pois d'hiver, F-Elsenheim 2005

Tab. 107 : Dates de réalisation des principaux stades de la féverole sur l'essai 2004-05 à Elsenheim

Site	Type	Semis	Levée	Début floraison	Fin Floraison	Maturité	Récolte
Elsenheim	Hiver	13/11/04	15/12/04 au 03/03/05	02/05/05	Début juillet	Fin juillet	05/08/05
	Printemps	18/03/05	06/04/05	22/05/05	Mi-juillet	Fin juillet	05/08/05
	Différence			20 j	5-15 j	0 j	0 j

Tab. 108 : Résultats moyens par variété de l'essai féverole, F-Elsenheim 2005

Site	Type	Variété	Densité approx. au semis (gr/m ²)	Densité au printemps (pl/m ²)	Taux de pertes totales (%)	Hauteur à Début Floraison (cm)	Hauteur à Fin Floraison (cm)	Rendement net 14 % humidité (q/ha)	Impuretés (%)	Humidité à la récolte (%)	PMG à 14 % humidité (g)	Grains bruchés (%)
Elsenheim		<i>P</i> variété		0.00437		0	0.00374	0.40375	0.23497	0.03047	0.02166	0.01483
		<i>P</i> bloc		0.33163		0.01104	0.4309	0.75356	0.41488	0.81693	0.36924	0.15173
	H	DIVA	37	31 c	16	42 c	99 b	37	3	16 b	530 ab	22 a
	H	KARL	42	29 c	31	37 d	111 a	39	4	17 ab	546 ab	18 a
	P	AURELIA	67	40 b	41	92 b	118 a	43	3	16 b	503 b	9 b
	P	DIVINE	57	50 a	14	97 a	114 a	44	2	17 a	585 a	19 a

Légende :

Type : H = Hiver, P = Printemps

*P*variété = Probabilité de se tromper en affirmant un effet « variété », d'après l'analyse de la variance réalisée sur les données des 4 variétés

a, b, c... = Résultats du test de Newmann-Keuls s'il existe un effet variété

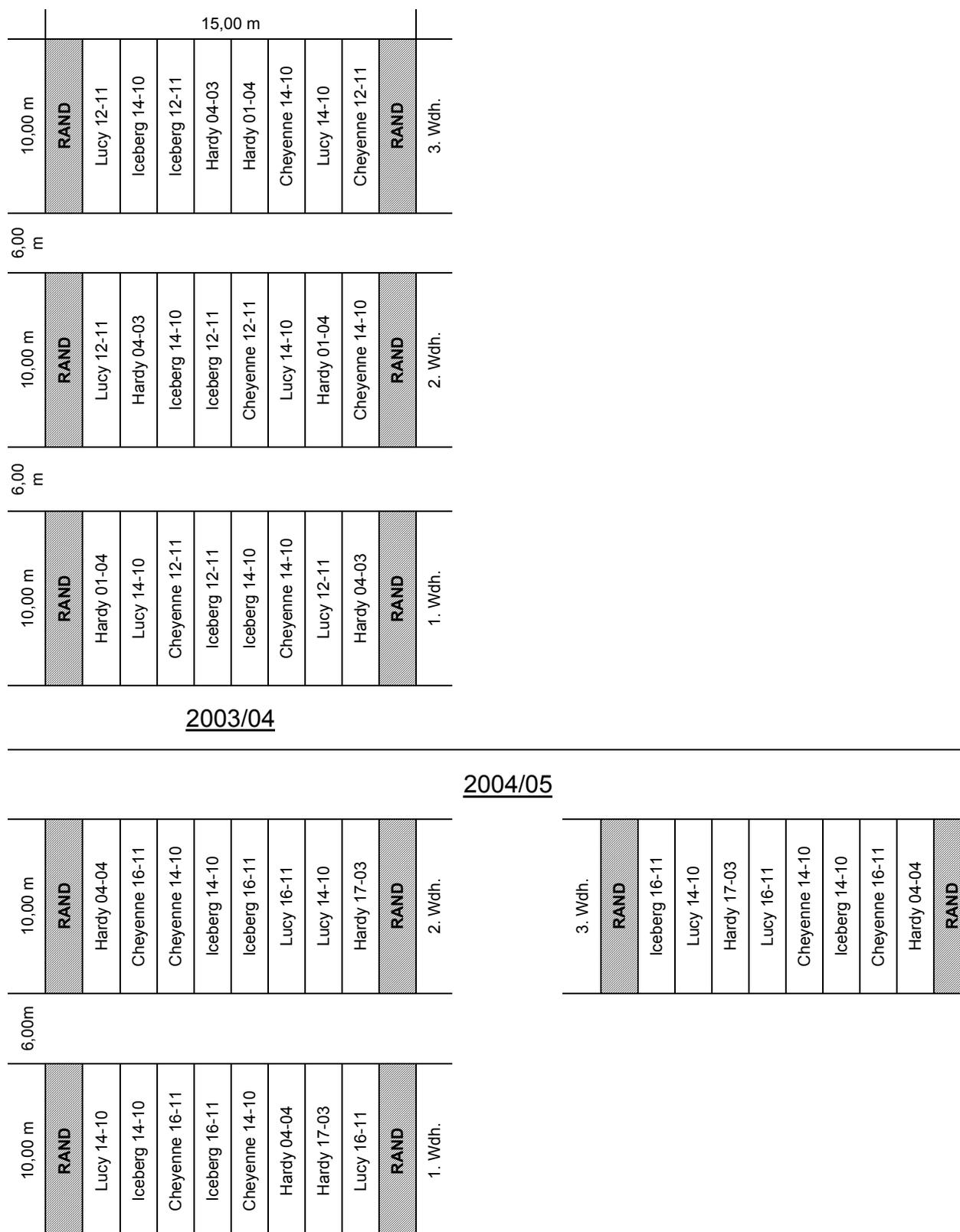
Tab. 109 : Comparaison des composantes du rendement des féveroles entre sites et années d'essais.

Type	Variété	Densité au printemps (pl/m²)			Nombre de grains par pied			PMG (g)			Rendement net à 14 % humidité (q/ha)		
		Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05
H	DIVA	25	23	31	20.3	40.5	22.3	377	394	530	19.1	36.7	36.7
H	KARL	33	35	29	18.1	20.0	24.8	353	382	546	21.1	26.8	39.3
P	AURELIA	37	44	40		14.5	21.2		387	503		24.7	42.6
P	DIVINE	57	54	50		14.1	14.9		377	585		28.7	43.6
	Moyenne	38	39	38	19.2	22.3	20.8	365	385	541	20.1	29.2	40.6
P	DISCO A			52			13.7			602			42.8
	DISCO B	(sans irrigation)		57			8.2			564			26.4

Legende: Saush. = Sausheim, Els. = Elsenheim.

7.5.2 Pois d'hiver

7.5.2.1 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)



Rand = bordure (variété hiver), 1. date de semis
Espaces entre blocs semés avec de l'avoine

Fig. 75 : Dispositif expérimental pois d'hiver D-2003/04 et 2004/05

Tab. 110 : Interventions dans les essais pois d'hiver, D-2003/04 und 2004/05

Date	Interventions	Remarques
14.10.03	semis	Date automne précoce
12.11.03	semis	Date automne tardive
21.02.04	Herse étrille	Types hiver
04.03.04	semis	Semis de printemps précoce (conditions assez humides)
20.03.04	Étrille en aveugle	
01.04.04	semis	Semis de printemps tardif
10.04.04	Étrille en aveugle	
15.04.04	binage	Types hiver
27.04.04	étrillage	Types printemps
10.05.04	binage	
18.05.04	binage	Semis printemps tardif
10.06.04	pulvérisation	Herba Vetyl antipucerons (935 ml Pyrethrum / ha)
06.07.04	récolte	
14.10.04	semis	Semis précoce d'automne (conditions assez humides)
14.10.04	fertilisation	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
16.11.04	semis	Semis d'automne tardif
17.03.05	semis	Semis de printemps précoce
04.04.05	semis	Semis de printemps tardif
04.04.05	binage	Types hiver
28.04.05	arrachage	1./2. répétition.
10.05.05	binage + étrillage	Pour semis printemps tardif
20.05.05	écimage + binage	Semis print. précoce (possible uniquement après écimage)
29.06.05	récolte	

7.5.2.2 Choix variétal (F-Sausheim et F-Elsenheim, 2004-05)

Cf. Chapitre 7.5.1.2

Tab. 111 : Dates des principaux stades du pois protéagineux à Elsenheim 2004-05 :

Site	Type	Semis	Levée	Début floraison*	Fin Floraison	Maturité*	Récolte
Elsenheim	Hiver	16.11.04	15/12/04 au 03/03/05	10/05/05	20/06/05	27/06/05	05/07/04
	Printemps	18.03.05	05/04/05	27/05/05	27/06/05	05/07/04	13/07/04
	Différence			17 j	7 j	8 j	8 j

Légende : * = Dates de début floraison et maturité de la variété la plus précoce, étant donné que :
 - la variété d'hiver CHEYENNE est plus précoce que l'autre variété LUCY,
 - la variété de printemps HARDY est plus précoce que l'autre variété NITOUCHE.

Tab. 112 : résultats des pois hiver et printemps, F-Eisenheim 2005

Type	variété	Densité approxim. au semis (gr/m ²)	Densité au printemps (pl/m ²)	Taux de pertes total (%)	Hauteur à Début Floraison (cm)	Hauteur à Fin Floraison (cm)	Hauteur avant récolte (cm)	Surface versée à la récolte (%)	Rendement net à 14 % humidité (q/ha)	Impuretés (%)	Humidité à la récolte (%)	PMG à 14 % humidité (g)
	<i>Psorte</i>		0.03648		0.00002	0.07185			0.00964	0.31153	0.03325	0.00001
	<i>Pblock</i>		0.18369		0.27721	0.40085			0.04709	0.99	0.22652	0.20119
H	Cheyenne	129	69 <i>b</i>	47	47 <i>b</i>	54	25	50	42 <i>b</i>	7	18 <i>a</i>	212 <i>d</i>
H	Lucy	140	79 <i>ab</i>	44	44 <i>b</i>	44	25	68	41 <i>b</i>	7	18 <i>a</i>	180 <i>c</i>
P	Hardy	100	96 <i>a</i>	4	80 <i>a</i>	61	43	73	53 <i>a</i>	4	16 <i>b</i>	236 <i>b</i>
P	Nitouche	102	80 <i>ab</i>	22	79 <i>a</i>	64	58	0	44 <i>b</i>	5	17 <i>ab</i>	281 <i>a</i>
H	Apache	127	73	43	46	45		45				
H	Cherokee	132	106	20	45	51		5				
H	Dove	120	49	59	46	43		75				

Légende :

Type : H = Hiver, P = Printemps

Pvariété = Probabilité de se tromper en affirmant un effet « variété », d'après l'analyse de la variance réalisée sur les données des 4 variétés

a, b, c... = Résultats du test de Newmann-Keuls s'il existe un effet variété

Tab. 113 :comparaison des composantes de rendement du pois selon le site et l'année d'essai

Type	variété	Densité printemps (pl./m ²)			graines/plante			PMG (g)			Rendement net (14% H ₂ O) (q/ha)		
		Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05
H	CHEYENNE	78	77	69	23.1	21.8	29.2	186	187	212	33	32	42
H	LUCY	58	60	79	35.7	33.9	29.0	156	157	180	32	32	41
P	HARDY	81	85	96	7.1	10.4	23.3	241	238	236	14	21	53
P	NITOUCHE	60	78	80	4.7	11.5	19.7	245	250	281	7	22	44
	Moyenne	69	75	81	17.7	19.4	25.3	207	208	227	22	27	45

Légende: Saush. = Sausheim, Els. = Elsenheim.

7.5.3 Lupin d'hiver

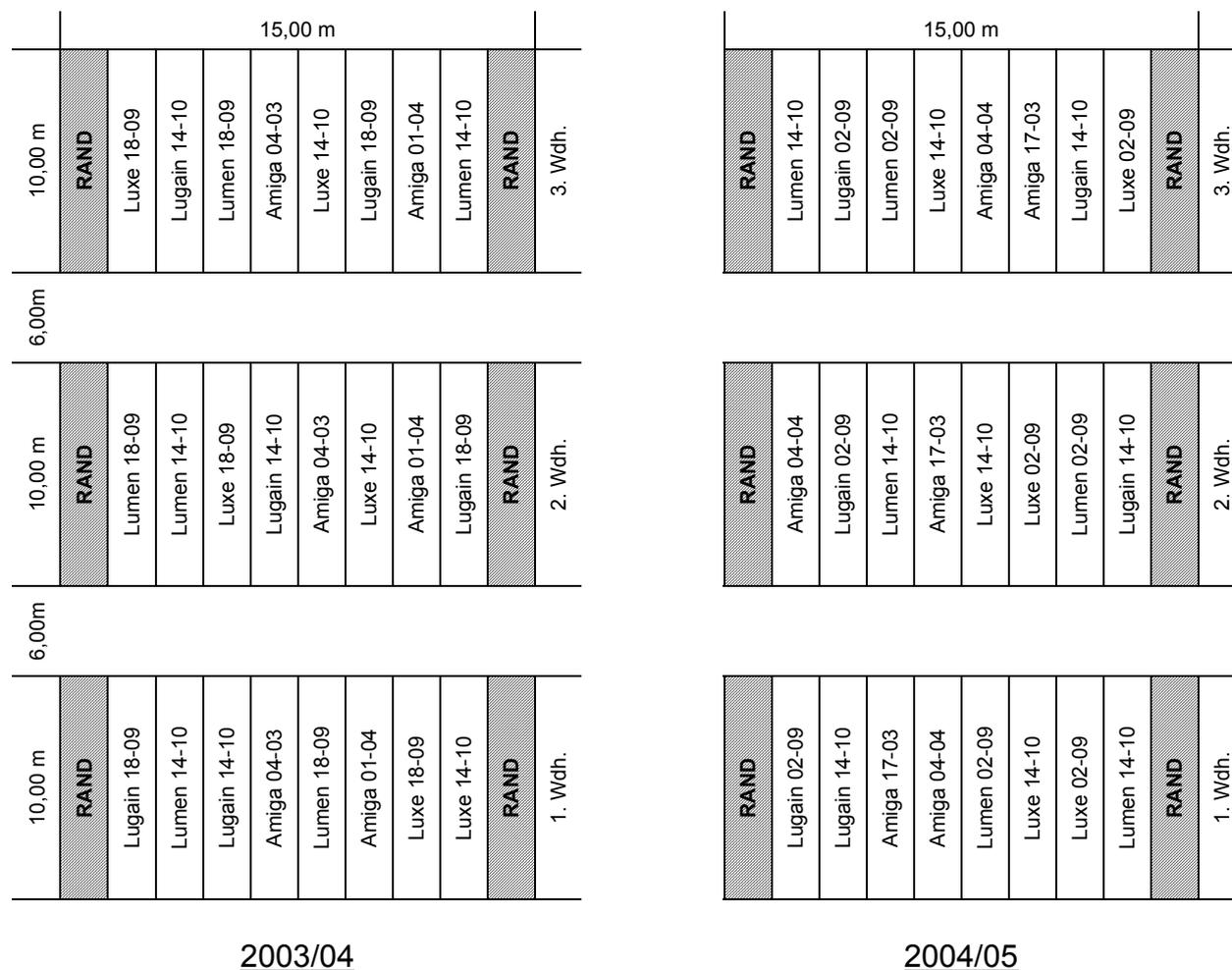
7.5.3.1 Essai comportement (CH-Möhlin, 2003)

Pas de données disponibles

7.5.3.2 Choix variétal, densité et profondeur de semis (CH-Reckenholz, 2004)

Pas de données disponibles

7.5.3.3 Choix variétal et date de semis (D-Heitersheim, 2004-05)



Rand = bordure = variété hiver, 1ere. date de semis
Espace entre blocs semés avec de l'avoine

Fig. 76 : plan essais lupin d'hiver D-2003/04 et 2004/05

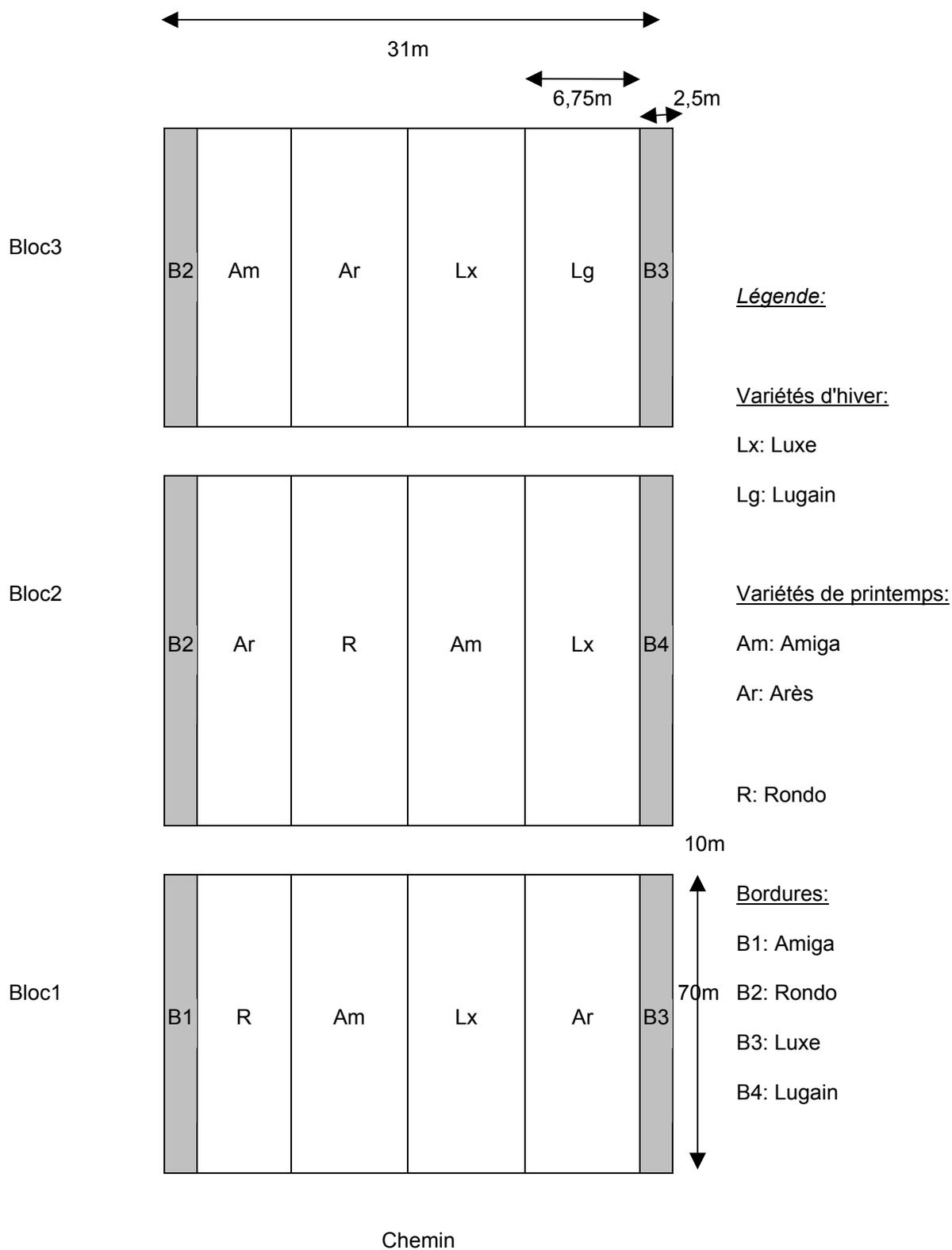
Tab. 114 : interventions dans les lupins d'hiver, D-2003/04 et 2004/05

Date	Interventions	Remarques
18.09.03	semis	Semis d'automne précoce (sol sec, dur et motteux)
20.09.03	roulage	Rouleaux Cambridge, pour éduire les mottes et mieux re-fermer
14.10.03	semis	Semis d'automne tardif
21.02.04	étrille	Types hiver
04.03.04	semis	Semis de printemps précoce (cond. Semis assez humides)
20.03.04	Étrille en aveugle	
01.04.04	semis	Semis de printemps tardif
10.04.04	Étrille en aveugle	
16.04.04	binage	Types hiver
27.04.04	étrille	Types printemps
04.05.04	binage	Types hiver
11.05.04	Arrachage manuel	Plantes levées à l'automne

10.05.04		
18.05.04	binage	types printemps
25.05.04		
07.06.04		
18.05.04	Répulsif contre les lièvres	avec Arbin chiffons trempés sur bâtons
04.06.04		
05.08.04	récolte	Toutes variantes
02.09.04	semis	Semis précoce automne (sol sec et dur)
03.09.04	roulage	Rouleaux légers, pour améliorer la fermeture des sillons
14.10.04	semis	Semis tardif d'automne
14.10.04	fertilisation	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
25.10.04	arrachage	chardons
17.03.05	semis	Semis de printemps précoce
04.04.05	semis	Semis de printemps tardif
04.04.05	binage	Types hiver
28.04.05	arrachage	chardon
10.05.05	binage	Toutes variantes sauf Lumen et Lugain en semis précoce (inter- rangs déjà couverts)
03.06.05	binage	types printemps
16.07.05	irrigation	20 mm
27.07.05	récolte	Lumen + Lugain
12.08.05		Luxe + Amiga

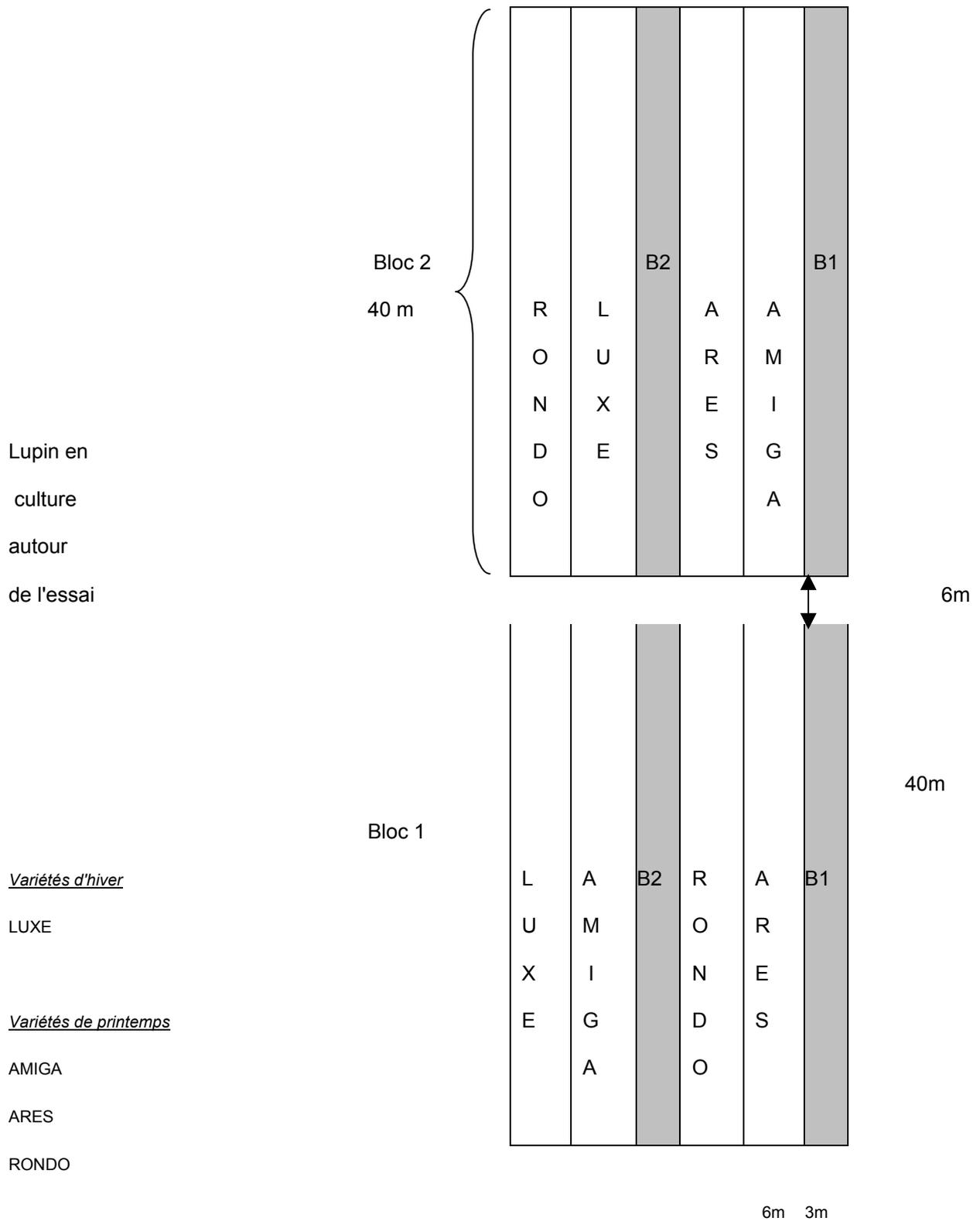
7.5.3.4 Choix variétal (F-Sausheim/Elsenheim 2004 et F-Ensisheim/Elsenheim, 2005)

Fig. 77 : plan de l'essai lupin 2003-04 à Elsenheim



Plan de l'essai lupin 2003-04 à Sausheim

Fig. 78 : plan de l'essai lupin 2003-04 à Sausheim



Essais 2004-05 à Ensisheim et Elsenheim abandonnés en cours d'expérimentation

7.6 Essais de lutte contre l'antracnose du lupin

7.6.1 Essai fongicide en Suisse 2002

Pas de données

7.6.2 Essais de traitements de semences et en végétation

7.6.2.1 Traitements de semences et en végétation, CH-Reckenholz, 2002 - 2004

Pas de données

7.6.2.2 Choix variétal et traitements de semences (D-Buggingen, 2003)

Voir plan parcellaire au chapitre 7.4.2.2 (variétés et traitements de semences randomisés à l'intérieur d'un sous bloc)

7.7 Dynamique de l'azote après récolte de protéagineux

7.7.1 Reliquats N dans la paille après différentes cultures

Pas de données disponibles

7.7.2 Dynamique N_{\min} dans les sols

7.7.2.1 Différentes cultures (D-Buggingen, 2003/05 / Heitersheim, 2004-05)

Pas de données disponibles

7.7.2.2 Comparaison entre types hiver et printemps (F-Sausheim et Elsenheim, 2004)

Modèle de *BURNS* (ARAA, 1999 & 2004)

BURNS a proposé, en 1975, un modèle permettant de calculer un indice de risque de lessivage hivernal F. Ce modèle vise à rendre compte du flux de nitrates qui quittent le sol sous l'effet du drainage interne. Les variables quantitatives requises par le modèle sont :

- l'humidité volumique à la capacité au champ (V_m), qui rend compte du volume maximal d'eau retenu par le sol après ressuyage,
- l'estimation de la lame d'eau drainante (d), qui est obtenue par un calcul de bilan hydrique faisant intervenir les précipitations (P), l'évapotranspiration (ETM) et l'état de reconstitution (r) de la réserve en eau du sol (RU).

L'équation proposée par BURNS et adaptée aux conditions alsaciennes est la suivante :

$$F (\%) = (d / (d + Vm/10))^{h/2} \times 100 = ((P-ETM-RFU)/(P-ETM-RFU + Vm/10))^{h/2} \times 100$$

Avec :

F = fraction de l'azote nitrique qui est lessivée (exprimée en %).

P-ETM-RFU = P-ETM- 2/3RFU = estimation de la lame d'eau drainante (d), exprimée en mm et calculée entre le 1^{er} octobre et le 31 mars. Elle dépend du type de sol à travers la réserve utile RU, du climat et de l'occupation du sol du lieu à travers le terme P-ETM.

Vm = humidité volumique à la capacité au champ (soit l'humidité pondérale à la capacité au champ multipliée par la densité apparente du sol), sur la profondeur h, exprimée en %. Elle dépend du type de sol.

h = profondeur de sol (exprimée en cm), estimée accessible aux racines des plantes cultivées et au-delà de laquelle les nitrates ne pourront plus être absorbés par une culture.

Dates de prélèvements de sols pour le suivi des reliquats azotés

Lieu	Essai précédent (espèce)	Parcelle précise (variété et bloc)	Dates des prélèvements		
			Après récolte	Entrée de l'hiver	Sortie de l'hiver
Elsenheim	Lupin	Amiga 2	07/09/2004	29/11/2004	23/03/2005
Elsenheim	Féverole H	Diva 1	18/08/2004	29/11/2004	23/03/2005
Elsenheim	Féverole P	Divine 1	07/09/2004	29/11/2004	
Elsenheim	Pois H	Lucy 1	02/08/2004	01/12/2004	23/03/2005
Elsenheim	Pois P	Hardy 1	02/08/2004	01/12/2004	
Elsenheim	Démonstration de féverole H	Féverole A (Karl)	07/09/2004	01/12/2004	23/03/2005
Sausheim	Lupin	Amiga 2	08/09/2004	08/12/2004	22/03/2005
Sausheim	Féverole H	Karl 2	02/08/2004	08/12/2004	
Sausheim	Pois H	Lucy 2	19/07/2004	08/12/2004	22/03/2005
Sausheim	Pois P	Hardy 1	02/08/2004	08/12/2004	

Légende : H = Hiver, P = Printemps

Lieu	Essai précédent (espèce)	Parcelle précise (variété et bloc)	Horizons (cm)	NO3 en kg N /ha		
				Après récolte	Entrée de l'hiver	Sortie de l'hiver
Elsenheim	Lupin	Amiga 2	0-30	5	41	25
			30-60	2	29	16
			60-85		18	7
Elsenheim	Féverole H	Diva 1	0-30	13	52	35
			30-60	31	47	23
			60-90			17
Elsenheim	Féverole P	Divine 1	0-30	13	70	
Elsenheim	Pois H	Lucy 1	0-30	59	73	62
			30-60	28	52	43
			60-85		45	19
Elsenheim	Pois P	Hardy 1	0-30	46	83	
			30-60	29	80	
			60-85		70	
Elsenheim	Démonstration de féverole H	Féver. A (Karl)	0-30	28	55	42
			30-60	25	56	28
			60-90		34	13
Sausheim	Lupin	Amiga 2	0-30	8	12	17
			30-60	4	13	12
						11
Sausheim	Féverole H	Karl 2	0-30	11	25	
			30-50	6	24	
Sausheim	Pois H	Lucy 2	0-30	16	36	36
			30-60	2	27	22
						24
Sausheim	Pois P	Hardy 1	0-30	13	27	
			30-60	5	23	

Pluviométrie pendant l'hiver 2004-05 à Mulhouse

(près de Sausheim, où un suivi des reliquats azotés après pois et lupin a été réalisé)

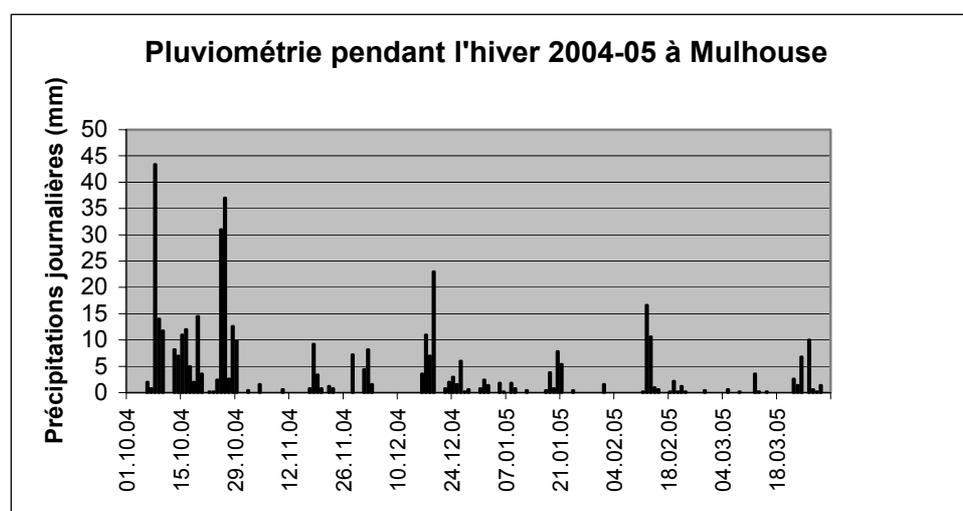


Fig. 79 : pluviométrie hiver 2004-05 près de Sausheim

7.8 Bibliographie

- ABD-ALLA, M.H., 1999. *Nodulation and nitrogen fixation of Lupinus species with Bradyrhizobium (lupinus) strains in iron-deficient soil*. *Biology and Fertility of Soils* 28, S. 407-415.
- AEP (2005) – EUROPEAN ASSOCIATION FOR GRAIN LEGUME RESEARCH : www.grainlegumes.com (22.08.2005) : Union Nationale Interprofessionnelle des Plantes riches en Protéines, France
- ALTER AGRI (2003), *Intérêts des associations céréales-protéagineux*, n°58 (mars-avril), p 10-11.
- ARAA (1999) : *Guide des sols d'Alsace - Petite région naturelle Plaine Sud-Alsace, un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique*, 183 p.
- ARAA (2004) : *Guide des sols d'Alsace – Petite région naturelle n°8 Plaine Centre-Alsace, un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique*, 216 p.
- ARVALIS (2004) : *Variétés de protéagineux 2004*.
- BORDENAVE (2002), *Contribution au développement des cultures protéagineuses en agriculture biologique*, ITAB, 25 p.
- BRAND, J.D., TANG, C. UND A.J. RARTHJEN, 1999. *Adaptation of Lupinus angustifolius L. and L. pilosus Murr. to calcareous soils*. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, S. 1027-1033.
- BÜTTNER, C., GOSSMANN M. UND U. FEILER, 2000. *Entwicklung einer Schnellmethode zur Bestimmung des Erregers der Anthraknose und von Strategien zu deren Bekämpfung bei Lupinen*. Teilprojekt: Humboldt- Universität zu Berlin, ÖE 109/99 HS, Abschlussbericht unveröffentlicht.
- CLEMENTS, J.C., WHITE, P.F. UND B.J. BUIRCHELL, 1993. *The root morphology of Lupinus angustifolius in relation to other Lupinus species*. *Australian Journal of Agricultural Research* 44, S. 1367-1375.
- CORNEC (2003) : *Nourrir les porcs et les volailles avec les protéagineux*, ARVALIS – Institut du Végétal, 6 p.
- COWLING, W.A. UND J.C. CLEMENTS, 1993. *Association between collection site soil-ph and chlorosis in Lupinus angustifolius induced by a fine-textured, alkaline soil*. *Australian Journal of Agricultural Research* 44, S. 1821-1836.
- CROWLEY, J.G., 2001: *Field Performance of Winter Lupins*. Crops Research Centre, Oak Park, Carlow. ISBN 1 84170241 2.
- DIERAUER, H.-U.; STÖPPLER-ZIMMER, H. (1994): *Unkrautregulierung ohne Chemie*. Stuttgart, Ulmer.
- DITTMANN, B., 1998. *Anthraknosebekämpfung bei Lupinen, erste Versuchsergebnisse*. *Raps* 16 (4), S. 152-154.
- FEILER, U.; NIRENBERG, H. I. (2004): *Anthraknose an Lupine - Teil 1: Colletotrichum-Befallsbilder bei den drei landwirtschaftlich wichtigen Lupinearten Lupinus albus, L. angustifolius und L. luteus*. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 56 (1), S. 1-8.
- FEILER, U., 2002. *Description of Colletotrichum lupini comb. nov. in modern terms*. *Mycologia* 94 (2), S. 307 – 320.
- FIBL (FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU), 2003. *Die Amerikanische Sternhacke (Rotorhacke) eine Alternative für die mech. Unkrautregulierung auf dem Bio-Betrieb?* FiBL-Beratungsprojekt, 26.11.2003, Frick (Schweiz).
- FRICK, C. UND T. HEBEISEN, 2002. *Schlussbericht „Anbau- und Verwertungsstrategien für Süßlupinen im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des N-Haushalts“ (Schweizerischer Projektbeitrag)*, Interreg-Projekt No. 2/63/ITADA 2.2.
- FRICK, C., HEBEISEN T. UND R. CHARLES. 2005. *Liste der empfohlenen Sorten für schmalblättrige und weisse Lupinen für die Ernte 2005*. *Agrarforschung* 12(1) Beilage.
- GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LUPINE, 2003. *Lupinen - Verwertung und Anbau*.

- GISI, U., SCHENKER, R., SCHULIN, R., STADELMANN, F.X. UND H. STICHER, 1997. *Bodenökologie*. Stuttgart New York, Georg Thieme Verlag.
- HAGSTROM, J., JAMES, W.M. UND K.R. SKENE, 2001. *A comparison of structure, development and function in cluster roots of Lupinus albus L. under phosphate and iron stress*. Plant and Soil 232, S. 81-90.
- HERRMANN, G.; PLAKOLM, G., 1991: *Ökologischer Landbau - Grundwissen für die Praxis*. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- HOFFMANN, G. (1991). *Die Untersuchung von Böden*. Methodenbuch, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 4. neubearbeitete Auflage.
- ITAB (2003), *Les associations à base de triticale-pois fourrager en agriculture biologique*, Fiche TECHN'ITAB, 4 p.
- ITADA (1999) : *Dynamique et gestion de l'azote dans les rotations culturales d'exploitations biologiques sans ou pauvres en élevage*, 109 p.
- KERLEY, S.J. UND C. HUYGHE, 2001. *Comparison of acid and alkaline soil and liquid culture growth systems for studies of shoot and root characteristics of white Lupin (Lupinus albus L.) genotypes*. Plant and Soil 236, S. 275-286.
- KERLEY, S.J. UND C. HUYGHE, 2002. *Stress-induced changes in the root architecture of white Lupin (Lupinus albus) in response to pH, bicarbonate and calcium in liquid culture*. Annals of Applied Biology 141, S. 171-181.
- KERLEY, S.J., 2000. *The effect of soil liming on shoot development, root growth, and cluster root activity of white Lupin*. Biology and Fertility of Soils 32, S. 94-101.
- KERLEY, S.J., NORGAARD, C., LEACH, J.E., CHRISTIANSEN, J.L., HUYGHE, C. UND P. RÖMER, 2002. *The development of potential screens based on root calcium and ion concentrations for the evaluation of tolerance in Egyptian genotypes of white Lupin (Lupinus albus L.) to limed soils*. Annals of Botany 89, S. 341-349.
- KERLEY, S.J., SHIELD, I.F. UND C.HUYGHE, 2001. *Specific and genotypic variation in the nutrient content of Lupin species in soils of neutral and alkaline pH*. Australian Journal of Agricultural Research 52, S. 93-102.
- LAURENT ET AL (1998) : *Le pois dans la rotation – Comment maîtriser le risque nitrates ? Perspectives agricoles n°240 (novembre)*, p 50-56.
- LIU, A. UND C. TANG, 1999a. *Comparative performance of Lupinus albus genotypes in response to soil alkalinity*. Australian Journal of Agricultural Research 50, S. 1435-1442.
- LIU, A. UND C. TANG, 1999b. *Responses of two genotypes of Lupinus albus L. to zinc application on an alkaline soil*. Journal of Plant Nutrition 22, S. 467-477.
- MLR (2001) – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.). *Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse – Wirtschaftsjahr 2000/01*.
- PARSCHE, F., 1940. *Über die Kalkchlorose der Lupine II*. Bodenkunde und Pflanzenernährung 64, S. 55-80.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2000. *Are mineral nutrients a critical factor for lime intolerance of Lupins?* Journal of Plant Nutrition 23, S. 617-635.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2001a. *Proteoid root formation of Lupinus albus L. is triggered by high pH of the root medium*. Journal of Applied Botany 75, S. 50-52.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2001b. *Lime-induced growth depression in Lupinus species: are soil pH and bicarbonate involved?* Journal of Plant Nutrition and Soil Science 164, S. 165-172.
- RAZA, S., JORNSGARD, B., ABOU-TALEB, H. UND J.L. CHRISTIANSEN, 2001. *Tolerance of Bradyrhizobium sp. (Lupini) strains to salinity, pH, CaCO₃ and antibiotics*. Letters in Applied Microbiology 32, S. 379-383.
- RÖMER, P., 1998. *Anthracoze 1997: Bestandsaufnahme und Lösungsansätze*. In: Wink M. (Hrsg.). *Lupinen in Forschung und Praxis*. 99-115. Verlag M. Rheinheimer. Ludwigshafen.

RÖMER, P., 2000. *Bekämpfung der Anthracnose bei Lupinen*. ufop-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Bonn.

SCHAUB, *Fiche associations céréales-protéagineux*, Guide de désherbage en Grandes Cultures Bio., SUAD 67, p 72-74.

SHIELD, I.F., SCHOTT T., STEVENSON H.J. LEACH J.E. AND A.D. TODD, 2000. *The causes of over-winter plant losses of autumn-sown white lupins (Lupinus albus) in different regions of the UK over three seasons*. Journal of Agricultural Science, 135, S. 173-183. Cambridge.

TANG, C. UND A.D. ROBSON, 1995. *Nodulation failure is important in the poor growth of 2 Lupin species on an alkaline Soil*. Australian Journal of Experimental Agriculture 35, S. 87-91.

TANG, C. UND A.D. ROBSON, 1998. *Correlation between soil pH of collection site and the tolerance of wild genotypes of Lupinus angustifolius L. to neutral pH*. Australian Journal of Experimental Agriculture 38, S. 355-362.

TANG, C., ADAMS, H., LONGNECKER, N.E. UND A.D. ROBSON, 1996. *A method to identify Lupin species tolerant of alkaline Soils*. Australian Journal of Experimental Agriculture 36, S. 595-601.

TANG, C., BUIRCHELL, B.J., LONGNECKER, N.E. UND A.D. ROBSON, 1993c. *Variation in the growth of Lupin species and genotypes on alkaline soil*. Plant and Soil 156, S. 513-516.

TANG, C., COBLEY, B.T., MOKHTARA, S., WILSON, C.E. UND H. GREENWAY, 1993a. *High pH in the nutrient solution impairs water-uptake in Lupinus angustifolius L*. Plant and Soil 156, S. 517-519.

TANG, C., ROBSON, A.D. UND H. ADAMS, 1995. *High Ca is not the primary factor in poor growth of Lupinus angustifolius L in high pH soil*. Australian Journal of Agricultural Research 46, S. 1051-1062.

TANG, C., ROBSON, A.D., LONGNECKER, N.E. UND H. GREENWAY, 1993b. *Physiological responses of Lupin roots to high pH*. Plant and Soil 156, S. 509-512.

TANG, C.X. UND A.D. ROBSON, 1993a. *pH above 6.0 reduces nodulation in Lupinus species*. Plant and Soil 152, S. 269-276.

TANG, C.X. UND A.D. ROBSON, 1993b. *Lupinus species differ in their requirements for iron*. Plant and Soil 157, S. 11-18.

TANG, C.X., LONGNECKER, N.E., THOMSON, C.J., GREENWAY, H. UND A.D. ROBSON, 1992. *Lupin (Lupinus angustifolius L) and Pea (Pisum sativum L) roots differ in their sensitivity to pH above 6.0*. Journal of Plant Physiology 140, S. 715-719.

TIEDEMANN V., A., AMELUNG D. UND K. OLLENDORF, 2001. *Entwicklung von Strategien zur Anthraknose-Bekämpfung bei der Lupine*. Verbundprojekt Untersuchungen zur Anthraknose der Lupine, Teilprojekt Universität Rostock ÖE 108/99HS, Abschlussbericht unveröffentlicht.

WATT, M. UND J.R. EVANS, 1999. *Proteoid roots - physiology and development*. Plant Physiology 121, S. 317-323.



Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne
Dieses Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert
(Programme INTERREG - Fonds européen de développement régional)
(INTERREG-Programm - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)