

Valeur agronomique de mélanges et d'associations conduits en agriculture biologique

Joëlle Fustec¹, Pierre Gayraud², Jean-Paul Coutard³

1. Ecole Supérieure d'Agriculture, UP-SP Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale & Agroécologie, F-49007 Angers ; j.fustec@groupe-esa.com

2. MICHEL OBTENTION, 1 bis, rue Jules Verne, F-77160 Provins ; www.michelobtention.com

3. Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire - Ferme expérimentale de Thorigné-d'Anjou, F-49220 Thorigné d'Anjou ; jean-paul.coutard@maine-et-loire.chambagri.fr

Résumé

En élevage biologique, les associations et prairies multispécifiques à base de légumineuses s'avèrent être de puissants leviers pour augmenter la production et satisfaire à l'autonomie alimentaire de l'exploitation. Toutefois, si le fonctionnement des associations ray-grass anglais - trèfle blanc est bien documenté, il n'en est pas de même des prairies multispécifiques pour lesquelles le choix des espèces à semer dans les mélanges, l'entretien et la valeur alimentaire du couvert végétal posent de nombreuses questions. Dans le but d'apporter des éléments de réponse, nous avons effectué la synthèse des résultats de plusieurs expérimentations menées, d'une part, par Michel Obtention et l'ITAB à Provins (77) et, d'autre part, à la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (49).

Les résultats ont montré qu'en prairie multispécifique, il peut exister un "effet mélange" conduisant à des niveaux de production significativement supérieurs à ceux que l'on obtient avec des espèces semées en cultures pures. Que l'on soit sur sol profond ou superficiel, les mélanges multispécifiques sont plus productifs que les associations ray-grass anglais - trèfle blanc et plus robustes en conditions difficiles. Les résultats obtenus dans les deux sites montrent l'intérêt des graminées et légumineuses qualifiées de secondaires dans les prairies multi-espèces conduites en agriculture biologique. La valeur alimentaire des mélanges s'est révélée satisfaisante. Pour établir la composition de mélanges, les espèces doivent être choisies en fonction des conditions pédoclimatiques et du type de conduite. Le choix des variétés, comme celui des espèces, est important pour assurer un bon étalement de la production.

De nombreuses questions doivent être adressées à la recherche, pour permettre une meilleure valorisation de ce type de prairies en agriculture biologique. Ainsi, la biologie des espèces secondaires, en particulier les légumineuses, doit être mieux connue, de même que la nature des interactions et les effets de complémentarité que ces plantes peuvent entretenir avec les plantes voisines en fonction des facteurs pédoclimatiques et des pratiques. L'impact des légumineuses sur la matière organique du sol et sa minéralisation sont aussi des points importants. Enfin, les variétés fourragères inscrites ne semblent pas les mieux adaptées aux conditions agronomiques contraignantes et aux couverts prairiaux composés de plusieurs espèces.

1. Introduction

Les règles définissant l'alimentation des bovins **en élevage biologique** donnent une **place prépondérante aux prairies** dans les systèmes fourragers. Le pâturage et le foin sont deux modes d'utilisation majeurs de ces prairies (cahier des charges REPAB-F). Les éleveurs sont tenus de fournir un accès au pâturage dès que l'état physiologique des animaux, les conditions météorologiques et l'état du sol le permettent (MAURICE, 2005). **L'autonomie alimentaire**, qui définit un lien au sol important, est une condition majeure de la pérennité du système de production et du cahier des charges. Il s'agit de mettre en œuvre un **système alimentaire équilibré, plus indépendant des aléas climatiques** et limitant l'appel à des concentrés ou à des fourrages produits hors de l'exploitation. Aucun produit chimique n'étant autorisé en agriculture biologique, les éleveurs doivent développer des techniques de maîtrise des adventices (rotation, désherbage mécanique) et la base de la fertilisation repose sur une gestion efficace des fertilisants organiques de l'exploitation. Ces contraintes restreignent considérablement la gamme des leviers utilisables par l'exploitant pour assurer une production suffisante pour couvrir les besoins alimentaires des animaux, en particulier sur les sols à faible potentiel et lorsque les conditions climatiques sont limitantes. Un objectif important pour les exploitants est de gagner de la productivité sur le printemps et l'automne.

La haute teneur en protéines des légumineuses (17 à 25% en moyenne) en fait des aliments clefs pour atteindre **l'autonomie alimentaire en protéines** dans le respect du cahier des charges (PFLIMLIN *et al.*, 2003 ; GAYRAUD, 2004). De par leur aptitude à la fixation biologique, les légumineuses alimentent le système prairial en azote. Les associations du type ray-grass anglais - trèfle blanc (RGA-TB), ainsi que les prairies multispécifiques à base de légumineuses connaissent donc un franc succès en agriculture biologique. Si les associations RGA-TB ont fait l'objet de très nombreux travaux de recherche visant à optimiser leur productivité et leur valeur alimentaire en fonction des situations agronomiques (SOUSSANA et MACHADO, 2000), ce n'est pas le cas des mélanges multispécifiques. Les éleveurs se posent beaucoup de questions sur les espèces à employer et sur la conduite de ces prairies (MAURICE, 2005). Nous avons réalisé la synthèse des résultats d'essais menés dans deux sites différents dans le but de mieux comprendre le comportement de mélanges d'espèces conçus pour la fauche ou la pâture, dans différentes conditions pédoclimatiques.

2. Présentation des essais

2.1. Dispositifs expérimentaux

– Comparaison de mélanges multispécifiques et de cultures pures

Quatre essais ont été semés en 2002 par **Michel Obtention avec l'ITAB à Provins** (Seine-et-Marne) et suivis de 2003 à 2006. Ils ont permis de comparer des graminées et des légumineuses cultivées en couverts monospécifiques avec **seize mélanges de "type fauche"** et **seize mélanges de "type pâture" comprenant deux de ces graminées et deux de ces légumineuses**. De plus, l'essai "graminées pures" avait aussi pour objet d'évaluer le potentiel agronomique des espèces sans apports d'azote minéral ou organique. Les graminées choisies pour les mélanges de "type fauche" étaient soit le dactyle et la fétuque élevée, soit la fléole des prés avec de la fétuque élevée ou de la fétuque des prés. Les mélanges de type "pâture" ont tous comporté du ray-grass anglais (RGA) associé à de la fléole des prés, du dactyle, de la fétuque des prés ou de la fétuque élevée. Pour les types "fauche" comme pour les types "pâture", les deux légumineuses ont été choisies parmi les espèces suivantes: lotier corniculé, luzerne, sainfoin simple (non remontant), sainfoin double (remontant), trèfle blanc 'Ladino', trèfle blanc nain, trèfle violet et trèfle hybride.

– Comparaison de l'association RGA-TB avec des mélanges multispécifiques

Deux essais en moyennes parcelles ont été mis en place sur la **ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou** (Maine-et-Loire), **conduite en agriculture biologique**. Chacun d'entre eux

comporte 4 blocs pâturés par le troupeau de vaches allaitantes. Ils ont tous deux permis de comparer les résultats de l'association RGA-TB avec ceux des mélanges multispécifiques (Tableau 1).

En outre, l'essai 1, semé en septembre 2000 sur sol peu profond (35-45 cm) et suivi de 2001 à 2004 a aussi permis d'évaluer l'intérêt d'introduire des RGA plus précoces dans les mélanges multispécifiques (variétés à faible remontaison) et d'apprécier la possibilité de contrôler le trèfle violet. L'essai 2, semé en septembre 2004 et suivi de 2005 à 2007, a été installé pour une partie sur sol profond (environ 1 m) et pour l'autre partie sur sol superficiel (25 cm) séchant et hydromorphe, et a été conçu pour tester l'incidence des caractéristiques du sol sur la productivité et l'évolution de la composition floristique. De plus, on a introduit de la fléole et de la fétuque des prés sur sol profond, du dactyle sur sol superficiel, et deux doses différentes de lotier corniculé.

TABLEAU 1 – Composition des associations de ray-grass anglais - trèfle blanc (A1 et A2) et des mélanges multi-spécifiques (M1 à M11) semés à la ferme expérimentale de Thorigné-d'Anjou dans les essais 1 et 2 (en kg/ha).

	Essai 1						Essai 2						
	A1	M1	M2	M3	M4	M5	A2	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Sol superficiel	-	-	-	-	-	-	oui	-	oui	-	oui	-	oui
peu-profond	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	-	-	-	-	-	-
profond	-	-	-	-	-	-	oui	oui	oui	oui	-	oui	-
	A1	M1	M2	M3	M4	M5	A2	M6	M7	M8	M9	M10	M11
RGA tardif ^(a)	20	7,5	-	-	7,5	8,4	20	8			-	-	-
½ tardif ^(b)	-	-	7,5	-	-	-	-	-	8	8	5	8	8
précoce ^(c)	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fétuque élevée ^(d)	-	9,5	9,5	9,5	9,5	10,6	-	10	10	5	13	10	7
Paturin des prés ^(e)	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ray-grass hybride ^(f)	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-
Dactyle ^(g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
Fétuque des prés ^(h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fléole des prés ⁽ⁱ⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Trèfle blanc ^(j)	3	3	3	3	2	2,6	4	2	2	2	2	2	2
Trèfle violet ^(k)	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-
Trèfle hybride ^(l)	-	3	3	3	2	2,6	-	3	3	3	3	3	3
Lotier corniculé ^(m)	-	3	3	3	2	2,6	-	3	3	3	3	6	3
Total semences	23	29	29	29	29	29	24	26	26	26	29	29	26

(a) 'Ohio' essai 1, 'Brital' essai 2 – (b) 'Burton' – (c) 'Vital' – (d) 'Bariane' essai 1, 'Dulcia' essai 2 – (e) 'Oxford' – (f) 'Taldor' – (g) 'Greenly' – (h) 'Préval' – (i) 'Climax' – (j) 'Grassland demand' – (k) 'Séгур' - (l) 'Dawn' – (m) Léo' essai 1, 'Gran san gabriele' essai 2.

– Observations complémentaires

Pour compléter les résultats des expérimentations précédentes, nous ferons aussi référence à d'autres essais en cours mis en place dans la même période par Michel Obtention, ainsi qu'à la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou. Nous nous appuyons également sur des observations en vraie grandeur sur le système de production de cette exploitation (65 ha de prairies multispécifiques en 2007).

2.2. Conditions pédoclimatiques et conduite des essais

L'essai de Provins a été implanté sur un **sol caillouteux, séchant, de texture limono-argileuse** (19,4% argiles, 31,9% limons fins, 37% limons grossiers, 11,7% sables, 3% de matière organique, pH 7,1). Les années 2003 (canicule), 2004 et 2005 ont été marquées par des déficits hydriques importants. Trois coupes mécaniques ont été réalisées par an, excepté en 2005 (2 coupes).

Les sols de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou sont **limono-sableux, en général caillouteux, séchants et hydromorphes** en raison de la présence fréquente d'alias. Ils sont acides, sensibles au tassement, avec lessivage du fer, risque de libération d'alumine et d'accumulation de matières organiques peu évoluées. Des amendements réguliers permettent de maintenir le pH entre 5,5 et 6. A Thorigné d'Anjou, les étés sont secs, avec un déficit hydrique marqué de juin à

septembre (pluviométrie moyenne à Angers 639 mm/an). L'année 2001 a été très humide, perturbant le pâturage de printemps, mais maintenant la pousse de l'herbe en début d'été. Si 2002 a été très favorable à la pousse de l'herbe, en revanche, comme à Provins, 2003 a cumulé canicule et sécheresse. Les années 2004, 2005 et 2006 ont aussi été marquées par la sécheresse. Mais 2007 a été très humide, sauf en début de printemps et en automne.

3. Productivité des prairies multispécifiques

3.1. Productivité des mélanges multispécifiques par rapport aux cultures pures

A Provins, les rendements **en graminées sont faibles et s'effondrent dès la troisième année** (Tableau 2). En l'absence d'apports d'azote, les graminées dites secondaires telles que la fléole des prés ou la fétuque des prés ont des comportements très honorables, tandis que le rendement des RGA et des dactyles chute plus rapidement. Les rendements en légumineuses sont nettement plus élevés que ceux des graminées, en particulier pour les **sainfoins et la luzerne**.

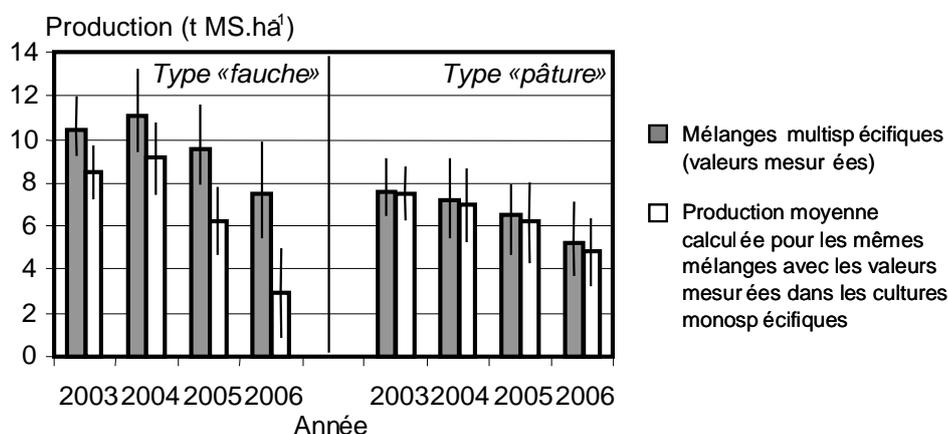
TABLEAU 2 – Production annuelle pour les cultures pures de graminées et de légumineuses, essai de Provins (t MS/ha).

Années	Graminées*					Légumineuses*								
	RGA	F	D	FP	FE	M	Ss	Sd	L	Th	Tbn	Tbl	Tv	Lc
2003	3,9	5,5	4,4	5,6	5,9	9,1	14,7	12,9	12,7	9,1	7,0	6,5	9,4	11,2
2004	5,6	6,9	5,9	4,0	4,4	8,4	16,8	17,8	15,1	5,1	8,0	6,3	11,9	11,2
2005	1,8	2,6	1,9	2,4	3,0	5,3	10,9	11,3	14,8	4,5	5,2	6,2	6,1	7,3
2006	1,5	1,4	1,9	1,3	1,7	-	9,0	8,5	11,8	-	1,2	1,7	-	5,1

* RGA ray-grass anglais, F fléole des prés, D dactyle, FP fétuque des prés, FE fétuque élevée, M minette, Ss sainfoin simple, Sd sainfoin double, L luzerne, Th trèfle hybride, Tbn trèfle blanc nain, Tbl trèfle blanc 'ladino', Tv trèfle violet, Lc Lotier corniculé

Pour l'ensemble des mélanges de type "fauche", la production annuelle moyenne des deux premières années atteint 10 à 11 t MS/ha (Figure 1). **Ces valeurs sont globalement supérieures à la production annuelle des cultures pures** au prorata de leur contribution à la biomasse (8 à 9 t MS/ha/an). En troisième et quatrième années de culture, l'effet positif du mélange sur la production est très net. Cet "effet mélange" n'a cependant pas été mis en évidence pour les types "pâturage", peut-être en raison de la présence de RGA qui a rapidement stoppé son développement sous l'effet des fortes températures (Tableau 2).

FIGURE 1 – Production annuelle moyenne de MS pour l'ensemble des mélanges constitués de 2 graminées et de 2 légumineuses (essai de Provins, 16 mélanges de type "fauche" et 16 de type "pâturage").



A Provins, le **mélange de type fauche contenant de la luzerne** (30% dactyle, 20% fétuque élevée, 10% lotier, 40% luzerne) s'est avéré le plus productif de tous (13,3 t MS/ha/an) : il permet un

gain de production de 4 t MS/ha/an par rapport aux cultures pures. Les mélanges les plus productifs sont ensuite ceux qui contiennent du **sainfoin simple** (9 à 11 t MS/ha/an), permettant d'obtenir un gain de productivité de 2 à 3 t MS/ha/an par rapport aux cultures pures pour les types "fauche". Parmi les types "pâture", les combinaisons comprenant du sainfoin simple sont aussi les plus productives (9 t MS/ha.an), mais sans écart significatif avec les cultures pures.

La forte productivité de certains mélanges peut être due à la présence d'espèces présentant les rendements les plus élevés en culture pure. Cependant, de nombreux auteurs montrent que **le mélange d'espèces permet un gain de productivité en raison d'un "effet de complémentarité entre ces espèces"** correspondant à un partage des ressources plus ou moins important entre plantes voisines (LOREAU et HECTOR, 2001 ; GERSANI *et al.* 2001 ; GOH et BRUCE, 2002). Ceci a pu être observé **lorsque des graminées se trouvent en présence de légumineuses**, en raison de l'aptitude de ces dernières à fixer l'azote atmosphérique. Dès que les nodules sont en place, les légumineuses ne sont plus en compétition avec les graminées pour l'azote du sol, accentuant ainsi les effets de complémentarité (CORRE-HELLOU *et al.*, 2007). En outre, de par cette aptitude à la fixation biologique, les légumineuses enrichissent la matière organique en composés azotés, en particulier par leurs parties souterraines. Ainsi, HØGH-JENSEN et SCHJOERRING (2001) ont montré que **plus de 90% de l'azote apporté au sol par le système racinaire des trèfles peut provenir de la fixation biologique**. Cet azote organique est rapidement minéralisable et utilisable par les espèces non fixatrices. Les légumi-neuses établissent donc directement ou indirectement des interactions positives (ou facilitation) avec les espèces voisines, limitant de plusieurs façons les effets négatifs de la compétition interspécifique sur la productivité du couvert végétal (TEMPERTON *et al.*, 2007). Notons que **l'impact positif de la facilitation est souvent plus marqué en situations pédoclimatiques difficiles** (BRUNO *et al.*, 2003).

3.2. Productivité des mélanges multispécifiques par rapport aux associations RGA-TB

A Thorigné d'Anjou, **la productivité des prairies multispécifiques s'est révélée significativement supérieure à celle du RGA-TB** (Tableau 3). Des résultats allant en ce sens ont été obtenus par SURAULT *et al.* (2007), mais aussi dans d'autres essais conduits en conventionnel (COLLECTIF, 2007) ou en agriculture biologique (LORGEOU *et al.*, 2007).

TABLEAU 3 – Rendements annuels des associations RGA-TB (A1 et A2) et des mélanges multispécifiques (M1 à M11) obtenus pour les essais 1 et 2 conduits à Thorigné d'Anjou (en t MS/ha).

	Essai 1						Essai 2										
	A1	M1	M2	M3	M4	M5	A2	A2	M6	M7	M7	M8	M9	M9	M10	M11	
Sol superficiel	-	-	-	-	-	-	-	oui				oui	oui	-	oui	oui	oui
peu-profond	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
profond	-	-	-	-	-	-	oui	-	oui	oui	-	-	oui	-	-	-	-
Année 1	4,5	6,2	7,8	7,1	7,1	6,9	10,3	5,3	11,7	11,2	6,5	6,7	10,7	6,0	5,4	11,4	
Année 2	7,7	7,2	8,1	8,9	9,9	8,1	6,4	3,0	9,4	9,0	4,0	4,3	9,1	4,3	4,2	7,4	
Année 3	2,8	2,9	3,5	3,8	4,0	3,6	9,3	3,0	10,8	10,7	5,0	4,8	11,0	4,9	5,5	10,1	
Année 4	1,8	3,5	3,5	4,6	3,0	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Moyenne	4,2	4,9	5,7	6,1	6,0	5,6	8,4	3,8	10,5	10,1	5,2	5,3	9,9	5,1	5,0	9,4	
CV (%)	62	43	46	38	52	41	32	34	16	16	23	25	12	18	14	2.8	

Les résultats de l'essai 2 montrent que les prairies installées sur sol profond ont été deux fois plus productives que les prairies installées sur sol superficiel (+94% pour le mélange M7). Le gain de production des mélanges multispécifiques par rapport au RGA-TB est le même dans les deux types de sols (+1,7 t MS/ha en moyenne entre M7 et A2, Tableau 3). Ce résultat va à l'encontre d'une idée répandue selon laquelle les prairies multispécifiques ne présenteraient de l'intérêt que pour les sols médiocres.

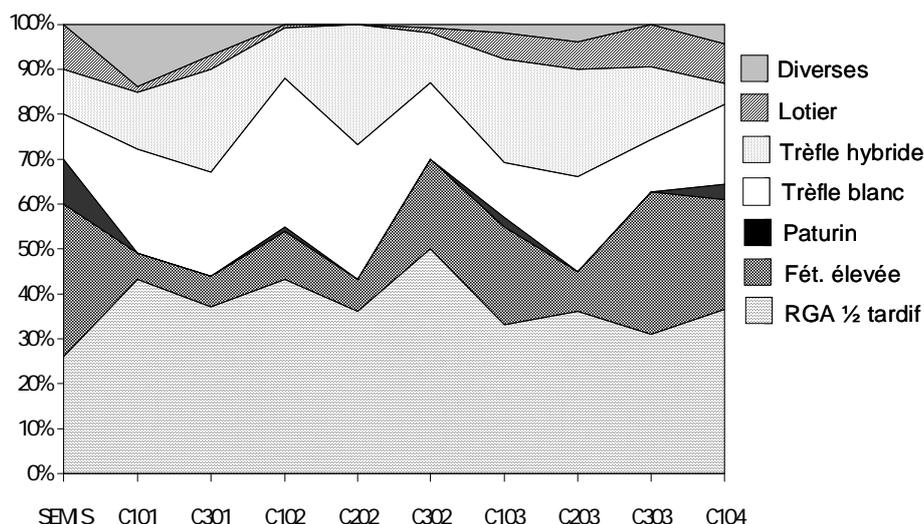
Des écarts de rendement plus élevés en faveur des mélanges multispécifiques, ont été observés sur les deux essais **lors des années marquées par des sécheresses successives**. Par exemple, sur sol peu profond (essai 1), le gain de productivité en faveur des mélanges multispécifiques a doublé de 2002 à 2003, puis de 2003 à 2004 (années 2, 3 et 4). En ce qui concerne l'essai 2, de 2005 à 2006, le gain de productivité moyen passe de 0,85 à 1,2 t MS/ha sur sols superficiels et de 0,95 à 2,32 t MS/ha sur sols profonds (années 1 et 2 de l'essai 2). D'une manière générale, **la variabilité de la production annuelle des prairies est importante, mais atténuée dans les prairies multispécifiques, par rapport aux associations RGA-TB** (Tableau 3 ; COUTARD, 2007).

4. L'évolution du couvert prairial au cours du temps

4.1. Accepter des fluctuations de l'équilibre des espèces

Opter pour des prairies plurispécifiques conduit à **accepter des fluctuations de l'équilibre des espèces**. La proportion de légumineuses est particulièrement importante en agriculture biologique où, rappelons-le, ces plantes fixatrices d'azote atmosphérique ont un "rôle moteur" dans le fonctionnement de la prairie.

FIGURE 2 – Evolution de la composition floristique des prairies multispécifiques : exemple du mélange M2 à Thorigné d'Anjou (en % de la MS ; C101 = cycle 1, année 2001 ; au semis : % de la masse des semences).



A Thorigné d'Anjou, les adventices dicotylédones annuelles de la phase juvénile de la prairie, abondantes en premier cycle, disparaissent rapidement le premier été, sans autre intervention que le pâturage et la fauche des refus (Figure 2). Le même phénomène a été constaté à Provins. A ce stade, les espèces semées sont généralement présentes, avec une proportion de légumineuses variant de 30 à 60%, plus importante l'été. Des oscillations semblables du pourcentage de légumineuses ont pu être observées à Provins pour les types "fauche" (Tableau 4). Après avoir suivi des oscillations proches de celles des mélanges de type "pâturage" jusqu'en mai 2004, le recouvrement des légumineuses présentes dans les mélanges de type "fauche" est plus élevé que dans ceux de type "pâturage" en automne 2004 et plus faible au printemps 2005.

4.2. Comportement des espèces

– Les graminées

A Thorigné d'Anjou, l'essai 1 montre que **l'utilisation de variétés de RGA plus précoces conduit à une augmentation de la productivité des mélanges plurispécifiques pour la pâture** (M1, M2, M3 ; Tableaux 1 et 3). De ce fait, en sol demi-profond, l'écart de productivité entre l'association A1 (qui comprend du RGA tardif) et les mélanges plurispécifiques est plus élevé lorsque ceux-ci sont à base

de RGA demi-tardif (M2) ou précoce (M3) que lorsque la variété de RGA est tardive (M1). Ces résultats ne sont pas vérifiés en sols profonds (essai 2), où les mélanges M6 et M7, qui comportent respectivement du RGA tardif et demi-tardif, ont des productivités très semblables (environ 10 t MS/ha, Tableau 3). Il est intéressant de constater qu'en sols superficiels et semi-profonds, l'utilisation de RGA demi-tardif permet d'obtenir un gain de productivité des mélanges par rapport au RGA-TB, semblable à celui observé en sol profond (soit environ +1,5 t MS/ha). L'utilisation de RGA plus précoces dans les mélanges peut cependant rendre plus délicate l'exploitation du deuxième cycle.

TABLEAU 4 – Evolution de la contribution moyenne des légumineuses au couvert végétal des mélanges multispécifiques type "fauche" et de type "pâture" à Provins, au cours du temps (estimation visuelle du recouvrement en % ; n = 16).

	Septembre 2002	Mai 2003	Juin 2003	Octobre 2003	Mai 2004	Octobre 2004	Mai 2005
Fauche	46,5	48,9	81,5	46,6	65,9	60,4	44,1
Pâture	48,1	57,4	77,6	42,9	75,4	49,9	67,9

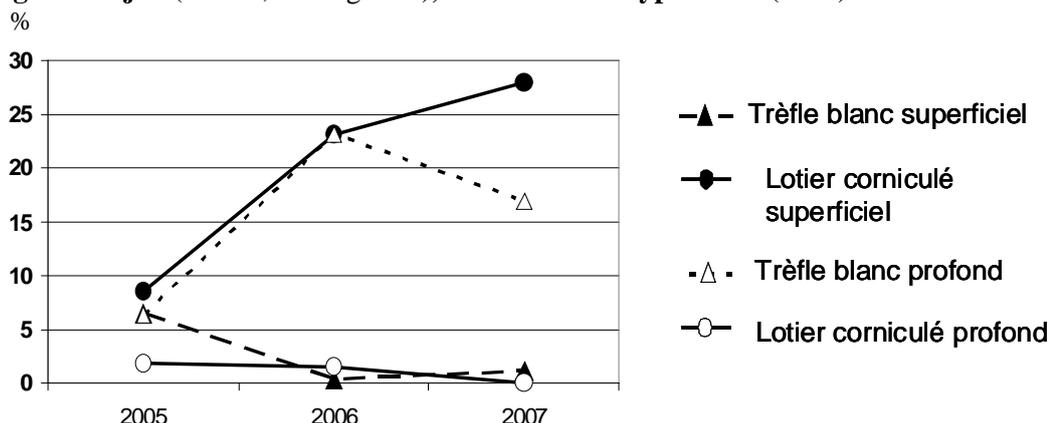
Le RGA et la féтуque élevée, aux caractéristiques complémentaires, s'associent facilement dans les prairies multispécifiques semées pour le pâturage. Dans les mélanges utilisés à Thorigné d'Anjou, le RGA domine le couvert prairial les deux premières années (Figure 2). La part de féтуque élevée, modeste en première année, augmente ensuite avec l'âge de la prairie. L'utilisation du RGA paraît donc incontournable pour assurer un bon démarrage de la prairie et éviter son salissement le premier printemps. De ce fait, cette espèce peut aussi s'avérer utile dans les prairies de fauche pour pallier les problèmes de démarrage des autres espèces. En outre, la présence du RGA facilite la consommation de la féтуque élevée, peu appétente pour les animaux (GAYRAUD, 1989). Ce problème d'appétence de la féтуque élevée concerne toutefois les variétés à feuilles rigides ; il peut être atténué par l'utilisation de variétés à feuilles souples.

A Thorigné d'Anjou, comme dans d'autres essais menés dans les Pays-de-la-Loire en conventionnel (COLLECTIF, 2007), la présence de **dactyle** conduit à une forte réduction de la contribution des autres graminées et des légumineuses. Ces problèmes n'ont cependant pas été observés dans les conditions pédoclimatiques de Provins où, dans les mélanges de type "fauche", le dactyle a été associé à la féтуque élevée.

– Les légumineuses

A Provins, le **trèfle hybride** voit son rendement chuter la deuxième année de culture monospécifique (Tableau 2), tandis qu'il disparaît des mélanges composés de deux graminées et deux légumineuses la troisième année. En revanche, sa contribution est importante à Thorigné d'Anjou où il semble bien adapté aux sols acides à alternances hydriques marquées, demeurant bien présent jusqu'en quatrième année, avec une contribution significative au rendement (Figure 3). La variété 'Dawn' utilisée à Thorigné d'Anjou est l'une des plus productives dans les sols limoneux acides (BERNARD et FUSTEC, 2007).

FIGURE 3 – Evolution de la contribution du trèfle blanc et du lotier corniculé à la matière sèche du couvert prairial à Thorigné d'Anjou (essai 2, mélange M7), en fonction du type de sol (en %).



Le **sainfoin et le lotier corniculé** semblent particulièrement intéressants pour valoriser les sols superficiels. A Provins, ces deux espèces (en particulier le sainfoin simple) ont donné de bons rendements sur les quatre années d'essai, tant en cultures monospécifiques qu'en mélange (Tableau 2). Le sainfoin est plus adapté aux sols calcaires séchant. A Thorigné d'Anjou, dans l'essai 2, le lotier était peu présent sur sol profond, mais très présent sur sol superficiel ; l'inverse est constaté pour le trèfle blanc (Figure 3). De par leur richesse en tanins condensés, lotier et sainfoin présentent un intérêt zootechnique reconnu (AUFRÈRE *et al.*, 2005b ; MIN *et al.*, 2005).

Sur les deux sites, les prairies comportant du **trèfle violet** ont été très productives les deux premières années, même avec une dose de semis très faible (Tableaux 1 et 2) mais le rendement s'effondre au cours de la troisième année. Cela conduit à réserver cette espèce à des prairies de fauche de courte durée (2 à 2,5 ans). Le trèfle violet est appétent et augmente les quantités ingérées, notamment avec la fétuque élevée (GAYRAUD, 1989). L'utilisation en pâturage de cette légumineuse météorisante est néanmoins délicate lorsque sa contribution au rendement devient excessive.

La luzerne est très productive en fauche, sur des sols non hydromorphes. Elle demeure très productive en conditions de sécheresse (MOSIMANN, 2000). A Provins, elle a permis d'obtenir au minimum 11 t MS/ha/an (sur 4 ans). En mélange, associée au dactyle, à la fétuque élevée et au lotier, le rendement moyen a été de 13 t MS/ha/an avec, cependant, une tendance à gagner sur les autres espèces au fil des années. Bien que réputée craindre les pH inférieurs à 6, la luzerne a donné de bons résultats à Thorigné d'Anjou, sur des sols profonds non hydromorphes de pH 5,5 ; dans de telles conditions, COUTARD et JOUANNIN (2007) ont montré qu'elle peut produire 20% de MS de plus que le trèfle violet.

5. Autres avantages en élevage

5.1. Valeur nutritive

A Thorigné d'Anjou, les valeurs nutritives de l'association RGA-TB de l'essai 1 et du mélange M2 ont été comparées (Tableau 5). **La valeur énergétique (UFL) de la prairie multispécifique est satisfaisante, bien que légèrement inférieure au RGA-TB (en moyenne de 4%).** En règle générale, **la teneur en matières azotées (MAT) et la valeur de PDIN sont élevées.** Les valeurs les plus faibles sont constatées au deuxième cycle et les plus hautes sur l'herbe d'automne (cycles 3 et 4).

TABLEAU 5 – Valeur nutritive moyenne du RGA-TB et du mélange M2 de l'essai 1 à Thorigné d'Anjou.
Estimation obtenue avec le logiciel INRA PREVALIM à partir d'échantillons analysés au laboratoire ; Fourrage de référence = mélange respectant la proportion des espèces ; dMO calculée selon la proportion de légumineuses avec les équations de AUFRÈRE *et al.* (2005b).

Cycles		1	2	3	4	Total
Légumineuses (% MS)	RGA-TB	31	26	12	16	24
	M2	39	46	24	22	33
MAT (g/kg MS)	RGA-TB	159	147	188	227	172
	M2	145	130	188	217	162
UFL (g/kg MS)	RGA-TB	1,07	0,93	1,00	0,97	0,99
	M2	1,03	0,85	0,96	0,93	0,95
PDIN / kg MS	RGA-TB	100	93	118	143	113
	M2	91	81	118	137	107
PDIE / kg MS	RGA-TB	99	90	102	108	101
	M2	94	82	100	103	97

5.2. Facilité de conduite

Les prairies multispécifiques s'avèrent **robustes en conditions difficiles**. L'hétérogénéité du couvert végétal au sein d'une parcelle apparaît comme un atout. En choisissant judicieusement les espèces et les variétés, ces prairies peuvent être plus résistantes aux excès d'eau, à la sécheresse ou même à des phénomènes de toxicité comme ceux observés à Thorigné d'Anjou vis-à-vis de l'aluminium. On peut attribuer en partie cette robustesse aux effets de complémentarité et aux interactions positives entre espèces. A titre d'exemple, en situation de sécheresse associée à de fortes températures, des remontées hydrauliques issues du pivot des luzernes peuvent permettre la survie de graminées aux racines plus superficielles (CALDWELL *et al.*, 1998).

Pour une meilleure facilité de conduite, il est judicieux de choisir des espèces et variétés permettant un étalement plus large de la production d'herbe. En l'absence de fertilisation minérale azotée, le démarrage en végétation des RGA tardifs n'intervient qu'en fin de printemps. L'utilisation de RGA demi-tardifs, intermédiaires ou précoces à faible remontaison permet un meilleur étalement de la production. Une contribution importante des légumineuses à la biomasse produite aboutit aussi à ce résultat. Dans les systèmes conduits en agriculture biologique, le choix des espèces fixatrices d'azote paraît particulièrement important. Non seulement les légumineuses doivent pouvoir fixer efficacement l'azote atmosphérique, mais l'azote qu'elles apportent au sol doit être disponible au bon moment pour les espèces non fixatrices. Or, la quantité d'azote fixé par les légumineuses peut varier de 15 à 650 kg de N/ha en fonction de l'espèce considérée, de son génotype, des souches de Rhizobiacées présentes, et des facteurs pédoclimatiques (Temperton *et al.*, 2007). Le choix d'une espèce ou même d'une variété semble d'autant plus délicate qu'en dehors du trèfle blanc, du trèfle violet et de la luzerne, la biologie de nombreuses espèces de légumineuses prairiales est très peu connue. L'introduction de minette, dont la production n'est pas négligeable (Tableau 2), résistante à des conditions pédoclimatiques difficiles et plus précoce que les espèces pérennes, pourrait peut-être permettre un apport d'azote aux graminées au moment du démarrage de la végétation. Cette espèce annuelle ou bisannuelle se ressème dans le couvert prairial et germe rapidement dès que les conditions lui sont favorables.

Dans les prairies multispécifiques, **le comportement du troupeau au pâturage est tout à fait satisfaisant**. Ces prairies permettent d'éviter le tri par les animaux et les problèmes de comportement rencontrés lors du passage d'une parcelle semée avec une espèce appétente à une autre qui l'est moins. Les prairies multispécifiques comportant des légumineuses météorisantes sont pâturées avec un rythme assez lent. La variabilité des dates d'épiaison et la présence d'une forte proportion de légumineuses autorisent une **assez grande souplesse dans les rythmes d'utilisation**.

Conclusion

Les mélanges multispécifiques à base de légumineuses s'avèrent donc globalement comme plus productifs que les associations RGA-TB dans les sols profonds comme dans les sols superficiels. En outre, ils résistent mieux aux sols médiocres et aux aléas climatiques, avec des oscillations interannuelles de leur production de moindre amplitude. Ces mélanges semblent tout à fait satisfaisants du point de vue zootechnique, bien que des méthodes d'évaluation de leur valeur alimentaire soient encore en phase d'élaboration (AUFRÈRE *et al.*, 2005a ; DELABY *et al.*, 2007) et qu'il reste un large champ d'investigations quant à l'intérêt zootechnique de nombreuses espèces longtemps considérées comme secondaires.

La liste de questions relatives aux mélanges multispécifiques adressées à la recherche est longue. Un mélange d'espèces ne doit pas être composé n'importe comment. Il faut prendre en compte la sociabilité des espèces, les effets de complémentarité possibles, et mieux comprendre comment la force des interactions entre les plantes varie en fonction des conditions pédoclimatiques et des pratiques. Si la biologie du ray-grass anglais, du dactyle, du trèfle blanc, du trèfle violet et de la luzerne a été bien étudiée, celle de nombreuses fourragères prairiales est encore très peu documentée et, *a fortiori*, la nature des interactions qu'elles entretiennent avec les espèces voisines. Ce constat peut être fait pour les graminées (fétuque élevée, fétuque des prés, pâturin des prés..) mais aussi pour des légumineuses secondaires dont nous avons pourtant montré le rôle essentiel dans certains mélanges en conditions pédoclimatiques contraignantes (sainfoins, lotiers, trèfle hybride, minette). Les facteurs

influant sur les capacités à fixer l'azote atmosphérique et la rhizodéposition de ces espèces devraient être plus étudiés. Les communautés de micro-organismes du sol sont trop peu connues, alors que le cycle de la matière organique enrichie en azote par les légumineuses en dépend.

Nous avons vu que le choix des variétés pouvait être tout aussi important que celui des espèces pour optimiser la production d'un mélange, lui assurer plus de robustesse ou encore étaler la production dans le temps (GAYRAUD, 2002 ; COUTARD et HUBERT, 2004 ; COULOMBEL, 2007). Actuellement, les variétés inscrites au catalogue officiel des espèces et variétés de plantes cultivées en France ou au catalogue communautaire, sont sélectionnées pour une culture intensive et homogène sans facteur limitant. Elles ne paraissent ni adaptées aux conditions sub-optimales de l'agriculture biologique, ni adaptées aux mélanges multispécifiques.

Références bibliographiques

- AUFRÈRE J., ANDRIEU J., BEAUMONT R., DULPHY J.P., DELABY L., PECCATTE J.R. (2005a). Analyse d'une banque de données de digestibilités mesurées *in vivo* et par la technique pepsine-cellulase: perspectives pour la prévision de la valeur énergétique des fourrages. *Rencontres Recherche Ruminants*, 12, 109.
- AUFRÈRE J., DUDILIEU M., PONCET C., BAUMONT R. (2005b). Effet des tanins condensés du sainfoin sur la solubilité *in vitro* de l'azote de la luzerne selon la proportion de sainfoin dans le mélange et le conditionnement des échantillons. *Rencontres Recherche Ruminants*, 12, 114.
- BERNARD F., FUSTEC J. (2007). Comparison of the development of two grassland legumes grown in different silt soils. *Permanent and temporary Grassland: plant, environment and economy*. In Proc. EGF 2007, Gent (Belgium) 3-5 Sept. 2005, A. De Vliegher, L. Carlier eds., *Grassland Science in Europe*, 12, 189-191.
- BRUNO J.F., STACHOWICZ J.J., BERTNESS M.D. (2003). Inclusion of facilitation to theory. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 119-125.
- CALDWELL M.M., DAWSON T.E., RICHARD J.H. (1998). Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. *Oecologia*, 113, 151-161.
- COLLECTIF (2007). La prairie multi-espèces. Guide pratique du Groupe régional Prairie des Pays de Loire. Arvalis, Chambre régionale d'Agriculture et Conseil Régional des Pays de la Loire, 21 p.
- CORRE-HELLOU G., BRISSON N., LAUNAY M., FUSTEC J., CROZAT Y. (2007). Effect of root depth penetration on soil N sharing and dry matter in pea-barley intercrops given different soil N supplies. *Field Crops Research*, 103, 76-85.
- COULOMBEL A. (2007). Sélection de fourragères bio pour prairies à flore variée : semencier MICHEL OBTENTION. *Alter Agri*, 81, 13-16.
- COUTARD J.P. (2007). Des essais concluants en prairies à flore variée. *Alter Agri* n°81, 17-20.
- COUTARD J.P., HUBERT F. (2004). Conception de prairies à flore variée en agriculture biologique. *Journées techniques élevage ITAB 2004*, 37-46.
- COUTARD J.P., JOUANNIN E. (2007). Utiliser de la luzerne sur sols acides. Chambre d'Agriculture du Maine et Loire, ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou. 4 p.
- DELABY L., PECCATTE J.R., AUFRÈRE J., BAUMONT R. (2007). Description et prévision de la valeur alimentaire de prairies multi-espèces. Premiers résultats. *Rencontres, Recherche, Ruminants*, 14.
- GAYRAUD P. (1989). Quelques exemples de prairies graminées-légumineuses adaptées aux zones de climat océanique. *Fourrages*, 110, 299-309.
- GAYRAUD P. (2002). Vers des plantes fourragères adaptées à l'agriculture biologique. *Alter Agri*, 56, 12-13.
- GAYRAUD P. (2004). Les prairies multi-espèces, une solution pour une meilleure autonomie alimentaire. *Journées techniques élevage ITAB 2004*, 51-54.
- GERSANI M., BROWN J.S., O'BRIEN E.O.O., MAINA G., ABRAMSKY Z. (1998). Tragedy of the commons as a result of root competition. *Journal of Ecology*, 89, 660-669.
- GOH K.M., BRUCE G.E. (2005). Comparison of biomass production and biological nitrogen fixation of multi-species pastures (mixed herb leys) with perennial ryegrass-white clover pasture with and without irrigation in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 110, 230-240.
- HØGH-JENSEN H., SCHJØERRING J.K. (2001). Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology & Biochemistry*, 33, 439-448.
- LOREAU M., HECTOR A. (2001). Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, 412, 72-76.

- LORGEOU J., BATTEGAY S., PELLETIER P. (2007). Adaptations à la sécheresse par les choix techniques de conduite des cultures pour les prairies. *Fourrages*, 190, 207-221.
- MAURICE R. (2005). Prairies biologiques en Pays de la Loire: pratiques et problèmes rencontrés. Mémoire de fin d'Études ESA d'Angers réalisé à la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, 117 p.
- MIN B.R., ATTWOOD G.T., MCNABB W., MOLAN A., BARRY T.N. (2005). The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Animal Feed Science & Technology*, 121, 45-58.
- MOSIMANN E. (2000). Mélanges fourragers en régions sèches: avec ou sans luzerne. *Rev. suisse d'Agric.*, 32, 57-61.
- PFLIMLIN A., LE GALL A., GAUTIER D., ARNAUD J.D. (2003). Les légumineuses fourragères, une voie pour concilier autonomie en protéines et environnement. *Fourrages*, 174, 183-203
- SOUSSANA J.F. AND MACHADO O. (2000). Modelling the dynamics of temperate grasses and legumes in cut mixtures. In *Grassland ecophysiology and grazing ecology*, (eds.) G. Lemaire *et al.*, CABI Publishing, 169-190.
- SURAUULT F., VÉRON R., CHATAIGNER F., HUYGHE C. (2007). Comportement de prairies mono- ou plurispécifiques en année à déficit hydrique marqué. *Fourrages*, 192, 507-510.
- TEMPERTON V.M., MWANGI P.N., SCHERER-LORENZEN M., SCHMIDT B, BUCHMANN N. (2007). Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. *Oecologia*, 115, 26-31.