

LES PRAIRIES MULTI-ESPECES : SECURISATION DES SYSTEMES FOURRAGERS DANS LES ELEVAGES CONDUITS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE. Contribution à l'autonomie des élevages.

Synthèse bibliographique



Sept. 2011

Antoine ROINSARD

Joannie LEROYER - Maître d'apprentissage

INTRODUCTION	
I- CONTEXTE : LES PRAIRIES MULTI-ESPECES DANS LES ELEVAGES EN FRANCE	1
I.1- <i>BREF HISTORIQUE ET SITUATION ACTUELLE</i>	1
I.2- <i>LES PRAIRIES MULTI-ESPECES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE</i>	2
II- DES FONCTIONS AGRONOMIQUES CONTRIBUANT A LA SECURISATION FOURRAGERE DES SYSTEMES D'ELEVAGE	2
II.1- <i>LES PRAIRIES MULTI-ESPECES OFFRENT UNE BONNE TETE D'ASSOLEMENT AUX ROTATIONS CULTURALES</i>	2
II.2- <i>UNE MEILLEURE PRODUCTIVITE HERBAGERE</i>	3
II.2.1- <i>Exemple pour des prairies pâturées</i>	3
II.2.2- <i>En situation où l'azote n'est pas limitant ?</i>	4
II.3- <i>REGULARITE INTERANNUELLE DE LA PRODUCTION</i>	5
II.3.1- <i>Miser sur la complémentarité entre espèces</i>	5
II.3.2- <i>Homogénéité intra-parcelle</i>	6
II.4- <i>UN MEILLEUR ETALEMENT DE LA PRODUCTION DANS L'ANNEE</i>	6
III- VALORISER LES SERVICES ECOLOGIQUES POUR MAXIMISER L'INTERET AGRONOMIQUE	7
III.1- <i>INTERACTIONS ECOLOGIQUES POSITIVES : INTERETS DE LA DIVERSITE FONCTIONNELLE DES PLANTES SEMEES DANS LES PRAIRIES MULTI-ESPECES</i>	7
III.2- <i>LES INTERACTIONS ENTRE GRAMINEES ET LEGUMINEUSES REGISSENT L'UTILISATION DE L'AZOTE AU SEIN DES COUVERTS MULTISPECIFIQUES</i>	8
IV- POTENTIEL ZOOTECHNIQUE : LA PRESENCE DE LEGUMINEUSES, ET LA DIVERSITE SPECIFIQUE CONFERENT AUX PRAIRIES MULTI-ESPECES UNE BONNE VALEUR ALIMENTAIRE	9
IV.1- <i>DIVERSITE SPECIFIQUE ET INTERACTIONS MODULATRICES DE LA VALEUR ALIMENTAIRE</i>	9
IV.2- <i>VALEURS ALIMENTAIRES ET FACTEURS DE VARIATIONS</i>	9
V- QUELQUES ELEMENTS DE PERSPECTIVE	11
CONCLUSION	13
BIBLIOGRAPHIE	14

INTRODUCTION

Dans les élevages conduits en Agriculture Biologique, l'autonomie alimentaire¹ est un des objectifs principaux de l'éleveur dans la mesure où elle repose sur le lien au sol (un des principes fondamentaux de l'élevage biologique²) et est facteur important de réussite économique (l'approvisionnement en aliments pour animaux biologiques est très coûteux). Face aux contraintes climatiques de ces dernières années, s'est posée dans les élevages de ruminants la question de la sécurisation des systèmes fourragers, les sécheresses estivales pouvant imposer la consommation de stocks destinés aux rations alimentaires hivernales, ou les nombreux épisodes pluvieux pouvant quant à eux, limiter la qualité des fourrages récoltés. Celles-ci ont pour conséquences une fragilisation de l'équilibre économique de la ferme (réduction à néant du stock de sécurité, achat de fourrages conservés et de concentrés, décapitalisation du cheptel, diminution des performances animales...), ou agronomique (avancement de la date de récolte de fourrages pour palier au déficit, semis en urgence de plantes fourragères à cycles court, ensilage de cultures destinées à la production de concentrés...). Ceci pose la question de la conception de systèmes fourragers productifs, stables, économes en intrants, respectueux de l'environnement et garantissant de bonnes performances zootechniques.

Les prairies multi-espèces ou à flore variée, définies par J.P. COUTARD (2007) comme des « prairies composées de plusieurs graminées et plusieurs légumineuses », apparaissent comme des prairies temporaires intéressantes à planter pour sécuriser les systèmes fourragers. Leur utilisation peut permettre par exemple de limiter le recours aux ensilages de cultures annuelles (maïs, céréales immatures), qui peuvent s'avérer plus risqués et aux intérêts limités d'un point de vue économique et zootechnique. Les prairies multi-espèces peuvent permettre d'associer des pratiques (maximisation du pâturage, favorisation de la biodiversité...) qui répondent particulièrement bien aux objectifs de l'agriculture biologique. Elles ont de plus, l'avantage de bien se comporter en milieu aux ressources nutritives limitées (ce qui est fréquent en agriculture biologique) grâce à la présence de légumineuses.

Dans quelle mesure les prairies multi-espèces peuvent-elles contribuer à sécuriser les systèmes fourragers des élevages en agriculture biologique ? L'objectif de cette synthèse est d'effectuer un état des lieux des connaissances sur le sujet, afin de justifier l'intérêt de continuer le développement des expérimentations menées sur les prairies multi-espèces en agriculture biologique. Leurs différentes caractéristiques vont être abordées, en particulier leur capacité à appuyer l'autonomie alimentaire de la ferme en période d'aléas climatiques, la plus value agro-environnementale induite par le mélange de graminées et de légumineuses et leur intérêt zootechnique.

¹ D'une façon générale, l'**autonomie alimentaire (A)** peut être définie comme la part des **aliments produits (P)** sur l'exploitation par rapport à ceux consommés (**C**) ($A = P / C$). Elle peut se décliner selon la nature des aliments : fourrages, concentrés, ration totale, ou selon leur composition : matière sèche, valeur énergétique (UFL), valeur azotée (MAT). L'autonomie est aussi le complément à 1 (ou à 100 %) de la dépendance définie comme le rapport entre les aliments achetés et les aliments consommés, puisque la consommation égale les achats (**Ac**) plus la production ($A = (C - Ac) / C = 1 - Ac / C$). Ce mode de calcul est souvent retenu dans la mesure où il est apparu plus précis d'estimer les consommations totales par les besoins que d'évaluer la production des exploitations en fourrages : les fourrages stockés sont bien connus en quantités et composition mais l'évaluation de la production du pâturage est beaucoup plus difficile. Les autonomies s'écrivent ainsi de la même façon en MS, UFL et MAT :

Autonomie totale = $1 - (\text{fourrages achetés} + \text{concentrés achetés}) / \text{consommation totale}$,
Autonomie fourrage = $1 - \text{fourrages achetés} / (\text{consommation totale} - \text{consommation concentrés})$,
Autonomie concentré = $1 - \text{concentrés achetés} / (\text{concentrés achetés} + \text{concentrés produits})$.

(Paccard et al, 2003)

² Article 4 et 5 du REGLEMENT (CE) N°834/2007 DU CONSEIL du 28 juin 2007

I- CONTEXTE : LES PRAIRIES MULTI-ESPECES DANS LES ELEVAGES EN FRANCE

I.1- Bref historique et situation actuelle

Semées de manière importante avant la seconde guerre mondiale, les prairies multi-espèces, étaient utilisées dans le dessein de recréer une prairie naturelle « améliorée ». Ainsi, de nombreuses recommandations d'agronomes de la fin du XIXème et du début du XXème faisaient-elles état de mélanges comptant jusqu'à vingt-quatre espèces de graminées et de légumineuses.

Dans le courant des années 60-70, les **monocultures fourragères de graminées** deviennent fortement conseillé (CAPITAINE *et al*, 2008). Très productrices, elles sont de grandes consommatrices d'azote minérale. Selon SCEES³ (2010), en 2006 environ trois quarts des prairies temporaires françaises recevaient de l'azote minéral. Les **prairies d'association simple** (mélange comprenant jusqu'à trois espèces, dont au moins une graminée et une légumineuse) en particulier de type Ray-grass Anglais et Trèfle Blanc (RGA et TB), étaient aussi utilisées, et recommandées au même titre que les cultures pures.

Dans les années 90, on observe un regain d'intérêt pour les prairies multi-espèces : les prairies d'association simple commencent à montrer leurs limites (comme le risque de météorisation ou la maîtrise de la pérennité, selon SIMON *et al*, 2002), et l'Agriculture Biologique, qui est très utilisatrice de prairie multi-espèces, se développe (CAPITAINE *et al*, 2008).

En 2001, les prairies d'association simple représentaient environ 45% de la surface semée en prairies temporaires en France. Le mélange RGA et TB représentait à lui seul 28% de la surface de prairies temporaires. Le trèfle blanc est très présent dans les associations : 37 % des prairies temporaires en contiennent, *a minima*. Les mélanges multi spécifiques représentent quant à eux 18% de ces surfaces avec une très grande disparité régionale : elles représentent 3% des prairies temporaires de Bretagne et 56% dans le Limousin ou en Franche-Comté (SILHOL P. *et al*, 2005, d'après SCEES 2004).

Tableau 1 - Répartition des surfaces de prairies temporaires en France en 2001. (SILHOL P. *et al*, 2005, d'après SCEES 2004)

Type de prairie temporaire	Part (% du total)	Type de prairie temporaire	Part (% du total)
Ray-grass d'Italie (RGI)	15	Dactyle	3
RGI + trèfle violet	4	Autres graminées (ou mélange de graminées)	5
Ray-grass anglais (RGA)	11	Dactyle + fétuque élevée + trèfle blanc	2
RGA + trèfle blanc	28	Fétuque élevée + trèfle blanc	2
Mélange complexe	18	Fétuque élevée	1
Dactyle + trèfle blanc	5	Autres	3
Dactyle + luzerne	4	Ensemble des prairies temporaires	100

Pourtant, l'autorisation de commercialisation de mélanges pour les espèces fourragères n'est effective en France que depuis 2004. Ce « retard » a sans doute contribué à limiter l'acquisition de références liant espèces, contexte pédoclimatique et utilisation (HUYGHE C., 2009). Auparavant, les mélanges devaient donc être systématiquement effectués par l'agriculteur lui-même. A titre de comparaison, la commercialisation de mélanges pour prairies multispecifics en Suisse, est standardisée avec une révision tout les quatre ans depuis 1955 (MOSIMANN *et al*, 1996) et codifiée

³ SCEES : Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire

selon : la durée d'implantation de la prairie, la composition du mélange, son adaptation aux conditions naturelles et le mode d'utilisation (MOSIMANN *et al*, 2008).

1.2- Les prairies multi-espèces en agriculture biologique

En agriculture biologique, la place des prairies multi-espèces a été évaluée chez les éleveurs bovins des Pays de la Loire où elles occupent une place prépondérante : 41% des prairies temporaires pour seulement 3% de cultures pures, le reste de la surface correspondant très majoritairement à des prairies d'association simple. Si l'on compare les chiffres pour les producteurs laitiers et allaitants, les éleveurs laitiers travaillent davantage avec des prairies temporaires, et celles-ci sont plus fréquemment des prairies multispécifiques. Les espèces semées majoritairement dans les prairies multi-espèces sont : le trèfle blanc (dans 98% des prairies) et le lotier (dans 58% des prairies) pour les légumineuses, le RGA (dans 89% des prairies) et la féruque élevée (dans 72% des prairies) pour les graminées. On remarque ici encore la prédominance de l'utilisation du trèfle blanc et du RGA comme base de travail pour la composition des prairies multi-espèces. De manière générale, les éleveurs utilisent les bonnes espèces par rapport à l'objectif d'utilisation souhaité, mais estiment manquer de connaissances concernant l'optimisation de la composition des prairies en fonction du contexte pédoclimatique notamment (MAURICE, 2005).

Il y a globalement peu de références concernant l'importance que prennent les prairies multi-espèces dans l'assolement en prairies temporaires en agriculture biologique ; on peut citer en plus une étude menée dans le Puy de Dôme par CHAUSSARD *et al* (2008).

De part leur forte teneur azotée (due à la présence de légumineuses) et leur robustesse, les prairies multispécifiques ont toujours été très utilisées par les éleveurs biologiques (CAPITAINE *et al*, 2008).

II- DES FONCTIONS AGRONOMIQUES CONTRIBUANT A LA SECURISATION FOURRAGERE DES SYSTEMES D'ELEVAGE

II.1- Les prairies multi-espèces offrent une bonne tête d'assolement aux rotations culturales

De part leur teneur importante en légumineuses, les prairies multi-espèces permettent un enrichissement important du sol en azote organique. Ceci qui induit régulièrement une amélioration du rendement de la culture suivante dans la rotation (CHARLES, 1976). Des essais ont été menés en Pologne par KRYSZAK (2004), afin d'évaluer les gains de rendement induits par l'inclusion de prairies multi-espèces et d'associations, riches en légumineuses, dans les rotations culturales. Ceux-ci ont mis en évidence une amélioration de rendement de 1,173 t sur du blé ne recevant pas d'azote minéral, pour le précédent prairie (4,965 t en moyenne sur les trois années d'essais) par rapport à un précédent maïs (3,792 t).

Dans la mesure où les intrants azotés sont limités aux engrais organiques sur les parcelles en agriculture biologique, cet effet est fortement utilisé pour gérer le cycle de l'azote au cours des rotations culturales. Lorsque les prairies sont pâturées, les ruminants, via leurs urines et fèces, réincorporent au sol le surplus d'azote absorbé lors du pâturage précoce de printemps, et du pâturage d'automne (rations très riches en azote soluble). Cela permet de restituer directement aux prairies l'excédent azoté. En effet, la quantité d'azote disponible dans la prairie après son utilisation est corrélée positivement avec : le pâturage, la proportion de légumineuses dans la prairie et une complémentation azotée dans l'alimentation du ruminant (ERIKSEN *et al*, 2010). (Rappel : le reliquat azoté disponible pour la culture après un retournement de prairie, dépend du type de prairie et de sa conduite)

Ces apports en matière azotée (facteur régulièrement limitant dans les cultures biologiques), permettent d'assurer une sécurisation du système fourrager d'un point de vue agronomique : cela montre un des intérêts que présentent les interactions entre cultures et élevage en agriculture

biologique. Au-delà de l'apport en matière azotée profitant aux cultures, les prairies multi-espèces, en garantissant une bonne productivité prairiale, contribuent à assurer l'autonomie fourragère du troupeau.

II.2- Une meilleure productivité herbagère

De nombreuses expérimentations relatent une meilleure **productivité** des **prairies multi-espèces** par rapport à des associations ou des cultures pures, dans un contexte de forte limitation des intrants. On peut citer des expérimentations françaises menées à Thorigné d'Anjou (49), Jeu-les-Bois (36), La Jaillière (44), Mauron (56), Provins (77) ou encore Montreuil-sur-Pérouse (35) (FUSTEC *et al*, 2008 ; BATTEGAY *et al*, 2008b, GUILLOIS *et al*, 2008). Ces essais portent sur la production de prairies adaptées au pâturage ou à la fauche. On retrouve le même type de résultats en Pennsylvanie pour des prairies multi-espèces destinées au pâturage. Les prairies composées de 6 espèces ont produit 9,9 t de MS en moyenne sur trois ans, soit 1,2 t de MS en plus que les prairies d'association simple (DEAK *et al*, 2007).

Cela explique leur utilisation importante, et justifie leurs intérêts en agriculture biologique, dans la mesure où les intrants minéraux ne peuvent être utilisés pour garantir la productivité des prairies.

II.2.1- Exemple pour des prairies pâturées

On prend ici pour exemple des essais réalisés dans les fermes expérimentales de Jeu-les-Bois (Arvalis-Institut du Végétal) et Thorigné d'Anjou (Chambre d'Agriculture du Maine et Loire) : les deux sont des systèmes bovins allaitants conduits en agriculture biologique.

D'après LORGEOU *et al* (2007), le gain de productivité entre association RGA-TB et prairie multi-espèces a été évalué à 10% pour la ferme expérimentale des Bordes (à Jeu-les-Bois) et à 40% pour la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, pour des prairies multi-espèces pâturées. Ces écarts peuvent-être expliqués par la différence des conditions pédoclimatiques, ainsi que par un potentiel de rendement différent pour l'association RGA-TB : 4,2 t de MS/ha à Thorigné d'Anjou entre 2001 et 2004 contre 8,2 t de MS/ha à Jeu-les-Bois entre 2000 et 2003. Il semble ici que les prairies multi-espèces sont d'autant plus intéressantes que le potentiel agronomique du sol est faible et le stress pluviométrique important. L'écart de rendement est largement supérieur à Thorigné d'Anjou pour ce cycle d'expérimentation.

Les compositions des prairies d'essais étaient assez différentes, notons l'absence de dactyle dans les essais présentés ici à Thorigné d'Anjou. Bien que, selon SURAULT *et al* (2008), le dactyle soit une espèce très productive capable de conditionner la productivité de la prairie, des observations menées à Thorigné d'Anjou ont montré que son agressivité pénalisait fortement la contribution des autres graminées et légumineuses au rendement (COUTARD, 2007). De plus, comme cette espèce est moins appétante que d'autres graminées utilisées en mélange, sa forte contribution potentielle au rendement risquerait de pénaliser la valeur alimentaire de la prairie. A l'opposé, une faible pousse de dactyle entraîne une croissance « en touffe » peu appréciée des animaux (ROGER *et al*, 2008 ; SAU et PINEIRO, 2007). La quantité de dactyle composant le mélange est importante à optimiser (ROGER *et al*, 2008) pour concilier productivité et valeur alimentaire.

On retrouve dans les mélanges testés la présence d'espèces fourragères qualifiées de secondaires, telles que la minette (*Medicago lupulina*) ou le lotier corniculé. A Thorigné d'Anjou, comme à Jeu-les-Bois, ces espèces contribuent faiblement au rendement, et dans le cas de la minette, la persistance de production est très faible : 2 à 3 ans à Jeu-les-Bois. Le lotier est cependant intéressant grâce à sa bonne pousse estivale (GROUPE PRAIRIE DES PAYS DE LA LOIRE, 2007) et présente différents intérêts zootechniques grâce à sa richesse en tanins condensés : (i) pour optimiser l'efficacité d'utilisation des protéines dans le rumen (JULIER *et al*, 2003), (ii) pour contrôler les endoparasites chez les petits ruminants en particulier (PAOLINI *et al*, 2002).

Tableau 2 : Contextes pédoclimatiques et composition des prairies semées dans les fermes expérimentales de Jeu-les-Bois et Thorigné d'Anjou. (FUSTEC *et al*, 2008 ; PELLETIER *et al* 2008a ; LORGEOU *et al*, 2007 ; COUTARD, 2007 ; GROUPE PRAIRIE DES PAYS DE LA LOIRE, 2007)

	<i>Thorigné d'anjou</i>	<i>Jeu-les-Bois</i>
Pluviométrie annuelle sur la période		
du 1/04 au 30/06	720	780
du 1/06 au 31/08	115	220
	160	200
Texture du sol	limono-sableuse	limono-sableuse
Comportement	hydromorphe, séchant	séchant
Profondeur	sol superficiel	sol superficiel
Association RGA-TB	RGA 2n très tardif TB	RGA 4n tardif TB
Rendement moyen sur la période	4,2 t de MS/ha	8,16 t de MS/ha
Multi-espèce 1	RGA 2n 1/2 tardif Fétuque élevée tardive Pâturin des prés TB Trèfle hybride Lotier corniculé	RGA 4n tardif RGA 2n tardif Dactyle tardif Fétuque élevée 1/2 tardive TB Minette
Rendement moyen sur la période	5,7 t de MS/ha	9,03 t de MS/ha
Multi-espèce 2	RGA 2n tardif Fétuque élevée tardive RGH 2n intermédiaire TB Trèfle hybride Lotier corniculé Trèfle violet 2n	RGA 4n tardif Dactyle tardif Fétuque élevée 1/2 tardive TB (2 variétés différentes) Lotier corniculé Minette Trèfle violet
Rendement (t de MS/ha) moyen sur la période	6,0 t	8,86 t

NB : RGA= ray-grass anglais, TB= trèfle blanc, RGH= ray-grass hybride, 2n : diploïde, 4n : tétraploïde

II.2.2- En situation où l'azote n'est pas limitant ?

Des travaux ont été menés par KIRWAN *et al* en 2007, portant sur la comparaison de productivité de **prairies multi-espèces** par rapport à des **monocultures**, toutes deux conduites de manière intensive dans un objectif de forte productivité (différents amendement minéraux allant jusqu'à 200 unité d'azote par hectare). Ces essais, réalisés sur 28 sites européens (de l'Islande à la Grèce et du Portugal à la Norvège) selon un protocole standardisé (découpage de l'Europe en quatre zones géographiques où la composition des mélanges était identique) ont montré que **les mélanges multispécifiques ont une productivité significativement supérieure à celle des cultures pures**.

En Normandie, six prairies multi-espèces et une association simple, pour la fauche, ont été semées sur sol riche afin d'étudier la possibilité de les substituer au maïs tout en limitant les apports d'intrants (30 kg de fumure azoté par hectare dans les essais). Les résultats s'avèrent convainquant avec des rendements moyens de 12,1 T de MS par hectare pour les prairies multispécifiques la première année. L'association (composée de brome sitchensis, luzerne et dactyle) a été la prairie la moins productive, bien que composée d'espèces fourragères intéressante de par leur contribution potentielle au rendement. (CAMACHO *et al*, 2008)

Les essais sur les prairies multi-espèces sont en général réalisés dans un contexte où l'azote est limitant, afin de favoriser la fixation symbiotique de l'azote de l'air par les légumineuses. Ces

expérimentations en conditions favorables permettent d'élargir le champ d'intérêt habituel des prairies multi-espèces.

Ces résultats sont à nuancer avec des essais menés à l'INRA de Lusignan sur des prairies conduites avec une fertilisation assurant la productivité maximale des plantes en condition d'azote non limitant. Ceux-ci n'ont pas permis de montrer de lien entre productivité des prairies, et complexité des mélanges testés (SURAULT et al, 2008).

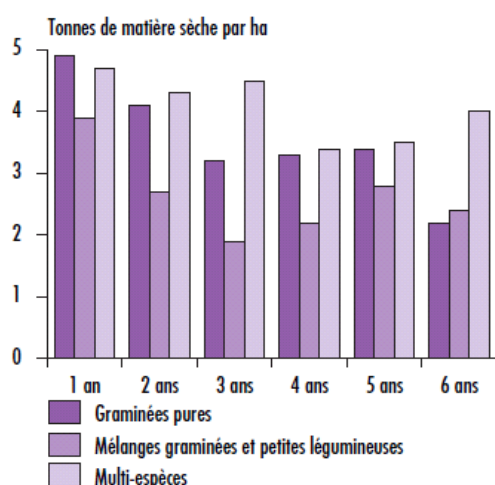
Les chercheurs se penchent régulièrement sur l'aspect productif des prairies multispécifiques par rapport à d'autres types de prairies temporaires. Leur problématique étant de sécuriser au maximum le système fourrager de leur ferme, **les éleveurs considèrent comme prépondérants la stabilité de rendement et l'étalement de la production** (DURU, 2008).

II.3- Régularité interannuelle de la production

Les prairies multi-espèces permettent de stabiliser les rendements fourragers d'une année sur l'autre grâce aux atténuations des variations de production au cours des années. Ainsi, selon FUSTEC et al (2008), bien que la variabilité de rendement des prairies multi-espèces soit forte en fonction des années, elle reste moins importante que celle des associations RGA-TB. Cette robustesse est due en particulier à la faculté qu'ont les prairies multispécifiques à assurer de bonnes productions dans des contextes pédoclimatiques difficiles et variés (BATTEGAY *et al*, 2008a ; PELLETIER *et al*, 2008a). Ainsi, les écarts de rendement les plus élevés entre prairie multi-espèce et autres, sont-ils observés en période de sécheresse (FUSTEC et al, 2008). Des essais ont été menés dans trois stations expérimentales (Thorigné d'Anjou (49) et Jeu-les-Bois (36) en Agriculture Biologique, et La Jaillière (44)), pour comparer la productivité des prairies multi-espèces avec celle de l'association TB-RGA. Dans le cas d'un important déficit hydrique, ces essais montrent une productivité très supérieure des prairies multispécifiques : +81% à Thorigné d'Anjou, +28% à La Jaillière et +15% à Jeu-les-Bois (LORGEOU *et al*, 2007).

Cette régularité peut s'exprimer sur le long terme dans la mesure où la pérennité des prairies multi-espèces est supérieure à celle d'autres prairies temporaires (figure 1).

Figure 1 - Rendement de fauche selon la nature et l'âge des prairies temporaires (Agreste – Enquête Pratiques Culturelles 2006)



II.3.1- Miser sur la complémentarité entre espèces

Ceci est rendu possible par l'incorporation d'espèces ayant **différents niveaux de sensibilité aux stress** (thermique, hydrique...) et des cycles de production décalés dans le temps (FRANCA et al, 2007) : les espèces d'une prairie ne subissent pas toute une situation défavorable en même temps.

Lors de la conception de prairies multi-espèces, on essaye de jouer sur cette complémentarité entre espèces pour assurer une production fourragère régulière entre les années. Par exemple, la croissance du RGA est presque nulle à partir de 23°C (YAOUANC *et al*, 1998), ce qui contraint fortement la pousse estivale. En revanche, la luzerne ou le dactyle se comportent bien lorsqu'ils sont soumis à de fortes températures (GROUPE PRAIRIE DES PAYS DE LA LOIRE, 2007). **Les équilibres entre espèces** (en termes de contribution à la biomasse) sont donc variables en fonction des cycles et des années (COUTARD, 2007). De plus, l'asynchronisation des cycles entre espèces à différentes vitesses d'établissement, permet de stabiliser le rendement entre les années (FRANCA et al, 2007).

La composition optimale de mélanges multi-espèces est fortement liée aux contraintes pédoclimatiques du territoire en question. Elle résulte également d'un consensus établi en fonction des objectifs de productivité, de qualité fourragère, et d'utilisation. En plus des phénomènes d'interactions interspécifiques qui régissent la production des prairies multi-espèces, les caractéristiques intrinsèques des espèces semées doivent permettre de répondre favorablement aux contraintes spécifiques du milieu considéré :

- Le climat : température et pluviométrie ;
- Le sol : caractéristiques physico-chimiques et biologiques.

Par exemple, pour une prairie semée à haute altitude, une espèce spécifique au territoire donné assurera la meilleure couverture de sol (KRAUTZER et al, 2004).

L'instabilité du contexte climatique de ces dernières années, rend difficile la conception de mélanges permettant de maximiser la production sous contraintes pluviométrique et thermique fortement variable. On connaît mieux les réactions des espèces fourragères prises séparément à différents stress climatiques qui permettent d'établir des recommandations techniques pour construire des mélanges multi-espèces adaptées à différents contextes pédoclimatiques.

II.3.2- Homogénéité intra-parcelle

La **diversité spécifique** permet à la prairie de mieux s'adapter aux hétérogénéités du sol au sein des parcelles (HUBERT, 2001) et permet un meilleur établissement de la prairie (Sebastia *et al*, 2004) : on **diminue les variations de production intra-parcelle** et optimise la couverture du sol. Cette couverture plus importante du sol permet quant à elle de limiter l'implantation de plantules d'adventices qui seraient défavorables à la **productivité** de la prairie (HUYGHE et LITRICO, 2008). Cet effet est aussi à considérer à long terme, notamment concernant la pérennité des prairies en cas d'envahissement par des adventices (BEEZEMER ET VAN DER PUTTEN, 2007 ; JIANG *et al*, 2007 dans HUYGHE et LITRICO, 2008).

Enfin la diversité spécifique favoriserait aussi la résilience de la prairie face à des invasions d'adventices (SEBASTIA *et al*, 2004).

II.4- Un meilleur étalement de la production dans l'année

L'incorporation de prairies multi-espèces dans le système fourrager des ruminants permet un meilleur étalement de la production au cours de l'année. En effet, à l'échelle de la parcelle, le semis de couverts prairiaux comprenant des **espèces avec différentes cinétiques** de croissance, répartit sur une plus large période les périodes de pics de production dans une année (LOUARN G. *et al*, 2010). Dans les essais menés à Thorigné d'Anjou, cet étalement s'explique (COUTARD J.P., 2007) :

- par le choix d'espèces et de variétés de graminées avec des dates d'épiaison échelonnées
- par l'abondance importante de légumineuses dans les prairies expérimentées.

De plus, favoriser la diversité des espèces prairiales semées, à l'échelle de la parcelle comme du système fourrager, permet d'augmenter la **souplesse d'exploitation** (c'est-à-dire la capacité à

modifier l'équilibre entre fauches et pâturage). En effet, la présence de différentes communautés végétales, décale dans le temps les stades phénologiques (DURU *et al*, 2010) et donc les périodes de récolte potentielles.

Cette diversité d'espèces permet la mise en place de différents processus d'interactions qui vont s'avérer positifs ou négatifs pour la productivité herbagère et la qualité du fourrage. Une analyse agro-écologique des prairies permettra de comprendre le fonctionnement des communautés végétales en production, et ainsi optimiser la composition des mélanges d'espèces semés.

III- VALORISER LES SERVICES ECOLOGIQUES POUR MAXIMISER L'INTERET AGRONOMIQUE

III.1- Interactions écologiques positives : intérêts de la diversité fonctionnelle des plantes semées dans les prairies multi-espèces

Des espèces complémentaires vont permettre de favoriser l'efficacité d'utilisation des nutriments (HUYGHE et LITRICO, 2008). Différentes espèces d'une communauté végétale, qui n'ont pas les mêmes besoins en nutriments, vont moins se concurrencer et optimiser ainsi l'utilisation des ressources nutritives du sol. Cette **complémentarité** est à considérer dans une approche spatio-temporelle : périodes de réalisation des différents cycles végétatifs, occupation racinaire des horizons du sol, etc. (VAN RUIJVEN *et al*, 2005).

D'après BRUNO *et al* (2003), le phénomène de **facilitation** (ou interactions positives), permet d'augmenter la taille de la niche écologique utilisée par une plante par rapport à sa taille initiale. Il en résulte des conséquences positives pour la production de la prairie : augmentation de l'accès à l'eau et aux nutriments du sol, augmentation du recrutement (arrivée de nouveaux individus des espèces semées dans la communauté végétale) et amélioration de l'habitat pour la plante « facilitée ».

Tableau 3 : Effets de la diversité spécifique et fonctionnelle de prairies semées sur : la production de biomasse, la résistance aux maladies et sur les cycles d'éléments nutritifs. (D'après FISHER *et al*, 2008)

<i>Variable considérée</i>	<i>Effet de la diversité spécifique</i>	<i>Effet de la diversité diversité fonctionnelle</i>
<i>Biomasse aérienne</i>	Augmentation	Augmentation
<i>Recrutement de plantules d'espèces résidentes</i>	Augmentation	
<i>Densité végétale</i>	Augmentation	
<i>Nombre d'espèces d'adventices</i>	Diminution	Diminution
<i>Biomasse d'adventices</i>	Diminution	Diminution
<i>Taux d'infestation par des pathogènes fongiques foliaires (dû à l'augmentation de leur diversité)</i>	Diminution	
<i>Flux d'azote dans la biomasse foliaire</i>	Augmentation	
<i>Stockage de l'azote (et son lessivage) et du carbone dans le sol</i>	Augmentation	
<i>Stockage du carbone dans le sol</i>		Diminution

Parmi les interactions décrites précédemment, concernant l'augmentation de la disponibilité en azote des graminées via les légumineuses, relèvent également de ce processus de facilitation (partie III.2 ci-dessous).

Des essais ont été menés en Allemagne, avec des semis de prairies comprenant 1, 2, 4, 8, 16 ou 60 espèces. Dans certaines modalités de prairies, on comptait jusqu'à quatre groupes fonctionnels (graminées, légumineuses, petites dicotylédones herbacées, grandes dicotylédones herbacées). Cette expérimentation a permis de mettre en exergue différents effets positifs de la diversité fonctionnelle et spécifique des prairies, (FISHER *et al*, 2008)

D'autres auteurs ont également démontré qu'au-delà d'une simple diversité spécifique, c'est la diversité fonctionnelle des espèces formant les mélanges qui va être un facteur influençant le rendement (HUYGUE et LITRICO, 2008).

III.2- Les interactions entre graminées et légumineuses régissent l'utilisation de l'azote au sein des couverts multispécifiques

Le principe de conception des mélanges prairiaux multispécifiques est d'associer graminées et légumineuses afin d'**augmenter la disponibilité en azote** pour la graminée en comparaison avec sa monoculture. Ce phénomène est permis en situation où l'azote est limitant grâce à :

- la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par la légumineuse : **diminution de la compétition interspécifique pour l'azote du sol**
- la **diminution de la compétition intraspécifique** pour les ressources en azote chez la graminée, grâce à une moindre densité.
- Lorsque l'azote du sol est limitant, le mécanisme **de séparation des niches écologiques** permet aussi de diminuer la compétition interspécifique pour l'azote du sol. En début de cycle, la graminée est plus compétitive que la légumineuse pour l'absorption de l'azote. Son système racinaire a alors tout le loisir de se développer dans des horizons profonds. Le système racinaire de la légumineuse va quant à lui se développer plutôt sur le plan horizontal en surface. Les deux espèces ne puisent plus leurs ressources dans le même horizon de sol, ce qui diminue la compétition interspécifique (FUSTEC, 2010, communication personnelle).

CORRE-HELLOU *et al*, ont montré en 2006 que la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par une légumineuse en association avec une graminée est d'autant plus importante que la disponibilité en azote du sol est faible (essais réalisés sur un mélange orge-pois) : vu qu'elle développe une symbiose pour fixer l'azote de l'air, la légumineuse est moins compétitive que la graminée pour l'absorption de l'azote du sol. Dans un contexte pauvre en éléments nutritifs, l'incorporation de légumineuses permet donc d'assurer un apport azoté au couvert prairial. Plus généralement, l'accès à **différentes sources d'azote** (azote de l'air et azote soluble du sol) utilisables par les prairies, permet d'augmenter la quantité d'azote consommée par le couvert par rapport à des cultures pures (LOUARN G. *et al*, 2010).

Par ailleurs, il existe des **échanges azotés** entre les plantes au niveau du sol. Ces échanges peuvent se faire par le biais du mécanisme de **rhizodéposition**, qui correspond à la libération de composés organiques par les racines d'une plante fixatrice d'azote atmosphérique. Ces libérations peuvent-avoir deux origines : des exsudats racinaires, ou bien la décomposition de cellules souterraines de la plante (LESUFFLEUR, 2007). Dans ce deuxième cas, il s'agit des racines et nodosités qui entrent en sénescence. Ce phénomène induit la plus importante quantité d'azote transféré, à l'échelle du cycle cultural (TA et FARRIS, 1987 ; MARRIOT et HAYSTEAD, 1993 dans LOUARN *et al*, 2010). Enfin, de l'azote est transféré par le biais du réseau souterrain de mycorhizes qui relie les plantes entre elles (HØGH-JENSEN H. et SCHJØERRING J.K., 2001 dans LESUFFLEUR, 2007).

Des expérimentations menées sur les **échanges azotés dans les couverts multi-espèces** par PIRHOFER-WALZL *et al*. (2010), montrent que la quantité d'azote échangée entre les plantes dans le sol (azote de transfert), dépend de la légumineuse donneuse et de l'espèce qui l'absorbe. Le trèfle

blanc, par exemple, capte aussi de l'azote de transfert des autres légumineuses. Concernant les graminées, les échanges les plus importants correspondent à ceux réalisés entre le trèfle violet et le Ray-grass anglais. Des travaux de HØGH-JENSEN H. et SCHJOERRING J.K. (2001) ont montré que dans le cas d'une association RGA-TB, la part d'azote absorbée par la graminée peut provenir pour moitié du trèfle blanc. La variabilité est très importante en fonction des espèces donneuses et receveuses.

Au-delà des intérêts agronomiques, les prairies multi-espèces présentent différents zootechniques, résultant notamment des phénomènes d'interaction entre les espèces.

IV- POTENTIEL ZOOTECHNIQUE : LA PRESENCE DE LEGUMINEUSES, ET LA DIVERSITE SPECIFIQUE CONFERENT AUX PRAIRIES MULTI-ESPECES UNE BONNE VALEUR ALIMENTAIRE

IV.1- Diversité spécifique et interactions modulatrices de la valeur alimentaire

L'incorporation de légumineuses dans les mélanges, permet la production d'un fourrage riche en matière azotée. Mais la diversité spécifique d'une prairie n'étant pas l'unique facteur déterminant de sa valeur alimentaire (RODRIGUES et al, 2007) : l'intérêt zootechnique d'une prairie multi-espèce dépend avant tout de la composition et de la valeur nutritive des espèces semées.

Il peut exister des effets associatifs entre différentes espèces, conduisant à moduler l'additivité des valeurs de digestibilité ou d'ingestibilité des différentes espèces semées dans le mélange (théorie de l'émergence : le tout n'est pas égal à la somme de ses parties). Ces interactions peuvent être positives ou négatives. Elles résultent notamment de la présence dans les plantes, de composés chimiques secondaires agissant sur le métabolisme digestif (BAUMONT et al, 2008). Il s'agit par exemple de tanins condensés dont sont particulièrement riches le sainfoin et le lotier corniculé. Les **tanins condensés** ont la faculté de diminuer la dégradabilité des protéines dans le rumen et ainsi en améliorer l'assimilation par le ruminant : cela limite les pertes d'azote dans l'environnement et les risques de météorisation (JULIER *et al*, 2003).

Des fourrages de différentes variétés de lotier corniculé, TB et luzerne ont été comparés par JULIER *et al* (2003) en termes de dégradabilité de leurs protéines dans le rumen. Les protéines du lotier corniculé possèdent la plus faible dégradabilité (à corréliser avec la présence de tanins). Par ailleurs, il ressort de ces essais que la variété n'a pas d'effet concernant la dégradabilité des protéines pour le TB, et a un effet très faible pour la luzerne. On observe en revanche une grande variabilité pour le lotier corniculé. Ainsi, le lotier corniculé possède un important potentiel de sélection génétique pour mettre en valeur ce caractère, tandis que celui-ci est *a priori* limité chez le TB et la luzerne.

Les **interactions digestives entre plantes fourragères** dépendent de la nature des espèces mélangées. Pour évaluer les interactions entre graminées et légumineuses (RGA et dactyle avec : luzerne, TB, TV, sainfoin), des essais *in vitro* de fermentations ruminales ont été menés. Il s'est avéré que l'association dactyle/sainfoin présentait une production de gaz supérieure à celle de l'addition des deux plantes fermentées séparément : la digestion sans doute a été plus complète. Cette observation laisse à penser que l'association dactyle/sainfoin pourrait améliorer la digestion du fourrage (NIDERKORN et al, 2008). Il existe encore peu de références concernant ces interactions, notamment dans le cas de prairies temporaires très diversifiées.

IV.2- Valeurs alimentaires et facteurs de variations

Concernant plus précisément la production des prairies multi-espèces, des résultats d'expérimentations (tableau 3) montrent que les valeurs alimentaires sont comparables à celles obtenues avec des associations RGA-TB, bien que légèrement inférieures.

Tableau 4 - Valeur nutritive moyenne comparée de prairies multi-espèces avec une association RGA-TB (2002-2004), d'après COUTARD (2007)

	MAT g/kg de MS	PDIN/kg de MS	PDIE/kg de MS	UFL g/kg de MS	dCs %
<i>Thorigné RGA-TB</i>	172	113	101	0,99	78,8
<i>Thorigné Flore variée</i>	162	107	97	0,95	75,2

La valeur alimentaire des prairies multi-espèces est également satisfaisantes dans les essais menés à la ferme des Bordes à Jeu-les-Bois, pour des prairies de type fauche ou pâturage (PELLETIER *et al*, 2008a et b).

La **teneur en matière azotée** des prairies est directement corrélée avec la proportion de légumineuses dans le fourrage (PELLETIER *et al*, 2008a ; DEAK *et al*, 2007). Il en est de même de l'**ingestibilité** (la proportion de légumineuse fait varier les teneurs en parois végétales), dans le cas où les graminées composant le mélange sont de bonne valeur alimentaire (BAUMONT *et al*, 2008).

L'équilibre entre graminées et légumineuses est donc un facteur important influençant la valeur alimentaire des prairies multi-spécifiques. La **composition botanique des prairies** étant évolutive dans le temps, les fluctuations des proportions de chaque espèce sont inévitables, et impactent positivement ou négativement la valeur alimentaire du fourrage produit. La composition botanique des prairies multi-espèces varie en fonction : du cycle de production et des contextes pédoclimatiques (COUTARD, 2007).

Les ruminants ont tendance à maximiser l'apport nutritionnel du fourrage ingéré lorsqu'ils ont la possibilité d'exprimer leurs choix alimentaires (GINANE *et al*, 2008). Une prairie multispécifique, en garantissant une diversité d'espèces consommables par les ruminants, peut ainsi contribuer à l'**augmentation de l'ingestion** du mélange fourrager comparativement à un fourrage monospécifique. Par ailleurs, la fertilisation azotée va augmenter la teneur en matière azotée (azote soluble et nitrique) du fourrage, mais sans nécessairement en augmenter significativement la valeur nutritive. En effet, l'azote des fourrages riche en MAT grâce à la fertilisation, est mal valorisé dans le rumen (BAUMONT *et al*, 2009).

En ce qui concerne les minéraux, chaque espèce de graminée et de légumineuse a son propre profil. Pour des associations simples, le meilleur profil en micro-éléments pour satisfaire aux besoins alimentaires d'une vache laitière est donné par du RGA-TV (SOEGAARD *et al*, 2010a). Etant donné l'existence de profils intrinsèques à chaque espèce, l'optimisation du profil en micronutriments va dépendre des mélanges spécifiques réalisés dans la prairie semée. En ce qui concerne les vitamines, c'est le lotier corniculé qui en a la plus grande concentration quelque soit leur nature (SOEGAARD *et al*, 2010b).

Les domaines de la recherche qui touchent aux prairies multi-espèces sont larges et interdisciplinaires. Il existe encore énormément de pistes à explorer du fait de la complexité des phénomènes d'interactions spécifiques propres à ces prairies temporaires.

V- QUELQUES ELEMENTS DE PERSPECTIVE

De nombreux essais font état de l'intérêt agronomique des prairies multi-espèces, à différentes échelles (étalement de la production, production annuelle, stabilité de la production interannuelle, système de culture). La complexité des interactions écologiques, notamment pour la ressource en azote, régissant la production des prairies multi-espèces est encore mal connue et pourrait permettre d'optimiser le choix de la composition spécifique dans des situations où l'azote est limitant.

On retrouve dans les publications françaises, principalement les mêmes espèces (RGA, RGI, RGH, TB, TV, Dactyle, Fétuque...).

L'intérêt de certaines espèces fourragères est moins testé. Certaines de ces espèces pourraient pourtant apporter une alternative dans des contextes pédoclimatiques difficiles pour le trèfle blanc, légumineuse la plus utilisée dans les mélanges. C'est le cas par exemple du **trèfle hybride** et du **lotier corniculé**, sous réserve de la création de variétés plus résistantes aux alternances hydriques (FUSTEC *et al*, 2010). La **minette**, bien que peu productive, présente l'intérêt de valoriser les sols secs et plutôt pauvres. Ainsi, en association avec du trèfle, elle peut permettre de stabiliser la production : le trèfle se développe bien avec l'humidité alors que du temps sec sera favorable à la minette. Cette complémentarité peut potentiellement limiter le risque de sous-production de trèfle (GILBERT, 1826) dans la mesure où la minette s'en rapproche en termes de valeur alimentaire et est très appréciée des animaux au pâturage (HEUZE, 1861).

Concernant plus spécifiquement les plantes riches en tanins (sainfoin et lotier corniculé en particulier), il reste de nombreux travaux à réaliser : maximisation de l'intérêt zootechnique des plantes à tanins par la **sélection variétale**, approfondissement des connaissances de leurs **interactions digestives** avec les autres espèces fourragères, modalités précises de leur incorporation dans les mélanges multispécifiques... Il semble important de travailler à **l'obtention de plantes productives en conditions pauvres** afin de contribuer à améliorer la résilience des prairies qui y sont semées.

Certaines espèces pouvant présenter un intérêt en France, sont testées dans des pays voisins, mais peu ou jamais dans l'hexagone.

C'est le cas du **brome**, qui se comporte très bien en conditions sèches, dans des essais menés en Suisse, en comparaison avec du RGH et du dactyle aggloméré. En termes de rendement, de force de concurrence, de vitesse de levée et de persistance, le **brome cathartique** est comparable au dactyle aggloméré et bien plus performant que le RGH. Il est plus digestible que le dactyle mais moins que le RGH. Le **brome sitchensis**, présente les mêmes caractéristiques que le brome cathartique, en étant un peu moins performant. Cependant, sa valeur alimentaire est comparable avec du RGH et est ainsi supérieure à celle du dactyle et du brome cathartique. (MOSIMANN *et al*, 2007),

En association avec de la luzerne, le brome se montre moins envahissant que la fétuque élevée ou le dactyle, garantissant à la fois une meilleure pérennité du mélange, et une participation plus importante de la légumineuse à la composition du fourrage (LAVOINNE *et al*, 1993). Ces résultats sont contrastés par des essais plus récents menés à l'INRA de Lusignan, qui ne permettaient pas de mettre en évidence ces intérêts du brome en association avec de la luzerne et qui met en exergue l'importance de tester l'adaptation de mélanges prairiaux à différents contextes pédoclimatiques. Cependant, les résultats d'une seule année d'expérimentation ont été publiés (LEBOIS *et al*, 2008). Il serait intéressant de tester l'incorporation de brome dans les prairies multi-espèces, dans la mesure

où le dactyle, bien que très productif en période de sécheresse, peu devenir envahissant du fait de son agressivité (ROGER et al, 2008) et est plus pauvre en énergie (SIMON *et al*, 1983). La particularité du brome est de présenter **une grande variabilité entre espèces**, allant de plantes comparables au RGA à d'autres comparables au RGI. On peut quand même citer ces traits, communs aux différents bromes : **résistance à la sécheresse, implantation facile, bonne appétabilité, sensibilité au piétinement et à l'excès d'eau** (BETTIN et GILLET, 1983 ; SIMON *et al*, 1983).

Par ailleurs d'autres dicotylédones peuvent-être utilisées dans les prairies multi-espèces et présentent des caractéristiques agronomiques qui devraient permettre leur utilisation dans des prairies multi-espèces en France. C'est le cas par exemple de la chicorée ou du plantain lancéolé (tableaux 5 et 6).

Tab. 5 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de la chicorée comme fourrage (Hogh-Jensen *et al*, 2006 ; Hume *et al*, 1995 ; Sanderson, 2010 ; Sanderson *et al*, 2003 ; Sjøgaard *et al*, 2008 ; Sulas, 2004)

CHICOREE	
<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Riche en minéraux (Ca, K, Na, Zn)	Moyennement apprécié des vaches au pâturage
Bonne valeur alimentaire	Pérennité limitée (environ 4 ans)
Floraison tardive	Gourmand en azote et très compétitif
Productif en période estival	
Productif dans les multi-espèces	
Productif en conditions séchantes (ex : Sardaigne)	
Très riche en tanins condensés (>lotier corniculé)	

Tab. 6 : Avantages et inconvénients de l'utilisation du plantain lancéolé comme fourrage (Rumbal *et al*, 1997 ; Sanderson *et al*, 2003 ; Sjøgaard *et al*, 2008)

PLANTAIN LANCEOLE	
<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Propriétés médicinales intéressantes	Faible réponse à la fertilisation azotée
Riche en minéraux (Na, Ca, Zn, Cu, Co)	Pérennité limitée (
Appétence équivalente à celle du trèfle blanc lorsqu'il y est associé (au printemps)	Littérature contradictoire concernant sa teneur en matières azotées et sa digestibilité
Valorise les sols pauvres	
Productif en conditions séchantes	

Il existe de nombreuses autres espèces fourragères qui seraient intéressantes à tester dans France.

Par ailleurs, compte tenus des qualités agronomiques qui leurs sont conférées (en particulier la pérennité et la régularité de production), il s'avérerait intéressant de décrire l'impact économique des prairies multi-espèces à l'échelle du système cultural ou du système d'élevage.

CONCLUSION

Les prairies multi-espèces présentent de nombreux intérêts agronomiques et zootechniques pouvant contribuer à la sécurisation des systèmes fourragers en agriculture biologique. Bien composées, elles permettent de produire un fourrage de bonne valeur alimentaire, adapté à des conduites variées et au rendement stable à moyen terme. Ceci permet d'obtenir des performances zootechniques correctes à coût maîtrisé. Leur robustesse permet en outre d'atténuer les impacts négatifs sur le système d'élevage dus à de fortes contraintes pédoclimatiques et ainsi renforcer la sécurisation du système fourrager et la durabilité socio-économique de l'élevage. Elles constituent une **source d'azote** importante pour les cultures annuelles et favorisent leur réussite en **structurant le sol** à différents horizons et en **rompant les cycles des adventices** à l'échelle du système de culture.

Pour améliorer leur utilisation dans les systèmes fourragers, de nombreuses connaissances sont encore à acquérir et concernent de nombreuses disciplines scientifiques : différentes compétences sont à fédérer (phytosociologie, agronomie, zootechnie...).

Au-delà de la sécurisation du système fourrager, les prairies multi-espèces contribuent à l'autonomie globale du système d'élevage. En étant au cœur des interactions entre troupeau et grandes cultures en agriculture biologique, les prairies multi-espèces se positionnent comme une des clefs de la conception de systèmes d'élevage durables.

BIBLIOGRAPHIE

- BATTEGAY S., PROTIN P.V., BESNARD A., (a). *Comparaison de six mélanges prairiaux pâturés dans un contexte de sécheresse estivale*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 178-179. Paris : AFPF.
- BATTEGAY S., PROTIN P.-V., BESNARD A., (b). *Prairies multi espèces : production et valorisation au pâturage dans un contexte de sécheresse estivale*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 180-181. Paris : AFPF.
- BAUMONT R., AUFRERE J., NIDERKORN V., ANDUEZA D., SURAULT F., PECCATTE J.-R., et al, 2008. *La diversité spécifique dans le fourrage : conséquence sur la valeur alimentaire*. Fourrages, 194, 189-206.
- BAUMONT R., AUFRERE J., MESCHY F., 2009. *La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation*. Fourrages, 198, 153-173.
- BETTIN M., GILLET M., 1983. *Etude complémentaire sur le comportement de différentes espèces de bromes en France : catharticus, sitchensis, carinatus, valdivianus*. Fourrages, 96, 81-104.
- BRUNO J.F., STACHOWICZ J.J., BERTNESS M. D., 2003. *Inclusion of facilitation into theory*. Trends in Ecology and Evolution, 18, 119-125.
- CAMACHO O., ALLAIN C., GARNIER C., HARIVEL M., LAURENT J. *Prairies multi-espèces sur sols riches : une alternative au maïs?* Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 186-187. Paris : AFPF.
- CAPITAINE M., PELLETIER P., HUBERT F. *Les prairies multispécifiques en France : histoire, réalités et valeurs attendues*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 5-19. Paris : AFPF.
- CHARLES, J.P., 1976. *Expériences acquises en Suisse dans le domaine des associations et des mélanges graminées-légumineuses en comparaison avec les cultures pures*. Fourrages, 66, 72-92.
- CHAUSSARD L., BILLY L., FIRMIN J., CAPITAINE M. *Etat des lieux de l'utilisation des prairies temporaires à flore variée en agriculture biologique dans le Puy-de-Dôme*. Actes des journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 174-175. Paris : AFPF
- CORRE-HELLOU G., FUSTEC J., CROZAT Y., 2006. *Interspecific competition for soil N and its interaction with N₂ fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops*. Plant and Soil, 282, 195-208.
- COUTARD J.-P., 2007. *Privilégier les prairies à flore variée en agriculture biologique*. Chambre d'Agriculture du Maine et Loire, ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou. 4p.
- DEAK A., HALL M.H., SANDERSON A., ARCHIBALD D.D., 2007. *Production an nutritive value of grazed simple and complex forage mixtures*. Agronomy Journal, 99, 814-821.
- DURU M., 2008. *Les prairies multispécifiques : vers la troisième révolution fourragère ? Bilan des journées et pistes de travail*. Fourrages, 195, 331-342.
- DURU M., THEAU J.P., CRUZ P., 2010. *Évaluer la souplesse d'utilisation des prairies permanentes par la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation et la phénologie des espèces*. Fourrages, 201, 3-10.
- ERIKSEN J., SØEGAARD K., ASKEGAARD M., HANSEN E.M., RASMUSSEN J., 2010. *Forage legume impact on soil fertility and N balance*. NJF report, 6 (3), 61-65.
- FISHER M., ROTTSTOCK T., MARQUARD E., MIDDELHOFF C., ROSCHER C., TEMPERTON V.M., et al. *L'expérience de Jena démontre les avantages de la diversité végétale pour les prairies agricoles*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 93-101. Paris : AFPF.

- FRANCA A., PORQUEDDU C., DETTORI D., 2007. *Evaluating new grass-legume mixtures for pasture improvement in a semi-arid environment*. Grassland Science in Europe, 12, 43-46.
- FUSTEC J., COUTARD J.-P., GAYRAUD P. *Valeur agronomique de mélanges et d'associations conduits en agriculture biologique*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 49-58. Paris : AFPF.
- FUSTEC J., BERNARD F., CORRE-HELLOU G., 2010. *Contribution potentielles du lotier corniculé et du trèfle hybride à la productivité de prairies multispécifiques en sols limoneux*. Fourrages, 204, 247-253.
- GILBERT H.F., 1826. *Traité des prairies artificielles*. 6^{ème} Edition. Paris : Chez Madame Huzard. 116-117.
- GINANE C., DUMONT B., BAUMONT R., PRACHE S., FLEURANCE G., FARRUGGIA A., 2008. *Comprendre le comportement alimentaire des herbivores au pâturage : intérêts pour l'élevage et l'environnement*. Renc. Rech. Ruminants, 15, 315-322.
- GRUPE PRAIRIES DES PAYS DE LA LOIRE, 2007. *La prairie multi-espèces. Guide pratique du Groupe régional des Pays de Loire*. Arvalis, Chambre régionale d'Agriculture et Conseil régional des Pays de la Loire, 21p.
- GUILLOIS F., ROGER P., SEURET J.M., LE PICHON D. *Prairies multi-espèces en Bretagne : évolution de la flore et rendement*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 188-189. Paris : AFPF.
- HEUZE G., 1861. *Les plantes fourragères*. 3^{ème} Edition. Paris : Librairie de L. Hachette et Cie. 377-381.
- HUBERT F. *La conception de la prairie multi-espèces*. ITAB – Journées Techniques Elevage. Limoges, 18-19 octobre 2001, 108-112.
- HUYGHE C., LITRICO I. *Analyse de la relation entre diversité spécifique des prairies et valeur agronomique : synthèse bibliographique*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 29-38. Paris : AFPF.
- JULIER B., HUYGHE C., EMILE J.C., 2003. *Variations pour la dégradation des protéines de quatre espèces de légumineuses fourragères*. Fourrages, 175, 367-371.
- KIRWAN L., A. LÜSCHER, M. T. SEBASTIÀ, J. A. FINN, R. P. COLLINS, C. PORQUEDDU, et al, 2007. *Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites*. Journal of Ecology, 95, 530-539.
- KRAUTZER B., GRAISS W., PERATONER G., PARTL C., 2004. *Evaluation of site-specific and commercial seed mixtures for alpine pastures*. Grassland Science in Europe, 9, 270-272.
- KRYSZAK J., 2004. *Grass-legume mixtures in arable crop rotations*. Grassland Science in Europe, 9, 535-537.
- LAVOINNE M., PERES M., 1993. *Intérêt des associations fourragères graminée-luzerne pour économiser la fumure azotée*. Fourrages, 134, 205-210.
- LEBOIS S., LARBRE D., SURAULT F. *Utilisation des luzernes en associations avec des graminées : conséquences sur la productivité, la qualité et le salissement des cultures. Premiers résultats*. Actes des journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 59-65. Paris : AFPF.
- LESUFFLEUR F., 2007. *Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (Trifolium repens L.)*. Caen : Université de Caen/Basse-Normandie, thèse de Doctorat.
- LORGEOU J., BATTEGAY S., PELLETIER P. *Les adaptations par les choix techniques de conduite des cultures pour les prairies et le maïs*. Actes Journées de l'AFPF. Paris, 27-28 Mars 2007, 75-89. Paris : AFPF.
- LOUARN G., CORRE-HELLOU G., FUSTEC J., LO-PELZER E., JULIER B., LITRICO I., et al, 2010. *Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses*. Innovations Agronomiques, 11, 79-99.
- MAURICE R., 2005. *Prairies biologiques en Pays de la Loire : pratiques et problèmes rencontrés. Vers un programme de recherche et de communication sur les prairies biologiques*. ESA Angers et Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire, Mémoire de Fin d'Etudes.

- MOSIMANN E., CHARLES J.P., 1996. Conception de mélanges fourragers en Suisse. *Fourrages*, 145, 17-31.
- MOSIMANN E., FRICK R., SUTER D., ROSENBERG E., 2008. *Mélanges standard pour la production fourragère. Révision 2009-2012*. *Revue suisse d'agriculture*, 40 (5).
- MOSIMANN E., JEANGROS B., SUTER D. *Adaptation à la sécheresse de graminées testées en Suisse*. Actes Journées de l'AFPF. Paris, 27-28 Mars 2007, 204-205. Paris : AFPF.
- NIDERKORN V., LEMORVAN A., BERGEAULT R., PAPON Y., BAUMONT R., MACHEBOEUF D., 2008. *Etude in vitro des interactions digestives entre graminées et légumineuses*. *Renc. Rech. Ruminants*, 15, 279.
- PACCARD P., CAPITAIN M., FARUGGIA A., 2003. *Autonomie alimentaire et minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production*. *Fourrages*, 174, 243-257.
- PALOINI V., DORCHIES P., ATHANASIADOU S., HOSTE H., 2002. *Effet des tanins condensés et des plantes à tanins sur le parasitisme gastro-intestinal par les nématodes chez les chèvres*. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 411-414.
- PELLETIER P., BRANDON G., FOUSSIER T., (a). *Prairies d'associations et multi-espèces pour le pâturage en production bovin viande biologique*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 182-183. Paris : AFPF.
- PELLETIER P., BRANDON G., AUSSEMS E., FOUSSIER T., (b). *Prairies d'associations et multi-espèces pour la fauche en agriculture biologique. Influence de la dose de légumineuses*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 184-185. Paris : AFPF.
- PIRHOFFER-WALZL K., HØGH-JENSEN H., RASMUSSEN J., RASMUSSEN Je., SØGAARD K., ERIKSEN J., 2010. ¹⁵Nitrogen transfer from legumes to neighbouring plants in a multi-species grassland. *NJF Seminar 432*. Hvanneyri, Islande, 20-22 June.
- RODRIGUES A., ANDUEZA D., PICARD F., CECATO U., FARRUGGIA A., BAUMONT R., 2007. *Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes : premiers résultats d'une étude conduite dans le Massif Central*. *Renc. Rech. Ruminants*, 14, 241-244.
- ROGER P., GUILLOIS F., LE PICHON D. *Prairies multi-espèces en Bretagne : les conditions de semis et les conditions climatiques sont déterminantes pour l'équilibre des espèces*. Actes des Journées de l'AFPF. Paris, 26-27 mars 2008, 176-177. Paris : AFPF.
- SAU F., PINEIRO J. *Production fourragère et contrainte hydrique en Galice et dans le nord de l'Espagne*. Actes des journées de l'AFPF. Paris, 27-28 mars 2007, 125-133.
- SØGAARD K., SEHESTED J., JENSEN S.K., 2010 (a). *Micro-mineral profile in different grassland species*. *Grassland science in Europe*, 15, 563-567.
- SØGAARD K., SEHESTED J., JENSEN S.K., MOGENSEN L., 2010 (b). *Vitamin and mineral content and feeding value of different legume and grass species grown in seven legume-grass mixtures*. *NJF Report*, 6 (3), 141-144.
- SCEES, Ministère de l'Agriculture, 2010. *Enquête Pratiques culturales 2006*. AGRESTE : Les dossiers n°8.
- SEBASTIA M.T., LÜSCHER A., CONNOLLY J., COLLINS R.P., DELGADO I., DE VliegHER A., et al, 2004. *Higher yield and fewer weeds in grass / legume mixtures than in monocultures – 12 sites of COST action 852*. *Grassland science in Europe*, 9, 483-485.
- SILHOL P., DEBRABANT M.-P., 2005. *Graminées fourragères et légumineuses à petites graines. Marché intérieur et échanges intra-communautaires*. *Fourrages*, 182, 227-236.
- SIMON J.C., LECONTE D., LERAY O. *Les associations Graminées-Trèfle blanc*. *Prairiales du Robillard*. Robillard, 21 Novembre 2002.
- SIMON J.C., COPPENET M., LE CORRE L., 1983. *Essai comparatif de dix graminées fourragères dont six cultures de bromes dans le Finistère. Production, valeur nutritive, composition minérale*. *Fourrages*, 93, 85-108.

SURAUULT F., VERON R., HUYGHE C. *Production fourragère de mélanges prairiaux et d'associations à diversité spécifique initiale variée*. Actes des journées de l'APFPF. Paris, 26-27 Mars 2008, 39-48. Paris : AFPF.

VAN RUIJVEN J., BERENDSE F., 2005. *Diversity–productivity relationships: Initial effects, long-term patterns, and underlying mechanisms*. PNAS, 102, 695-700.

YAOUANC et al, 1998. *Le guide de l'herbe*.