

Quels enseignements d'études sur prairies permanentes mobiliser pour implanter et gérer les prairies plurispécifiques ?

C. Jouany, J.-P. Theau, M. Duru, L. Hazard, P. Cruz

Des travaux récents, associant des approches issues de l'écologie fonctionnelle aux démarches agronomiques traditionnelles, permettent des avancées significatives pour gérer, dans leur diversité, les prairies permanentes riches en espèces.

RÉSUMÉ

Les types fonctionnels de plantes, identifiés sur la base de traits biologiques communs, permettent de caractériser les prairies permanentes riches en espèces, d'établir des liens avec les caractéristiques agronomiques des espèces et de mettre en valeur des relations entre les types d'espèces dominantes dans la prairie et les modes de conduite (intensité de défoliation et fertilisation). Ces résultats sont discutés dans la perspective d'une application aux prairies à flore complexe. Des propositions sont faites concernant les règles d'assemblage des espèces et les modes de conduites à mettre en œuvre pour les pérenniser une fois implantées.

MOTS CLÉS

Amélioration pastorale, composition fonctionnelle, fertilité du sol, gestion des prairies, mélange fourrager, mode d'exploitation, nutrition azotée, nutrition de la plante, nutrition phosphatée, prairie permanente, semis.

KEY-WORDS

Forage mixture, functional composition, nitrogen nutrition, pastoral improvement, pasture management, permanent pasture, phosphatic nutrition, plant nutrition, seeding, soil fertility, type of management.

AUTEURS

INRA, UMR 1248 Agir, F-31326 Castanet Tolosan ; cjouany@toulouse.inra.fr

La demande de mélanges d'espèces prairiales pour installer des prairies à flore complexe augmente du fait des nombreux avantages qu'elles offrent aux éleveurs. Néanmoins, un certain nombre de questions subsistent, concernant en particulier le choix des espèces à semer et les itinéraires techniques à mettre en œuvre pour les pérenniser. Ces deux points sont particulièrement sensibles lors de l'implantation d'une prairie à flore complexe. En effet, à la différence des prairies monospécifiques, la difficulté dans la maîtrise d'une végétation riche en espèces herbacées tient au fait que les pratiques de fertilisation ou les modalités d'utilisation applicables à une seule espèce ne vont pas forcément satisfaire les exigences de toutes les espèces présentes dans la communauté. Ce constat se traduit par un manque de références sur les pratiques permettant de maintenir un équilibre, ce qui rend le conseil technique difficile. Le conseil de fertilisation azotée pour une prairie composée de graminées et légumineuses est un exemple qui illustre bien les difficultés liées aux exigences contrastées des espèces : toute fertilisation en azote, dont l'objet est de favoriser la croissance de la prairie, risque d'inhiber la fixation symbiotique des légumineuses (SALSAC *et al.*, 1984) et donc de réduire leur contribution dans la communauté.

Les enseignements tirés des recherches menées sur les prairies permanentes riches en espèces peuvent être mobilisés pour proposer des associations d'espèces ainsi que des règles de conduite. Les études développées dans ce contexte s'appuient sur le fait que la végétation d'une prairie, si complexe soit-elle, conditionne sa valeur d'usage, définie comme l'ensemble des caractéristiques agronomiques qui lui confère la capacité de remplir une fonction donnée au sein de l'exploitation (JEANNIN *et al.*, 1991). En pratique, il s'agit de cibler un type de prairie à flore complexe en considérant simultanément sa fonction envisagée dans le système fourrager et les caractéristiques du milieu dans lequel on souhaite l'implanter. A partir de là, il est possible de définir, d'une part, des règles d'assemblage de différentes espèces à semer et, d'autre part, le mode de conduite (défoliation et fertilisation) maximisant les chances de pérenniser cet assemblage.

L'approche proposée s'appuie sur **les méthodes et les concepts de l'écologie fonctionnelle** qui permet de définir un certain nombre de types fonctionnels de plantes (TFP), utilisés pour caractériser les communautés prairiales.

L'objectif de cet article est de montrer **dans quelle mesure les approches développées pour les prairies permanentes riches en espèces peuvent être mobilisées pour restaurer ou implanter des prairies à flore complexe**. Dans un premier temps nous présentons la démarche qui permet de représenter la végétation prairiale sous la forme de types fonctionnels de plantes. En nous appuyant sur des travaux menés dans le Massif central et les Pyrénées centrales, nous montrons ensuite les relations qui existent entre des TFP et des états du milieu ou des pratiques. Enfin, nous proposons des combinaisons entre des TFP et des fonctions de parcelles identifiées au sein des systèmes, ainsi que les pratiques à mettre en œuvre pour implanter des prairies à flore complexe et les pérenniser (fertilisation, modalité d'utilisation).

1. La représentation d'une végétation prairiale sous la forme de types fonctionnels de plantes

La démarche adoptée consiste à définir des **types fonctionnels de plantes dominants** dans chaque prairie. Un type fonctionnel correspond à un groupe d'espèces sans relation phylogénétique (GITAY et NOBLE, 1997) lesquelles présentent des traits biologiques communs leur permettant de répondre de manière similaire aux variations des facteurs du milieu et aux pratiques (traits de réponse) et/ou d'accomplir une fonction similaire au sein d'un écosystème (traits d'effet) (LAVOREL et GARNIER, 2002). Un de ces traits, **la teneur en matière sèche de feuilles réhydratées (TMS)**, s'est avéré très **pertinent pour classer les espèces de graminées** en quatre TFP selon leurs stratégies d'acquisition des ressources minérales ou leur adaptation à différentes modalités d'utilisation (CRUZ *et al.*, 2002). Le tableau 1, adapté de ANSQUER *et al.* (2004), présente les graminées représentatives de ces groupes ainsi que certaines des caractéristiques agronomiques qui leur sont associées.

Suivant le principe du "phénotype étendu", il existerait une concordance entre les traits et les caractéristiques agronomiques des espèces ou groupe dominant et les espèces qui l'accompagnent (WHITHAM *et al.*, 2003). Cette hypothèse est d'autant plus plausible que le niveau de production est élevé (fort niveau de compétition entre les espèces) ou que le pâturage est fréquent et intensif (capacité d'adaptation à la défoliation). Une telle convergence intracommunautaire dans l'adaptation des espèces aux facteurs du milieu et aux pratiques a des conséquences importantes sur le choix d'espèces lors d'un semis de prairie à flore complexe : il conviendra d'éviter l'association de TFP trop différents, notamment si l'objectif est celui d'avoir une prairie très productive ou utilisée fréquemment et intensivement. Pour appuyer cette affirmation, **il est possible d'attribuer les TFP de graminées aux espèces de légumineuses**. Ceci

TABLEAU 1 : **Graminées représentatives des types fonctionnels de plantes (TFP), identifiés selon différents traits.**

TABLE 1 : *Grasses representative of the functional plant types (TFP), defined according to various features.*

Traits fonctionnels	Type A	Type B	Type C	Type D
Graminées représentatives	<i>Lolium perenne</i> <i>Holcus lanatus</i>	<i>Dactylis glomerata</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Poa trivialis</i>	<i>Festuca rubra</i> <i>Agrostis capillaris</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Bromus erectus</i>	<i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Deschampsia caespitosa</i> <i>Cynosurus cristatus</i> <i>Briza media</i> <i>Festuca ovina</i>
Stratégie de croissance	Capture	Capture	Conservation	Conservation
TMS⁽¹⁾ (mg/g)	194 ^a	221 ^b	246 ^c	283 ^d
DVF⁽¹⁾ (Σt, °C)	502 ^a	795 ^{ab}	864 ^{ab}	1 372 ^b
Stade Epi à 10 cm⁽¹⁾ (Σt, °C)	568 ^a	665 ^a	830 ^{ab}	1 014 ^b
Stade Floraison⁽¹⁾ (Σt, °C)	1 208 ^a	1 317 ^a	1 613 ^b	1 627 ^b
Teneur en fibres⁽²⁾ (% MS)	48 ^a	49 ^a	58 ^b	60 ^b
Coefficient d'efficacité de conversion du rayonnement⁽³⁾ (g MJ)	1,75 ^a	1,62 ^a	1,21 ^b	1,27 ^b

Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre types fonctionnels de plantes (P < 0,05).
 1 : D'après ANSQUER *et al.* (2004) ; TMS : teneur en matière sèche ; DVF : durée de vie des feuilles
 2 : D'après DURU *et al.* (2007)
 3 : D'après AL HAJ KHALED *et al.* (2006)

Type de prairie		A	B	C
<i>Trifolium repens</i>	- Fréquence*	96	100	100
	- Abondance*	6,21	4,1	4,4
<i>Trifolium pratense</i>	- Fréquence*	91	100	100
	- Abondance*	2,02	6,26	3,4
<i>Lotus corniculatus</i>	- Fréquence*	15	56	100
	- Abondance*	0,15	0,6	2,5

* Fréquence : nombre d'occurrences de l'espèce dans 100 recensements
Abondance : contribution (en %) de l'espèce dans la biomasse totale récoltée

a pu être réalisé en regardant l'abondance ou la fréquence des légumineuses dans les différents types de végétation d'un réseau de près de 100 prairies dans la vallée d'Ercé (Ariège) (tableau 2). Ainsi, les abondances les plus élevées du trèfle blanc et du trèfle violet s'observent dans les prairies de types A et B respectivement, tandis que le lotier, bien qu'il ne soit pas le plus abondant dans le type C, augmente fortement, en fréquence et en abondance, dans ce type de prairies.

Les différents types de graminées et de légumineuses se retrouvent plus fréquemment sous certaines caractéristiques du milieu et certaines modalités d'utilisation :

- **Les espèces de type A** préfèrent des milieux riches et une défoliation fréquente et intense. C'est la prairie dominée par le ray-grass anglais et le trèfle blanc.

- Celles de **type B** préfèrent aussi les milieux fertiles mais sont plus adaptées aux pratiques de fauche de par leur taille et leur port. Elles arrivent à accumuler de grandes quantités de biomasse pour les fauches plus tardives consacrées à faire du stock plus qu'à faire un foin de qualité. C'est l'exemple type des prairies où le dactyle et le trèfle violet sont dominants.

- Les espèces de **type C** sont inféodées à des milieux moins fertiles, souvent des pacages pâturés régulièrement où la fauche intervient rarement (sauf pour des exploitations qui n'ont pas ou peu de prairies de types A ou B). Ces prairies correspondent à des communautés dominées par exemple par la fétuque rouge ou l'agrostide commun. Bien que d'autres légumineuses soient fréquentes, le lotier est une composante régulière de ce type de prairie.

- **Le type D** (non présenté dans le tableau 2 car il est peu représenté dans le réseau de parcelles étudié) correspond aux espèces qui ne sont pas adaptées aux défoliations fréquentes et encore moins à la fauche et qui se rencontrent dans des pacages peu utilisés, souvent envahis par des petits ligneux.

Les différents TFP confèrent aux prairies des valeurs d'usages très variées. Les espèces correspondant à ces TFP peuvent être conseillées en accord avec leurs exigences de milieu (fertilité, humidité, altitude, etc.) et selon les fonctions auxquelles elles seront destinées.

La démarche faite pour les légumineuses pourrait également être appliquée aux autres espèces de dicotylédones, mais l'objectif étant ici le conseil pour la restauration des prairies par semis ou sursemis d'espèces fourragères, cette alternative n'est pas considérée.

TABLEAU 2 : Abondance et fréquence des légumineuses dans les prairies de type A, B ou C d'un réseau de parcelles situé à Ercé (Ariège).

TABLE 2 : Abundance and frequency of legumes in the pastures of types A, B or C in a network of fields located at Ercé (Ariège).

2. Les acquis sur prairie permanente mobilisables pour gérer les prairies à flore complexe

Un certain nombre de **dispositifs** suivis par l'équipe ont permis de **préciser les relations qui existent entre des types de végétations et des états du milieu ou des pratiques définis par des indicateurs**. Ces dispositifs sont de quatre niveaux différents :

- **des mini-parcelles** d'espèces natives en monoculture utilisées pour la construction des différents TFP ;
- **des communautés** dans lesquelles les facteurs du milieu et les pratiques sont contrôlés, ce qui permet d'analyser l'effet propre de chaque facteur ;
- **des réseaux de parcelles à l'échelle d'une petite région** (Ercé) qui permettent d'analyser la diversité des végétations mais dans lesquels il est difficile de faire la part entre les effets des différents facteurs ;
- **des réseaux de parcelles à l'échelle des massifs**, qui permettent de tester la généralité des réponses de la végétation à ces mêmes facteurs. Les indicateurs utilisés sont les indices de nutrition et/ou l'analyse de sols pour rendre compte des niveaux de fertilité ainsi que des modalités d'utilisation (fauche, pâturage) pour rendre compte de l'intensité de défoliation.

■ Les relations entre des types de végétation et des niveaux de fertilité

Les différents dispositifs que nous mobilisons pour étudier les relations entre les types de végétation et les niveaux de fertilité mettent en évidence que, selon l'échelle choisie, les indicateurs les plus pertinents pour rendre compte de ces relations sont différents.

- Les dispositifs expérimentaux de longue durée

Il s'agit de dispositifs de fertilisation qui permettent de tester l'effet seul de la fertilité et d'analyser les effets croisés de N et de P pour un régime de défoliation donné (3 ou 4 fauches par an ; STROIA, 2007). Les résultats obtenus après 8 années de traitement sur le dispositif d'Angladure (vallée d'Ercé, Ariège) montrent un effet dépressif et significatif ($P < 0,05$) de N sur le taux de légumineuses, exprimé en % de la biomasse et mesuré dans la communauté (tableau 3). De plus, il existe une relation significative ($r^2 = 0,70$;

TABLEAU 3 : Evolution de la composition moyenne de la végétation sur le dispositif d'Angladure (vallée d'Ercé) entre 1999 et 2007 en fonction des traitements de fertilisation ($n=4$).

TABLE 3 : Changes in the mean composition of the vegetation in the experiment at Angladure (valley of Ercé) from 1999 to 2007, according to the fertilisation treatments ($n=4$).

	1999	2007				Effet N	Effet P
		N0P0	N0P1	N1P0	N1P1		
Légumineuses (%)	4	6	8	0	3	*	NS
Graminées (%)	51 ^{ab}	33 ^a	44 ^{ab}	42 ^{ab}	58 ^b	NS	NS
Type A (%)	48	53	48	66	67	NS	NS
Type B (%)	48 ^b	36 ^{ab}	47 ^b	12 ^a	30 ^{ab}	NS	NS
Type C (%)	4	11	5	22	3	NS	NS

Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre traitements ($P < 0,05$) ; * : $P < 0,05$

$P < 0,1$) entre le pourcentage de graminées dans la communauté et le niveau de nutrition azotée, donné par l'indice Ni, mais il n'existe pas de relation avec les indices Pi ou Ki. Les 4 traitements n'ont pas différencié les communautés végétales de manière significative par rapport à l'état initial (1999).

En ce qui concerne les différents types de végétation, il n'y a pas d'effet significatif de N ou de P sur la distribution des graminées selon les différents types A, B et C. Néanmoins, **pour un niveau d'azote donné, l'apport de P se traduit par une augmentation du type B, au détriment exclusif des espèces de type C.** Il n'y a pas de différence significative lorsqu'on compare les végétations actuelles à celle présente en 1999, excepté pour le taux de type B dans le traitement N1P0. Ce résultat est à mettre en relation avec l'augmentation de l'intensité d'utilisation qui est passée de 2 coupes par an (Fauche et Pâturage) à 3 voire 4 coupes par an (Fauche). Il faut noter que des résultats semblables sont obtenus sur un autre dispositif implanté dans le Massif central et présentant les mêmes traitements sur une durée de temps similaire.

Ce type de dispositif ne permet pas d'identifier des changements significatifs de types de végétation en réponse à des modifications du niveau de nutrition minérale. Cependant, il présente l'intérêt de donner une idée sur les temps de réponse de la végétation à une perturbation donnée. Dans cet exemple, la végétation est capable de réagir rapidement à un apport de N minéral et à la diminution du niveau de P biodisponible.

- Des réseaux de parcelles à l'échelle d'une vallée

Lorsqu'on passe à l'échelle d'une vallée ou d'une petite région, la diversité des prairies est plus grande, principalement du fait d'une gamme plus large des pratiques, le milieu pédoclimatique pouvant être considéré comme homogène à cette échelle. L'intérêt de ces dispositifs est qu'ils offrent **une grande variabilité de gradients explorés.**

Le réseau de prairies permanentes des Pyrénées centrales est constitué de 87 parcelles représentant la totalité des surfaces (hors estives) de 4 exploitations de la vallée d'Ercé (Ariège). Les résultats montrent de manière très claire qu'il existe **un seuil d'indice de nutrition phosphatée ($P_i = 80$) sous lequel le pourcentage de type C reste faible ($< 20\%$; figure 1). Il faut noter qu'il n'est pas possible**

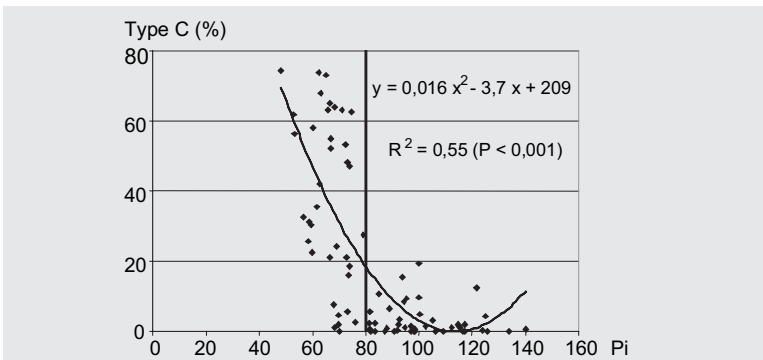
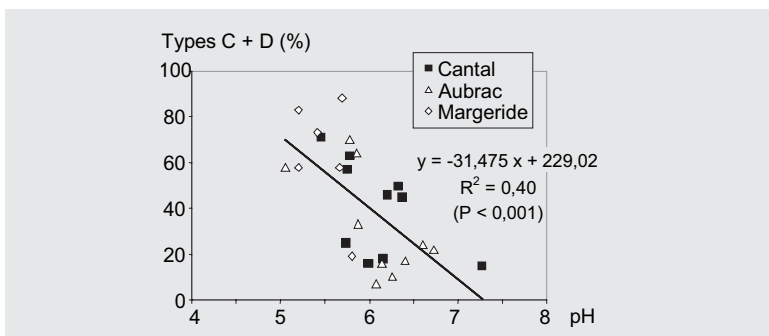


FIGURE 1 : Relation entre le pourcentage de TFP C et l'indice de nutrition P (P_i) sur l'ensemble du parcellaire de 4 éleveurs de la vallée d'Ercé (Ariège).

FIGURE 1 : Relationship between the percentage of the C functional plant type (TFP C) and the P nutrition index (P_i) for all the fields of the 4 farms in the valley of Ercé (Ariège).

FIGURE 2 : Relation entre le pourcentage d'espèces de type C et D et le pH du sol (horizon 0-5 cm) dans un réseau de prairies de 3 régions d'élevage du Massif central (2005).

FIGURE 2 : Relationship between the percentage of species of the C and D types and the pH of the topsoil (0-5 cm) in a network of pastures in 3 livestock-rearing regions of the Massif Central (2005).



de mettre en évidence un seuil pour les niveaux de nutrition N et K. Ce résultat confirme qu'un niveau de nutrition phosphatée limitant est une condition nécessaire (mais non suffisante) pour avoir une part importante d'espèces de type C dans la communauté lorsqu'on se situe dans un milieu pédoclimatique homogène.

- Des réseaux de parcelles à l'échelle d'un massif

A l'échelle d'une région, voire d'un massif, situations pour lesquelles la diversité des modes de conduite et des milieux pédoclimatiques augmente, les données recueillies indiquent que les indicateurs conventionnels ne sont plus suffisants pour rendre compte de la diversité des végétations. Les résultats d'une étude menée sur 3 bassins d'élevage du Massif central prouvent qu'il n'y a pas de relation significative entre les indices de nutrition (N, P ou K) et la composition fonctionnelle de la végétation (pourcentage d'espèces de type C et D), que ce soit à l'échelle de la petite région ou du bassin de production. Néanmoins, à l'échelle du massif, **la relation entre la somme des types C et D (%) et le pH de l'horizon de sol 0-5 cm est significative** (figure 2). On constate ici les limites des indicateurs conventionnels lorsqu'un filtre environnemental contrôle directement le fonctionnement de l'écosystème, comme c'est le cas ici avec l'acidité du milieu. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer les relations entre le pourcentage d'espèces C et D et le pH du sol. Dans les conditions de pH explorées, l'effet direct de l'acidité se traduit par la présence d'aluminium dans la solution du sol avec pour conséquences des conditions d'alimentation minérale en P limitantes qui favorisent les espèces à stratégies de conservation des ressources. Ces conditions se rencontrent quels que soient les régimes de fertilisation appliqués. Il peut s'agir également d'une tolérance plus importante des espèces de type C à l'environnement géochimique contrôlé par l'acidité du milieu (aluminium dans la solution du sol). De même, il existe une relation directe entre l'aluminium échangeable et le pourcentage de type C et D sur la massif de l'Aubrac ($r^2 = 0,76$, $P < 0,01$). Ces résultats confirment **l'intérêt d'utiliser des espèces de type C et D pour rénover les prairies implantées sur des zones où la contrainte majeure est le pH** ; ils expliquent les difficultés rencontrées par les éleveurs qui souhaitent pérenniser, voire planter, des prairies à flore complexe à base de type A ou B dans ces milieux : la réussite n'est possible qu'au prix d'apports importants d'amendements visant à augmenter le pH du sol, par le chaulage notamment.

■ Les relations entre des types de végétation et des modalités d'utilisation

Pour analyser la correspondance entre les TFP et les modalités d'utilisation de l'herbe, nous avons utilisé le dispositif expérimental des Pyrénées ariégeoises présenté dans le paragraphe précédent. Nous mobilisons comme indicateur des pratiques fourragères un codage exprimant la fonction recherchée par l'éleveur sur sa parcelle grâce au relevé de ses pratiques. Pour les prés de fauche, deux catégories sont faites. La première (FF) concerne les prés de fauche affectés à la constitution des stocks, exploités généralement en fauche précoce afin de permettre une repousse dans des conditions favorables (avant la sécheresse estivale). La seconde catégorie (PF) correspond aux prairies qui sont utilisées en pâturage de printemps puis fauchées assez tardivement en été. Leur fonction plus polyvalente permet de satisfaire à deux fonctions : faire du pâturage au printemps et de la fauche en été. Enfin, nous avons regroupé les pacages (P), qui correspondent à des surfaces utilisées l'été par un lot de vaches qui ne montent plus dans les estives collectives.

Sur l'ensemble des parcelles, nos résultats indiquent que **les différentes modalités d'exploitation s'accompagnent de différences d'état nutritionnel**. Si les indices azote sont peu différents en moyenne d'un mode d'exploitation à l'autre, la modalité FF est nettement moins limitante en phosphore que les deux autres. En ce qui concerne la composition fonctionnelle (tableau 4), il faut noter que **le type C est très abondant dans les pacages (P), et présent lors d'un pâturage précoce au printemps (PF)** qui redonne de la lumière aux espèces dominées ayant une stratégie de conservation de ressources ; il est quasiment absent pour le mode de fauche exclusive du fait d'une forte compétition pour la lumière qui permet aux seules espèces de type A et B de subsister.

Le nombre d'espèces augmente avec la diminution de la fréquence de fauche, alors que le pourcentage de graminées diminue. Cette diminution des graminées est compensée principalement par une augmentation des dicotylédones, les légumineuses restant assez

	Fauche FF	Fauche PF	Pacage P	
Nombre d'espèces par parcelle	21 ^b	29 ^a	36 ^a	***
Nutrition minérale				
- Ni	73	70	67	NS
- Pi	90 ^a	77 ^b	64 ^b	***
Composition fonctionnelle				
- Type A (%)	54 ^a	42 ^a	18 ^b	***
- Type B (%)	42 ^a	31 ^{ab}	22 ^b	***
- Type C (%)	3 ^b	25 ^a	55 ^a	***
- Type D (%)	0 ^b	1 ^{ab}	4 ^a	**
Forme de vie				
- Graminée (%)	63,6 ^a	54,3 ^b	52,4 ^b	*
- Légumineuse (%)	9,7	10,8	9,2	NS
- Autre dicotylédone (%)	26,9 ^b	35 ^a	38,4 ^a	*

Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre TFP ; * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001

TABLEAU 4 : Diversité spécifique et composition fonctionnelle des parcelles exclusivement fauchées (FF), des prés de fauche pâturés au printemps (PF) et des pacages (P) dans 4 exploitations de la vallée d'Ercé (87 parcelles).

TABLE 4 : *Specific diversity and functional composition of fields mown only (FF), or grazed in spring and mown afterwards (PF), or grazed only (P), on 4 farms in the valley of Ercé (87 plots).*

stables dans notre réseau. L'analyse de ces données en utilisant la typologie de graminées proposée par ANSQUER *et al.* (2004) met en évidence que **les graminées à capture (A et B) diminuent avec la fréquence de la fauche alors que celles à conservation augmentent (C et D)**. Une analyse par type fonctionnel de graminée fait apparaître que les types A et B sont les plus abondants dans les prairies fauchées deux fois, alors que les types C et D le sont dans les pacages. Dans notre réseau, l'absence de pacages d'altitude explique la faible contribution des graminées à stratégie de conservation dans les communautés (notamment le type D). Dans un sous-échantillon de ce même réseau, ANSQUER *et al.* (2004) vérifient qu'il est possible de dissocier les facteurs "utilisation" et "fertilité". **Ainsi, au sein des prairies fauchées une seule fois et pâturées au printemps, il y a une substitution du type A par le type C lorsque l'on passe d'un milieu fertile à un autre moins fertile.** Ces observations sont confirmées dans un second réseau de prairies permanentes du nord de l'Aveyron (données non présentées), ainsi que par FARRUGGIA *et al.* (2006).

3. Quelles caractéristiques fonctionnelles utiliser pour raisonner l'installation d'une prairie à flore complexe ?

Nous distinguons deux logiques de création d'une prairie à flore complexe : d'une part, une logique de rénovation d'une culture fourragère faisant partie intégrante du système fourrager et, d'autre part, une logique de reconquête de surfaces pastorales pouvant aller jusqu'à s'apparenter à de la restauration écologique¹.

■ Rénover une prairie en raisonnant types fonctionnels de végétation et fonctions parcellaires

La pérennité de la prairie installée nécessite de combiner conjointement les pratiques de défoliation et celles de fertilisation afin de fixer durablement les espèces introduites. La réussite d'une rénovation ou de l'installation d'une prairie passe, d'une part, par la cohérence entre le choix des espèces et la fonction attendue de la parcelle au sein du système fourrager et, d'autre part, par la prise en compte des caractéristiques du milieu.

Le tableau 5 présente en ligne certaines fonctions agronomiques que l'on peut attendre d'une prairie. Tout système d'élevage, pour alimenter un troupeau sur l'année, va mobiliser plusieurs de ces fonctions. Selon le niveau d'intensification (chargement, niveau de production), le type de production (lait, viande), les espèces animales (bovine, ovine...), la nature de ces fonctions va changer. Par exemple, pour un même atelier de production "faire du foin", un éleveur allaitant cherchera un foin "mûr" issu de fauche tardive favorisant un transit digestif lent et adapté aux faibles besoins alimentaires de ce type d'animaux, alors

1 : La restauration écologique est le processus d'accompagnement du rétablissement d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (www.ser.org).

Fonction attendue*	Disponibilité des nutriments	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Caractéristiques clés des espèces
En pâturage							
- Pâturage précoce (400 °.j)	Forte	+	+	-	--	++	Epi à 10 cm & DVF**
- Pâturage tardif (700 °.j)	Faible	-	+	++	+	--	Epi à 10 cm & DVF**
- Pâturage tournant intensif	Forte	++	+	-	So**	--	DVF
- Pâturage tournant extensif	Faible	--	+	++	+	--	DVF
- Report de pâturage sur pied	Moyenne	-	++	++	+	--	DVF
En fauche							
- Pâturage et fauche	Forte	++	++	+	-	--	Epi à 10 cm & DVF
- Fauche précoce (800 °.j)	Forte	++	+	-	So	++	Epiaison
- Fauche tardive (1 400 °.j)	Moyenne	-	++	+	So	--	Floraison
- Fauche très tardive (1 600 °.j)	Faible	--	++	++	So	--	Floraison
- Faire du stock sans qualité	Forte	+	++	+	So	--	Floraison & DVF

* Le cumul de températures a été initialisé au 1^{er} février

** So : sans objet ; DVF : durée de vie des feuilles

qu'un éleveur laitier recherchera un foin précoce, à forte valeur nutritive pour répondre à une exigence alimentaire supérieure. En système ovin, les éleveurs s'orienteront plutôt vers un foin "fin", issu de prairie pâturée au printemps. Face à ces fonctions, **nous avons identifié les types de végétation qui présentent les caractéristiques les mieux adaptées à l'objectif** recherché sur la parcelle, **ainsi que le niveau de fertilité nécessaire pour maintenir cette végétation en place.**

■ Améliorer et restaurer des surfaces pastorales

L'amélioration des surfaces pastorales utilisées comme parcours par le ressemis d'espèces fourragères (BIRADE, 2006), lorsqu'elle est récurrente, ne doit pas être envisagée sans une remise en cause du mode d'exploitation de la ressource fourragère, voire des objectifs de production. En effet, **le recours répété au sursemis de parcours avec apport de semences exogènes est lié soit à un manque de maîtrise par l'éleveur des pratiques pastorales** (pâturage, fauchage, écobuage...), **soit à un objectif de production inadapté** qui conduit à une surexploitation de cette ressource. En revanche, les sécheresses, les travaux d'aménagement, les remises en valeur par défrichage peuvent nécessiter une revégétalisation des parcours qui s'apparente alors à de la restauration écologique. Cette revégétalisation peut s'avérer indispensable lorsque le milieu ne permet pas un retour rapide de la végétation. Les espèces colonisant les milieux ainsi perturbés peuvent durablement entraver le retour à une végétation pâturable et favoriser en revanche l'implantation des ligneux. L'objectif n'est plus alors d'introduire des espèces fourragères exogènes pour améliorer un parcours mais bien de reconstituer une communauté végétale semblable à celle en place avant la perturbation. Cette restauration peut alors **s'appuyer sur l'utilisation d'espèces appartenant plutôt aux types C ou D.** Une véritable restauration écologique sera réalisée avec des populations locales (BISHOFF *et al.*, 2006) : recouvrement des surfaces avec du foin monté à graines, utilisation de semences issues de fond de grange ou de récolte de semences sur des surfaces pastorales mises en défens. Un retour rapide des troupeaux sur les surfaces restaurées est nécessaire en fin

TABLEAU 5 : Niveaux de fertilité et TFP correspondant aux fonctions ciblées des parcelles. Les différents niveaux sont jugés selon un gradient, exprimé par les symboles - et +. La dernière colonne précise les traits des espèces mobilisés pour choisir le type fonctionnel qui correspond le mieux à la fonction recherchée.

TABLE 5 : Fertility levels and functional plant types corresponding to the functions aimed at in the pasture plots. The different levels are judged according to a gradient, marked by the symbols - or +. The last column shows which features are used in the species to choose the functional type corresponding best to the function aimed at.

d'implantation afin d'enrayer la progression d'espèces indésirables (annuelles, petits ligneux...). L'animal est, en effet, un ingénieur de l'écosystème qui va contribuer au retour d'un grand nombre d'espèces prairiales en jouant le rôle de vecteur, en créant des sites propices à la germination des graines (cuvettes créées par l'empreinte des sabots dans les pentes qui vont piéger l'eau et les graines) et en favorisant le développement des espèces prairiales adaptées au pâturage.

4. Les pratiques à mettre en œuvre pour pérenniser le système

Il s'agit de définir quels sont les itinéraires techniques (fertilisation, intensité de défoliation) à mettre en œuvre pour atteindre et pérenniser les combinaisons d'espèces qui ont été semées.

■ Gérer la nutrition minérale selon les types de végétation que l'on souhaite implanter et pérenniser

La question n'est plus ici de savoir comment gérer la fertilité pour être à l'optimum de production, mais plutôt : **comment gérer la fertilité pour entretenir la diversité fonctionnelle et spécifique de la prairie à flore complexe ?** A partir de là, les schémas conventionnels de raisonnement de la fertilisation étant caducs, de nouvelles manières de faire sont proposées.

Dans le raisonnement qui est fait, on considère que la fertilité physique de la parcelle est satisfaisante (bonne aération et alimentation hydrique ; pas d'excès ou de manque d'eau). Dans ce contexte, la fertilisation P et K est raisonnée selon le potentiel de la parcelle donné par le niveau de nutrition N (DURU *et al.*, 2000). **Les objectifs assignés aux prairies de type A et B nécessitent une fertilisation P-K peu ou pas limitante** (indice > 80) pour atteindre une production proche du potentiel. Le niveau de satisfaction des besoins en N du couvert doit être peu ou pas limitant ; **l'objectif de la fertilisation P et K est alors de valoriser l'azote apporté par les engrais organiques et minéraux.**

Pour les prairies de type C et D, la fertilisation P et K est raisonnée de manière à ce que les **niveaux de nutrition P et K** soient **limitants** ; c'est une condition essentielle pour avoir une part importante d'espèces de ce type dans la communauté. En pratique, dans un nombre important de situations pédoclimatiques, il est nécessaire de faire des impasses sur l'apport de P et K de manière à maintenir un niveau de nutrition limitant. Dans certaines situations, des impasses prolongées sur plusieurs années peuvent être nécessaires avant d'atteindre un indice suffisamment limitant en P² pour permettre l'implantation d'espèces de type C et D.

2 : Dans les situations extrêmes où on vise une restauration de la diversité spécifique, l'exploitation de la prairie avec des apports élevés de N seul est un moyen efficace pour diminuer le niveau de P biodisponible jusqu'à des valeurs compatibles avec le développement de prairies riches en espèces (CRITCHLEY *et al.*, 2002).

■ Piloter les pratiques en raisonnant l'adéquation entre espèces introduites et fonction des parcelles

Afin de favoriser les chances d'adaptation des espèces introduites, il est nécessaire de piloter les pratiques de fertilisation conjointement avec celles de pâturage et de fauche. Pour ces dernières, **des outils basés sur la phénologie des espèces** ont été proposés (THEAU *et al.*, 1998). Leur point commun est de représenter les pratiques agricoles sur une échelle de températures (cumul des températures moyennes journalières) exprimant le développement des plantes (phénologie, durée de vie des feuilles...). Le principe repose sur une adéquation entre l'état de la végétation recherchée et les pratiques agricoles. Cette méthode a été reprise par ANSQUER *et al.* (2004) afin de l'adapter à la typologie des prairies permanentes proposée par CRUZ *et al.* (2002).

D'un point de vue pratique, nous proposons un schéma dans lequel les types fonctionnels de graminées sont positionnés en fonction de l'état nutritionnel du milieu et des dates de récolte en première exploitation (figure 3). Le type de végétation à installer est donc défini par les objectifs de fauche recherchés par l'éleveur et les états nutritionnels du milieu. Les traits obliques représentent **deux seuils phénologiques clés pour la gestion de la fauche** qui sont directement **dépendants des types de graminées**. Ainsi, pour la floraison (trait plein), lorsque la végétation est dominée par les graminées à stratégie de capture (0 % de types C et D), le seuil est à 1 300 °.j, alors que si la végétation est dominée par les types C et D, ce seuil passe à 1 600 °.j (ANSQUER *et al.*, 2004 ; DURU *et al.*, 2007). Le trait pointillé représente le seuil pour le stade épiaison.

Les milieux fertiles (Ni et Pi > 80) sont les lieux de préférence des types A et B ; toutefois, le type A avec une durée de vie des feuilles plus courte est mieux adapté à une exploitation précoce (et plus fréquente) que le type B. Ce dernier, combinant une forte aptitude à la mobilisation des ressources et à la compétition pour la lumière, ainsi qu'une durée de vie des feuilles supérieure, permet une accumulation de biomasse plus importante et donc une fauche plus tardive. **Le type A est certainement celui qui sera le plus adapté à être pâturé au printemps**, dans le cas de systèmes basés sur le déprimage des prés de fauche. **Le type C, plus tardif, moins productif** que les deux types fonctionnels précédents du fait de son adaptation aux milieux plus pauvres, **présente une fenêtre**

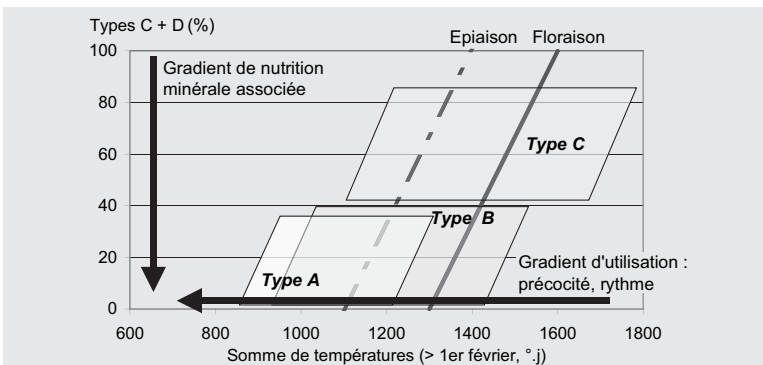


FIGURE 3 : Représentation schématique des fenêtres de fauche en première exploitation et des états nutritionnels à viser, pour le maintien des trois types de graminées.

FIGURE 3 : Schematic representation of the possibilities of mowing at the first utilization and of the desirable nutritional states, in order to maintain the three types of grasses.

d'utilisation plus longue. Cette capacité à accepter une fauche tardive tient d'une part à la durée de vie des feuilles plus élevée pour ce type, combinée à un ratio feuilles / tiges élevé, qui permet une persistance de la digestibilité de ces communautés tardives. C'est cette dernière capacité que les éleveurs peuvent valoriser dans les situations où l'on cherche à prolonger le pâturage de fin de printemps ou de fin d'automne (report sur pied).

Enfin, il faut souligner les risques de perturbations que peuvent engendrer des utilisations précoces ou tardives par rapport à ces différentes fenêtres et qui peuvent générer respectivement des envahissements de plantes à rosettes ou de dicotylédones à port élevé.

Conclusions

Les résultats présentés montrent l'intérêt des approches qui s'appuient sur l'écologie fonctionnelle pour caractériser les végétations prairiales ; les exemples que nous avons utilisés confirment que **des outils sont disponibles pour faire le lien entre des états de communautés visés et des pratiques à mettre en œuvre pour les atteindre et surtout les pérenniser** (fertilisation, modalité d'utilisation) lorsqu'on souhaite cultiver une prairie à flore complexe. Ces travaux doivent cependant être poursuivis de manière à préciser comment traduire ces résultats en règles de conduite pour les éleveurs. Cette question est fondamentale lorsqu'on souhaite par exemple installer des associations graminées - légumineuses. Dans ce cas, un niveau de nutrition P et K optimal pour la graminée peut s'avérer trop limitant pour l'espèce fixatrice plus exigeante (JOUANY *et al.*, 2004).

Enfin, s'il est possible de définir le type de communauté végétale à établir en lien avec la conduite permettant de la stabiliser, il reste à définir les itinéraires techniques permettant de réussir l'implantation de ces communautés complexes : quelles successions d'espèces, quelles quantités de semences utiliser et dans quelles proportions relatives ? Quel travail du sol mettre en œuvre ?

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,
"Prairies multispécifiques. Valeur agronomique et environnementale",
les 26-27 mars 2008.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL HAJ KHALED R., DURU M., DECRUYENAERE V., JOUANY C., CRUZ P. (2006) : "Using leaf traits to rank native grasses according to their nutritive value", *Rangeland Ecology & Management*, 59, 548-654.
- ANSQUER P., THEAU J.P., CRUZ P., VIEGAS J., AL HAJ KHALED R., DURU M. (2004) : "Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies à flore complexe : vers la construction d'outils de gestion", *Fourrages*, 179, 353-368.
- BIRADE S. (2006) : *L'amélioration des espèces fourragères à l'épreuve de la diversité des modes d'utilisation des prairies – Systèmes ovins lait de la zone AOC-Ossau Iraty*, mémoire d'ingénieur ENSAT.
- BISCHOFF A., VONLANTHEN B., STEINGER T., MÜLLER-SCHÄRER H. (2006) : "Seed provenance matters - Effects on germination of four plant species used for ecological restoration", *Basic and Applied Ecology*, 7, 347-359.
- CRITCHLEY C.N.R., CHAMBERS B.J., FOWBERT J.A., BHOGAL A., ROSE S.C., SANDERSON R.A. (2002) : "Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English environmentally sensitive areas", *Grass & Forage Sci.*, 57, 82-92.

- CRUZ P., DURU M., THEROND O., THEAU J.P., DUCOURTIEUX C., JOUANY C., AL HAJ KHALED R., ANSQUER P. (2002) : "Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage", *Fourrages*, 172, 335-354.
- DURU M., CRUZ P., JOUANY C., THEAU J.P. (2000) : "Intérêt, pour le conseil, du diagnostic de nutrition azotée de prairies de graminées par analyse de plante", *Fourrages*, 164, 381-395.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.P., JOUANY C., ANSQUER P., AL HAJ KALEL R., THEROND O. (2007) : "Typologies des prairies riches en espèces en vue d'évaluer leur valeur d'usage : bases agro écologiques et exemples d'applications", *Fourrages*, 192, 453-475.
- FARRUGGIA A., DUMONT B., JOUVEN M., BAUMONT R., LOISEAU P. (2006) : "La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central", *Fourrages*, 188, 477-493.
- GITAY H., NOBLE I.R. (1997) : "What are functional types and how should we seek them ?", T.M. Smith, H.H. Stuhart, F.I. Woodward eds., *Plant Functional types : Their relevance to ecosystems properties and global changes*, Cambridge University Press, Cambridge, 3-19.
- JEANNIN B., P. FLEURY, DORIOZ J.M. (1991) : "Typologie régionale des prairies permanentes fondée sur leur aptitude à remplir des fonctions. I- Typologie des prairies d'altitude des Alpes du Nord : méthode et réalisation", *Fourrages*, 128, 379-396.
- JOUANY C., CRUZ P., PETIBON P., DURU M. (2004) : "Diagnosing phosphorus status of natural grassland in the presence of white clover", *Europ. J. of Agron.*, 21, 273-285.
- LAVOREL S., GARNIER E. (2002) : "Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail", *Functional Ecology*, 16, 545-556.
- SALSAC L., DREVON J.J., ZENGBE M., CLEYET-MAREL J.C., OBATON M. (1984) : "Energy requirement of symbiotic nitrogen fixation", *Physiologie Végétale*, 22:509-521
- STROIA C.M. (2007) : "Étude du fonctionnement de l'écosystème prairial en conditions d'alimentation N et P sub-limitantes. Application au diagnostic de nutrition, thèse de doctorat, INP Toulouse, 25 p.
- THEAU J.P., COLENO F.C., DURU M., RAUZY Y. (1998) : "L'utilisation de l'herbe pâturée et fauchée en référence au potentiel de production des prairies", *Fourrages*, 156, 589-601.
- WHITHAM T.G., YOUNG W.P., MARTINSEN G.D., GEHRING C.A., SCHWEITZER J.A., SHUSTER S.M., WIMP G.M., FISCHER D.G., BAILEY J.K., LINDROTH R.L., WOOLBRIGHT S., KUSKE C.R. (2003) : "Community and ecosystem genetics: a consequence of the extended phenotype", *Ecology*, 84, 559-573.

SUMMARY

Which lessons from studies on permanent pastures are to be made use of for the sowing and the management of multi-specific pastures ?

Recent studies, associating approaches taken from functional ecology and traditional agronomical processes, have resulted in significant progress in the way multi-specific permanent pastures can be characterized. In this paper we put forward the notion of functional plant types, which are identified on the basis of common biological features and by their links to the agricultural characteristics of the species; these characteristics are those that define the use value of the pasture. The results from many studies, with a vast array of experimental designs (collection of native species, fertilisation trials, network of experimental plots on individual farms) show the existence of stable relationships between the types of dominant species in a pasture and the methods of management (intensity of defoliation and fertilisation). These results are discussed in view of an application to pastures with a complex floristic composition. Suggestions are made concerning the rules for the association of species and the methods of management to apply in order to ensure the perenniality of the pastures after sowing.