

Quels enseignements des études sur prairies permanentes
pour choisir les espèces, gérer la fertilité
et les modalités d'utilisation des prairies à flore complexe ?

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

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

Résumé

Des travaux récents, associant des approches issues de l'écologie fonctionnelle aux démarches agronomiques traditionnelles, ont permis des avancées significatives dans la manière de caractériser les prairies permanentes riches en espèces. Dans cet article nous présentons la notion des types fonctionnels de plantes identifiés sur la base de traits biologiques communs, et leurs liens avec les caractéristiques agronomiques des espèces, caractéristiques qui définissent la valeur d'usage de la prairie. Les résultats des études menées sur des dispositifs expérimentaux très variés (collection d'espèces natives, essais de fertilisation, réseaux de parcelles chez des éleveurs) montrent les relations entre les types d'espèces dominantes dans la prairie et les modes de conduites (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.

Introduction

La demande de mélanges d'espèces prairiales pour installer des Prairies à Flore Complexe (PFC) augmente. Parmi les raisons de cet engouement, nous citerons la recherche de la part des éleveurs de prairies plus tolérantes aux stress biotiques et abiotiques, plus productives à faibles intrants, présentant une meilleure répartition de la production. En outre, certains éleveurs à la recherche de simplification du travail visent à pérenniser des prairies temporaires dont la végétation se complexifie avec le temps. Ces tendances sont entretenues par les mesures agro-environnementales et le renforcement des cahiers des charges de productions sous signes de qualité. Lorsque le recours aux intrants diminue, les mélanges d'espèces s'avèrent plus productifs et leurs rendements annuels plus stables que ceux des monocultures (HOOPER *et al.*, 2005). De plus, les prairies issues de mélanges offrent une diversité de plantes et d'organes qui permet d'augmenter les quantités ingérées (AGREIL *et al.*, 2002). Enfin, les prairies diversifiées résistent aussi mieux aux perturbations (sécheresse, maladies, ravageurs, invasion par des espèces indésirables ; TRACY et SANDERSON, 2004). Convaincus de l'intérêt des PFC, les éleveurs recherchent désormais des conseils et des semences pour ressemer et pérenniser leurs prairies à flore complexe. Il est alors possible de tirer les enseignements des recherches conduites sur les prairies permanentes riches en espèces. Toutes ces recherches nous rappellent que la végétation d'une prairie, aussi complexe soit-elle, conditionne sa valeur d'usage, définie comme l'ensemble des caractéristiques agronomiques qui lui confèrent la capacité de remplir une fonction donnée au sein de l'exploitation (JEANNIN *et al.*, 1991). Après avoir pris en compte les caractéristiques du milieu, il convient donc de cibler un type de PFC à créer selon sa fonction envisagée dans le système fourrager. Il est alors possible de définir, d'une part, des règles d'assemblage de différentes espèces 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**. Elle a permis de définir un certain nombre de **types fonctionnels de plantes** (TFP) qui sont utilisés pour caractériser les communautés prairiales. Un TFP correspond à un groupe d'espèces sans relation phylogénétique (GITAY et NOBLE, 1997) qui 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).

L'objectif de cet article est de montrer en quoi les approches développées sur les prairies permanentes riches en espèces peuvent être mobilisées pour restaurer ou implanter des PFC. 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 oeuvre pour implanter des PFC et les pérenniser (fertilisation, modalité d'utilisation).

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

A la différence des prairies monospécifiques, la difficulté dans la maîtrise d'une végétation riche en espèces herbacées vient du fait que les pratiques de fertilisation ou les modalités d'utilisation applicables à une seule espèce ne peuvent pas forcément satisfaire les exigences des autres. Ce constat se traduit par un manque de références sur les conditions d'utilisation 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. En effet, toute fertilisation en azote, dont l'objet est de favoriser la croissance de la prairie, risque de handicaper la fixation symbiotique des légumineuses (SALSAC *et al.*, 1984) et donc de réduire leur contribution dans la communauté. La démarche adoptée consiste à la définition de **types fonctionnels de plantes** (TFP) **dominants** dans chaque prairie. Ces types fonctionnels sont **identifiés sur la base de caractéristiques biologiques, ou traits fonctionnels, des espèces**. 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 auxquelles elles sont associées.

TABLEAU 1 - Types fonctionnels de plantes (TFP), teneur en matière sèche (TMS)* qui les identifie, espèces de graminées représentatives et caractéristiques agronomiques associées à ces espèces : durée de vie des feuilles (DVF), stades Epi à 10 cm et Floraison, teneur en fibres et coefficient d'efficacité de conversion du rayonnement (ϵ_c).

TFP	A	B	C	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* (mg/g)	194 ^a	221 ^b	246 ^c	283 ^d
DVF* ($\sum t$, °C)	502 ^a	795 ^{ab}	864 ^{ab}	1372 ^b
Epi 10 cm* ($\sum t$, °C)	568 ^a	665 ^a	830 ^{ab}	1014 ^b
Floraison* ($\sum t$, °C)	1208 ^a	1317 ^a	1613 ^b	1627 ^b
Fibres** (% MS)	48 ^a	49 ^a	58 ^b	60 ^b
ϵ_c *** (g M/J)	1.75 ^a	1.62 ^a	1.21 ^b	1.27 ^b

D'après *ANSQUER *et al.* 2004; **DURU *et al.*, 2007 et ***AL HAJ KHALED, 2005.

Des lettres différentes indiquent une différence significative entre TFP ($P < 0,05$).

On attribue à une prairie le type correspondant à celui de l'espèce dominante. On parle alors de prairie de type A, B, C ou D. Un cinquième type fonctionnel correspondant aux graminées annuelles (TFP E) peut être considéré (FARRUGGIA *et al.*, 2006).

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.*, 2006). Cette hypothèse est d'autant plus probable 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 **quand on sème une 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 est 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). On observe les abondances les plus élevées du trèfle blanc et du trèfle violet dans les prairies de types A et B respectivement, tandis que le

TABLEAU 2 - Abondance (contribution de l'espèce dans le biomasse totale récoltée en %) **et fréquence** (nombre d'occurrence de l'espèce dans 100 recensements) **des légumineuses dans des prairies de type A, B ou C dans un réseau de parcelles situé à Ercé (Ariège).**

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

lotier, bien qu'il ne soit pas le plus abondant dans le type C, augmente fortement, en fréquence et en abondance, dans ces 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 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 non adaptées aux défoliations fréquentes et encore moins à la fauche**. On les rencontre **dans des pacages peu utilisés, souvent envahis par des petits ligneux** parmi lesquels des légumineuses comme le genêt à balai dans les massifs pyrénéens par exemple.

On observe que **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 même démarche faite pour les légumineuses pourrait être appliquée aux autres espèces de dicotylédones, mais l'objectif ici étant celui de conseiller pour restaurer des prairies par semis ou sursemis d'espèces fourragères, cette alternative n'est pas considérée.

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. Les dispositifs sont de quatre niveaux différents :

- des **microparcelles** 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.

2.1. 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** montrent que, selon les échelles auxquelles on se situe, les indicateurs les plus pertinents pour rendre compte de ces relations sont différents. On utilise **les indices de nutrition (Ni, Pi et Ki)**, calculés à partir de l'analyse de plante sur des parcelles où les régimes de fertilisation sont stables, qui permettent de faire un diagnostic fiable sur la capacité du sol à satisfaire les besoins en N, P et K du couvert (FARRUGGIA *et al.*, 1999).

– Les dispositifs expérimentaux de longue durée

Il s'agit de dispositifs de fertilisation qui permettent de tester l'effet seul de la fertilité ; on analyse 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 mesuré dans la communauté (Tableau 3). De plus, il existe une relation significative ($r^2 = 0,70$; $P < 0,1$) entre le pourcentage de graminées dans la communauté et le niveau de nutrition azotée ; on n'observe pas de relation avec les indices P_i ou K_i . 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, on ne constate pas d'effet significatif de N ou de P sur la distribution des graminées dans les différents types A, B et C. Néanmoins, on observe que, **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**. Lorsqu'on compare les végétations actuelles à celle présente en 1999, on n'observe pas de différence significative exceptée pour le % de B dans le traitement N1P0. Ce résultat est à mettre en relation avec l'augmentation de l'intensité d'utilisation : on est passé d'un rythme FP (2 coupes) à 3 voire 4 coupes par an. 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.

TABLEAU 3 - Evolution de la composition moyenne de la végétation sur le dispositif d'Angladure entre 1999 et 2007 en fonction des traitements de fertilisation (n=4). Des lettres différentes indiquent une différence significative entre traitements ($P < 0,05$)

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

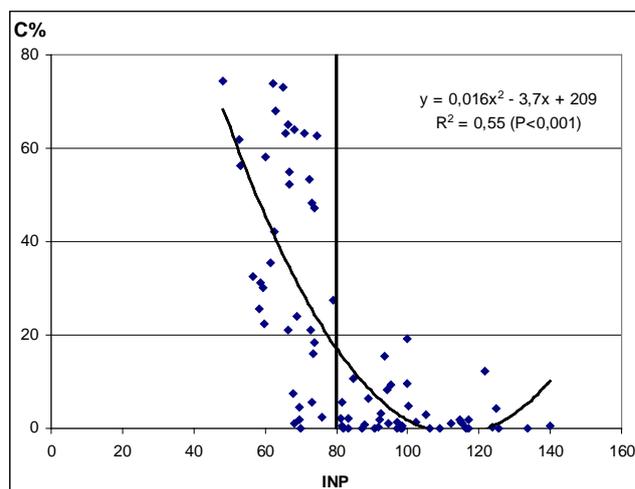
Ce type de dispositif ne permet pas d'identifier des changements significatifs de types de végétation en réponse à des modifications du niveau de nutrition minérale. Cependant, il présente l'intérêt de donner une idée sur les temps de réponse de la végétation à une perturbation donnée. Dans cet exemple, on note que 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**.

On s'appuie sur un réseau de prairies permanentes des Pyrénées centrales ; il est constitué de 87 parcelles représentant la totalité des surfaces (hors estives) de 4 exploitations des Pyrénées ariégeoises (Ercé). Les résultats montrent de manière très claire qu'il existe **un seuil d'indice de nutrition phosphatée ($P_i < 80$) au delà duquel le pourcentage de type C reste faible (<20%)** (Figure 1). Il faut noter qu'il n'est pas possible 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.

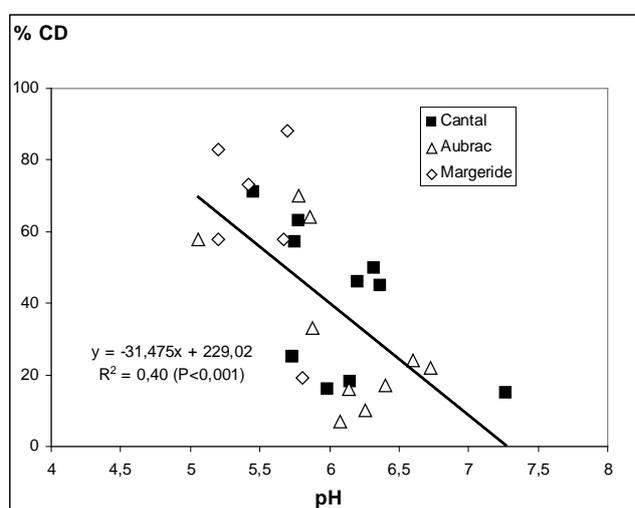
FIGURE 1 - Relation entre le pourcentage de TFP C et l'indice de nutrition P (Pi) mesuré sur l'ensemble du parcellaire de 4 éleveurs de la vallée d'Ercé (Ariège).



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

A l'échelle d'une région, voire d'un massif, situations pour lesquelles on augmente la diversité des modes de conduite et des milieux pédoclimatiques, les données recueillies montrent que les indicateurs conventionnels ne sont plus suffisants pour rendre compte de la diversité des végétations. Les résultats d'une étude de 3 bassins d'élevage du Massif central montrent 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, on obtient **une relation significative entre la somme des types C et D (%) et le pH de l'horizon de sol 0-5 cm** (Figure 2). Ces résultats montrent 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). Ainsi, on a obtenu 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 démontrent **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 implanter des PFC à base de 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.

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



2.2. 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. Nous mobilisons comme indicateur des pratiques fourragères un codage exprimant la fonction recherchée par l'éleveur sur sa parcelle grâce au relevé de ces pratiques. Pour les prés de fauche, deux catégories sont faites (Tableau 4). La première (FF) concerne les prés de fauche affectés à la constitution des stocks, fauchés généralement précocement afin de permettre une repousse dans des conditions favorables pour qu'elle puisse s'exprimer 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.

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 quatre exploitations des Pyrénées ariégeoises (87 parcelles).

		Fauche FF	Fauche PF	Pacage P	
	Nb 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	% de type A	54 a	42 a	18 b	***
	% de type B	42 a	31 ab	22 b	***
	% de type C	3 b	25 a	55 a	***
	% de type D	0 b	1 ab	4 a	**
Formes de vie	% Graminées	63,6 a	54,3 b	52,4 b	*
	% Légumineuses	9,7	10,8	9,2	ns
	% Autres dicots	26,9 b	35 a	38,4 a	*

Les lettres différentes indiquent une différence significative entre TFP (* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$).

Sur l'ensemble des parcelles on observe 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, on observe que **le type C est très abondant dans les pacages (P), est présent lors d'un pâturage précoce au printemps (PF)** qui remet à la lumière les espèces dominées ayant une stratégie de conservation de ressources, mais 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 la fauche, alors que le pourcentage de graminées diminue. Cette diminution des graminées est compensée principalement par une augmentation des dicotylédones, les légumineuses restant assez stables dans notre réseau. Si l'on analyse ces données de végétation en utilisant la typologie de graminées proposée par ANSQUER (2004), on observe que **les graminées à capture (A et B) diminuent avec la fréquence de la fauche alors que celles à conservation augmentent (C et D)**. Ainsi, **les prés fauchés sont largement dominés par les graminées de type A et B, alors que les pacages sont dominés par le type C**. Une analyse par type fonctionnel de graminée fait apparaître que les types A et B sont maximaux dans les prairies fauchées deux fois, alors que les types C et D sont maximaux dans les pacages. Dans notre réseau, l'absence de pacages d'altitude explique la faible contribution des graminées à conservation dans les communautés (notamment le type D). Dans un sous-échantillon de ce même réseau ANSQUER *et al.* (2004) montrent qu'il est possible de dissocier les facteurs utilisation et fertilité. **Ainsi, au sein des prairies fauchées une seule fois et pâturées au printemps, on montre qu'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 Aveyron (données non présentées), ainsi que par FARRUGGIA (2006).

3. Quelles caractéristiques fonctionnelles des végétations prendre en compte pour raisonner l'installation d'une prairie à flore complexe ?

Nous distinguons deux logiques de création d'une PFC : 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.

3.1. 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 par la cohérence entre le choix des espèces et la fonction attendue de la parcelle au sein du système fourrager.

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 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 plus 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 plus adaptées à l'objectif recherché sur la parcelle, ainsi que le niveau de fertilité nécessaire pour maintenir cette végétation en place.**

TABLEAU 5 - Niveaux de fertilité et TFP correspondants aux fonctions ciblées des parcelles. Les différents niveaux sont jugés selon un gradient de symboles - et +. So : sans objet. La dernière colonne précise les traits des espèces mobilisés pour justifier le choix du type fonctionnel qui correspond le mieux à la fonction recherchée.

Fonction attendue	Disponibilité des nutriments	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Traits mobilisés
En pâturage							
Pâturage précoce (400 °.j)*	Forte	+	+	-	--	++	Epis 10 & DVF
Pâturage tardif (700 °.j)	Faible	-	+	++	+	--	Epis 10 & 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	++	++	+	-	--	Epis 10 & 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	--	Flor. & DVF

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

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

3.2. 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 récurrent 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 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

La question est ici de savoir 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.

4.1. 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 non 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. Ailleurs, des impasses prolongées sur plusieurs années peuvent être nécessaires avant d'atteindre un indice limitant en P² favorable à l'implantation d'espèces de type C et D.

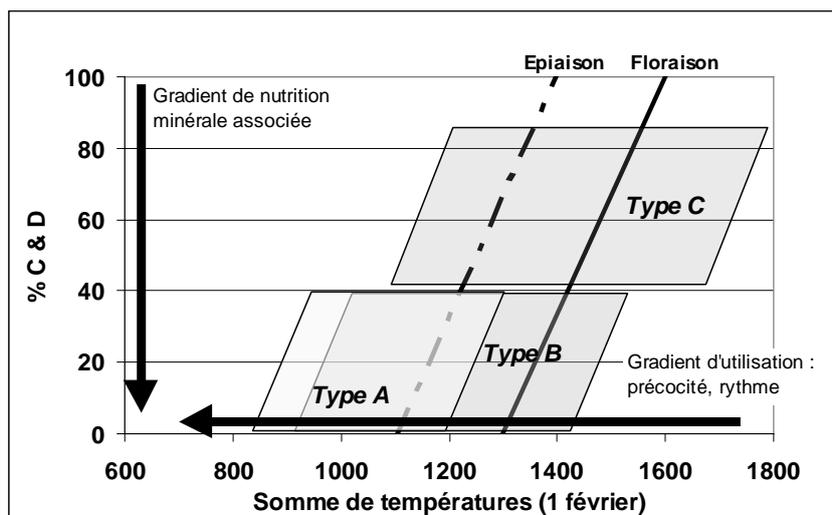
2 Dans les situations extrêmes où on vise une restauration de la diversité spécifique, l'exploitation de la prairie avec des apports élevés de N seul est un moyen efficace pour diminuer le niveau de P biodisponible jusqu'à des valeurs compatibles avec le développement de prairies riches en espèces (CRITCHLEY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

4.2. Piloter les pratiques fourragères 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 stratégiques à la gestion de la fauche et qui sont directement dépendant des types de graminées**. Ainsi, pour la floraison (trait plein) lorsque la végétation est dominée par les graminées à 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.

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.



Les milieux fertiles (N_i et $P_i > 80$) 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 supérieure 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 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 fort, 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 printemps** de manière tardive (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 dans ce papier 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 en P et K (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 ?**

Références bibliographiques

- AGREIL C., HAZARD L., MAGDA D., MEURET M. (2002): "Prospects for ecological habitat conservation: a new modelling approach to evaluate grazing of broom shrubland" 19th General Meeting of the European Grassland Federation, La Rochelle, France, May 2002, pp 752-753.
- 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 ovin 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.
- COLÉNO F.C., DURU M., THEAU J.P. (2005): "A method to analyse decision-making processes for land use management in livestock farming", *International Journal of Agricultural Sustainability*, 3, 69-77.
- 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 Science*, 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 KALED 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., THÉLIER-HUCHÉ L., VIOLLEAU S., LEBRUN J.M., BESNARD A. (2000) : « L'analyse d'herbe pour piloter la fertilisation phosphatée et potassique des prairies. Exemples d'application de la méthode », *Fourrages*, 164, 447-459.
- FARRUGGIA A., DUMONT B., JOUVEN M., BAUMONT R., LOISEAU P. (2007) : « 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?" In: T.M. Smith, H.H. Sthugart, F.I. Woodward (eds) *Plant Functional types: Their relevance to ecosystems properties and global changes*. Cambridge University Press, Cambridge, 3-19.

- HOOPER D.U., CHAPIN III F.S., EWEL J.J., HECTOR A., INCHAUSTI P., LAVOREL S., LAWTON J., LODGE D.M., LOREAU M., NAEEM S., SCHMID B., SETÄLÄ H., SYMSTAD A.J., VANDERMEER J., WARDLE D.A. (2005) : “Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge”, *Ecological Monographs*, 75, 3-35.
- 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”, *European Journal of Agronomy*, 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): « Etude 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, 255p.
- 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.
- TRACY BF, SANDERSON MA (2004): “Productivity and stability relationships in mowed pastures of varying species composition”, *Crop Science* 44, 2180-2186.
- 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.