

Comprendre l'effet des modalités de gestion  
sur les dynamiques de la flore des prairies permanentes.  
Applications aux prairies de moyenne montagne

A. Farruggia<sup>1</sup>, J.-P. Theau<sup>2</sup>, F. Louault<sup>3</sup>, B. Dumont<sup>1</sup>

1. INRA, UR1213 Unité de Recherche sur les Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; farruggi@clermont.inra.fr
2. INRA, UMR 1248 AGIR, BP 52627, F-31326 Castanet-Tolosan,
3. INRA, UR874 Unité de Recherche sur l'Ecosystème Prairial, F-63100 Clermont-Ferrand

## Résumé

Comment décrire, comprendre et prédire l'évolution de la flore des prairies permanentes sous l'effet des pratiques ? Pour contribuer à répondre à ces questions, nous avons rassemblé et revisité des dispositifs expérimentaux et des réseaux de parcelles et d'exploitations herbagères en zone de moyenne montagne. Pour l'ensemble de ces sites, nous avons utilisé les mêmes outils de caractérisation de l'évolution de la fertilité et de la végétation : les indices de nutrition, l'abondance des familles botaniques, l'indice de valeur pastorale, la richesse spécifique et les nouveaux outils issus de l'approche fonctionnelle. L'évolution de l'indice de valeur pastorale et de la richesse spécifique rendent bien compte des gradients de fertilité combinés ou non à des gradients de perturbation, mais restent descriptifs. Les valeurs moyennes de certains traits d'espèces, l'abondance des stratégies ou des types fonctionnels des espèces dominantes et en particulier des graminées sont des bons révélateurs des conditions de milieu et de gestion. De plus, ils réagissent très rapidement à un changement de gestion et fournissent des éléments de compréhension sur le fonctionnement global de la communauté végétale. La capacité des types fonctionnels de graminées ne se limite pas au suivi de ces dynamiques de végétation mais peut aussi aider à raisonner le système fourrager.

## Introduction

La prairie permanente est constituée d'un mélange intime de dix à plus de cent espèces différentes qui partagent le même environnement. Les pratiques et les conditions de milieu déterminent les espèces qui vont disparaître, se maintenir ou dominer la communauté végétale et, sur le long terme, la composition botanique atteint un équilibre. En retour, cette composition botanique conditionne la valeur agricole de la prairie en termes de production fourragère, de qualité du fourrage, de saisonnalité de la production, et influence les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles des produits animaux (FARRUGGIA *et al.*, 2008). Elle confère aussi à la prairie une valeur environnementale, notamment par son niveau de biodiversité. **Disposer de clés pour comprendre et prévoir l'évolution de la flore sous l'effet des modes de gestion représente donc un enjeu important pour ces surfaces.** Concrètement, il s'agit d'être capable d'identifier les leviers de gestion qui jouent sur les différentes valeurs de la prairie selon ses fonctions au sein de l'exploitation ou du territoire. De nombreux auteurs ont pour cela mis au point des outils de caractérisation de la végétation des prairies permanentes ayant une valeur indicatrice du milieu et des pratiques (ELLENBERG, 1952 ; DAGET et POISSONET, 1971). **Les nouveaux outils actuellement utilisés sont issus de l'approche fonctionnelle et permettent de mieux comprendre les mécanismes responsables de l'évolution de ces communautés.** L'évolution floristique n'est plus seulement considérée en termes d'espèces mais de groupes d'espèces types qui se distinguent par des stratégies différentes face à une perturbation (LOISEAU *et al.*, 1998).

L'objectif de cet article est d'analyser l'effet des modalités de gestion des prairies permanentes sur l'évolution de leur flore, en utilisant différents outils de caractérisation de la végétation. Nous illustrerons également comment la diversité floristique créée par des modes de gestion contrastés au sein d'une exploitation d'élevage peut être utilisée au profit de la production. Pour cela, nous nous appuyerons sur des résultats obtenus dans des dispositifs expérimentaux à moyen ou long terme et dans des réseaux d'exploitations en zone de moyenne montagne. Dans une première partie, nous rappellerons quelques principes généraux d'évolution de la végétation prairiale en nous appuyant sur les différentes manières de décrire ces végétations. Une deuxième partie sera consacrée à l'analyse de l'effet des modalités de gestion des parcelles sur l'évolution de la flore des prairies permanentes. Dans une troisième partie, nous analyserons la diversité de composition botanique des parcelles au sein d'une exploitation d'élevage, et comment il est possible d'en tirer parti pour une meilleure valorisation des surfaces fauchées et pâturées.

## 1. Les mécanismes explicatifs de la dynamique des végétations prairiales

### 1.1. Les différentes classifications

Nous nous limitons ici à l'inventaire des classifications des plantes prairiales et des modes de représentation des couverts qui rendent compte des conditions du milieu et des pratiques mais aussi de la valeur d'usage des prairies. Nous avons ainsi distingué trois types de classification. **La première** se fonde sur l'appartenance des espèces à trois grands groupes : **les graminées** (monocotylédones), **les légumineuses et les "diverses"**; c'est-à-dire les dicotylédones non fixatrices d'azote. C'est la classification la plus simple qui ne nécessite pratiquement aucune compétence en botanique mais qui peut être facilement liée aux mesures du prélèvement des animaux (DUMONT *et al.*, 2007b). **La seconde classification repose sur une détermination de l'ensemble des espèces végétales** (ELLENBERG, 1952) et sur l'hypothèse que la présence de certaines d'entre elles a une valeur indicatrice des facteurs du milieu (*e.g.*, l'humidité, le pH, etc.) et des pratiques (*e.g.*, les exigences vis-à-vis de l'état nutritif du sol, etc.). Dans une optique d'utilisation agronomique, plusieurs auteurs ont proposé des notes de valeur pastorale pour les principales espèces et le calcul d'un indice global pour la prairie reposant sur la moyenne de ces notes pondérée par le recouvrement des espèces dans la prairie (DELPECH, 1960 ; DAGET et POISSONET, 1971). C'est **l'indice de valeur pastorale** encore très utilisé en France. L'attribution de ces indices est souvent empirique sauf pour quelques espèces cultivées où elle repose sur une base expérimentale. Elle est de ce fait sujette à caution, également parce que la valeur pastorale ne tient pas compte de l'effet du stade phénologique des espèces (FLEURY, 1994). Certains auteurs ont pourtant montré sa pertinence et son utilité en identifiant les relations qui existent entre le chargement animal et la valeur pastorale (LOISEAU, 1988).

**La troisième classification qualifiée d'approche fonctionnelle de la végétation, repose sur les caractéristiques et les types fonctionnels des espèces.** Elle est basée sur l'hypothèse selon laquelle les caractères (ou traits biologiques) morphologiques, physiologiques et reproductifs des espèces associées au sein d'une communauté végétale, sont de bons révélateurs des conditions de milieu ou de gestion auxquelles est soumise la communauté (CRUZ *et al.*, 2002). Dans cette approche, les caractères identifiés peuvent être considérés comme des traits de réponse des espèces aux conditions externes, mais aussi comme des traits d'effet qui confèrent à la prairie des propriétés agronomiques et écologiques (LAVOREL et GARNIER, 2002). Les liens entre les traits et les propriétés agronomiques comme par exemple la valeur nutritive ou la production commencent à être établis (ANSQUER *et al.*, 2004 ; AL HAJ KHALED *et al.*, 2006 ; PONTES *et al.*, 2007). Plusieurs classifications ont préfiguré cette approche comme par exemple celle proposée par DELPECH (1982) qui distinguait les espèces selon leur taille et leur port ou encore celle proposée par FLEURY (1994) qui distinguait les plantes selon leur physionomie (port, taille des feuilles).

Les valeurs de ces traits d'espèces peuvent être combinées, formant des assemblages (ou syndromes) de traits qui traduisent les compromis fonctionnels des plantes (LOUAULT *et al.*, 2005). Ces assemblages de traits conduisent à la définition de **stratégies au sein de l'écosystème prairial** comme celles proposées par GRIME *et al.* (1988). Ces auteurs ont classé un nombre très important de plantes en trois grands groupes selon leur stratégie : les compétitrices (C) ont un comportement d'investissement et d'expansion lorsque la disponibilité en facteurs favorisant la croissance est forte ; les tolérantes au stress (S) profitent des périodes favorables pour constituer des réserves et investissent peu dans la croissance ; enfin les rudérales (R) sont capables de vivre dans des environnements dans lesquels la destruction partielle ou totale de la biomasse est fréquente. Selon cette théorie, chaque espèce est caractérisée par une stratégie de vie qui est une combinaison des trois stratégies élémentaires C, S et R. Récemment, CRUZ *et al.* (2002) ont utilisé cette approche pour les graminées dans un objectif de construction d'un outil pratique, permettant de caractériser les prairies et d'aider à leur gestion. Ces auteurs ont considéré que les graminées, dont la contribution à la biomasse est généralement très importante, sont un marqueur pertinent des caractéristiques agronomiques de la parcelle. Ainsi, **17 graminées, bien représentées dans les prairies, ont été classées** selon la valeur de la teneur en matière sèche des limbes. Cette classification a conduit à l'identification de **quatre types fonctionnels** selon les stratégies que les graminées mettent en œuvre par rapport aux ressources (capture ou conservation de la ressource) et selon leur tolérance à la défoliation (renouvellement rapide ou lent des feuilles ; ANSQUER *et al.*, 2004). Ces quatre types fonctionnels de graminées renvoient à des caractéristiques agronomiques différentes (production, saisonnalité, digestibilité). Le type A correspond aux espèces les plus compétitives à forte capacité de capture des éléments nutritifs et à vitesse de croissance élevée (*e.g. Lolium perenne, Holcus lanatus*). Les espèces de type B (*e.g. Dactylis glomerata, Anthoxantum odoratum*), également compétitrices, ont une forte capacité de capture des nutriments mais renouvellent plus lentement leurs feuilles. Les espèces de type C (*e.g. Festuca rubra, Agrostis capillaris*) et D (*e.g. Briza media, Festuca ovina*) sont conservatrices du fait de leur moindre capacité de capture des ressources, le type C présentant une vitesse de renouvellement des feuilles plus rapide que le type D. Les graminées de types A et B sont plutôt précoces, avec une surface spécifique foliaire importante et un faible taux de matière sèche des feuilles. Les graminées de type C et D ont des stades de développement (ou phénologie) plus tardifs, et présentent une faible surface spécifique foliaire, un taux de matière sèche des feuilles moyen à élevé et une durée de vie des feuilles plutôt longue.

Avec cette approche fonctionnelle, **la réponse de la végétation aux modes de gestion peut ainsi être appréciée par l'évolution de la valeur des traits moyens ou par l'abondance des stratégies ou types fonctionnels des espèces**, en prenant en compte toutes les espèces dominant la communauté, ou bien en ne considérant que les graminées.

## 1.2. Effet du milieu et de l'utilisation de la végétation sur la dynamique de la végétation

Dans la grande majorité des situations agricoles rencontrées en France, la fertilité du milieu et le taux d'utilisation du couvert, c'est-à-dire la part de la production réellement prélevée, sont les deux facteurs qui expliquent le mieux la composition botanique des prairies (BALENT *et al.*, 1991 ; DURU *et al.*, 2001 ; LOUAULT *et al.*, 2005). La fertilité peut être appréciée par des mesures de production annuelle de fourrage combinées à des mesures d'indices de nutrition de la végétation. Le taux d'utilisation est en

revanche plus difficile à estimer en dehors de situations expérimentales. Dans cet article, **nous avons pris le parti d'examiner l'effet de la gestion** non pas en fonction du mode d'exploitation (e.g., fauche vs. pâture) mais **en fonction de ces gradients d'intensité d'utilisation ou de fertilisation**. Ceci est aisé dans les dispositifs expérimentaux, construits pour analyser ces facteurs séparément ou en combinaison. L'utilisation de réseaux de parcelles présente l'avantage de pouvoir apprécier l'effet à long terme de différentes modalités d'exploitation des couverts et d'observer des communautés végétales stabilisées. En revanche, dans ces derniers dispositifs, il y a souvent confusion des facteurs : les parcelles les plus fertiles étant bien souvent utilisées de manière intensives.

A l'aide de l'approche fonctionnelle, il est possible de faire correspondre des types fonctionnels d'espèces et des gammes de diversité floristique à des niveaux de fertilité et d'intensité d'utilisation. **L'exploitation intensive d'une prairie**, caractérisée par une fertilisation élevée et un nombre important de fauches ou de périodes de pâturage, **sélectionne des espèces compétitives** à forte capacité de capture des éléments nutritifs, capables de pousser et de renouveler rapidement **leurs feuilles**, qui éliminent la plupart des autres espèces et conduisent à un appauvrissement de la flore (ANSQUER *et al.*, 2004). En revanche, **une exploitation avec des rythmes d'exploitation plus lents** sur des milieux moins fertiles, **favorise des espèces conservatives à croissance plus lente**, mais qui présentent des **aptitudes au recyclage interne des éléments nutritifs, et permet de maintenir une diversité floristique élevée**. Au sein d'une exploitation d'élevage, il existe une diversité d'utilisation des surfaces depuis un usage intensif pour les parcelles fauchées précocement (ensilage ou enrubannage) ou les parcelles proches des bâtiments, jusqu'à un usage extensif pour les parcelles les moins productives ou les plus difficiles d'accès. Cette diversité des modes de conduite des parcelles crée une diversité des types de prairies. La diversité spécifique qui est surtout mise en avant sur le plan environnemental est rarement citée comme une caractéristique agronomique recherchée par l'éleveur, et ce d'autant plus qu'au niveau parcellaire les prairies à forte diversité spécifique sont généralement peu productives (PLANTUREUX *et al.*, 2005). La diversité fonctionnelle génère des différences de caractéristiques agronomiques entre parcelles qui peut permettre d'ajouter de la flexibilité au sein du système fourrager (DURU *et al.*, 2007). Ainsi, la description d'une exploitation ou d'une sole fourragère par les types fonctionnels de graminées permet de rendre compte de la diversité de ressource et de raisonner l'adaptation de l'offre fourragère aux objectifs de production.

## 2. Effet de la fertilité du milieu et du taux d'utilisation des parcelles sur la végétation

Pour comprendre l'effet des modes de gestion des prairies permanentes sur l'évolution de leur composition botanique, nous nous sommes appuyés sur les résultats de **trois dispositifs** expérimentaux **et de deux réseaux de parcelles** (Tableau 1).

Le premier dispositif expérimental, « **Forbioben** » (DUMONT *et al.*, 2007b), compare des prairies diversifiées pâturées en continu par des génisses dans un gradient de chargement allant d'une utilisation quasi totale de la production annuelle (1,2 UGB/ha) à un fort sous chargement (0,5 UGB/ha). Cette expérimentation fait partie d'un dispositif multisites européen (programme européen Foraging for Biodiversity Benefit). Le deuxième dispositif « **Excédents** » (LOUAULT *et al.*, 2005) compare des parcelles fertiles soumises à un gradient de perturbation créé par un nombre variable de fauches et de séquences de pâturage par des ovins. Le troisième dispositif « **ORE** » (LEMAIRE *et al.*, 2005) compare des prairies fertiles peu diversifiées exploitées en fauche avec 3 coupes par an et soumises à un gradient de fertilisation allant d'un apport de NPK à une fertilisation nulle. **Le réseau de 82 parcelles des Pyrénées ariégeoises** (ANSQUER *et al.*, 2004) représente la totalité du parcellaire utilisé par 4 élevages allaitants en race Gasconne. Il présente donc un fort gradient d'utilisation (de pacages extensifs aux prairies fauchées deux fois) et d'état de nutrition minérale (indices azote de 55 à 90). Celui du **Nord Cantal** (FARRUGGIA *et al.*, 2006) correspond à 37 parcelles issues de quatre exploitations en Salers allaitant couvrant un gradient de chargement allant de 0,7 à 1,2 UGB/ha et situées dans une zone homogène du point de vue des conditions pédoclimatiques.

Nous examinerons l'évolution de la flore sous l'effet des gradients d'utilisation des parcelles et/ou de fertilité du milieu au travers des outils de caractérisation de la végétation suivants : la distribution des familles botanique, l'indice de valeur pastorale, la richesse spécifique, et enfin les traits et les stratégies ou les types fonctionnels.

**TABLEAU 1 – Descriptif des différents dispositifs expérimentaux et réseaux de parcelles mentionnés.**

<b>Dispositifs expérimentaux</b>	<b>Forbioben</b> (site français)	<b>"Excédents"</b>	<b>ORE</b>
Altitude	1100 m	870 m	880 m
Type de prairie	Estives très diversifiées	Prairies fertiles peu diversifiées	Prairies fertiles peu diversifiées
Mode d'exploitation	Pâturage bovin continu	Fauche et pâturage en rotation	Fauche exclusive
Fertilisation antérieure	Nulle	Régulière d'entretien	Entretien
Traitements	1,2, 0,85 et 0,5 UGB/ha	PFPPP, PPPP, P <sup>(1)</sup>	Fertilisation NPK, PK, 0
Durée	5 ans	12 ans	2 ans
<b>Réseaux de parcelles</b>	<b>Ariège</b>	<b>Nord Cantal</b>	
Altitude	600 à 1100 m	800 à 1300 m	
Type de système	Bovin allaitant	Bovin allaitant	
Nb. de parcelles	82	37	
Mode d'exploitation	Prés de fauche et pacages	Prés de fauche et pacages	
Gradient analysé	2 à 0 fauches / an	Fauche +/- précoce ; 170 à 330 UGB.j/ha	

(1) F : une fauche ; P : une séquence de pâturage

## 2.1. Les familles botaniques et l'indice de valeur pastorale

La classification par famille botanique (graminées, légumineuses, diverses) ne permet que partiellement de rendre compte des changements de composition botanique sous l'effet des facteurs de gestion. Dans les prairies d'altitude soumises à un gradient de chargement décroissant (dispositif *Forbioben*), les légumineuses diminuent significativement de 10,5 à 3,1% de la surface entre 1,2 et 0,5 UGB/ha au profit des diverses (de 28,1 à 36,2% dans le même gradient) mais la part relative totale des graminées reste inchangée (Tableau 2). Dans les prairies du dispositif *Excédents*, la part des légumineuses régresse également fortement (de 11,4 à 0,5% de la surface) avec la suppression de la fauche et la diminution du nombre d'épisodes de pâturage, et ceci toujours en lien avec le niveau d'ombrage créé par les refus.

**TABLEAU 2 – Caractérisation botanique et fonctionnelle de prairies positionnées le long d'un gradient de chargement (essai Forbioben).**

<b>Chargement</b>	<b>1,2 UGB/ha</b>	<b>0,85 UGB/ha</b>	<b>0,5 UGB/ha</b>	<b>Signification</b>
IN	62	55	56	ns
IP	55	54	54	ns
%Graminées	50,5	50,2	48,0	ns
%Diverses	28,1 <sub>a</sub>	30,9 <sub>a</sub>	36,2 <sub>b</sub>	**
% Légumineuses	10,5 <sub>a</sub>	7,9 <sub>a</sub>	3,1 <sub>b</sub>	***
Nb d'espèces	56,0	55,1	53,0	ns
% type C-R	0,07	0,13	0,00	ns
% types C-S-R et C	34,9 <sub>a</sub>	30,7 <sub>a</sub>	25,5 <sub>b</sub>	***
% types S et S-C	12,4 <sub>a</sub>	17,6 <sub>b</sub>	20,1 <sub>b</sub>	***

\* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001, ns : non significatif

Les graminées restent le groupe dominant et les diverses n'évoluent pas dans ce gradient (Tableau 3). Dans le réseau de prairies des Pyrénées ariégeoises (Tableau 4) qui présentent un gradient des indices phosphore, la réduction de 2 à 0 du nombre de fauches annuelles se traduit par

une diminution de l'abondance des graminées au profit des diverses, alors que la part des légumineuses n'est pas affectée. Ces mêmes évolutions ne se retrouvent pas dans les parcelles fauchées ou pâturées du Nord Cantal (Tableau 4).

**TABLEAU 3 – Caractérisation botanique et fonctionnelle de communautés prairiales positionnées dans le dispositif expérimental "Excédents" le long d'un gradient d'utilisation et dans le dispositif ORE sur un gradient de fertilisation.**

Dispositif	"Excédents" <sup>(1)</sup>				ORE (fauche exclusive) <sup>(1)</sup>			
	PFPPP	PPPP	P	Sign.	Fert. NPK	Fert. PK	Fert. nulle	Sign.
<b>Indice d'utilisation <sup>(2)</sup></b>	<b>100</b>	<b>41</b>	<b>11</b>	<b>**</b>	<b>fort</b>	<b>fort</b>	<b>fort</b>	
IN	55	66	76	ns	91 a	64 b	62 b	***
IP	122	116	113	ns	84	90	87	**
%Graminées	68,0	91,9	64,9	ns	64,4	51,2	49,8	***
%Diverses	20,5	6,6	34,7	ns	32,6	28,4	32,9	ns
% Légumineuses	11,4	1,1	0,5	*	3,0	20,4	17,3	***
Nb d'espèces	20	20	26	ns	17,0	16,3	19,5	ns
Ind. de Shannon	3,43	3,46	3,66	ns	2,9	2,67	3,0	ns
Valeur pastorale	67,6	63,4	36,9	*	67	77	65	0,06
TMS des limbes <sup>(3)</sup>	210 a	230 b	230 b	**	203 b	210 b	245 a	**
Hauteur à maturité <sup>(3)</sup>	455 a	671 b	684 b	*	-	-	-	-
Date début floraison <sup>(3)</sup>	156 a	165 b	178 c	*	-	-	-	-
Poids des graines <sup>(3)</sup>	.075 a	.138 b	.178 b	*	-	-	-	-
% Type A	0,56	0,21	0,11	0,06	44,4	45,2	37,8	ns
% Type B	0,23	0,60	0,67	0,06	52,3	49,8	37,8	ns
% Type C	0,22	0,19	0,22	ns	3,0	4,9	24,3	*
% Type D	0	0	0	-	0	0	0	-

1 : P = 1 pâturage, F = 1 fauche ; \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001, ns non significatif

2 : Le taux d'utilisation correspond à la biomasse réellement prélevée. Le traitement PFPPP est considéré comme ayant un taux égal à 100.

3 : TMS (teneur en matière sèche des feuilles) en mg/g ; Hauteur à maturité en cm ; Date début floraison en numéro de jour julien ; Poids des graines en g pour 100 graines

Au regard de ces évolutions non convergentes en réponse au niveau d'utilisation, il apparaît nécessaire de définir des classifications plus fonctionnelles des espèces, **la classification entre graminées, dicotylédones et légumineuses n'apparaissant pas à même de décrire de manière générique les effets des facteurs agissant sur la végétation prairiale.**

La diminution de **l'indice de valeur pastorale** rend compte des effets d'une diminution de l'intensité d'utilisation des parcelles dans le dispositif *Excédents* après 12 années d'application des traitements (Tableau 3), ou d'une gestion différente des parcelles sur les réseaux de parcelles (diminution en situation de pâturage comparé à la fauche ou avec la diminution de l'intensité du pâturage ou encore avec l'avancement de date de fauche, Tableau 4). En revanche, l'indice de valeur pastorale ne réagit pas de manière linéaire à seulement deux années de fertilisation contrastées (Tableau 3). Il semble donc être **un outil descriptif global pertinent pour juger de l'impact de la gestion à moyen et long terme sur la végétation, mais pas à court terme.**

## 2.2. La richesse spécifique

Dans les cas des situations gérées de la même manière sur le long terme (Réseaux de parcelles), la richesse spécifique diminue lorsque la fertilisation combinée avec un nombre élevé d'interventions augmente (Tableau 4). La compilation des données de 45 types de prairies fauchées ou pâturées identifiées dans trois typologies régionales, Vosges, Alpes du Nord et Haut-Jura (Chambres

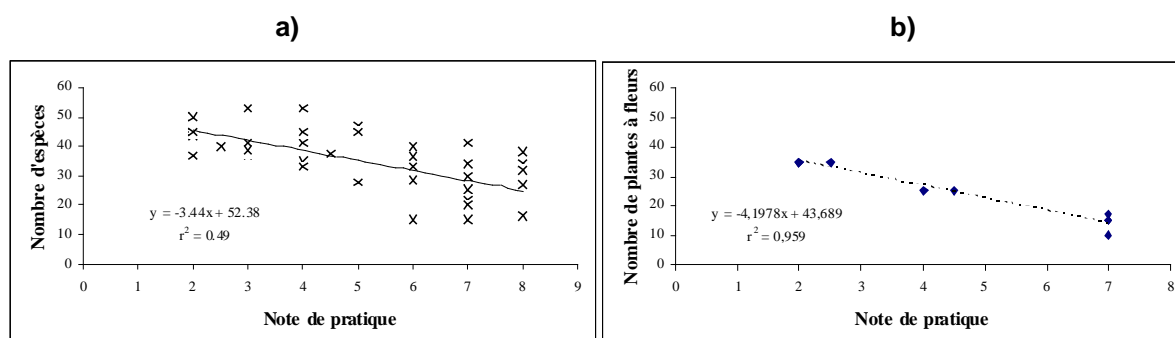
d'agriculture *et al.*, 2007 ; GIS Alpes du Nord et SUACI Montagne, 1987, PETIT *et al.*, 2005) confirme cette règle générale (Figure 1). Ainsi, chaque type de prairie a été caractérisé par un nombre moyen d'espèces, une note de fertilisation organique et minérale (de 1 à 5 : de nulle à très élevée) et une note de production annuelle (de 1 à 3 : de faible à élevé). Une note de pratique a été ensuite attribuée à chaque type en additionnant la note de fertilisation et la note de production. Plus cette note est élevée, plus la fertilisation et la collecte de biomasse est importante. **Une corrélation négative a alors été mise en évidence entre le nombre d'espèces par type et cette note de pratique ( $r^2 = 0,49$ )**. De plus, dans la typologie des prairies de fauche de la zone subalpine, il a été mis en évidence une très bonne corrélation entre la note de pratique et le nombre d'espèces à fleurs ( $r^2 = 0,96$ ).

**TABLEAU 4 – Diversité spécifique et composition fonctionnelle des parcelles d'exploitations agricoles le long de gradients d'intensité d'exploitation (du plus fort au plus faible) dans deux réseaux d'exploitations des Pyrénées ariégeoises et du Nord Cantal.**

Réseau de parcelles	4 exploitations en Ariège				4 exploitations dans le Nord Cantal							
	F	PF	P		P	P	P		F	F		
Mode d'exploitation												
Intensité d'utilisation	2 fauches	1 fauche	0 fauche	Sign.	333 UGB.j	266 UGB.j	167 UGB.j	Sign.	Précoce 26 juin	Tardive 10 juil.	Sign.	
Nb. de parcelles	36	32	14		6	5	5		10	11		
IN ou (unité N/ha)	73	70	67	Ns	(35) b	(10) a	(4) a	*	(103)	(37)	***	
IP	90a	77b	64b	***	-	-	-	-	-	-	-	
% Graminées	64a	54b	52b	*	43b	68a	52ab	*	68	72	Ns	
% Diverses	27b	35a	38a	*	44	23	39	0,07	26	24	Ns	
% Légumineuses	10	11	9	Ns	13	9	6	ns	7	4	ns	
Nb d'espèces	21b	29a	36a	***	32a	39b	48c	**	28	43	***	
Valeur pastorale	61a	54ab	43b	***	45	48	34	0,06	58	45	**	
TMS	216b	221a	230a	***	-	-	-	-	-	-	-	
% Type A	54a	42a	18b	***	17	17	8	ns	27	7	**	
% Type B	42a	31ab	22b	***	14	11	10	ns	33	27	ns	
% Type C	3b	25a	55a	***	53	61	55	ns	29	55	**	
% Type D	0b	1ab	4a	**	7 b	11 ab	27 a	*	1	4	ns	

\* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001, ns non significatif.

**FIGURE 1 – Evolution du nombre d'espèces selon la note de pratique. (a) Prairies fauchées et pâturées issues des typologies des Vosges, du Haut-Jura et des Alpes du Nord, (b) Cas des plantes à fleurs dans les prairies de fauche des Alpes du Nord (zone sub-alpine).**



**Pour des niveaux beaucoup plus faibles d'utilisation** des parcelles allant jusqu'à l'abandon, plusieurs auteurs ont observé une diminution de la richesse floristique et de fortes modifications de la

composition botanique des couverts résultant de faibles niveaux d'utilisation et de fertilité dans des prairies de montagne du massif alpin (DA RONCH *et al.*, 2002 ; LAVOREL *et al.*, 2004).

Les résultats obtenus sur les dispositifs expérimentaux de plus courte durée sont moins clairs, confirmant le fait qu'il **est difficile d'évaluer l'effet de modes de gestion sur la richesse spécifique du couvert tant que les dynamiques d'évolution de la flore ne sont pas stabilisées** (LOISEAU *et al.*, 1998). La vitesse d'évolution du nombre d'espèces peut-être variable selon le niveau de fertilité et de diversité initial du couvert. L'application pendant 12 ans d'un gradient d'utilisation contrasté n'a pas fait varier le nombre d'espèces qu'on pouvait dénombrer dans les prairies initialement fertiles du dispositif *Excédents* (Tableau 3). On observe cependant une tendance à l'augmentation du nombre d'espèces sur le traitement le moins exploité qui s'explique par un changement du cortège floristique avec l'apparition d'espèces associées à l'enrichissement généralement en marge des communautés prairiales. Dans les prairies diversifiées du site français du programme *Forbioben*, le nombre d'espèces n'a pas évolué après cinq années d'application des traitements (Tableau 2). Le même suivi réalisé dans les prairies plus fertiles et moins diversifiées du site anglais a révélé après seulement 3 années de suivi, une diminution significative du nombre d'espèces au chargement le plus faible (SCIMONE *et al.*, 2007). Le calcul de l'indice de dominance de SIMPSON a également permis de mettre en évidence une évolution plus rapide de l'abondance relative des espèces dans les prairies fertiles et peu diversifiées, ce qui conforterait l'hypothèse d'une plus grande stabilité des communautés végétales diversifiées de moyenne montagne (BORNARD *et al.*, 1996 ; LAVOREL *et al.*, 2004).

### 2.3. Les traits d'espèces, stratégies et types fonctionnels de plantes

#### – Réponse fonctionnelle des communautés prairiales

Aussi bien dans les dispositifs expérimentaux que dans les réseaux de parcelles, **plusieurs traits moyens** (traits des espèces pondérés par l'abondance des espèces dominantes) **répondent de manière cohérente aux gradients de perturbation appliqués aux parcelles**. Ainsi, les couverts fertiles sous-exploités de l'expérimentation *Excédents* présentent une teneur en matière sèche des limbes, une hauteur des plantes à maturité, une masse des graines plus élevées, et une phénologie des espèces retardée par rapport aux prairies bien exploitées (Tableau 3). De même, sur l'*ORE*, la teneur en matière sèche des limbes augmente après deux années de traitement dans les parcelles fauchées non fertilisées (Tableau 3). Enfin, sur une sélection de parcelles des Pyrénées ariégeoises situées à des niveaux comparables de fertilité, une diminution du nombre de fauches (ANSQUER *et al.*, 2004) se traduit par une plus grande teneur en matière sèche des limbes de graminées dans les parcelles. Dans ces trois situations contrastées, la désintensification de l'utilisation du couvert s'est donc traduite par une augmentation de la teneur en matière sèche des limbes de graminées, ce qui présage du caractère prédictif de ce trait.

La réponse des prairies se traduit également par **une modification dans les types fonctionnels de plantes qui composent la communauté** (LOUAULT *et al.*, 2005). Par exemple, dans l'essai *Excédents*, non seulement les valeurs moyennes des traits sont modifiées, mais également la contribution des trois principaux types fonctionnels de plantes. Ces types ont été définis dans cet essai en considérant toutes les espèces dominantes selon les valeurs de 4 traits remarquables : la teneur en matière sèche des limbes (TMS), la hauteur de la plante à maturité, la taille des limbes (surface) et la précocité de floraison. Un premier type (type 1) correspond à des plantes hautes, tardives et à forte teneur en matière sèche des limbes. Il apparaît comme compétiteur pour la lumière et domine dans les prairies sous-exploitées. Les deux autres types sont de plus petite taille et plus précoces, mais l'un présente des limbes petits et à forte teneur en matière sèche (type 2) et l'autre des limbes plus grands à faible teneur en matière sèche (type 3), caractéristique d'un type compétiteur pour les nutriments adapté à une défoliation fréquente. Ces types de petite stature occupent respectivement 35 et 33% des parcelles bien utilisées, tandis que le type 1 se maintient à près de 10%. **Les prairies positionnées sur le gradient d'utilisation se composent donc des trois types, mais en proportions variables**. Elles sont composites et plusieurs stratégies cohabitent, ce qui signifie que les propriétés de la prairie ne sont pas assimilables à celles du seul type dominant.



- Les types de graminées comme indicateurs de diversité fonctionnelle

Au sein des communautés prairiales, **les graminées pour lesquelles deux classifications fonctionnelles peuvent être utilisées, représentent des indicateurs privilégiés.** Dans le dispositif *Forbioben*, la part des espèces compétitives (type C de GRIME *et al.*, 1988) ou ayant une stratégie intermédiaire (type CSR) diminue au plus faible chargement au profit d'espèces plus tolérantes aux stress (types S et CS), et cela même si l'abondance totale des graminées reste stable (DUMONT *et al.*, 2007a ; Tableau 2). Les types fonctionnels définis par CRUZ *et al.* (2002) traduisent également l'effet des pratiques sur les réseaux de parcelles d'Ariège et du Nord Cantal ainsi que dans la plupart des dispositifs expérimentaux (Tableaux 2-4). Par exemple, sur le réseau de parcelles des Pyrénées ariégeoises (Tableau 4), les types A et B dominent dans les parcelles plus fréquemment fauchées, alors que l'abondance des type C et D est plus élevée dans les parcelles pâturées. La classification garde sa valeur prédictive lorsque le taux d'utilisation du couvert et le niveau de fertilité varient indépendamment ou lorsque le changement de gestion est récent. Ainsi, les contributions des types de graminées se différencient dans les parcelles fauchées dans un gradient de fertilité de l'ORE alors que l'application des traitements n'a démarré que depuis 2 ans : les graminées de type C ont diminué de près de 20% dans les parcelles conduites avec restitutions minérales (Tableau 3). Dans les parcelles soumises au gradient d'utilisation de l'essai *Excédents*, le type A tend à régresser au profit du type B sous l'effet de la sous-exploitation (Tableau 3). Dans cet essai, les types fonctionnels 1, 2 et 3 précités recoupent les types A, B et C. La teneur en matière sèche des limbes est l'un des traits caractéristiques des types 1, 2 et 3, tout comme elle différencie les quatre types A, B, C et D de graminées. Elle varie pour les premiers de 200 à 240 mg/g et est en moyenne de 194 pour le type A et de 246 mg/g pour le type C. Le type A de graminées correspond bien au type 3 des petites plantes compétitives et adaptées au pâturage, les deux ayant comme espèces typiques *Holcus lanatus* et *Lolium perenne*. Les correspondances entre les types B et C et les types 1 et 2 sont moins fortes, des espèces caractéristiques de chacun des types B et C se retrouvant mélangées dans les types 1 et 2.

**Les types fonctionnels de graminées apparaissent donc comme des outils très pertinents, indicateurs des états différenciés ou des réponses à court comme à long terme des prairies à la gestion.** La teneur en matière sèche des limbes semble un trait pertinent de classification des espèces. Pour autant, l'identification de types fonctionnels de plantes reste par construction dépendante des situations où elle a été élaborée. Une approche plus générique passera sans doute par une meilleure caractérisation des gradients de gestion et de fertilité. Par ailleurs, la classification fonctionnelle ne repose que sur les types graminées parmi lesquelles seules les espèces principales ont été classées, ce qui pose **la question de la part relative de ces espèces dans le couvert.** A titre d'illustration, seules 34% des graminées présentes dans le traitement le plus extensif du dispositif *Excédents* entrent pour l'instant dans la classification de ANSQUER *et al.* (2004).

### 3. Les dynamiques de végétation et leur utilisation au sein des exploitations d'élevages

Pour illustrer cette partie, nous nous sommes appuyés **sur une "expérimentation système" menée sur la ferme expérimentale INRA de Redon** (BRELURUT *et al.*, 1998 ; LOUAULT *et al.*, 1998) ainsi que **sur deux réseaux d'exploitations** : le réseau d'exploitations allaitantes des Pyrénées ariégeoises (ANSQUER *et al.*, 2004) et un nouveau réseau de huit exploitations laitières et allaitantes situées dans l'Aveyron (Tableau 5).

**TABLEAU 5 – Descriptif des différents réseaux de systèmes et d'exploitations mobilisés.**

Réseau d'exploitations	Ariège	Aveyron		Puy-de-Dôme (Redon)
Nombre d'exploitations	4	4	4	1 (3 systèmes)
Altitude	600 - 1 100 m	900 - 1 200 m	900 - 1 100 m	700 - 850 m
Système	Bovin allaitant	Bovin allaitant	Bovin laitier	Ovin allaitant
Chargement (UGB/ha)	1,3 + estives	0,7 - 1,1	07 - 1,1	0,6 - 1,2

### 3.1. Le taux d'utilisation des surfaces comme premier outil de diagnostic

Lorsqu'il peut être calculé, le taux d'utilisation des ressources herbagères à l'échelle d'un système d'élevage rend bien compte des variations de l'évolution de la végétation. A Redon, après quatre ans d'extensification d'un système ovin allaitant, la production fourragère totale des systèmes comportant des prairies de fauches fertiles, des pâtures peu fertiles et des parcours, a été mesurée sur des emplacements mis en défens et coupés 5 fois par an dans chacune des parcelles. Parallèlement, la biomasse d'herbe sur les parcelles fauchées et pâturées a été quantifiée pour calculer le taux d'utilisation des ressources correspondant au ratio des quantités utilisées sur la biomasse produite sur les surfaces mises en défens. Malgré une différence importante de chargement entre le système le plus intensif (T) et le système modérément extensif (E1), le taux d'utilisation des ressources fourragères à l'échelle du système était de l'ordre de 60% pour les deux systèmes (Tableau 6). Dans le système T, la production fourragère augmente grâce à la fertilisation avec parallèlement des quantités prélevées par les animaux plus importantes. Un taux d'utilisation équivalent a été mesuré dans le système E1, caractérisé par un troupeau moins important mais aussi par une production fourragère globale réduite à l'expression du potentiel du milieu de ce système. L'indice de valeur pastorale moyenne reste semblable dans ces deux systèmes. En revanche, la sous-exploitation des surfaces du système E2, illustrée par le très faible taux global d'utilisation des ressources (37%) du fait d'un troupeau très réduit, s'accompagne d'une forte réduction de l'indice de valeur pastorale, en particulier dans les zones éloignées du siège de l'exploitation. **Le taux d'utilisation des surfaces à l'échelle d'un système se révèle donc être un moteur de l'état de la végétation et un meilleur indicateur que le niveau de chargement global.**

**TABLEAU 6 – Niveau d'utilisation de la production fourragère et effet sur la valeur pastorale des couverts à l'échelle du territoire de l'exploitation sur la ferme expérimentale de l'INRA de Redon (BRELURUT et al., 1998).**

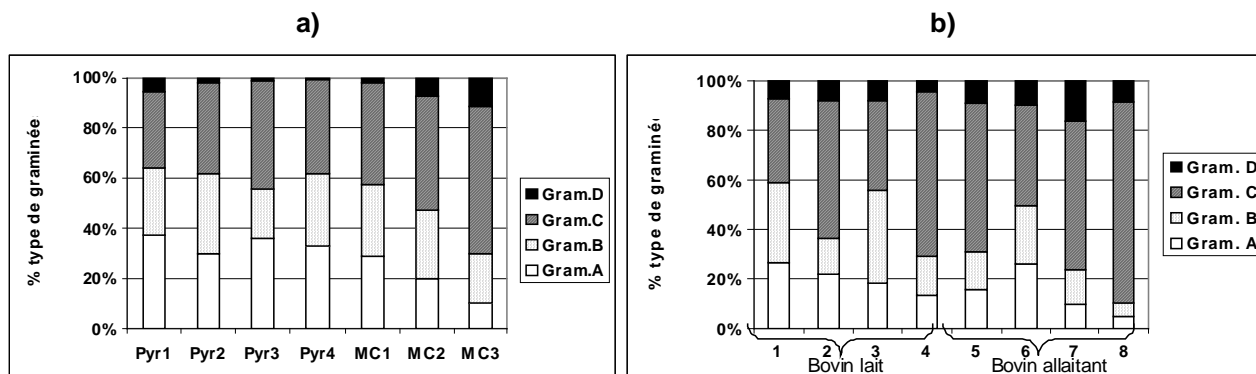
Système	Traditionnel (T)	Extensif 1 (E1)	Extensif 2 (E2)
<b>Chargement (UBG/ha)</b>	<b>1,2</b>	<b>0,85</b>	<b>0,6</b>
<b>Utilisation moyenne des ressources herbagères</b> exprimée en % de la production ( <i>écart type</i> )			
<b>Prélèvement par pâturage (P)</b>	38 (3)	42 (5)	29 (2)
<b>Récolte (R)</b>	23 (2)	19 (6)	8 (3)
<b>Production non utilisée</b>	38 (1)	39 (3)	63 (5)
<b>Taux d'utilisation des ressources (P+R)</b>	62	61	37
<b>Indice de Valeur pastorale en fin de période</b> ( <i>Variation en 4 ans, en %</i> )			
- Prairies fauchables : - ilot proche	73 (-1)	72 (+3)	70 (-2)
- ilot éloigné			78 (-7)
- Pacages et parcours : - ilot proche	37 (+6)	34 (-1)	41 (0)
- ilot éloigné			62 (-12)

La valeur pastorale moyenne des parcelles est calculée en considérant la valeur de chaque parcelle pondérée par sa surface. Les données des systèmes T et E1 vont de 1988 à 1992, E2 : 1994-1998.

### 3.2. Les types fonctionnels de graminées pour décrire le système fourragère d'une exploitation

L'approche fonctionnelle, qui a montré sa pertinence pour comprendre l'effet des modes de gestion appliqués aux parcelles pâturées et fauchées, peut également décrire efficacement la diversité des surfaces au sein d'une exploitation et entre exploitations. Ainsi, au sein de la surface fourragère principale (SFP) de sept exploitations bovines allaitantes des Pyrénées (Pyr) et du Massif central (MC), **une forte cohabitation de trois types fonctionnels de graminées est systématiquement observée dans toutes les exploitations** (Figure 2a).

**FIGURE 2 – a) Part des 4 types fonctionnels de graminées dans la SFP de 7 exploitations de bovins allaitants des Pyrénées (Pyr) et du Massif central (MC). b) Part des types fonctionnels de graminées dans la SFP de 4 exploitations bovin lait et 4 exploitations bovin viande du Massif Central.**



Parmi ces trois types fonctionnels, les graminées de type C sont les plus abondantes (41% en moyenne) mais également les plus variables (30 à 56%) entre exploitations. **Cette diversité fonctionnelle n'est que peu liée au système de production.** En effet, le suivi des huit exploitations en Aveyron montre autant de variations dans la répartition des types fonctionnels entre exploitations d'un même système qu'entre les exploitations laitières et allaitantes (Figure 2b).

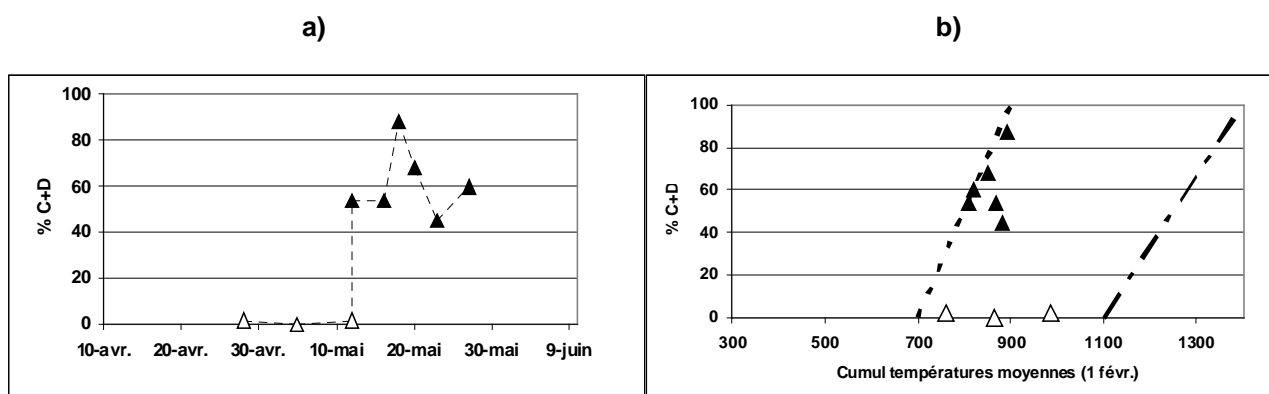
Cette diversité fonctionnelle est entretenue par les modes d'exploitation des prairies. Les relations qui existent entre la diversité fonctionnelle et les fonctions attendues par les éleveurs sont aujourd'hui analysées. Des suivis des pratiques fourragères dans le réseau des Pyrénées ariégeoises sur 6 ans ont révélé que la fonction des parcelles est fortement orientée par leur localisation dans la vallée et reste inchangée d'une année sur l'autre. Pour **examiner les relations entre la fonction parcellaire et le type fonctionnel dominant de ces communautés**, seules les parcelles dominées par un seul type fonctionnel (80% des parcelles du réseau) ont été retenues. Elles ont été qualifiées par leur type dominant. Ainsi, **pour la fonction « Faire exclusivement du foin », les parcelles mobilisées sont toutes dominées par des graminées compétitives de type A ou B.** Dans les parcelles les plus fertiles, les espèces appartenant à ces types fonctionnels permettent des pics de production de matière sèche importants et suffisamment précoces pour autoriser une seconde coupe dans de bonnes conditions. Les prairies de types C, moins fertiles et à croissance plus lente, n'assurent pas l'autonomie fourragère en stock recherchée par les éleveurs, en raison de leur plus faible productivité et de leur phénologie tardive qui compromet les possibilités de fournir de manière régulière deux coupes par an. Ces prairies sont en revanche utilisées pour le pâturage de lots d'animaux à croissance lente, gardés en été sur l'exploitation. Le rythme lent de pâturage nécessite d'avoir des graminées dont la durée de vie des feuilles est longue, afin de limiter les pertes d'herbe par sénescence. **Les graminées de type C sont donc bien adaptées à la fonction « Ne faire que du pâturage extensif ».** Néanmoins, il existe une **forte variabilité interparcellaire du type dominant dans les prairies assurant la fonction « Pâture au printemps et faire du foin l'été ».** Pour organiser l'atelier pâturage de printemps dans ces vallées, au sens « atelier de production » proposé par COLÉNO *et al.* (2005), les éleveurs mobilisent deux grands types de prairies depuis la mise à l'herbe jusqu'au départ vers les pacages d'altitude : d'abord des prés de fauche précoces dominés par les types A et B, puis des prés de fauche de type C plus tardifs situés plus haut en altitude qui ne présentent pas une végétation trop avancée. Pour certains usages, la diversité fonctionnelle entre parcelles d'une même exploitation assure donc la flexibilité de l'atelier de production.

### 3.3. Vers des outils de diagnostic des pratiques fourragères

Le calendrier d'utilisation des surfaces est un outil descriptif des modes de gestion de l'éleveur sur l'ensemble des parcelles de son exploitation. **L'utilisation de la classification des parcelles selon les types fonctionnels de graminées permet de rendre compte de l'état de la végétation lors de son utilisation en pâturage ou en fauche.** Des outils de diagnostic de la conduite fourragère utilisant des représentations graphiques se basant sur les caractéristiques phénologiques des types fonctionnels ont été mis au point par THEAU *et al.* (1998) et ANSQUER *et al.* (2004). A titre d'exemple,

la Figure 3a présente l'ordre des parcelles pâturées par un troupeau de vaches allaitantes entre la mise à l'herbe et le départ à l'estive. Le troupeau utilise d'abord des prés de fauche puis passe sur les surfaces de pâture. Les prés de fauche de vallée, régulièrement fertilisés ne comportent que des graminées de types A et B, alors que les pâtures utilisées plus tardivement sont composées de 45 à 90% de graminées de types C et D. Cette première représentation reste très descriptive et ne permet pas de répondre à certaines questions importantes qui influent fortement sur les résultats de la conduite fourragère : le pâturage des prés de fauche au printemps est-il conduit en déprimage ou en étêtage ? L'utilisation tardive de l'herbe des pâtures d'altitude génère-t-elle une perte de qualité importante ? **En transformant les dates d'entrée des animaux dans les parcelles en somme de températures moyennes journalières cumulées depuis le 1<sup>er</sup> février, chaque parcelle se replace selon un repère phénologique qui tient compte des types fonctionnels des graminées dominantes.** Ainsi, sur la Figure 3b, la droite en pointillés serrés représente la variabilité du stade épis à 10 cm de la parcelle en fonction de la part de graminées conservatives alors que les pointillés lâches représentent la variabilité du stade épiaison. L'expression de la somme des températures permet également d'intégrer l'effet de l'altitude dans le diagnostic. Les pâtures d'altitudes utilisées tardivement apparaissent pâturées à des stades plus précoces que certains prés de fauche de vallée (Figure 3b), et avec une qualité de l'herbe pâturée encore assez élevée (proche du stade épis à 10 cm). En revanche, si l'on s'intéresse aux prés de fauche de cette exploitation, on constate que ces derniers sont fortement étêtés par le pâturage de printemps, ce qui compromet irrémédiablement leur fonction productive pour assurer des stocks hivernaux suffisants. **Ce type de représentation est donc un outil pertinent et simple d'utilisation pour le conseil en exploitation sur la conduite du système fourrager mais, pour en étendre son utilisation, un travail de calibration des sommes de températures en fonction des espèces et des régions reste à réaliser.**

**FIGURE 3 – (a) Ordonnancement du pâturage de printemps d'un troupeau bovin allaitant pyrénéen ( $\Delta$  prés de fauche pâturés au printemps,  $\blacktriangle$  : pacages, ---- : le cheminement des animaux au printemps) ; (b) Positionnement des pratiques de pâturage sur les parcelles mobilisées au printemps.**



## Conclusion

Pour rendre compte et comprendre les effets des modes de gestion sur la dynamique de la végétation prairiale, nous avons rassemblé et analysé des résultats obtenus sur des dispositifs expérimentaux et des réseaux de parcelles ou d'exploitations en zone de moyenne montagne. L'évolution de l'abondance relative des principales familles botaniques n'est pas un indicateur systématique des facteurs de gestion. L'indice de valeur pastorale, la richesse spécifique et les différentes classifications fonctionnelles rendent compte des effets individuels ou combinés de l'intensité d'utilisation des parcelles ou de leur niveau de fertilisation. Cependant, seule l'approche fonctionnelle permet de comprendre et prédire ces évolutions. Les outils pratiques qui en découlent permettent d'ores et déjà d'analyser la place et l'utilisation des prairies dans le système fourrager. Cette approche sera enrichie dès lors que les différentes classifications intégreront un plus grand nombre d'espèces, y compris des diverses, et que les liens entre les propriétés agronomiques et écologiques des couverts prairiaux seront consolidés, les propriétés des prairies n'étant pas nécessairement réductibles aux caractéristiques du type dominant.

## 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 Ecol. Manag.*, 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.
- BALENT G. (1991) : «Construction of a reference frame for studying changes in species composition in pastures : the example of an oldfield succession », *Options Méditerranéennes, Serie A, Séminaires*, 15, 73-81.
- BORNARD A., COZIC P., BRAU-NOGUE C. (1996) : « Diversité spécifique des végétations en alpage : influence des conditions écologiques et des pratiques », *Ecologie*, 27, 103-115.
- BRELURUT A., LOUAULT F., BENOIT M., TOURNADRE H., DE MONTARD F.X., THERIEZ M., LIENARD G., DEDIEU B., LAIGNEL G. (1998) : « Adaptation de conduites d'élevage ovin allaitant à une diminution du chargement. Exemple en moyenne montagne », *Annales de Zootechnie*, 47, 483-490.
- Chambres d'Agriculture 67, 68, 88, 70, PNR des Ballons des Vosges, ENSAIA-INRA INPL (2007) : «Le massif vosgien – Typologie des prairies naturelles », document de 7 fiches.
- COLENO 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*. Vol. 3, No. 1, 69-78.
- CRUZ P., DURU M., THEROND O., THEAU J.P., DUCOURTIEUX C., JOUANY CL., AL HAJ KHALED R., ANSQUER P. (2002) : "Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage", *Fourrages*, 172, 335-354.
- DAGET P., POISSONET J. (1971) : « Une méthode d'analyse phytologique des prairies ». *Ann. Agron.*, 22 (1), 5-41.
- DA RONCH F., ZILIOFFO F., SCOTTON M. (2002) : «Floristic composition of Massiccio del Monte Grappa (NE Italy) pastures in relation with the utilisation intensity», In: *Proc. 19th Gen. Meet. Eur. Grassland Fed.* 7, Durand J.L., Emile J.C., Huygue C., Lemaire G. (Eds), La Rochelle, France, 776-777.
- DELPECH R. (1960) : «Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies», *Fourrages*, 4, 83-96.
- DELPECH R. (1982) : « La végétation prairiale, reflet du milieu et des techniques », *Bulletin Technique d'Information*, 370/372, 363-373
- DUMONT B., FARRUGGIA A., GAREL J.P. (2007a) : « Pâturage et biodiversité des prairies permanentes », *Renc. Rech. Ruminants*, 14: 17-24.
- DUMONT B., GAREL J.P., GINANE C., DECUQ F., FARRUGGIA A., PRADEL P., RIGOLOT C., PETIT M. (2007b) : «Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure», *Animal*, 1: 1042-1052.
- DURU M., HAZARD L., JEANGROS B., MOSIMANN E. (2001) : « Fonctionnement de la prairie pâturée : structure du couvert et biodiversité », *Fourrages*, 166, 165-188.
- DURU M., CRUZ P., MAGDA D. (2007) : « Flexibilité de la conduite des prairies pour constituer des ressources fourragères », *Flexibilité et changements dans les exploitations d'élevage*, B. Dedieu, E. Chia, C. Moulin, M. Tichit édés. (à paraître).
- ELLENBERG H. (1952) : « Wiesen und weiden und ihre standörtliche BEwertung », *Landwirtschaftliche Pflanzenzociologie*, II. 1-143. Umer.
- 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.
- FARRUGGIA A., MARTIN B., BAUMONT R., PRACHE, S., DOREAU M., HOSTE H., DURAND D. (2008) : « Intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux », *INRA Productions Animales*, à paraître.
- FLEURY P. (1994) : « Le diagnostic agronomique des végétations prairiales et son utilisation dans la gestion des exploitations agricoles. Typologies fondées sur les aptitudes des prairies à remplir des fonctions, thèse INPL, 139 p.
- GIS Alpes Du Nord, SUACI Montagne (1987) : « Les prairies de fauche et les pâtures des Alpes du Nord – Fiches techniques pour le diagnostic et la conduite des prairies ». 6 series de fiches thématiques.
- GRIME J.P., HODGSON J.G., HUNT R. (1988) : « Comparative plant ecology – A functional approach to common British species », *Academic Division of Unwin Hyman Ltd* (ed), 741p.
- LAVOREL S., GARNIER E. (2002). "Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits : revisiting the Holy Grail", *Funct. Ecol.*, 16, 545-556.
- LAVOREL S., QUETIER F., GAUCHERAND S., CHOLER P. (2004) : « Apports des traits fonctionnels végétaux pour l'évaluation écologique des trajectoires de gestion en milieux prairiaux », *Fourrages*, 179.

- LEMAIRE G., SOUSSANA J.F., EMILE J.C., CHABBI A., LOUAULT F., LOISEAU P., DUMONT B., CHARRIER, X. (2005) : «Role of grasslands and grassland management for biogeochemical cycles and biodiversity. Setting up long term manipulation experiments in France», XXth IGC, 26 June-1st July 2005, Dublin, Ireland, p765 (Poster)
- LOISEAU P. (1988) : « Signification et limites de l'indice de valeur pastorale pour le diagnostic de la valeur agricole des pâturage en moyenne montagne humide. Coll. Phytosociologiques, Phytosociologie et pastoralisme, Paris 14, 411-428.
- LOISEAU P., LOUAULT F., L'HOMME G. (1998) : « Gestion des écosystèmes pâturés en situations extensives : apports de l'écologie fonctionnelle et perspectives de recherches appliquées en moyenne montagne humide », *Annales de Zootechnie*, 47, 395-406.
- LOUAULT F., DE MONTARD F.X., BRELURUT A., THERIEZ M., PAILLEUX J.Y., BENOIT M., LIENARD G. (1998) : « Extensification en élevage ovin par agrandissement des surfaces. Adaptation de la gestion des prairies », *Fourrages*, 154, 217-237.
- LOUAULT F., PILLAR, V.D., AUFRÈRE, J., GARNIER, E., SOUSSANA, J.-F. (2005) : «Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland», *J. Veg. Sci.*, 16, 151-160.
- PETIT S., FLEURY P., VANSTEELANT J.Y. (2005) : « Agriculture, prairies de fauche et environnement dans le Massif Jurassien – Outil de diagnostic et conseil », Document PNR du Haut-Jura, 49p.
- PLANTUREUX S., PEETERS A., MCCRACKEN D. (2005) : « Biodiversity in intensive grasslands : effect of management, improvement and challenges », Actes des journées EGF en Estonie, 29-31 août 2005, 417-426.
- PONTES L. DA S., SOUSSANA J.-F., LOUAULT F., ANDUEZA D., CARRÈRE P. (2007) : «Leaf traits affect the above-ground productivity and quality of pasture grasses», *Functional Ecology*, 21, 844-853.
- SCIMONE M., ROOK A.J., GAREL J.P., SAHIN N. (2007) : «Effects of livestock breed and grazing intensity on grazing systems: 3. Effect on diversity of vegetation», *Grass For. Sci.*, 62: 172-184.
- 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.