

# Typologies de prairies riches en espèces en vue d'évaluer leur valeur d'usage : bases agro-écologiques et exemples d'application

M. Duru, P. Cruz, J.-P. Theau, C. Jouany, P. Ansquer, R. Al Haj Khaled, O. Therond

**Les prairies "riches en espèces" regroupent une grande diversité de végétations herbacées d'usage agricole mais reconnues pour leur intérêt environnemental. Gérer cette diversité par des pratiques agricoles adaptées nécessite des outils de diagnostic performants et génériques, comme les typologies, pour évaluer la dynamique de la ressource.**

## RÉSUMÉ

*Quel est l'impact de la diversité de la végétation sur la valeur d'usage agricole (rythmes et niveaux de production, valeur alimentaire) ? La composition fonctionnelle des prairies, établie par regroupement des graminées en 4 types, et l'identification du type dominant permet de classer les prairies selon les dates des pics de croissance et de digestibilité des feuilles et des tiges. Le type dominant dépend du niveau de compétition entre les espèces lié au niveau de nutrition minérale et au mode d'exploitation. La diversité fonctionnelle (types de graminées et proportion de dicotylédones) est corrélée à la diversité spécifique. Ces résultats permettent de réaliser des typologies de valeurs d'usage agricole et environnemental basées sur des descripteurs de la végétation et du niveau de nutrition minérale, ou bien sur une connaissance des pratiques et de leurs effets.*

## MOTS CLÉS

Biodiversité, composition fonctionnelle, fertilisation, gestion des prairies, méthode, mode d'exploitation, nutrition de la plante, prairie de montagne, prairie permanente, typologie des prairies, valeur d'usage des prairies, végétation.

## KEY-WORDS

Biodiversity, fertilisation, functional composition, grassland typology, highland pasture, method, pasture management, permanent pasture, plant nutrition, type of management, use value of grasslands, vegetation.

## AUTEURS

UMR INRA-ENSAT 1248 AGIR (Agrosystèmes et développement territorial), Chemin de Borde Rouge, BP 52627, F-31326 Castanet Tolosan ; Michel.Duru@toulouse.inra.fr

## Introduction

Les prairies permanentes, qu'elles aient été semées ou non, peuvent être qualifiées de "riches en espèces", le nombre d'espèces dépassant en général la dizaine. Elles représentent en Europe une surface importante ; les deux tiers des surfaces sont toujours en herbe en France en 2003, soit environ 6,7 millions d'hectares (HUYGHE *et al.*, 2005). Leur importance est proportionnellement plus grande dans les zones défavorisées, par exemple en montagne où les contraintes du milieu (topographie notamment) rendent obligatoire ce type d'utilisation du territoire (MARRIOTT *et al.*, 2004). Elles sont importantes pour les agriculteurs investis dans une démarche d'agriculture durable (réduction des coûts de production, recours à l'herbe, etc.) et/ou biologique. En outre, au-delà de leur fonction agricole classique (production de ressources fourragères), elles ont également un rôle environnemental en contribuant au maintien d'habitats ouverts ainsi qu'à la biodiversité, de par leur cortège d'espèces végétales et animales inféodées.

Alors que pour des prairies monospécifiques semées étaient développées des connaissances génériques sur des bases écophysologiques (LEMAIRE et MILLARD, 1999), les connaissances disponibles pour **caractériser les prairies riches en espèces** étaient plus empiriques et à valeur locale. Il s'agissait le plus souvent de typologies, construites principalement sur des **critères taxonomiques** (DAGET et POISSONET, 1971 ; VIVIER, 1990 ; PEETERS et LAMBERT, 1990 ; DELPECH, 1960), ou plus récemment des **caractéristiques physionomiques** (JEANNIN *et al.*, 1991 ; JEANGROS *et al.*, 1991) couplées à des caractéristiques **du milieu** (PLANTUREUX *et al.*, 1992 ; DACCORD, 1991). Les premières sont basées sur des indices spécifiques (indicateurs de la qualité fourragère ou zootechnique des espèces) permettant de déterminer une "valeur pastorale" et un chargement (DAGET et POISSONET, 1971). Toutefois se pose la question de la généralité de ces indices, engageant certains chercheurs à définir pour une même espèce des indices de valeurs spécifiques à une région (ROGGERO *et al.*, 2002). En outre cet indice spécifique correspond à une "note" globale invariante (VERTÈS, 1986) qui ne permet pas de distinguer les notions de qualité et de quantité, sans parler de tous les aspects de saisonnalité/temporalité, particulièrement importants étant donné les fortes variations au cours des repousses (fonction notamment des stades phénologiques). Enfin, l'interprétation des relevés en termes de valeur agronomique reste difficile, et se limite à des situations où la flore est supposée à l'équilibre avec les pratiques. Les méthodes couplant une évaluation simplifiée de la composition botanique à des critères physionomiques (port des plantes, structure du couvert) et morphologiques (e.g. largeur de feuilles) se révèlent plus performantes car elles permettent explicitement de faire le lien avec les pratiques et la valeur d'usage (JEANNIN *et al.*, 1991). Cependant, elles n'ont été appliquées que dans le contexte particulier des Alpes. D'autres méthodes ont été proposées pour coupler les relevés de végétation à des critères plus informatifs de la réponse aux pratiques ou à des caractéristiques agronomiques. Ainsi, les méthodes basées sur la connaissance de la présence ou l'absence des espèces renseignent sur

la position de la parcelle le long de gradients écologiques : fertilité, acidité... (ELLENBERG, 1952 ; BALENT, 1991 ; DE FOUCAULT, 1992).

Depuis quelques années, une méthode basée sur des concepts de l'écologie fonctionnelle permet de dépasser certaines des limites présentées ci-dessus (CRUZ *et al.*, 2002). Nous en résumons les acquis récents dans la première partie. Ensuite, nous proposons et illustrons une méthode de caractérisation des végétations prairiales permettant de faire des typologies de prairies, sur des bases simples, et ce pour différents objectifs agricoles et environnementaux (biodiversité). Les 7 dispositifs d'étude mobilisés à cet effet concernent des cultures pures d'espèces issues de prairies permanentes, ou bien correspondent à des prairies présentant une large gamme de niveaux de nutrition minérale et de modes d'exploitation (tableau 1). Les effets de l'acidité et de déficits ou excès en eau, de même que les situations d'enfrichement ou d'abandon, ne sont pas considérés ici. Il s'agit de prairies de moyenne montagne pour lesquelles on peut parler de **diversité ordinaire**. Ainsi, les questions relatives à la gestion de la diversité "patrimoniale" (PERVANÇON, 2004) sortent du champ de cette étude.

## Bases écologiques du fonctionnement des communautés végétales

### 1. Caractéristiques des plantes, propriétés de la végétation et réponse au niveau des ressources

La classification fonctionnelle des communautés végétales<sup>1</sup> repose sur la caractérisation des espèces qui les composent sur la base de caractéristiques ou "traits" morphologiques, physiologiques, phénologiques et/ou démographiques. Ces traits permettent de regrouper des espèces présentant un fonctionnement similaire. Un **groupe fonctionnel**, établi sur le partage de valeurs de traits communes, est considéré comme un **ensemble d'espèces accomplissant une fonction similaire dans l'écosystème** (GITAY et NOBLE, 1997), **sans pour autant présenter de lien de parenté taxonomique**. Sont distingués **les groupes** (et les traits qui permettent de les définir) **de réponse et les groupes d'effet** (LAVOREL et GARNIER, 2002). Les premiers regroupent les espèces présentant une même réponse aux variations des facteurs écologiques ; les seconds celles présentant un effet similaire sur les propriétés de l'écosystème (productivité primaire, valeur d'usage dans notre cas). Ces groupes permettent ainsi de **réduire le nombre d'entités** considérées tout en intégrant des informations autres que la liste d'espèces de par le lien avec le fonctionnement écologique des plantes. La généralisation est possible à partir du moment où les

<sup>1</sup> Une communauté végétale est un ensemble d'espèces correspondant à des conditions homogènes de milieu physique et de pratiques agricoles. Une prairie peut être formée d'une ou plusieurs communautés (exemples : zones saines et zones humides, zones fertilisées ou non, zones pâturées ou fauchées, etc.)

Type de dispositif	Site	Code	Nombre de parcelles (ou placettes)	Type de mesures <sup>(1)</sup>	Année
<b>Collection fourragère</b>	Auzeville	1 <sup>(2)</sup>	15 graminées et 9 dicotylédones avec 2 niveaux de nutrition N	voir AL HAJ KHALED <i>et al.</i> (2005a)	2001-2002
<b>Réseau de parcelles</b>	Ercé (600-900 m)	2a	60 parcelles différenciées par les modes d'exploitation et la fertilisation	TFG (type fonctionnel de graminées) et Biomasse avant chaque récolte	1998
<b>Réseau de parcelles</b>	Ercé (600-900 m)	2b	Ensemble des parcelles de 4 exploitations (83 parcelles au total ; élevage bovin viande)	TFG (type fonctionnel de graminées)	2001-2004
<b>Réseau de parcelles</b>	Ercé (600-900 m)	2c	8 parcelles	Mesures de TMS	2002
<b>Réseau de parcelles</b>	Ercé (600-900 m)	2d <sup>(3)</sup>	18 parcelles	Mesures de TMS	2003-2004
<b>Placettes fertilisées sur 2 prairies</b>	Portet-de-Luchon (1 250 m)	3	2 parcelles * n traitements de fertilisation	Etudes séparées pour graminées et dicotylédones, feuilles et tiges	1991-1992
<b>Réseau de parcelles</b>	Aubrac, Cantal, Margeride (600-1 000 m)	4	60 parcelles, fauchées, ensilées, pâturées par des vaches laitières et des génisses	Espèces dominantes Mesures de TMS	2005

1 : outre la composition botanique et les niveaux de nutrition N, P et K de la prairie ; le niveau de nutrition minérale est calculé à partir des analyses de plante (cf. LEMAIRE et GASTAL, 1997)  
2 : thèse R. AL HAJ KHALED, 2005a  
3 : thèse P. ANSQUER, 2006

relations entre traits et fonctions sont retrouvées sur la majorité des plantes (WESTOBY, 1998). L'approche fonctionnelle semble donc appropriée pour traiter la problématique agronomique qui cherche à établir un lien entre pratiques et fonctionnement / propriétés de la végétation prairiale à condition d'**adapter la méthode aux échelles d'espace et de temps pertinentes en agronomie.**

## 2. Un processus central dans l'adaptation des plantes : acquisition *versus* conservation des ressources

A l'échelle des feuilles comme de la plante entière, il existe un compromis physiologique "compensatoire" entre acquisition et conservation des nutriments (BERENDSE et AERTS, 1987), autrement dit entre **croissance et longévité** (REICH, 1993). Ainsi, une espèce peut difficilement croître vite (grâce à une acquisition rapide) et conserver longtemps les nutriments (*via* notamment une durée de vie des feuilles élevée) (RYSER, 1996). C'est pourquoi **dans les milieux riches**, les espèces croissant rapidement ont une capacité d'acquisition des ressources élevée permise par d'importantes surfaces d'échange (feuilles et racines) avec le milieu. Cependant, les feuilles se retrouvant rapidement à l'ombre du fait de la croissance du couvert, il est nécessaire d'en produire rapidement de nouvelles (recyclage rapide des organes d'où faible rétention des nutriments). *A contrario*, **dans les milieux pauvres**, les plantes présentent une croissance lente et s'adaptent en maintenant la biomasse existante, grâce à des durées de vie d'organes longues, plutôt qu'en remplaçant les tissus en place (POORTER et GARNIER, 1999). En effet, lorsque la ressource est limitante (ici les nutriments ou la lumière), la stratégie de conservation de cette ressource peut être au moins aussi importante

**TABLEAU 1 : Principales caractéristiques des dispositifs.**

*TABLE 1 : Main characteristics of the arrangements.*

que celle de sa capture (LAMBERS et POORTER, 1992). Les espèces à durée de vie des feuilles courte sont donc rapidement désavantagées par leur remplacement rapide des organes (RYSER, 1996).

Schématiquement, deux grandes stratégies peuvent être distinguées : l'une correspond à un investissement fort dans la capture des ressources minérales, l'autre à la conservation de ces ressources. **Ces stratégies peuvent être identifiées par la surface spécifique foliaire** (SSF, en  $m^2/g$  de MS), **la teneur en matière sèche des limbes réhydratés** (TMS, en  $mg/g$ ) **ou la durée de vie des feuilles** (DVF, en degrés jours). Ces traits permettent de classer de manière stable les espèces lorsqu'elles sont dans les mêmes conditions. Elles se distinguent par le "retour sur investissement" qui est bien corrélé à la croissance relative (accroissement de masse par unité de masse) à l'échelle de la plante entière (POORTER, 1994). Ainsi, pour une même biomasse investie, une espèce à fort taux de croissance est capable de "rembourser" plus rapidement son investissement en matière et surface (de feuille) du fait d'une plus grande surface foliaire par unité de biomasse, à l'échelle des feuilles ou de la plante entière (plus forte SSF et tissus moins denses). Pour ces espèces, un investissement dans des tissus denses, à durée de vie longue, serait alors trop "coûteux" (POORTER et REMKES, 1990 ; LAMBERS et POORTER, 1992).

## Application aux prairies

### 1. Spécificité des prairies et valeur d'usage

La compétition entre plantes ne s'exerce pas pour les mêmes ressources selon le niveau de fertilité. Ainsi, la compétition pour la lumière est plus forte dans les parcelles riches en éléments minéraux, alors que la compétition pour les nutriments prévaut dans les parcelles moins fertiles. Les espèces se différencient selon leur aptitude à la compétition à un niveau ou à un autre de ce gradient (TILMAN, 1985). Une **spécificité des prairies** par rapport à des écosystèmes moins anthropisés est l'existence de **situations où les compétitions pour les éléments minéraux et pour la lumière ne sont pas forcément corrélées positivement** du fait de la possibilité de faire varier les modes d'exploitation indépendamment de la nutrition minérale. Ainsi, dans les milieux riches, le ratio lumière/nutriments sera élevé pour les parcelles fauchées ou pâturées extensivement. Il sera plus faible dans des milieux pauvres et pour les parcelles pâturées intensément du fait d'un accès à la lumière plus important. Pour un même niveau de nutrition minérale, le ratio lumière/nutriments est très souvent plus faible dans les parcelles pâturées que fauchées.

Au sein des systèmes de production herbagers, les communautés végétales présentent des caractéristiques différentes en relation avec les pratiques agricoles afin d'assurer différentes fonctions (FLEURY *et al.*, 1995 ; BELLON *et al.*, 1999). Celles-ci (produire du foin de qualité, assurer un pâturage d'arrière-saison...) impliquent des caractéristiques particulières de la végétation qui sont rassemblées sous le terme de "valeur d'usage". JEANNIN *et al.* (1991) définissent cette

valeur d'usage comme l'ensemble des caractéristiques nécessaires pour remplir une fonction donnée : agricole, lorsque les caractéristiques recherchées portent sur la production et sa valeur nutritive, environnementale lorsque les caractéristiques recherchées portent par exemple sur le nombre ou le type d'espèces (dicotylédones à fleur par exemple) (STEVENSON *et al.*, 2005). Au travers de leurs effets sur les communautés (structure, composition, diversité), les pratiques agricoles auront donc un effet sur la valeur d'usage.

## 2. Typologie fonctionnelle de graminées et application au diagnostic de la valeur d'usage des prairies

La description agronomique de la végétation consiste souvent à d'abord spécifier les **différentes formes de croissance** (graminées, dicotylédones à rosette, légumineuses, autres dicotylédones), puis à distinguer pour chacune d'elles un certain nombre de classes, de 2 (bonne ou mauvaise valeur fourragère) à 6 (DAGET et POISSONET, 1971). Sur la base de la caractérisation écologique d'espèces prairiales fréquemment rencontrées dans les milieux tempérés, nous avons examiné les caractéristiques agronomiques des graminées en culture pure (dispositif 1), puis dans des communautés (dispositifs 2 à 4). Ensuite, nous avons comparé les caractéristiques des graminées à celles des dicotylédones coexistant au sein d'une même communauté (dispositifs 2c et 3) pour examiner s'il est possible de réduire le diagnostic à un seul groupe en vue de le simplifier.

### ■ Typologie de graminées

Pour 17 graminées prairiales<sup>2</sup>, nous avons montré que la teneur en matière sèche des feuilles saturées en eau (TMS) est corrélée à quatre caractéristiques clefs déterminant la valeur d'usage ; les trois premières régissent la dynamique de la croissance au cours d'une repousse :

- la durée de vie des feuilles qui régit la date à laquelle le pic de biomasse est atteint et par conséquent l'aptitude de l'espèce à être récoltée plus ou moins fréquemment lors d'une pousse végétative (LEMAIRE, 1999) ;

- le temps (ou somme de températures) nécessaire pour atteindre le stade "épi à 10 cm" qui détermine l'effet d'un pâturage précoce sur la nature de la repousse : végétative si le pâturage est postérieur à ce stade, reproductrice s'il le précède (GILLET, 1980) ;

- le temps (ou somme de températures) nécessaire pour atteindre la date de floraison qui détermine en partie la date à laquelle le pic de biomasse est atteint et par conséquent l'aptitude de l'espèce à être récoltée plus ou moins tardivement lors d'une pousse reproductrice (GILLET, 1980) ;

- la teneur en fibres qui conditionne la digestibilité (DEMARQUILLY, 1989).

<sup>2</sup> Extension en cours à un plus grand nombre d'espèces

**Quatre types fonctionnels de graminées (TFG)** définis sur la base de leur TMS en conditions standardisées et nutrition non limitante (ANSQUER *et al.*, 2004) **constituent de bons indicateurs de la valeur d'usage** (tableau 2). Les caractéristiques phénologiques qui régissent la dynamique de croissance (durée de vie des feuilles, dates des stades épi à 10 cm et floraison) varient de plus de 50% entre les types A et D et sont peu sensibles au niveau de nutrition azotée. A l'inverse, les caractéristiques qui influent sur la vitesse de croissance (coefficients pour la capture et la conversion du rayonnement) varient de moins de 20% entre les types A et D et sont très sensibles au niveau de nutrition azotée (AL HAJ KHALED, 2005b). Ceci signifie qu'en absence de compétition interspécifique, les espèces ont des performances de croissance pas très différentes (MORAND *et al.*, 1989). La digestibilité des feuilles varie significativement entre les types (AL HAJ KHALED *et al.*, 2006) et est peu sensible au niveau de nutrition azotée, alors que le rapport feuille/tige dépend beaucoup de l'azote et secondairement du TFG.

### ■ Convergence de comportement entre graminées et dicotylédones au sein d'une même communauté

La comparaison entre graminées et dicotylédones de plusieurs dispositifs montre des similitudes et/ou des régularités dans les différences de comportement pour la hauteur des plantes au stade végétatif et la TMS des limbes (ANSQUER, 2006), mais aussi pour des caractéristiques agronomiques. Ainsi, les corrélations entre les dates auxquels les pics de production sont atteints et la qualité de l'herbe au printemps sont toujours significatives (tableau 3). Les pics de biomasse totale et du compartiment tiges sont atteints plus rapidement pour les dicotylédones que pour les graminées, à l'inverse du compartiment feuilles. Les digestibilités des feuilles et des tiges de graminées sont significativement inférieures à celles des dicotylédones ; les différences

TABLEAU 2 : **Types de graminées établis sur la base de la TMS** (ANSQUER *et al.*, 2004) : **moyennes par groupes de différentes caractéristiques** (durée de vie des feuilles (DVF), dates des stades "épi à 10 cm" (Ep10) et floraison, teneur en fibres des feuilles, et valeurs relatives d'efficacité de capture et de conversion du rayonnement solaire ; dispositif 1).

TABLE 2 : **Grass types based on the TMS** (cf. ANSQUER *et al.*, 2004) : **means for groups of different characters** : life duration of the leaves (DVF), dates of the 'heads at 10 cm' stage (Ep10) and of flowering, fiber content of leaves, relative efficiencies of the capture and conversion of the solar energy (arrangement 1).

			Type A	Type B	Type C	Type D
	Effet du type de plante	Effet azote	<i>Holcus lanatus</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Poa trivialis</i>	<i>Agrostis capillaris</i> <i>Avena pubescens</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Trisetum flavescens</i>	<i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Briza media</i> <i>Cynosurus cristatus</i> <i>Deschampsia cespitosa</i> <i>Festuca ovina</i>
DVF (dj)	***	NS	502 <sup>a</sup>	795 <sup>ab</sup>	864 <sup>ab</sup>	1 372 <sup>b</sup>
Date <sup>1</sup> Ep10 (dj)	***	*	568 <sup>a</sup>	665 <sup>a</sup>	830 <sup>b</sup>	1 014 <sup>b</sup>
Floraison <sup>1</sup> (dj)	***	NS	1 208 <sup>a</sup>	1 317 <sup>a</sup>	1 613 <sup>b</sup>	1 627 <sup>b</sup>
Fibres (%)	***	NS	48 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	58 <sup>b</sup>	60 <sup>b</sup>
Capture du rayonnement	*	***	1	0,9	0,8	/
Conversion du rayonnement <sup>2</sup>	*	***	1	0,94	0,89	/

1 Les données relatives au temps sont exprimées en degré jours (dj) de façon à disposer de valeurs plus indépendantes des localisations et des années qu'une expression en jours Julien.

2 coefficient d'après AL HAJ KHALED (2005a)

\*  $P \leq 0,05$  ; \*\*  $P \leq 0,01$  ; \*\*\*  $P \leq 0,001$  ; les données suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

Dispositif	Caractéristique	Corrélation (n)	Classement	Différences
3	Pic de biomasse verte	0,76** (6)	G > D	14 jours
2c	Pic de biomasse verte	0,88** (8)	G > D	21 jours
2c	Pic de poids de feuilles vertes	0,99*** (8)	D > G	11 jours
2c	Pic de poids de tiges	0,75 <sup>a</sup> (8)	G > D	12 jours
2c	Digestibilité des feuilles	0,94*** (30)	D > G	83 g/kg

<sup>a</sup> P ≤ 0,10 ; \* P ≤ 0,05 ; \*\* P ≤ 0,01 ; \*\*\* P ≤ 0,001 ;  
G > D signifie que la date est atteinte plus tardivement pour les graminées

étant voisines de 100 g/kg, qu'il s'agisse de prairies de graminées de type B ou C (figure 1a). De même, les proportions de feuilles dans la biomasse sont significativement corrélées. On note cependant que celles des dicotylédones diminuent plus lentement au cours d'une pousse (figure 1b). Il apparaît donc que la fraction des graminées exprime bien les changements de caractéristiques agronomiques de l'ensemble de la communauté en réponse aux pratiques.

### ■ Caractérisation de la valeur d'usage agricole des prairies par le type de graminées

Les données des dispositifs 2c, 2d et 3 montrent les résultats convergents suivants :

- **La vitesse de croissance dépend essentiellement de la nutrition minérale** ( $r^2 = 0,7$ ) dans les dispositifs 2d (ANSQUER, 2006) et 3 (DURU et CALVIÈRE, 1996), avec une relation de quasi proportionnalité : autrement dit, lorsque l'indice de nutrition passe de 100 à 50, la vitesse est réduite environ de moitié (DURU et al., 2000). Le fait que le type de graminées ait peu d'effet est cohérent avec la comparaison de graminées en culture pure (tableau 2).

- **Les dates du pic de production** (feuilles, puis biomasse totale) **au printemps sont significativement liées au type fonctionnel et pas à la nutrition minérale**. Ces données montrent que des variations dans la composition fonctionnelle (proportion de type C par exemple) engendrent des différences importantes dans la temporalité de la croissance ; ici, plus de 300 degrés-jours d'écart, soit 20 jours pour une température moyenne journalière de 15°C (figure 2).

- **La digestibilité des feuilles et des tiges d'un type A est toujours significativement supérieure à celle d'un type C** (DURU,

TABLEAU 3 : Corrélations et classement entre graminées (G) et dicotylédones (D) au sein d'une même prairie pour les dates auxquelles les pics de croissance sont atteints, et la digestibilité des feuilles au pic.

TABLE 3 : Correlations and classification between grasses (G) and dicots (D) on the same pasture for the dates of maximum growth and the digestibilities of leaves at these dates.

FIGURE 1 : Comparaison du comportement des graminées et des dicotylédones au sein d'une même communauté pour des prairies de types B et C. a) digestibilités respectives des feuilles et des tiges (d'après DURU, 1997), b) proportions de feuilles (d'après CALVIÈRE et DURU, 1999).

FIGURE 1 : Compared behaviour of grasses and dicots within the same plant community, for pastures of the B and C types ; a) digestibilities, respectively of leaves and of stems (after DURU, 1997), b) proportions of leaves (after CALVIÈRE and DURU, 1999).

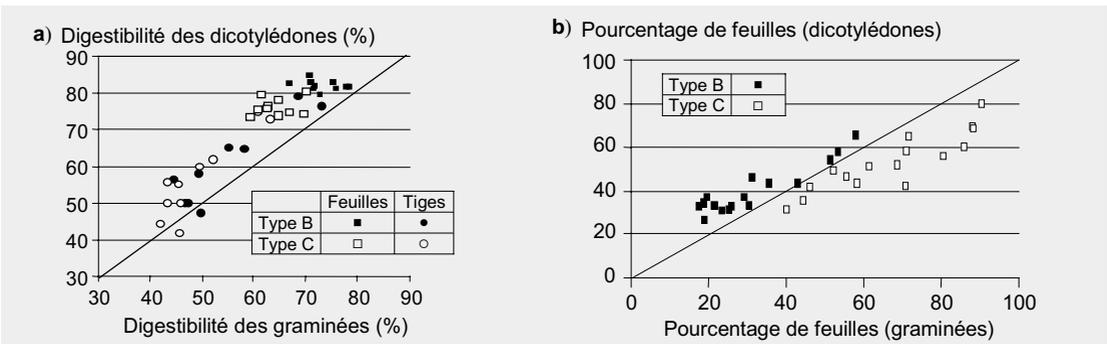
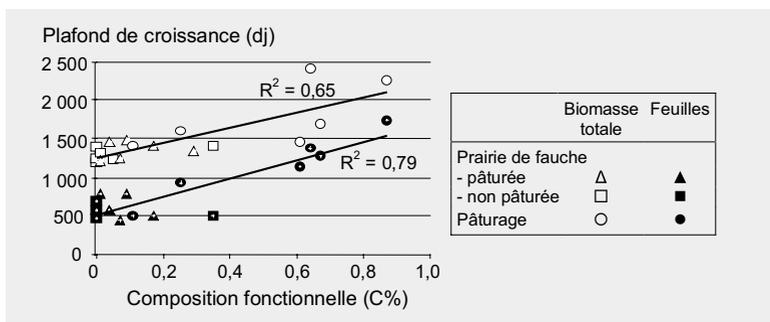


FIGURE 2 : Relations entre la date à laquelle est atteint le plafond de croissance pour la biomasse totale ou les feuilles et la composition fonctionnelle de la végétation ; prairies de fauche pâturées ou non au printemps et pâturages, d'après les données du dispositif 2d.

FIGURE 2 : Relationships between the date of maximum growth of the total bio-mass or of the leaves and the functional composition of the vegetation ; meadows grazed or not in spring and pastures ; arrangement 2d.



1997) à même stade phénologique (env. 100 g/kg). Cependant, au voisinage de la floraison, les différences de digestibilité de la plante entière s'estompent, voire s'inversent, car le rapport feuille/tige dépend principalement de la nutrition minérale (CALVIÈRE et DURU, 1999) qui est généralement supérieure dans les prairies où le type A est dominant.

Ces résultats observés à l'échelle des communautés confirment ceux obtenus pour des graminées poussant en culture pure (dispositif 1). Ceci signifie que la fertilisation a un effet sur la temporalité de la croissance et la digestibilité des feuilles et des tiges, beaucoup plus par le TFG qu'elle favorise que par des effets directs sur les trois caractéristiques qui rythment la croissance.

La diversité au niveau intra-communauté (répartition des 4 types de graminées au sein d'une même communauté) a un effet sur les dynamiques de croissance et de qualité. Ainsi, la comparaison de deux groupes de prairies, l'un présentant 2 types de graminées en proportions équivalentes, l'autre 3 types, montre qu'au voisinage du stade floraison, la digestibilité de la fraction des graminées diminue plus lentement pour les prairies ayant la composition fonctionnelle la plus diversifiée ; de même les variations de biomasse autour du pic sont plus faibles (tableau 4). Autrement dit, une plus grande diversité fonctionnelle améliore la souplesse d'exploitation en permettant de faire varier les dates de récolte sans beaucoup changer les caractéristiques de la ressource.

### ■ Synthèse des effets de la composition fonctionnelle et de la nutrition minérale sur la valeur d'usage agricole

**Pour les repousses végétatives** (début de printemps ou repousse après fauche), la temporalité de la croissance est très dépendante du type fonctionnel, en relation avec la durée de vie des feuilles qui est une caractéristique stable des espèces. La différence peut atteindre 400 degrés-jours sur la date du pic de feuilles selon que le type C est absent ou dominant, et la différence de digestibilité des feuilles peut atteindre 100 g/kg. La présence de dicotylédones se traduit par un retard de la date à laquelle le pic de biomasse est atteint ainsi que par une augmentation de la digestibilité, ces effets étant proportionnels à leur contribution et pouvant atteindre au

Caractéristiques des 2 types de prairies				Evolution de la digestibilité (g/kg)	Evolution de la biomasse			
Mode d'exploitation	Indice de nutrition minérale	Composition fonctionnelle		Diminution pour les graminées entre -14 et +28 j par rapport à la floraison	Date du pic de biomasse (et biomasse, t/ha)		Variation autour du pic : -15 et + 15 j	
		Graminées (%)	TFP* (%) (A-B-C)		Graminées	Total	Graminées	Total
Fauche	68	51	50 <sup>a</sup> -50-0	- 210 <sup>a</sup>	21 juin (2,7)	24 juin (5,6)	20% <sup>a</sup>	17% <sup>a</sup>
Pâturage	72	49	25 <sup>b</sup> -30-45	- 140 <sup>b</sup>	10 juillet (3,4)	12 juillet (5,7)	12% <sup>b</sup>	4% <sup>b</sup>

\* TFP : type fonctionnel de plantes. Les classes statistiquement différentes sont indiquées par des lettres différentes.

maximum respectivement 1 à 2 semaines environ pour les dates et de 50 à 100 g/kg pour la digestibilité.

**Pour les pousses reproductrices, une fois l'élongation des tiges commencée**, la temporalité de la croissance est très dépendante de la date de floraison, qui varie selon le type fonctionnel (différence jusqu'à 300 degrés-jours pour la date d'atteinte du pic de biomasse selon que le type C est absent ou dominant). Au voisinage de la floraison, il n'y a plus de différence de digestibilité entre les deux types de végétation, du fait d'un rapport feuille/tige beaucoup plus élevé et malgré une digestibilité des feuilles et des tiges inférieure pour une végétation de type C. L'effet le plus important des dicotylédones associées aux graminées au sein d'une même communauté est une avance de la date du pic de biomasse (2 semaines au maximum), et une augmentation de la digestibilité (100 g/kg au maximum), celle-ci décroissant plus lentement au cours de la pousse reproductrice dans la mesure où le rapport feuille/tige des dicotylédones diminue plus lentement que celui des graminées.

### 3. Diversité intra et intercommunauté en réponse aux pratiques

Les acquis présentés ci-dessus renouvellent l'évaluation de la valeur d'usage des prairies riches en espèces. Dans un souci d'opérationnalité et de cohérence, nous examinons ci-dessous si cette manière de catégoriser les prairies est pertinente pour rendre compte des effets des pratiques agricoles. Cette analyse est faite pour les proportions des différentes formes de croissance et des types fonctionnels de graminées. A cet effet, nous mobilisons principalement les résultats du dispositif 2d. Nous comparons tout d'abord 3 modes d'exploitation (fauche, étépage suivi d'une fauche, pâturage) à même niveau de nutrition minérale, puis deux niveaux de fertilité contrastés au sein de chaque mode d'exploitation. Ensuite, chacune des caractérisations fonctionnelles est mise en relation avec des descripteurs des pratiques (indices de nutrition minérale d'une part, date de première utilisation et pourcentage de la biomasse prélevée d'autre part). Enfin, les diversités en termes de types de graminées et de formes de vie sont comparées à la richesse spécifique (tableau 5).

**TABLEAU 4 : Comparaison de l'évolution de la digestibilité et de la biomasse au voisinage de la floraison pour deux types de prairies différant par leur composition fonctionnelle** (moyenne de deux parcelles par ligne ; dispositif 2c).

**TABLE 4 : Comparison of the changes of the digestibility and the biomass near flowering between two types of pastures differing in their functional composition** (mean of 2 plots per line) ; arrangement 2c.

Sens de variation des facteurs	Forme de croissance	Types de graminées	Richesse spécifique
Augmentation de la nutrition minérale	Augmentation des graminées au détriment des rosettes	Augmentation du type A ; diminution des types C et D	Diminution du nombre d'espèces (pour niveau de nutrition > 50)
Passage de la fauche au pâturage	Diminution de la proportion de dicotylédones autres que les rosettes	Diminution du type B et augmentation du type C	Tendance à l'augmentation du nombre d'espèces au pâturage pour les niveaux de nutrition faibles à moyens
Passage de la fauche à la fauche précédée d'un pâturage au printemps	Diminution des dicotylédones autres que rosettes au profit des graminées	Diminution du type B et augmentation du type A	Augmentation du nombre d'espèces

TABLEAU 5 : Synthèse de l'effet d'un changement de pratiques sur les 3 niveaux de diversité.

TABLE 5 : *Synthesis of the effect of changed practices on the 3 levels of diversity.*

### ■ Diversité des formes de croissance : graminées, rosettes et autres dicotylédones

Dans nos dispositifs expérimentaux le fonds prairial est constitué de graminées. Leur proportion moyenne varie du simple au double entre les pacages ayant un niveau de nutrition minérale faible (47% de la biomasse totale au moment du pic) et les prés de fauche ayant un niveau de nutrition élevé (84%) (dispositifs 2c et 4). De manière générale, ce sont les plantes en rosette<sup>3</sup> qui augmentent le plus lorsque la part relative des graminées diminue ( $p < 0,001$  ;  $r = -0,8$ ). Le rapport rosettes/graminées est donc plus élevé pour les pacages, moins soumis à la compétition pour la lumière que les prairies de fauche, car exploités plus tôt et ayant souvent un niveau de nutrition moindre. Ces résultats confirment ceux du dispositif 2b comprenant un réseau de 83 parcelles (ANSQUER *et al.*, 2004).

### ■ Diversité des types fonctionnels de graminées

Bien que les 4 types de graminées aient été définis sur la base d'un seul trait, leur TMS en conditions de nutrition minérale non limitante, ils répondent à la fertilité et/ou aux modes d'exploitation de façons différentes (dispositif 2d). Les types A et B (espèces à stratégie de capture) dominent dans les parcelles fertiles alors que l'inverse est observé pour les types C et D (stratégie de conservation). Les parcelles dominées par le type A sont toutes très fertiles, voire les plus fertiles, (indice de nutrition supérieur à 78) alors que les parcelles où les types C et D sont dominants ont un indice de nutrition inférieur à 62 (dispositif 2d). Le taux de recyclage des nutriments au niveau des feuilles distingue globalement les deux principales stratégies (taux inférieur pour la stratégie de conservation) ainsi que les deux types d'une même stratégie (B a un rythme plus lent que celui de A, idem pour D par rapport à C ; CRUZ *et al.*, 2002). Il permet d'expliquer la dominance des types C et D en situation peu défoliée (*i.e.* peu fréquemment et/ou peu intensément). Le mode d'utilisation n'a pas d'influence significative sur le type dominant lorsque la fertilité est élevée. Le type B est favorisé dans les prés de fauche où le rapport biomasse prélevée/disponible (prel) est supérieur à 80%. Le type C est sensible aux deux facteurs : il est plus abondant dans les situations pâturées (prel < 50%) et/ou peu fertiles. Les résultats sont conformes

3 Espèces à feuilles basales n'ayant pas ou peu de feuilles sur la tige florifère

à ceux obtenus précédemment (dispositif 2b) ou bien plus récemment dans le Massif central (FARRUGGIA *et al.*, 2007).

Les données des dispositifs 1 à 4 montrent que, quelle que soit la conduite de la prairie, on observe toujours une certaine diversité fonctionnelle, *i.e.* la coexistence de plusieurs types ; en effet, 2 des 4 types sont toujours représentés. Toutefois, pour des prairies ayant un niveau de nutrition minérale élevé, la comparaison de différents modes d'exploitation montre une augmentation de la diversité fonctionnelle (proportion plus équilibrée des différents types A, B, C et D au sein d'une même prairie) lorsqu'on passe d'un mode fauche à un mode pâturage (figure 3). Le pâturage se traduit par une moindre dominance d'un des types que dans les prairies fauchées. En outre, lorsqu'un étêtage précède la fauche, on observe une substitution du type dominant B par A, bien que ces deux types de graminées soient toujours largement représentés. La comparaison de prairies pâturées fertiles et peu fertiles montre une augmentation importante de la diversité fonctionnelle, les 4 types de graminées étant représentés dans les prairies peu fertiles.

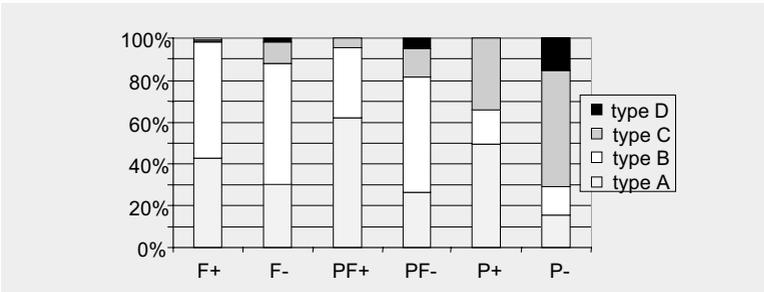


FIGURE 3 : **Diversité fonctionnelle** (contribution des types A, B, C et D) **selon les modes d'exploitation** (F : fauche ; PF : pâturé puis fauché ; P : pâturé) **et la fertilité** (+ et - : fertilité des parcelles respectivement élevée et faible) ; dispositif 2d en 2003.

FIGURE 3 : **Functional diversity** (contribution of the A, B, C and D types) **in relation to management method** (F : mowing, PF : grazing followed by mowing, P : grazing) **and to fertility** (+ and - : respectively high and low fertility of the plots) ; arrangement 2d in 2003.

## ■ Synthèse des effets d'un changement de pratiques

Les variations de richesse spécifique entre prairies sont essentiellement dues à des variations du niveau de nutrition minérale et aux modes d'exploitation qui constituent des perturbations (GRIME, 1973). Dans les situations agricoles courantes, le nombre d'espèces moyen par parcelle (considérée comme une surface de référence homogène) diminue lorsque le niveau de nutrition augmente. Les résultats du dispositif 2d montrent qu'aux niveaux de nutrition faibles et intermédiaires, la date et le taux de prélèvement ont un effet significatif sur le nombre d'espèces, ce qu'observe également FARRUGGIA *et al.* (2007). La diversité spécifique est corrélée aux descripteurs de la prairie que nous avons présentés précédemment. Ainsi, la variance expliquée passe de 51% (indice de nutrition minérale seul) à 57% lorsqu'on considère le type fonctionnel de graminées (augmentation du nombre total d'espèces lorsqu'on passe d'un type dominant A à C) et 60% lorsqu'on prend en compte la part de graminées dans la végétation (augmentation du nombre d'espèces quand la proportion de graminées diminue). En conséquence, les descripteurs permettant d'évaluer la valeur d'usage agricole des prairies fournissent aussi une estimation de leur valeur d'usage environnementale évaluée ici par la diversité spécifique.

Nous avons synthétisé les évolutions attendues suite à un changement de deux types de pratiques, d'après les données du dispositif 2 (tableau 5).

Une diminution de la nutrition minérale se traduit par une réduction de la proportion de graminées, une augmentation des espèces à stratégie de conservation de ressources, ainsi qu'une augmentation de la diversité fonctionnelle mais surtout de la diversité spécifique.

Le passage d'une fauche à un pâturage se traduit par une diminution de la proportion des dicotylédones autres que les rosettes, une augmentation de la proportion de graminées de type conservation de ressources, une augmentation de la diversité fonctionnelle et une augmentation de la diversité d'espèces, surtout dans les milieux de fertilité moyenne à faible. Ces effets seront d'autant plus marqués que l'on passera d'une fauche tardive à des récoltes fréquentes associées à des prélèvements intenses.

Enfin, l'introduction du pâturage au printemps avant la fauche se traduit par une augmentation de la proportion de graminées de type A au détriment du type B, ainsi qu'une augmentation du nombre d'espèces et une diminution des dicotylédones autres que rosettes et légumineuses au profit des graminées. Ce dernier point est en accord avec les observations de THEAU *et al.* (2002) concernant l'effet du pâturage de printemps sur le contrôle des espèces indésirables.

## Application pour construire des typologies de prairies selon l'objectif du diagnostic

### 1. Typologie basée sur des descripteurs fonctionnels de la végétation

Nous proposons une synthèse des voies de simplification testées pour la caractérisation fonctionnelle de la végétation et établir un classement des parcelles les unes par rapport aux autres à différentes échelles. Les résultats présentés ci-dessus permettent d'envisager **deux manières de construire une typologie** selon qu'elle est basée sur des descripteurs de la végétation ou sur une identification des pratiques clefs.

La première méthode basée sur la mesure des niveaux de nutrition et l'estimation des proportions des types de graminées facilite l'interprétation des réponses et des effets de la végétation pour gérer ces végétations (gestionnaires ou conseillers non spécialistes) par rapport aux relevés botaniques exhaustifs (FRIEDEL *et al.*, 1988 ; PETIT *et al.*, 2004). La nature des descripteurs à instruire dépend de l'objectif :

- le niveau de nutrition minérale, par les indices de plante par exemple, permet d'estimer le potentiel de production permis par les minéraux ;

- la proportion des types fonctionnels de graminées, voire simplement du type dominant, permet de classer les parcelles selon la temporalité de la croissance, la digestibilité des feuilles ou des tiges.

La connaissance plus complète de la composition fonctionnelle (différentes formes de croissance) permet d'affiner les évaluations de la valeur d'usage agricole et de la diversité spécifique. Nos premières investigations montrent que, pour classer les parcelles selon leur valeur d'usage agricole et environnementale au sein d'une petite région ou d'une exploitation agricole, la seule connaissance de la proportion de graminées ayant une stratégie de conservation (types C et D) permet déjà d'apporter une information pertinente. Sur la base de nos dispositifs on peut par exemple proposer 3 classes de TFG : C+D < 10%, 10-40% ou > 40% ; la distinction d'un plus grand nombre de classes n'est pas forcément nécessaire à cette échelle. Associée à la connaissance du niveau de nutrition minérale, la proportion de ces types fonctionnels permet de classer les parcelles utilement en fonction de leur valeur d'usage.

La deuxième méthode vise à estimer la valeur d'usage sans passer par les descripteurs de la végétation. Cela suppose d'une part d'estimer les niveaux de nutrition minérale à partir de la connaissance des pratiques de fertilisation, des modes d'exploitation et des types de sol, mais aussi de qualifier les modes d'exploitation selon des critères pertinents comme le différentiel de hauteur de la végétation entre les différentes utilisations (DURU *et al.*, 2005). Cependant ces estimations ne sont pas toujours très précises. Ainsi, si les indices de nutrition minérale permettent dans certains cas de distinguer significativement les pratiques de fertilisation, par exemple prairies non fertilisées, fertilisées irrégulièrement ou régulièrement (dispositif 2b :  $r = 0,64$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 82$ ), dans d'autres dispositifs, la prédiction n'est pas aussi bonne. La caractérisation des modes d'exploitations demande des informations spécifiques<sup>4</sup>.

## 2. Exemples d'utilisation

La typologie peut être utilisée pour évaluer les effets agronomiques et environnementaux des pratiques agricoles. **Au niveau de chaque parcelle assimilée à la communauté dominante**, elle permet d'évaluer la **flexibilité permise par le type de végétation ou souplesse de conduite**, composante de la valeur d'usage dont on parle souvent mais qui est peu étayée par des données. Nous appelons flexibilité la possibilité de faire varier le mode d'exploitation (moment, fréquence ou intensité de l'utilisation) sans beaucoup changer les caractéristiques de la ressource alimentaire (DURU *et al.*, 2007). **Au niveau de l'exploitation agricole**, la typologie des prairies permet d'évaluer la flexibilité permise par les différents types de végétation au travers de patrons d'utilisation des parcelles dans

<sup>4</sup> A cette fin, un questionnaire d'enquête adapté a été construit et est actuellement mis en œuvre par plusieurs syndicats d'appellation d'origine dans le Massif central sous la coordination du Pôle Fromager.

l'espace et dans le temps. Cette diversité, en élargissant la gamme des fonctions possibles à l'échelle de l'exploitation, offre la possibilité de s'adapter à des limitations de ressources en travail ou de réduire les coûts de production (ANDRIEU *et al.*, 2007a et b). Enfin, **au niveau d'un terroir ou d'une petite région**, la typologie permet d'évaluer le degré de spécialisation de tel ou tel terroir.

### ■ Evaluation de la flexibilité d'utilisation à partir de la caractérisation de la diversité fonctionnelle intracommunauté

La recherche de flexibilité dans la conduite des prairies est motivée pour s'adapter à des variations de l'offre fourragère (climat, dynamique d'espèces dominantes), de la demande (nombre d'animaux à nourrir), ou bien pour atteindre des objectifs environnementaux (maîtrise des rejets azotés ou conservation de la biodiversité). Les données de la figure 3 confirment des résultats obtenus sur un plus grand nombre de parcelles (ANSQUER *et al.*, 2004). Il a été montré une différence significative dans la composition fonctionnelle de la prairie principalement selon le mode d'exploitation. Ainsi, le pâturage se traduit par une proportion plus équilibrée de chacun des 4 types de graminées qu'en fauche. Compte tenu de ce que nous avons montré dans le tableau 4, on peut penser que les prairies pâturées de ces élevages présentent une plus grande souplesse d'utilisation. Une proportion plus grande de dicotylédones est susceptible de renforcer cette spécificité sans changer beaucoup la quantité récoltée et sa qualité (**stabilité**).

### ■ Evaluation de la diversité intra-exploitation agricole

Les typologies construites à partir des descripteurs présentés permettent d'évaluer :

- **la complémentarité des types de végétation** pour permettre d'adapter l'offre alimentaire aux besoins de différents lots d'animaux. Comme l'ont montré BELLON et GUÉRIN (1992) dans les systèmes pastoraux, nous pensons que, dans les systèmes herbagers, les éleveurs façonnent par les pratiques différents types de végétation, de même qu'ils adaptent les pratiques aux spécificités topographiques et topologiques des parcelles (ANDRIEU *et al.*, 2006) ;

- **l'impact des pratiques sur la biodiversité végétale** au niveau de l'exploitation, notamment la fraction du potentiel floristique régional exprimée. Sans que ce soit intentionnel, les pratiques ont un effet sur la diversité spécifique intra et interparcelles. Compte tenu des relations mises en évidence entre diversités fonctionnelle et spécifique, la typologie permet d'évaluer **dans quelle mesure il est possible de concilier valeurs d'usage agricole et environnemental à l'échelle de l'exploitation**.

Pour caractériser la diversité intra-exploitation, nous considérons la part de la sole occupée par les différents types de

prairies en croisant les deux descripteurs (niveau de nutrition minérale pour la production et TFG pour la qualité et la temporalité, tableau 6). Le nombre de cases renseignées dans le tableau est un indicateur de la diversité à l'échelle de l'exploitation. Une lecture en ligne indique principalement des différences de productivité entre prairies, alors qu'une lecture en colonne indique des différences de temporalités de production et de qualité de l'herbe offerte. Les données du dispositif 2b montrent des différences importantes entre élevages, la diversité du nombre d'espèces variant de manière concomitante avec le type de prairies. On peut déduire de ces données que dans le deuxième type d'élevage (MF), il y aura moins de souplesse pour la conduite des prairies au sein du système fourrager, ce qui peut être un obstacle à la maîtrise d'espèces indésirables (COLÉNO *et al.*, 2005).

Exploitation	Ni	% C : 0-25	% C : 25-50	% C : >50
PI	> 80	9 (20)	11 (23)	
	70-80	29 (22)	11 (27)	
	< 70			40 (31)
MF	> 80	45 (19)		
	70-80	50 (25)		
	< 70	5 (35)		

## ■ Evaluation de la diversité au niveau de territoires

Prendre en compte la diversité des caractéristiques du milieu (topographie, fertilité...) à une échelle supra-exploitation devient un enjeu majeur pour comprendre comment les pratiques s'organisent dans l'espace. En effet, la diversité des végétations peut avoir pour origine un effet direct des caractéristiques du milieu, ou bien un effet indirect par les restrictions de choix des pratiques de fertilisation et les modes d'exploitation qu'elles imposent (ANDRIEU *et al.*, 2006). A cet effet, nous avons évalué la diversité des types fonctionnels à la fois par terroir (en relation avec les caractéristiques topographiques) et par exploitation. A partir du dispositif 2b, on montre que les parcelles de versant présentent en moyenne une plus grande diversité fonctionnelle et spécifique que les parcelles de fond de vallée, tout en constatant des différences importantes entre élevages. Ce type d'analyse permet de discuter des complémentarités de fonction des prairies dans les élevages (tableau 7).

Les comparaisons inter-régionales permettent d'évaluer les effets des conditions de production (pédoclimat), mais aussi d'identifier les régularités dans les modes de gestion des prairies. Ainsi, la comparaison de plusieurs exploitations dans 3 petites régions du sud du Massif central (Aubrac, Cantal, Margeride) a permis de montrer (tableau 8) :

- **qu'il existe une diversité fonctionnelle forte à l'intérieur de chacune des zones étudiées.** On trouve cependant, indépendamment des pratiques, un gradient décroissant de types A au profit des types C lorsque le degré de continentalité augmente (du

**TABLEAU 6 : Proportions de différents types de prairies (% dans la sole fourragère) établies sur la base du croisement entre la proportion de graminées de type C et le niveau de nutrition minérale (classes de Ni) ; entre parenthèses est indiqué le nombre moyen d'espèces par type ; dispositif 2b.**

*TABLE 6 : Proportions of the different types of pastures (% of the area under forage crops) resulting from the combination of the proportion of type C grasses with the mineral nutrition level (Ni classes) ; the mean number of species per type is shown between brackets ; arrangement 2b.*

Topographie	Éleveur <sup>(1)</sup>	Nombre de parcelles	Surface (ha)	Indice de nutrition	Nombre d'espèces	Composition fonctionnelle A - B - C - D (%)
Fond de vallée	MF	10	10,7	82 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup> - 37 - 1 - 0
	PI	13	12,9	83 <sup>a</sup>	21,8 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup> - 32 - 10 - 0
Versant	MF	4	7,3 - 23,7 <sup>(2)</sup>	76 <sup>ab</sup>	28,5 <sup>b</sup>	58 <sup>a</sup> - 26 - 16 - 0
	PI	7	8,7 - 28 <sup>(2)</sup>	68 <sup>b</sup>	32,4 <sup>b(2)</sup>	11 <sup>b</sup> - 18 - 69 - 2

Les données suivies d'une lettre différente dans une même colonne sont significativement différentes ( $p < 0,05$ )

1 le nombre d'UGB est de 45 et 64 respectivement pour les éleveurs MF et PI

2 respectivement surfaces fauchées et pâturées

TABLEAU 7 : **Caractéristiques des parcelles de 2 éleveurs selon la position topographique des prairies** (dispositif 2b) : niveau de nutrition, nombre d'espèces et composition fonctionnelle de la végétation.

TABLE 7 : **Characteristics of the field plots of 2 farmers according to the topography of their pastures** (arrangement 2b) : nutrition level, number of species, and functional composition of the vegetation.

Cantal à la Margeride), comme l'avaient déjà observé DAGET et POISSONET (1971) à partir de relevés botaniques ;

- que, **malgré ce gradient, on observe toujours une forte diversité fonctionnelle intra-exploitation en relation avec les fonctions alimentaires à satisfaire**. C'est ainsi qu'on retrouve une dominante de parcelles ayant une végétation de type A lorsqu'il s'agit de faire des stocks, et de type C pour le pâturage des génisses.

## Conclusion

### ■ Atouts de la méthode proposée

Nous avons synthétisé et illustré des connaissances acquises récemment sur le fonctionnement des végétations prairiales en fonction des pratiques agricoles<sup>5</sup>. Elles fournissent les **bases pour construire une typologie à la carte**. Nous en résumons ci-dessous les points essentiels en termes de connaissances et d'applications.

#### - Les acquis

- La caractérisation fonctionnelle de la végétation (type de graminées dominant) permet de bien évaluer la temporalité de la production et la digestibilité des feuilles et des tiges ; estimer l'abondance des graminées, même approximativement, permet d'améliorer la prédiction. En revanche, la productivité ainsi que le rapport feuille/tige (composante de la valeur nutritive) dépendent surtout de la disponibilité en éléments minéraux qui peut être

TABLEAU 8 : **Composition fonctionnelle de la végétation selon les modes d'exploitation** (fonction des parcelles) et les régions.

TABLE 8 : **Functional composition of the vegetation according to the methods of management** (function of the field plots) and the regions.

Région	Mode d'exploitation	Indice de nutrition azotée	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Aubrac	Fauche	69	49	22	30	0
	Pâturage vaches laitières	71	35	29	28	4
	Pâturage génisses	67	20	7	64	9
Cantal	Fauche	64	44	20	32	0
	Pâturage vaches laitières	62	35	11	54	0
	Pâturage génisses	50	39	10	51	0
Margeride	Fauche	65	10	18	63	9
	Pâturage vaches laitières	70	15	21	59	4
	Pâturage génisses	65	4	5	86	4

5 Cette recherche s'inscrit dans un vaste courant international qui renouvelle l'étude des communautés (MCGILL *et al.*, 2006)

estimée par le niveau de nutrition de la prairie (méthode des indices de nutrition (LEMAIRE et GASTAL (1997) pour l'azote, JOUANY et al. (2004) pour le P) ou, à défaut, par les pratiques de fertilisation.

- La **flexibilité de conduite** d'une prairie peut être évaluée à partir de la **diversité fonctionnelle intracommunauté** (proportion des différents types de graminées), éventuellement complétée par la proportion des graminées ; la flexibilité au niveau du système fourrager peut être évaluée par la diversité des communautés.

- Dans la gamme de situations observées, la diversité spécifique dépend du type fonctionnel dominant et est corrélée positivement à la diversité fonctionnelle.

#### - **L'application pour construire des typologies**

- Les typologies de prairies peuvent être fondées sur les 3 descripteurs de la végétation pertinents pour évaluer la valeur d'usage agricole et environnemental : la disponibilité en minéraux pour la croissance, le type fonctionnel de graminées, la proportion de graminées, ou bien sur des modèles reliant les pratiques (fertilisation, modes d'exploitation) aux caractéristiques de la valeur d'usage, *via* la connaissance de leurs effets sur les descripteurs.

- La méthode présentée permet de construire **une typologie adaptée à l'objectif** ; les descripteurs retenus (niveaux de nutrition, types fonctionnels de graminées, proportion de graminées-dicotylédones) dépendront **des caractéristiques de la valeur d'usage et de la précision recherchées**.

- **L'échelle exploitation** est incontournable pour évaluer : (i) **les complémentarités** entre parcelles pour l'alimentation des lots d'animaux en réponse à des considérations économiques et de travail ; (ii) **l'impact environnemental** (biodiversité) des pratiques agricoles dans la mesure où c'est à ce niveau que s'organisent les pratiques en termes de diversité et d'intensité ; cela permet de coupler une évaluation à l'échelle de la parcelle (diversité  $\alpha$ ) et une diversité des écosystèmes (les types de végétation), chacun étant caractérisé par une diversité  $\alpha$ .

### ■ **Limites actuelles de la méthode et perspectives**

Alors que la **généricité** des relations entre composition fonctionnelle et valeur d'usage agricole (valeur nutritive, temporalité de la croissance) peut être considérée comme acquise, les relations entre les modes de conduite et la composition fonctionnelle doivent être évaluées pour un plus grand nombre de situations, de manière à **prendre en compte une gamme plus large de facteurs environnementaux**. Ainsi, bien que nous ayons exploré une gamme d'indices de nutrition variant de 50 à 100, cela est insuffisant pour que des espèces de type D soient dominantes (tableau 2). Elargir la gamme des niveaux de nutrition nous amènera sans doute à réviser la relation entre niveaux de nutrition et diversité spécifique. Elle devrait être positive pour des niveaux de nutrition inférieurs à 50. De même, il convient d'élargir la gamme des modes d'exploitation, notamment en prenant en compte des situations très pâturées d'une

part et sous-pâturées d'autre part, situations susceptibles de favoriser différents types fonctionnels mais aussi de générer à la fois une hétérogénéité fonctionnelle et structurale (DUMONT *et al.*, 2001). Une deuxième limite tient aux caractéristiques du milieu considéré. Nous avons principalement travaillé en montagne humide, ce qui ne nous a pas permis d'explorer les relations existant entre les types de graminées et le régime hydrique. Les données recueillies en milieux plus secs (Margeride) montrent qu'un déficit hydrique se traduit par une augmentation de la TMS et une réduction de la proportion de type A (tableau 8). Pour aller plus loin dans cette analyse, il conviendra de proposer une méthode pour montrer les effets respectifs des pratiques et du milieu sur les types fonctionnels de graminées.

Enfin, la méthode ne permet pas en l'état actuel d'apporter des informations sur la **vitesse des changements de valeur d'usage induits par des changements de pratiques**. En effet, si l'on sait modéliser les changements de valeur d'usage de la prairie quand les deux types de descripteurs de la végétation (niveau de nutrition de la prairie et composition fonctionnelle) varient, nous sommes toujours démunis pour évaluer les vitesses de changement des niveaux de nutrition minérale, surtout en situation d'arrêt de fertilisation (déstockage). De même, nous ne savons pas bien quelles doivent être l'amplitude et la durée de changement des modes d'exploitation nécessaires pour faire évoluer la composition fonctionnelle de la végétation. Les dispositifs longue durée fournissent quelques enseignements (MARRIOTT *et al.*, 2004), mais cela reste encore insuffisant. L'étude des traits démographiques des espèces ainsi que la connaissance de l'histoire de la prairie et des espèces devraient apporter des informations utiles.

Accepté pour publication,  
le 26 juillet 2007.

### Remerciements

Cette synthèse a pu être réalisée grâce aux soutiens des projets européens SEAMLESS Integrated Project, UE 6<sup>th</sup> Framework Programme, Contract no. 010036-2 et VISTA (Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change in Traditional Agricultural Landscapes) (Contract n°EVK2-2001-15 000356).

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL HAJ KHALED R. (2005a) : *L'évaluation agronomique d'espèces prairiales par leurs traits de vie comme préalable au diagnostic des communautés riches en espèces*, thèse INP Toulouse, 260 pp + annexes.
- AL HAJ KHALED R., DURU M., THEAU J.P., PLANTUREUX S., CRUZ P. (2005b) : "Variation of leaf traits through seasons and N-availability levels and its consequences for ranking grassland species", *J. Veg. Sci.*, 16, 391-398.
- 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.

- ANDRIEU N., JOSIEN E., DURU M. (2006) : "Effect of the diversity of grassland communities and field characteristics on land use management practices assessed at the farm level", *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 120, 359-369.
- ANDRIEU N., DURU M., COLÉNO F., OSTY P.L. (2007a) : "Flexibilité de la gestion des ressources fourragère et pastorales permises par l'organisation du système fourrager", *Flexibilité et changements dans les exploitations d'élevage*, eds. B. Dedieu, E. Chia, CH. Moulin, M. Tichit (in press).
- ANDRIEU N., POIX X., JOSIEN E., DURU M. (2007b) : "Simulation of forage management strategies considering farm-level land diversity: Example of dairy farms in the Auvergne", *Computers and electronic in agriculture*, 55, 36-48.
- 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.
- ANSQUER P. (2006) : *Caractérisation agro-écologique des végétations prairiales naturelles en réponses aux pratiques agricoles. Apports pour la construction d'outils de diagnostic*, thèse INP Toulouse, 280 pp + annexes.
- BALENT G. (1991) : "Construction of a reference frame for studying changes in species composition in pastures: the example of an oldfield succession", *Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires*, 15, 73-81.
- BELLON S., GUÉRIN G. (1992) : "Un outil de pilotage des parcelles pâturées : le carre fixe", *Actes Journées AFPP*, 178-179.
- BELLON S., GIRARD N., GUERIN G. (1999) : "Caractériser les saisons-pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage", *Fourrages*, 158, 115-132.
- BERENDSE F., AERTS R. (1987) : "Nitrogen use efficiency : a biological meaningful definition", *Funct. Ecol.*, 1, 293-296.
- CALVIÈRE I., DURU M. (1999) : "The effect of N and P fertilizer application and botanical composition on the leaf/stem ratio patterns in spring in Pyrenean meadows", *Grass & Forage Sci.*, 54, 255-266.
- COLENO F.C., DURU M., THEAU J.P. (2005) : "A method to analyse decision-making processes for land use management in livestock farming", *Int. J. Agric. Sustainability*, 3, 69-77.
- 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.
- DACCORD R. (1991) : "Valeur nutritive des foin de prairies riches en espèces", *Revue suisse d'Agriculture*, 23, 36-40.
- DAGET P., POISSONET P. (1971) : "Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critères d'application", *Ann. Agron.*, 22, 5-41.
- DELPECH R. (1960) : "Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies", *Fourrages*, 4, 83-96.
- DEMARQUILLY C. (1989) : "The feeding value of forages", *XV<sup>th</sup> Intern. Grassland Congr.*, Nice, AFPP, 1817-1823.
- DUMONT B., MEURET M., BOISSY A., PETIT M. (2001) : "Le pâturage vu par l'animal: mécanismes comportementaux et applications en élevage", *Fourrages*, 166, 213-238.
- DURU M. (1997) : "Leaf and stem in vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring", *J. Sci. Food Agric.*, 74, 175-185.
- DURU M., CALVIÈRE I. (1996) : "Influence de l'indice foliaire et des réserves en hydrates de carbone au moment de la coupe sur la croissance foliaire de deux graminées fourragères (*Dactylis glomerata* L. et *Festuca arundinacea* Schreb.)", *Canadian J. of Plant Sci.*, 76, 276.
- 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., TALLOWIN J., CRUZ P. (2005) : "Functional diversity in low input grassland farming systems", *Symposium EGF*, Estonie, V10, 199-210.

- 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 éd. (à paraître).
- ELLENBERG H. (1952) : "Wiesen und weiden und ihre standörtliche Bewertung", *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie*, II. 1-143. Ulmer.
- 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.
- FLEURY P., DUBEUF B., JEANNIN B. (1995) : "Un concept pour le conseil en exploitation laitière : le fonctionnement fourrager", *Fourrages*, 141, 3-18.
- FOUCAULT B. de (1992) : "Les apports de la phytosociologie au pastoralisme", *Fourrages*, 130, 211-221.
- FRIEDEL M.H., BASTIN G.N., GRIFFIN G.F. (1988) : "Range Assessment and Monitoring in Arid Lands : the Derivation of Functional Groups to Simplify Vegetation Data", *J. of Environmental Management*, 27, 85-97.
- GILLET M. (1980) : *Les graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe*, Gauthiers - Villars, 306 p.
- GITAY H., NOBLE I.R. (1997) : "What are functional types and how should we seek them ?", T.M. Smith, H.H. Shugart et F.I. Woodward eds., *Plant functional types : their relevance to ecosystem properties and global change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 3-19.
- GRIME J.P. (1973) : "Control of Species Diversity in Herbaceous Vegetation", *J. of Environmental Management*, 1, 151-167.
- HUYGHE C., BOURNOVILLE R., COUTEAUDIER Y., DURU M., GENSOLLEN V., LHERM M., PEYRAUD J.L. (2005) : *Prairies et cultures fourragères en France. Entre logiques de production et enjeux territoriaux*, INRA éditions, Paris, France.
- JEANGROS B., TROXLER J., SCHMID W. (1991) : "Prairies de Suisse riches en espèces: description et rendement", *Revue Suisse Agric.*, 23(1), 26-35.
- JEANNIN B., FLEURY P., 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". *Eur. J. Agron.*, 21, 273-285.
- LAMBERS H., POORTER H. (1992) : "Inherent Variation in Growth Rate Between Higher Plants: A Search for Physiological Causes and Ecological Consequences", *Advances in Ecological Research*, 23, 187-126.
- 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.
- LEMAIRE G. (1999) : "Les flux de tissus foliaires au sein des peuplements prairiaux. Eléments pour une conduite raisonnée du pâturage", *Fourrages*, 159, 203-222.
- LEMAIRE G., GASTAL F. (1997) : "N Uptake and distribution in plant canopies", *Diagnosis of the Nitrogen Status in the Crops*, G.Lemaire éd., Springer Verlag, Berlin.
- LEMAIRE G., MILLARD P. (1999) : "An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants", *J. exp. Bot.*, 50, 15-28.
- MCGILL B. J., ENQUIST B. J., WEIHER E., WESTOBY M. (2006) : "Rebuilding community ecology from functional traits", *Trends in Ecology & Evolution*, 21, 178-185.
- MARRIOTT C.A., FOTHERGILL M., JEANGROS B., SCOTTON M., LOUAULT F. (2004) : "Long term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review", *Agronomie*, 24, 447-462.
- MORAND D., NIZINSKI J., SAUGIER B. (1989) : "Adaptation au niveau de disponibilité en azote, en communautés herbacées. Deux exemples : *Anthoxanthum odoratum* L. et *Arrhenatherum elatius* (L.)", J. et C. Presl var. vulgare Koch., *Bulletin d'Ecologie*, 20 (1), 73-75

- PEETERS A., LAMBERT J. (1990) : "Application agronomique d'une typologie des prairies intensifiées", *Fourrages*, 124, 357-370.
- PERVANÇON F. (2004) : *Modélisation de l'effet des pratiques agricoles sur la diversité végétale et la valeur agronomique des prairies permanentes en vue de l'élaboration d'indicateurs agri-environnementaux*, INP de Lorraine.
- PETIT S., VANSTEELENT J.Y., PLAIGE V., FLEURY P. (2004) : "Les typologies de prairies, d'un outil agronomique à un objet de médiation entre agriculture et environnement", *Actes des journées AFPP : La biodiversité des prairies: un patrimoine, un rôle fonctionnel*, 135-143.
- PLANTUREUX S., BONISCHOT R., GUCKERT A. (1992) : "Utilisation d'une typologie des prairies permanentes du Plateau lorrain pour le diagnostic agronomique", *Fourrages*, 132, 381-394.
- POORTER H. (1994) : "Construction costs and payback time of biomass: a whole plant perspective", J. Roy et E. Garnier eds., *A Whole Plant Perspective of Carbon-Nitrogen Interactions*, SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, 111-127.
- POORTER H., REMKES C. (1990) : "Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate", *Oecologia*, 83, 553-559.
- POORTER H., GARNIER E. (1999) : "Ecological Significance of Inherent Variation in Relative Growth Rate and its Components", F.I. Pugnaire et F. Valladares eds., *Handbook of Functional Plant Ecology*, M. Dekker Inc., New York, USA, 81-120.
- REICH P.B. (1993) : "Reconciling apparent discrepancies among studies relating life span, structure and function of leaves in contrasting plant life forms and climates: the blind men and the elephant retold", *Funct. Ecol.*, 7, 721-725.
- ROGGERO P.P., BAGELLA S., FARINA R. (2002) : "Un archivio dati di indici specifici per la valutazione integrata del valore pastorale", *Rivista di Agronomia*, 2, 149-156.
- RYSER P. (1996) : "The importance of tissue density for growth and life span of leaves and roots: a comparison of five ecologically contrasting grasses", *Funct. Ecol.*, 10, 717-723.
- STEVENSON M., PEEL S., MARTIN D. (2005) : "Agri-environment schemes in England: identifying and targeting semi-natural grasslands for management and restoration", Lillak R., Viiralt R., Linke A., et Geherman V., 10, 158-172, Tartu, Estonia, *EGF, 2005, Integrating efficient grassland farming and biodiversity*, 5-8-0029.
- THEAU J.P., MAGDA D., CRUZ P., DURU M. (2002) : "The control of undesirable species in natural grassland by defoliation", *Multi-fonction grasslands - Quality forages, animal products and landscapes*, Durand J. L., Emile J. C., Huyghe C., et Lemaire G. éd., *EGF 7*, La Rochelle (FRA), 27-30/05/02, 850-851.
- TILMAN D. (1985) : "The resource-ratio hypothesis of plant succession", *The American Naturalist*, 125, 827-852.
- VERTÈS F. (1986) : "Typologie floristique, écologique et agronomique des prairies et alpages en Moyenne-Tarentaise (vallée de Peissey-Nancroix, Savoie)", *Travaux Scientifique Parc National de la Vanoise*, 15, 201-227.
- VIVIER M. (1990) : "Les prairies et les pratiques d'exploitation. Eléments et réflexions pour un diagnostic", *Fourrages*, 124, 337-355.
- WESTOBY M. (1998) : "A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme", *Plant and Soil*, 199, 213-227.

*SUMMARY*

***Typologies of multi-specific pastures in view of the assessment of their use value : agro-ecological bases and examples of applications***

The term 'multi-specific pastures' corresponds to a great diversity of herbaceous vegetations of agricultural use, all of them acknowledged as being environmental importance. The management of this diversity by adequate agricultural practices requires performant generic diagnostic tools, such as typologies, in order to assess the dynamics of this resource.

What is the effect of this diversity on the vegetation on the agricultural use value (production patterns and levels, feed value) ? The functional composition of the pastures, based on the grouping of the pastures into four types, together with the identification of the dominant type, gives a classification of the pastures according to the dates of the growth peaks and the digestibilities of the leaves and stems. The dominant type depends on the level of competition among the various species, generated by the mineral nutrition level and by the management. The functional diversity (types of grasses and proportion of dicots) is correlated with the specific diversity. In a second part, we show how to utilize these results to create typologies of agricultural and environmental use value based on descriptors of the vegetation (types of grasses and relative abundance of dicots) or else on the knowledge of the practices and their effects.

