

## Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage

**P. Cruz<sup>1</sup>, M. Duru<sup>1</sup>, O. Therond<sup>2</sup>, J.P. Theau<sup>1</sup>, C. Ducourtieux<sup>1</sup>,  
C. Jouany<sup>1</sup>, R. Al Haj Khaled<sup>1</sup>, P. Ansquer<sup>1</sup>**

**La gestion des prairies naturelles repose sur la connaissance de leur végétation, mais sa description demande du temps et des compétences botaniques. De nouvelles démarches, plus légères, sont aujourd'hui proposées en regroupant les espèces fourragères selon des types fonctionnels construits à partir de traits biologiques.**

### RESUME

La végétation des prairies naturelles peut être décrite de manière simple par la constitution de groupes d'espèces ayant des fonctions similaires et partageant des caractéristiques biologiques (traits) communes. Ces groupes fonctionnels sont qualifiés de réponse ou d'effet selon qu'ils sont établis en fonction de la réponse des espèces aux variations de facteurs du milieu ou de leur effet sur le fonctionnement de l'écosystème prairial. Des traits foliaires (surface spécifique, teneur en matière sèche et durée de vie) permettent de définir les types fonctionnels dominants d'une prairie, de la classer selon des gradients de fertilité ou d'utilisation et de définir sa valeur d'usage agricole et/ou environnementale. Les principes et l'adaptation de la démarche aux cas des végétations complexes et fortement anthropisées sont présentés et discutés.

### MOTS CLES

Diagnostic, dynamique de la végétation, environnement, facteur milieu, gestion des prairies, indicateur biologique, inventaire botanique, méthode d'estimation, nutrition de la plante, prairie permanente, surface foliaire, trait biologique, typologie de la végétation.

### KEY-WORDS

Bio-indicator, biological trait, botanical inventory, diagnosis, environment, environment factor, estimation method, leaf area, pasture management, permanent pasture, plant nutrition, sward dynamics, vegetation typology.

### AUTEURS

1 : Equipe Orphée, Station d'Agronomie, INRA, BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan.

2 : Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, 61, allée de Brienne, F-31069 Toulouse Cedex 7.

### CORRESPONDANCE

P. Cruz, Equipe Orphée, Station d'Agronomie, INRA, BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan ;  
cruz@toulouse.inra.fr

Le conseil technique pour la gestion des prairies naturelles ou semi-naturelles se heurte depuis longtemps à la difficulté de mise en œuvre de méthodes basées sur l'étude floristique de la végétation. Très consommatrices en temps, nécessitant une bonne connaissance en botanique et peu généralisables, ces méthodes sont peu appliquées par les conseillers agricoles sans un travail de simplification. Nous proposons une démarche adaptée de travaux en écologie permettant une lecture différente de la végétation qui peut ne pas faire appel à une reconnaissance botanique exhaustive. Les espèces sont regroupées selon des types fonctionnels construits à partir de traits biologiques (foliaires et phénologiques) mesurés ou issus des bases de données actuellement en construction.

## Présentation

### \* Comment évaluer la valeur des prairies, pour mieux les gérer ?

Dans les zones d'élevage extensif à fortes contraintes de milieu, l'alimentation des herbivores est basée majoritairement sur le pâturage de végétations pérennes naturelles ou semi-naturelles. La faible artificialisation du milieu, ainsi que la nécessité d'alimenter les animaux en continu en misant sur le pâturage, amènent les éleveurs à valoriser ou à créer par les pratiques agricoles des ressources présentant des caractéristiques variées. A cet effet, des concepts différents ont été proposés selon qu'il est fait référence à l'alimentation ou aux caractéristiques de la végétation. Le concept de fonction de parcelles (Bellon *et al.*, 1999) permet de caractériser le rôle attendu d'une parcelle (faire du foin, du pâturage de plein printemps ou d'automne...) dans un système d'alimentation. La notion de valeur d'usage (Jeannin *et al.*, 1991) s'attache à l'identification des caractéristiques de la végétation qui permettent de remplir une fonction donnée. Au-delà de leurs fonctions productives, les prairies ont aussi une fonction environnementale. Dans les zones herbagères, cette fonction est maintenant reconnue et soutenue dans le cadre de ce qu'il est convenu d'appeler la multifonctionnalité de l'agriculture. Cela concerne, entre autres, la conservation de biotopes particuliers et la préservation de la biodiversité en évitant une utilisation trop intensive ou trop extensive de ces milieux.

Dès lors, les gestionnaires, qu'il s'agisse d'éleveurs, de conseillers agricoles ou bien de responsables d'espaces protégés, posent deux questions : Quelle est la valeur d'usage agricole ou environnementale des prairies ? Quelles modalités techniques faut-il mettre en œuvre pour maintenir ou changer ces valeurs d'usage ?

### \* Les outils existants et leurs limites...

Ces deux questions sont actuellement traitées sur la base de relations entre les caractéristiques d'habitats liées aux pratiques (régimes de défoliation et de fertilisation) et au milieu d'une part, et à la fréquence ou l'abondance des espèces d'autre part. Elles permettent de situer une parcelle particulière au sein d'un ensemble plus vaste. La portée de telles démarches est cependant limitée pour les raisons suivantes :

– Les caractéristiques agronomiques de la végétation, qui permettent de définir leurs valeurs d'usage, sont difficilement estimables à partir de la connaissance de la seule composition botanique des communautés. Différentes méthodes d'analyse de la végétation sont basées sur une notation des espèces et de leur abondance. Des applications agronomiques issues de ces méthodes ont été élaborées. Elles permettent de calculer la valeur pastorale pour estimer un chargement animal annuel supposé adapté à la flore, elle-même étant adaptée au milieu (Daget et Poissonet, 1969 ; Plantureux *et al.*, 1992). Outre le fait que les notations d'espèces peuvent être contestées, cette notation intègre sans hiérarchie la production de biomasse, la qualité de cette biomasse et l'appétibilité (Duru, 1997a). L'approche basée sur l'établissement de relations entre les espèces et les caractéristiques d'habitat façonnées par les pratiques est relativement robuste (Balent, 1991), mais elle n'informe pas à elle seule sur la valeur d'usage de la prairie.

– La réalisation de relevés floristiques suppose une connaissance des espèces et un temps de travail relativement long qui décourage sa mise en œuvre par des éleveurs ou des agents de développement. En revanche, certains outils de diagnostic agro-écologique construits sous forme de typologies simplifiées de végétation ont montré leur efficacité (Brau-Nogué, 1996). Ils s'appuient sur la reconnaissance d'un nombre limité d'espèces et la caractérisation d'indicateurs plus facilement accessibles à des techniciens (physionomie de la végétation, grandes caractéristiques hydriques, position topographique...) et proposent des valeurs d'usage pour l'activité pastorale. Ceci a pu être développé en particulier par un travail conjoint entre chercheurs et techniciens pour trouver les simplifications nécessaires à partir des résultats de recherche.

– Ces approches n’informent bien que localement sur la dynamique de la végétation, c’est-à-dire sur la nature et l’ampleur des changements d’abondance des espèces susceptibles de se produire suite à un changement des pratiques de gestion de la prairie. Autrement dit, elles ne sont pas généralisables à d’autres sites ou conditions du milieu en dehors de ceux pour lesquels le référentiel floristique a été établi (Balent, 1991)

Un enjeu pour la recherche est donc de mettre au point une méthode plus informative, de portée plus générale, et nécessairement plus simple à mettre en œuvre pour répondre aux questions posées sur la maîtrise des trajectoires de la végétation des prairies naturelles ou semi-naturelles (Duru *et al.*, 1998). Nous présenterons tout d’abord les éléments théoriques qui permettent de développer la méthode basée sur l’utilisation des traits biologiques d’espèces pour : i) le diagnostic de la valeur d’usage de la végétation et ii) le classement des situations par rapport à des gradients de variation des facteurs du milieu (fertilité et utilisation). Nous présenterons ensuite des exemples d’application de la méthode sur des prairies naturelles des milieux océaniques humides pour lesquels l’azote et le phosphore constituent les ressources les plus variables, et où les perturbations consistent essentiellement en différents régimes de défoliation par la fauche et le pâturage (Duru *et al.*, 1998). Ces exemples porteront sur quelques caractéristiques de la valeur d’usage (biomasse à une date donnée, digestibilité) et environnementale (diversité d’espèces) des prairies à partir des valeurs de traits foliaires issues d’une base de données.

## Traits biologiques et types fonctionnels de plantes

### 1. Présentation de la méthode

#### \* Les principes de la démarche fonctionnelle

Les modes de gestion des ressources par les espèces végétales (acquisition de nutriments, interception de la lumière), leurs effets sur l’environnement physique (cycle du carbone et des nutriments, échange d’énergie) et leurs interactions avec les autres espèces (relations de compétition ou de facilitation) jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l’écosystème. Le fonctionnement des communautés végétales peut être traduit par des caractéristiques biologiques pertinentes des espèces dominantes qui les composent (Goldberg, 1997). Ces caractéristiques, ou traits fonctionnels, permettent de classer les végétaux dans des types fonctionnels de plantes (TFP). L’ensemble des espèces d’un même type fonctionnel dans un milieu donné peut être considéré comme un groupe fonctionnel. Il s’agit de regroupements non phylogénétiques d’espèces accomplissant une fonction similaire dans l’écosystème et qui peuvent être identifiés par un ou des traits biologiques communs (Gitay et Noble, 1997). Pour expliquer le fonctionnement d’un écosystème, il faut donc définir les groupes fonctionnels correspondant aux mécanismes majeurs l’affectant et les espèces les plus caractéristiques de ces groupes (Hooper et Vitousek, 1997). Ces dernières correspondent aux espèces dominantes, puisqu’elles représentent la plus grande quantité de matière et d’énergie dans un écosystème et ont un impact prédominant sur sa structure et son fonctionnement (Golberg, 1997).

Les groupes fonctionnels d’espèces peuvent être considérés comme des groupes de réponse ou groupes d’effet selon qu’ils sont établis en fonction de la réponse des espèces aux variations du milieu ou de leur effet sur les propriétés de l’écosystème. Les caractéristiques biologiques des espèces qui permettent la définition de ces groupes sont alors appelées respectivement traits de réponse et traits d’effet.

#### \* Adaptation à une problématique agronomique

Pour des prairies naturelles en zone d’élevage, la fonction agricole de l’écosystème est d’alimenter les herbivores domestiques, et les principales fonctions environnementales sont de maintenir un milieu ouvert et une certaine diversité spécifique. Dans ce contexte, la caractérisation des groupes de réponse correspond à la détermination des réponses des communautés prairiales aux variations de fertilité et de défoliation qui sont en grande partie les résultats des pratiques d’élevage (fumure et gestion des surfaces en fauche et/ou pâturage).

En revanche, l’identification des groupes d’effet correspond aux caractéristiques de l’écosystème permettant d’établir la valeur d’usage des prairies. Cette valeur peut être caractérisée, entre autres, par : (i) la vitesse de croissance, (ii) la quantité maximale de biomasse accumulée, (iii) le moment auquel ce plafond de croissance est atteint après une défoliation, (iv) la structure du couvert (masse volumique), (v) la valeur nutritive de cette biomasse, (vi) la présence d’espèces singulières qui présentent des spécificités marquées. Ce dernier item participe à la définition de la valeur d’usage environnementale de la prairie, tout comme la diversité spécifique qu’elle représente.

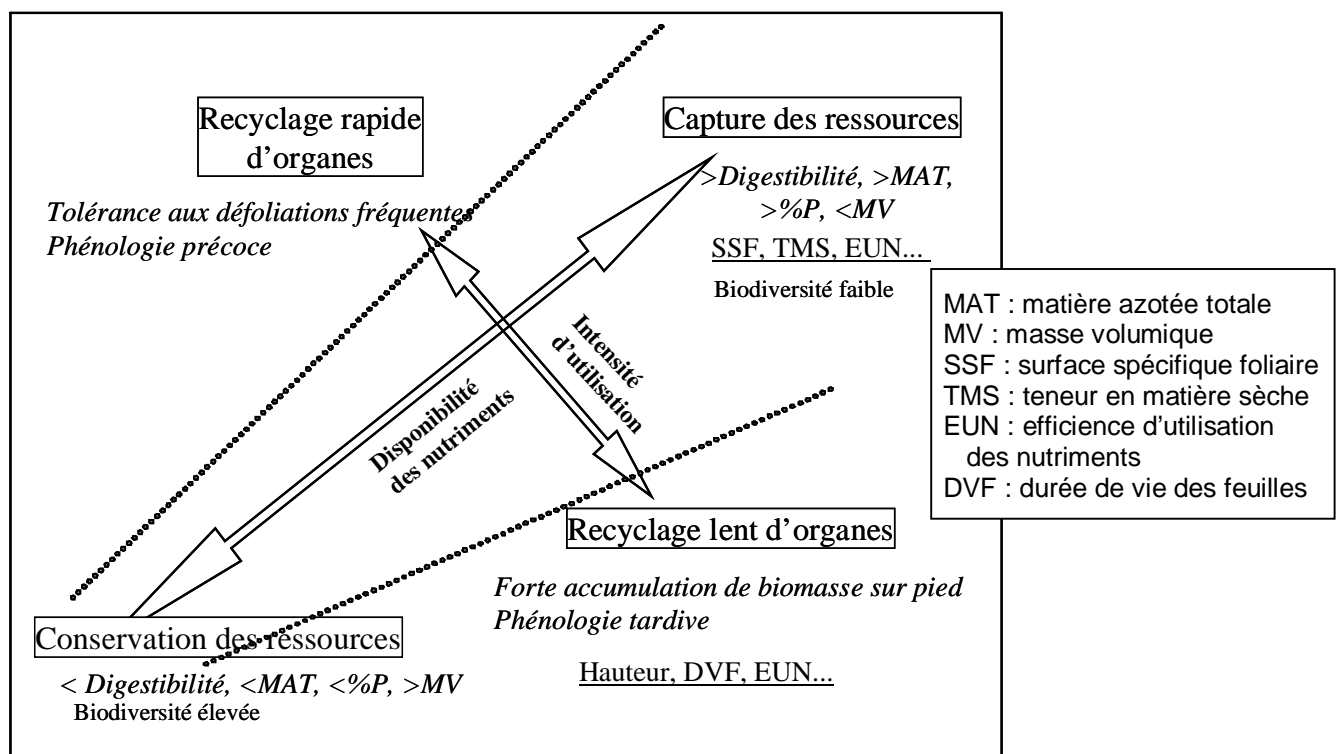
Pour les situations que nous étudions, à la différence des travaux conduits jusqu'à ces dernières années en écologie végétale, la définition des groupes de réponse ou d'effet doit être réalisée sur la base de traits qui présentent une double signification, fonctionnelle et agronomique. L'enjeu de la recherche en agro-écologie est alors :

- pour les traits de réponse : mettre en évidence des relations entre les traits des espèces et les pratiques agricoles qui les modifient, c'est-à-dire la disponibilité en nutriments (gestion de la fertilité) et les régimes d'utilisation de la biomasse produite par la prairie (gestion de la fauche et du pâturage) ;
- pour les traits d'effet : établir des relations entre les traits des espèces et la valeur d'usage agricole ou environnementale de la prairie.

Dans la mesure où il n'existe pas des TFP universels, leur détermination est directement liée aux objectifs de l'étude (McIntyre, 1999). C'est pourquoi, dans notre contexte, on doit tout d'abord identifier les traits des espèces qui sont corrélés au niveau trophique et aux pratiques qui décrivent les gradients des facteurs du milieu. Les relations entre les gradients des deux facteurs principaux, la fertilité et la défoliation (modalités de pâturage et de fauche), les caractéristiques agronomiques de la prairie et les traits fonctionnels qui spécifient les stratégies de croissance des espèces sont schématisés sur la figure 1. Il convient de signaler que les gradients de fertilité que nous étudions dans le cadre de prairies naturelles ou semi-naturelles, ainsi que la diversité des formes de vie, sont plus réduits que ceux traités par les écologues (Reich *et al.*, 1997) dans l'étude des milieux naturels. Ceci oblige à s'assurer de la pertinence des traits choisis pour l'élaboration d'outils de diagnostic et de gestion de la végétation. Dans ce texte, nous traiterons uniquement les traits foliaires et les traits phénologiques d'espèces prairiales. Faute d'informations suffisantes actuellement, nous ne prenons pas en compte les traits de régénération, ce qui limite l'objectif de prédiction de la vitesse des changements de la végétation.

**Figure 1 : Relations entre stratégies de croissance, caractéristiques agronomiques de la végétation, biodiversité spécifique et traits biologiques des espèces en fonction des gradients de fertilité et d'intensité d'utilisation de la prairie (adapté de Duru *et al.*, 1998).**

*Figure 1 : Relationships between growth strategies, agricultural characteristics of the vegetation, specific bio-diversity and biological traits of species along fertility and biomass use gradients (adapted from Duru et al., 1998).*



## 2. Relations entre les traits de réponse et les gradients de fertilité et de défoliation

La valeur des traits de réponse dépend de la biodisponibilité en éléments nutritifs et des modalités d'utilisation de l'herbe (fréquence, intensité, stade de développement de la végétation lors de l'intervention, mode de récolte...). Il est possible de regrouper les espèces en fonction des stratégies qu'elles mettent en œuvre pour s'adapter aux différents habitats. Des exemples seront développés plus loin. Ces traits sont alors des indicateurs potentiels pour le diagnostic de tout changement de ces facteurs. Ces mêmes facteurs sont par ailleurs les leviers dont on dispose pour la gestion des changements dans la végétation des formations naturelles.

### \* Les stratégies relatives à l'acquisition des ressources

Un premier type de stratégie est relatif à l'acquisition des ressources. On peut classer les espèces selon qu'elles présentent une aptitude à l'acquisition ou au contraire à la conservation des éléments nutritifs et du carbone. Les espèces adaptées aux milieux riches (exemples parmi les graminées : *Lolium perenne*, *Arrhenatherum elatius*, etc.) ont des *stratégies de capture* de ressources. Les traits foliaires correspondants ont une surface spécifique foliaire (SSF<sup>1</sup>) élevée et une teneur en matière (TMS<sup>2</sup>) sèche faible. A l'inverse, les espèces à *stratégie de conservation*, adaptées aux milieux peu fertiles (ex. *Briza media*, *Festuca ovina*, etc.), ont une SSF faible et une TMS élevée. A ces traits foliaires sont associés d'autres moins facilement mesurables mais néanmoins importants soit du fait de leur impact agronomique, soit parce qu'ils sont plus proches des processus qui rendent compte de l'issue de la compétition pour les ressources du milieu. Ainsi, les espèces à conservation de ressources ont une durée de vie des feuilles (DVF<sup>3</sup>) plus longue, ce qui contribue à une meilleure efficacité d'utilisation des ressources minérales (EUN<sup>4</sup>) (Ryser, 1996). Cette efficacité est la résultante de deux composantes : i) la productivité d'un nutriment en particulier (quantité nécessaires à la fabrication d'une unité de biomasse), ii) son temps moyen de résidence dans les feuilles (Berendse et Aerts, 1987). La DVF étant plus longue, l'efficacité d'utilisation sera supérieure pour une même productivité de la ressource. La DVF étant fortement corrélée à la densité des tissus, et par conséquent à la TMS (Ryser, 1996), il en résulte une plus lente dégradation des litières au niveau du sol, ce qui retarde le moment où les éléments minéraux pourront être remis à disposition des végétaux. De plus, les espèces représentatives de cette stratégie ont aussi des teneurs en éléments minéraux plus faibles, des tissus plus denses et riches en fibres. A l'échelle de la plante, la résorption des nutriments, c'est-à-dire la part relative de nutriments foliaires remobilisée vers des tissus en croissance (des puits), serait supérieure dans les espèces à stratégie de conservation (Vasquez de Aldana et Geerts, 1996). Il a également été montré que, dans des conditions de croissance identiques, ces espèces présentent une phénologie plus tardive que les espèces à stratégie de capture (Cruz et al., 2002).

### \* Les stratégies relatives à l'adaptation à la défoliation

Un second type de stratégie est relatif à l'adaptation à la défoliation dans ses deux principales composantes, la fréquence et l'intensité. Les espèces présentes dans les milieux *intensément défoliés* sont tolérantes à la défoliation (ex. *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, etc.) puisque leurs méristèmes sont positionnés à proximité du sol, de façon à pouvoir émettre de nouvelles feuilles même en cas de défoliations rases (Briske, 1999). Ces mêmes espèces seraient aussi souvent adaptées à une défoliation fréquente du fait de leur durée de vie des feuilles courtes, ce qui assure un recyclage d'organes rapide. A l'opposé, les espèces présentes dans des milieux *faiblement défoliés* présenteraient une durée de vie des organes plus longue ; leurs méristèmes sont positionnés plus haut ; elles ont, à même degré de nutrition minérale, une plus grande taille et développent de ce fait des tissus de soutien, riches en fibres et en lignine, en plus grande proportion (ex. *Festuca arundinacea*, *Brachypodium pinnatum*, etc.). Par conséquent, les espèces adaptées à des défoliations fréquentes ont une SSF plus forte et une TMS plus faible que celles non tolérantes à la défoliation (Westoby, 1999). La vérification de cette hypothèse *in situ* se heurte à l'obstacle qui est la confusion fréquente des gradients de fertilité et d'utilisation

<sup>1</sup> SSF: relation entre la surface foliaire de la feuille et son poids sec (m<sup>2</sup>/kg)

<sup>2</sup> TMS : teneur en matière sèche d'une feuille saturée en eau (mg/g)

<sup>3</sup> DVF: période de temps écoulé entre l'apparition de la feuille et sa sénescence (jours ou somme de degrés jours)

<sup>4</sup> EUN : efficacité d'utilisation des nutriments

(Thérond, 2001). Ainsi, en règle générale, les communautés des milieux riches sont plus intensément utilisées et vice versa. La non-tolérance à la défoliation est encore plus marquée lorsque les espèces mettent en place des stratégies d'évitement au niveau de leur morphologie (épines) ou de leur composition (facteurs antinutritifs, composés secondaires). A l'échelle de la plante, les espèces à stratégie d'évitement ont une plus grande proportion de tiges.

### 3. Relations entre les traits d'effets et la valeur d'usage des prairies

Les caractéristiques agronomiques correspondant aux différents types de stratégies décrites, ainsi que des traits biologiques associés, sont synthétisés dans le tableau 1. D'un point de vue agronomique, des traits comme la durée de vie des feuilles ou la taille des organes peuvent être reliés à la capacité d'accumulation de biomasse au cours du temps en l'absence de sénescence. Une durée de vie des feuilles plus longue, souvent associée à une floraison retardée (Cruz *et al.*, 2002), se traduit par une meilleure efficacité de récolte en cas d'utilisation tardive car la sénescence commence plus tard que pour des espèces ayant une durée de vie des feuilles courte. Les espèces à grand développement vertical (feuilles longues) sont moins adaptées à une défoliation fréquente, et leurs tissus sont moins riches en azote et moins digestibles. Elles ont aussi une meilleure efficacité d'utilisation des minéraux, ce qui a des conséquences sur la gestion de la fertilisation, et

**Tableau 1 : Traits biologiques (en italique) et caractéristiques agronomiques associées selon les stratégies d'espèces ou des types fonctionnels de plantes relativement au niveau de ressources et au régime de défoliation.**

*Table 1 : Plant traits (italics) and agricultural characteristics grouped by plant growth strategies or plant functional types, for various fertility levels and defoliation rates.*

<b>Types de stratégie</b>	<b>Capture de ressources</b> (espèces de milieux riches)	<b>Conservation de ressources</b> (espèces de milieux pauvres)
	<b>Type A</b>	<b>Type C</b>
<b>Recyclage rapide des organes</b> (défoliation fréquente et rase)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Taux de croissance élevé</li> <li>✓ Plafond de croissance atteint rapidement</li> <li>✓ Digestibilité et teneurs en minéraux élevées</li> <li>✓ Efficacité d'utilisation des minéraux faible</li> <li>✓ Aptitude élevée au pâturage ras</li> </ul> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Surface spécifique et teneur en eau des feuilles élevées</i></li> <li>◆ <i>Durée de vie des feuilles courte</i></li> <li>◆ <i>Tissus pauvres en lignine et composés secondaires</i></li> <li>◆ <i>Phénologie précoce</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Taux de croissance faible</li> <li>✓ plafond de croissance atteint tardivement</li> <li>✓ digestibilité et teneurs en minéraux faibles</li> <li>✓ efficacité d'utilisation des minéraux élevée</li> <li>✓ moindre aptitude au pâturage ras</li> </ul> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Surface spécifique et teneur en eau des feuilles faibles</i></li> <li>◆ <i>Durée de vie des feuilles longue</i></li> <li>◆ <i>Tissus à fortes teneurs en lignine et présence de composés secondaires</i></li> <li>◆ <i>Phénologie tardive</i></li> </ul>
	<b>Type B</b>	<b>Type D</b>
<b>Recyclage lent des organes</b> (défoliation peu fréquente et/ou partielle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Taux de croissance élevé</li> <li>✓ Plafond de croissance atteint tardivement</li> <li>✓ Digestibilité et teneurs en minéraux assez élevées</li> <li>✓ Efficacité d'utilisation des minéraux moyenne</li> <li>✓ Aptitude moyenne au pâturage ras</li> </ul> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Surface spécifique et teneur en eau des feuilles élevées</i></li> <li>◆ <i>Durée de vie des feuilles longues</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Taux de croissance faible</li> <li>✓ Plafond de croissance atteint très tardivement</li> <li>✓ Digestibilité et teneurs en minéraux très faibles</li> <li>✓ Efficacité d'utilisation des minéraux très élevée</li> <li>✓ Pas d'aptitude au pâturage ras</li> </ul> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Surface spécifique et teneur en eau des feuilles faibles</i></li> <li>◆ <i>Durée de vie des feuilles très longue</i></li> </ul>

une capacité à accumuler la biomasse sur pied supérieure. Les espèces à SSF élevées sont plus digestibles, du moins au stade feuillu. A l'inverse, les espèces à TMS élevée sont moins digestibles, moins riches en protéines et minéraux (Duru, 1997b) et plus résistantes au cisaillement. Elles ont en revanche des teneurs en composés secondaires supérieurs (Mariaca, et al., 1997 ; Buchin, et al., 1998 ; Bugaud, et al., 2000 ; Bugaud, et al., 2002) dont certains peuvent être à la base de la typicité des productions animales, notamment les fromages.

Le croisement des stratégies de croissance adaptées à des régimes contrastés de pratiques agricoles (niveau trophique et défoliation) donne lieu à différents "régimes de fonctionnement" de la végétation caractérisés par les traits des espèces dominantes. On peut ainsi définir schématiquement 4 types de végétation de base, ayant des régimes de fonctionnement différents selon les relations traits-TFP décrites dans le tableau 1. A ces types correspond une première définition des valeurs d'usage de la végétation réalisée à travers la valeur des traits foliaires et phénologiques des espèces :

- Type A : Végétation précoce à forts taux de croissance mais ne permettant pas une forte accumulation de biomasse sur pied. Graminées types : *Lolium perenne*, *Poa trivialis*. La grande précocité de ces espèces permet une mise à l'herbe précoce, un pâturage fréquent et intensif (forte pression de pâturage) et l'obtention d'un foin de qualité moyennement productif.

- Type B : Végétation un peu plus tardive permettant une forte accumulation de biomasse sur pied (production nette supérieure). Graminées types : *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*. La souplesse d'exploitation permet l'obtention d'un foin précoce de haute qualité avant épiaison et sur le regain, ou de forte productivité lors de fauches tardives.

- Type C : Végétation plus tardive et de moindre qualité. Graminées types : *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*. Les foins de type feuillu sont moins productifs. Végétation adaptée à un pâturage assez intensif mais peu exigeant en qualité.

- Type D : Végétation à phénologie tardive nécessitant une sélection par l'animal. Graminées types : *Briza media*, *Brachypodium pinnatum*. Grande souplesse d'exploitation en pâturage permise par les longues durées de vie des feuilles ; production de biomasse moyenne à élevée non adaptée à la fauche à foin.

## Conditions d'utilisation des traits foliaires pour caractériser des types fonctionnels

Nous discutons ci-dessous des conditions à respecter en vue d'une application pratique de la méthode pour caractériser la valeur d'usage des prairies. Elles sont différentes selon que les traits sont mesurés, ou bien que l'on mobilise une base de données.

Les traits foliaires, plus particulièrement la SSF et la TMS (appelés "traits légers" car plus faciles à mesurer), ainsi que les traits phénologiques sont de bons indicateurs des différentes stratégies de croissance et de la valeur d'usage des TFP correspondants. Cette conjonction permet de les considérer simultanément comme des traits de réponse et d'effet. Ils sont bien corrélés à des traits appelés "lourds", plus difficiles à mesurer, mais qui décrivent bien les fonctions de base des végétaux telles que l'assimilation de CO<sub>2</sub> et l'acquisition des nutriments (Ryser et Lambers, 1995). La durée de vie des feuilles (DVF), un autre trait foliaire, est un descripteur pertinent du régime de fonctionnement des prairies. Néanmoins, elle ne peut être mobilisée dans les outils de diagnostic ou de gestion que si des bases de données spécifiques sont disponibles, car sa mesure est longue et fastidieuse sur le terrain, y compris dans le cadre d'un travail de recherche.

L'utilisation de la SSF et de la TMS pour décrire des gradients de fertilité et des modalités d'utilisation nécessite quelques considérations vis-à-vis de leur protocole de mesure, de leur calcul à l'échelle d'une communauté d'espèces et de l'application des valeurs mesurées ou provenant des bases de données de traits.

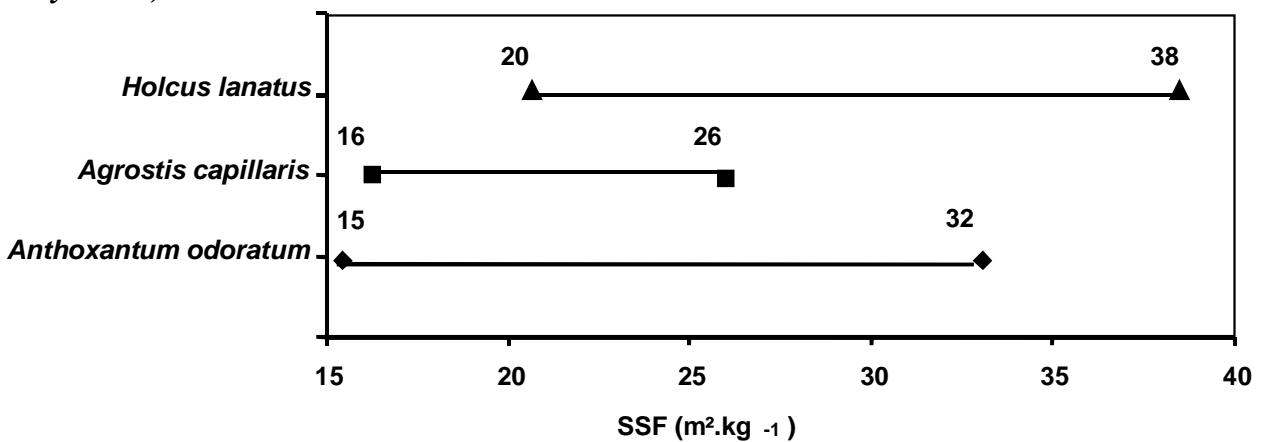
### 1. Variabilité génétique et plasticité des traits pour l'utilisation de bases de données

Etablir un diagnostic au niveau d'une communauté végétale implique de considérer l'ensemble des espèces ou du moins celles qui sont dominantes. Ceci ne permet pas de différencier les effets de la plasticité (définie à l'échelle des individus) de ceux de la variabilité génétique intraspécifique (définie à l'échelle des populations). Malgré la variation intraspécifique des valeurs des traits en fonction des gradients environnementaux (figure 2), ce qui est important est l'aptitude d'un trait à classer les espèces d'une manière identique quelles que

soient les caractéristiques d'habitat. La figure 3 montre la stabilité du classement obtenu par la TMS mesurée sur cinq espèces ayant des stratégies de croissance différentes et cultivées dans des conditions de nutrition minérale (N et P) très contrastées. En conséquence, la TMS s'avère un trait foliaire très pertinent pour le classement d'espèces tout au long d'un gradient de fertilité. Ainsi, des mesures de TMS réalisées dans des conditions standardisées permettent d'identifier la préférence d'habitats plus ou moins fertiles des différentes espèces. La SSF présente une plus forte variabilité intraspécifique. Néanmoins, Garnier *et al.* (2001a) concluent que ce trait présente l'avantage d'avoir une signification fonctionnelle plus évidente que la TMS car elle est plus liée à des processus tels que l'assimilation foliaire de CO<sub>2</sub>.

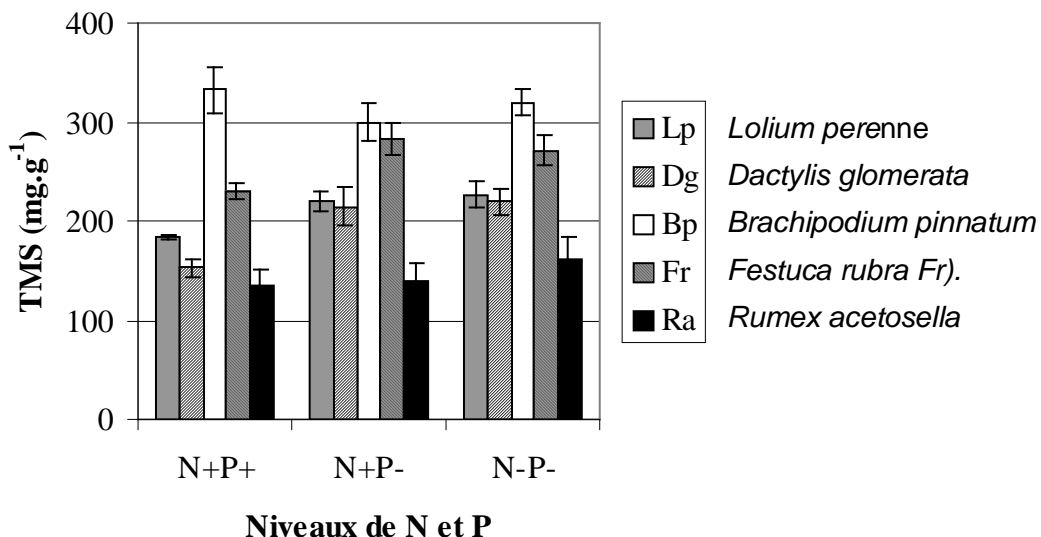
**Figure 2 : Plage des valeurs (variabilité intraspécifique) de la surface spécifique foliaire mesurée sur trois espèces de graminées dans des prairies naturelles de moyenne montagne (Ariège, Pyrénées Centrales).**

*Figure 2 : Range (intraspecific variation) of leaf specific area values for three grass species as measured in natural mountain grasslands at medium altitude (Ariège, Central Pyrenees).*



**Figure 3 : Classement d'espèces à stratégies de croissance opposées par la teneur en matière sèche des limbes : stratégie de capture (Lp, Dg et Ra) ou de conservation (Bp et Fr) de ressources (niveaux de P et N de la solution nutritive : N+, 8 mMol/l ; N-, 0,5 mMol/l ; P+: 130 µMol/l ; P-: 4 µMol/l ; Cruz, données non publiées).**

*Figure 3 : Ranking of species with different growth strategies, indicated by divergent blade dry-matter contents : resource capture strategy (Lp, Dg et Ra) or conservation strategy (Bp et Fr) (P and N levels in the nutrient solution : N+ : 8 mMol/l ; N- : 0,5 mMol/l ; P+ : 130 µMol/l ; P- : 4 µMol/l ; Cruz, unpublished data).*





## 2. La mesure des traits foliaires et la variabilité interspécifique

Le protocole standard de mesure de la SSF et de la TMS a été décrit par Garnier *et al.* (2001b). Il s'agit de mesures réalisées sur le limbe réhydraté de la dernière feuille adulte (dernière feuille ligulée chez les graminées). Pour utiliser les traits foliaires comme outil de diagnostic, il importe de savoir si, lorsque les traits caractéristiques d'une espèce donnée varient en fonction de l'habitat, les caractéristiques définissant la valeur d'usage agricole varient également. Des résultats obtenus sur une graminée très ubiquiste comme le dactyle montrent que lorsque la disponibilité en azote du milieu diminue :

- i/ la teneur en azote de la plante diminue fortement (contrairement à une espèce comme le brachypode dont les teneurs dépendent peu des ressources ; Sire, 2000) ;
- ii/ la teneur en matière sèche et la durée de vie des feuilles augmentent légèrement (Duru et Ducrocq, 2000) ;
- iii/ leur digestibilité diminue (Duru et Ducrocq, 2002).

Toutefois, dans une même situation, les valeurs de TMS resteront inférieures à celles de la fétuque rouge. Une augmentation de la hauteur de défoliation se traduira aussi par des feuilles plus longues et moins digestibles, et dans ce cas la date à laquelle le plafond de croissance est atteint sera retardée.

## 3. Participation des formes de vie aux valeurs des traits établis au niveau d'une communauté

### \* De l'espèce au peuplement...

Les travaux destinés à l'établissement de groupes fonctionnels pour les végétations naturelles prennent en compte soit la totalité des espèces de la communauté (Lavorel *et al.* 1999), soit celles qui représentent la plus grosse partie de la biomasse, généralement supérieure à 80% (Théron, 2001). Les traits choisis *a priori* pour décrire les relations entre les espèces et leur préférence d'habitats (niveaux de fertilité et d'utilisation), ou pour déterminer la valeur d'usage de la communauté, ne peuvent pas être appliqués à l'ensemble de la végétation. En effet, la gamme de valeurs des traits met en évidence des gros écarts entre les différentes formes de vie. Nous entendons par forme de vie des regroupements qui peuvent être basés sur des critères mixtes, par exemple taxonomiques (ex. : les graminées), morphologiques (ex. : les espèces en rosette) et physiologiques (ex. : les espèces fixatrices de l'azote atmosphérique).

Une telle sous-division de la végétation permet d'analyser des groupes d'espèces plus homogènes quant à leurs fonctions et propriétés. Les différentes formes de vie peuvent présenter des valeurs moyennes et des variances différentes pour un trait donné, de telle sorte que tout changement de leur contribution relative biaiserait la valeur pondérale du trait estimé à l'échelle de la communauté. C'est le cas de l'augmentation de la biomasse relative des légumineuses dans les milieux à faible fertilité qui entraîne une hausse de la valeur pondérale de la teneur en azote des feuilles de la communauté, ce qui est à l'opposé de la variation attendue pour ce trait.

### \* Quatre formes de vie principales

Si l'on exclut les espèces ligneuses, les fougères et les mousses, nous considérons que la plupart des prairies contiennent quatre formes de vie dominantes, les graminées, les légumineuses, les "rosettes" et les "autres dicotylédones". Nous faisons la différence entre ces deux dernières formes de vie selon l'investissement dans la morphogenèse aérienne que l'espèce fait au stade végétatif (travaux en cours). A la différence des plantes en rosette (pissenlit, plantains, centaurées), à ce stade, les "autres dicotylédones" présentent des tiges (véroniques, stellaires) ou ont une forte proportion de tissus foliaires de structure, c'est-à-dire des pétioles importants (cerfeuil doré, grande berce) ou des feuilles composées (achillées, boucages). Les différentes gammes des valeurs de TMS pour les quatre formes de vie citées précédemment sont illustrées par la figure 4. On observe que les formes de vie telles que graminées et rosettes ne partagent aucune valeur commune. Ainsi les valeurs de TMS les plus fortes chez les rosettes, qui décrivent une adaptation aux milieux pauvres, sont plus faibles que les valeurs les plus faibles de TMS chez les graminées qui, elles, décrivent une adaptation aux milieux riches. De ce fait, l'utilisation conjointe des valeurs de ces deux formes de vie ne permet pas de faire la part entre les variations de valeur dues aux gradients du facteur analysé (fertilité du milieu dans notre exemple) et celles dues aux variations dans la proportion de ces formes de vie.

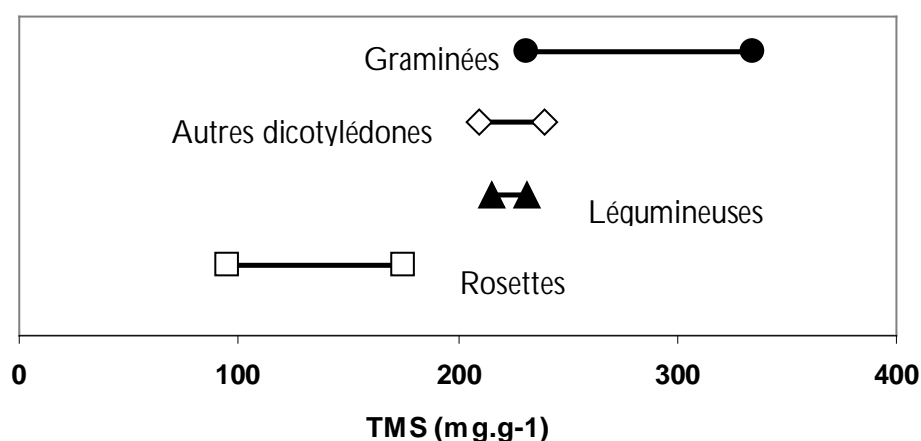
Pour le diagnostic, nous proposons de se limiter aux seules populations de graminées. Le choix de cette forme de vie est basé sur plusieurs critères :

- une large gamme de valeurs de traits (figure 4),
- une homogénéité structurale qui lui confère l'appartenance à une seule famille botanique,
- leur importante contribution à la biomasse des prairies naturelles (le plus souvent entre 50 et 80% pour les prairies des différentes régions où nous avons travaillé).

Dans la mesure où il a été montré que les autres formes de vie associées aux graminées tendent à présenter des réponses similaires en termes de réponse aux gradients de fertilité, qu'il s'agisse de digestibilité (Duru, 1997a) ou de composition morphologique (Calvière et Duru, 1999), on fait l'hypothèse que l'information fournie par le diagnostic réalisé sur les graminées informe aussi sur la valeur d'usage de l'ensemble de la végétation. Cette hypothèse est en cours de validation dans d'autres situations.

**Figure 4 : Différentiation entre les gammes de teneur en matière sèche des limbes pour les différentes formes de vie. Valeurs mesurées dans des prairies naturelles de moyenne montagne (Ariège, Pyrénées Centrales).**

*Figure 4 : Range of blade dry-matter contents in different plant life forms, as measured in natural mountain grasslands at medium altitude (Ariège, Central Pyrenees).*



#### 4. Prise en compte ou non de l'abondance spécifique

Au sein d'une communauté, les valeurs de traits foliaires des graminées, qu'elles soient mesurées ou mobilisées à partir de bases de données de traits, peuvent être exprimées de deux manières distinctes : en pondérant la valeur de chaque espèce par son abondance ou en calculant une simple moyenne non pondérée.

Des variations dans les conditions du milieu ou dans les pratiques d'utilisation de la prairie entraînent le plus souvent d'abord des changements dans l'abondance des espèces puis dans la composition botanique, ce qui est la résultante du recrutement de nouvelles espèces et la disparition d'autres. Chaque changement de gestion entraîne tout d'abord, et presque systématiquement, une modification de la structure et de la morphologie des espèces, ainsi que de la quantité et la qualité de la biomasse (Loiseau *et al.*, 1998). Le changement de la composition botanique des prairies se produit généralement plus tard en raison de sa plus forte résilience (Loiseau, 1983).

A l'heure actuelle, les résultats ne nous permettent pas de trancher définitivement pour l'expression pondérée ou non pondérée des valeurs des traits. Notons toutefois que la pondération peut être plus importante dans la phase de changement des abondances spécifiques. A l'opposé, une fois produit le changement de la composition spécifique, la non prise en compte de l'abondance permettrait de donner plus de poids aux nouvelles espèces " indicatrices " de la nouvelle situation, notamment quand elles ne sont pas dominantes.

## Application pour le diagnostic de la valeur d'usage agricole

### \* Deux méthodes...

L'analyse critique des relations entre caractéristiques d'habitat, traits d'espèces et valeur d'usage, permet de construire les bases de deux méthodes de diagnostic. L'une serait construite sur la mesure de traits foliaires facilement accessibles, comme la TMS et dans une certaine mesure la SSF. Elle dispense de la réalisation d'un relevé botanique complet car les mesures peuvent être faites sur les populations de graminées présentes dans la prairie. Dans ce cas, il ne serait pas nécessaire d'identifier botaniquement les espèces, mais seulement de les distinguer et puis de mesurer leurs traits.

L'autre méthode serait basée sur un relevé (préexistant ou pas) de la composition botanique dont l'interprétation s'appuierait sur l'utilisation de valeurs de traits issus des bases de données "traits d'espèces" (pouvant inclure des traits difficilement mesurables). Nous avons rappelé en introduction qu'actuellement les relevés botaniques fournissent plus une information sur les habitats et les pratiques que sur la valeur d'usage, ou bien que cette valeur n'est établie qu'en des termes très empiriques et non généraux (valeur pastorale). Les expérimentations en cours permettent de construire des bases de données (travaux de E. Garnier au CEFÉ-CNRS, Montpellier) qui pourront être utilisées pour approfondir de tels diagnostics. Ainsi, il est possible d'associer aux espèces des traits foliaires et phénologiques qui peuvent informer certes sur les caractéristiques de l'habitat étudié (traits de réponse) mais aussi, ce qui est nouveau, sur sa valeur d'usage (traits d'effet).

Dans les deux cas, la contribution de chaque espèce doit être estimée si le diagnostic est réalisé sur des valeurs pondérées des traits foliaires. Des méthodes simplifiées (méthode des poignées; de Vries et de Boer, 1959) ou visuelles non destructives pourront être privilégiées afin d'éviter de trier les espèces. Si l'on dispose des données de relevés botaniques classiques, il est possible d'en tirer un parti plus approfondi en mobilisant une base de données.

### \* Deux exemples...

Les exemples qui suivent traduisent la possibilité de valoriser des résultats d'anciens dispositifs expérimentaux pour lesquels nous disposons à la fois de relevés de végétation et de données sur la croissance et la composition de la biomasse.

**Tableau 2 : Relations entre traits foliaires et caractéristiques de la végétation (d'après Duru et al., 1994), suivant la pondération ou non par l'abondance des espèces, pour 4 communautés ayant des apports de fertilisants et des régimes de fauche différenciés depuis plus de 10 ans.**

*Table 2 : Relationships between foliar traits and vegetation characteristics (after Duru et al. 1994) either weighted or not weighted by species abundance, in four communities differing by the fertilizer treatment or the mowing rates applied to them for the last ten years.*

Communauté	Traits foliaires*				Caractéristiques de la végétation fin mai		
	SSFP	SSFnp	TMSp	TMSnp	Nombre d'espèces	Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	Digestibilité (g/100g)
<b>B</b>	27,4	28,0	249	248	29	264	84
<b>M</b>	26,5	27,3	255	257	43	124	81
<b>C</b>	25,9	24,8	260	258	57	110	80
<b>P</b>	24,1	21,2	267	278	45	581	

\* SSF : surface spécifique foliaire ; TMS : teneur en matière sèche

La comparaison de 4 communautés quasiment contiguës, mais très différentes par leur histoire culturale (fertilisation et date de fauche) montre que les classements établis à partir de traits foliaires, du nombre d'espèces et de la biomasse récoltée à une même date sont cohérents et varient dans le sens attendu (tableau 2). Les écarts entre communautés sont les plus marqués lorsqu'on considère les surfaces foliaires spécifiques non pondérées.

Une autre expérience relate le cas d'une communauté soumise à différents régimes d'apports de P et N durant plusieurs années consécutives (tableau 3). Il apparaît dans ce cas, que c'est la SSF pondérée qui discrimine le mieux les végétations correspondantes. Pour les 7 situations, on a un  $r^2$  de 0,87 ( $p < 0,001$ ) avec la production de biomasse et de 0,97 ( $p < 0,001$ ) avec le nombre d'espèces. La relation avec la digestibilité calculée pour un plus grand nombre de situations montre aussi une relation très significative ( $r^2 = 0,99$ ,  $p < 0,001$ ).

Lorsqu'on utilise des valeurs de traits issues d'une base de données, ces tous premiers résultats montrent que la SSF est un meilleur indicateur des caractéristiques agronomiques que la TMS. Il apparaît également que, pour les communautés à l'équilibre, le calcul d'un trait moyen, sans tenir compte de l'abondance des espèces, discrimine le mieux les communautés, alors que pour les communautés soumises à des perturbations récentes, c'est la valeur du trait pondéré par l'abondance des espèces qui permet de mieux caractériser les différences.

**Tableau 3 : Relations entre traits foliaires et caractéristiques de la végétation (d'après Calvière et Duru, 2000) pour les différents traitements d'une même communauté soumise à des fertilisations N et P de niveaux et de durée variables.**

*Table 3 : Relationships between foliar traits and vegetation characteristics (after Calvière and Duru, 2000) for the various treatments in the same community to which different levels and durations of P and N fertilization had been applied.*

Traitements P-N*	Traits foliaires*				Caractéristiques de la végétation fin mai	
	SSFp	SSFnp	TMSp	TMSnp	Nombre d'espèces	Biomasse (g/m <sup>2</sup> )
P [1 an] - N [0 an]	20,6	23,6	265	261	31	254
P [0 an] - N [0 an]	20,0	23,7	258	255	38	130
P [0 an] - N [1 an]	20,4	24,6	260	256	38	234
P [5 ans] - N [1 an]	25,2	25,6	251	256	31	621
P [0 an] - N [0 an]	20,7	24,1	267	259	32	228
P [6 ans] - N [0 an]	23,8	24,6	267	256	29	390
P [2 ans] - N [0 an]	21,6	24,2	268	258	30	308

\* Apports annuels de 60 kg P/ha et de 120 kg N/ha, quand ils ont lieu  
SSF : surface spécifique foliaire ; TMS : teneur en matière sèche

### Conclusion : perspectives pour le diagnostic en vue du maintien de la valeur d'usage d'une prairie ou de la gestion de son changement

En conclusion, nous analysons en quoi l'approche proposée pourrait être étendue pour passer d'une caractérisation de la valeur d'usage à une gestion de son changement. Rappelons que les facteurs qui sont décrits par les traits de réponse, i.e. la biodisponibilité en éléments nutritifs et le régime de défoliation, sont aussi les leviers dont on dispose pour la gestion de la végétation des prairies naturelles. Tout changement de pratique agricole qui modifie l'état de ces facteurs entraînera donc une variation dans la valeur des traits. Le sens de ces variations est décrit par le tableau 4. Inversement, il est donc possible de classer des situations tout au long d'un gradient ou de connaître le sens de variation d'une situation donnée par un suivi dans le temps de la valeur des traits. Après avoir fixé une valeur d'usage et un objectif à atteindre, le changement de la végétation peut être géré en jouant sur les niveaux de fertilité ou d'utilisation de manière à faire évoluer les valeurs des traits foliaires dans le sens qui permettra d'approcher la nouvelle valeur d'usage recherchée. Par

exemple, l'objectif d'un gain dans la souplesse d'exploitation de l'herbe nécessite des espèces ayant une longue durée de vie des feuilles. Considérant que ce trait est fortement corrélé à la teneur en matière sèche (TMS) (Ryser, 1996), une réduction du taux d'utilisation (ceci à même niveau de fertilité) devrait permettre d'atteindre l'objectif que l'on s'est fixé.

**Tableau 4 : Réponse des traits foliaires et phénologiques face aux augmentations de la disponibilité en nutriments du milieu (F) et de l'intensité d'utilisation (U) de la biomasse produite.**

*Table 4 : Response of leaf and phenological traits to increases in available nutrients (F) and in intensity of bio-mass use (U).*

	Variation quand F á	Variation quand U á
<b>Traits foliaires</b>		
SSF	á [KNOPS & REINHART (2000)]	á [WESTOBY (1999), LOUAULT <i>et al.</i> (2002)]
TMS	â [RYSER & LAMBERS (1995)]	â [LOUAULT <i>et al.</i> (2002)]
%N	á [MAMOLOS A.P. <i>et al.</i> , (1995)]	?
DVF	â [RYSER (1996)]	â ?
<b>Traits phénologiques</b>		
Précocité	á [CRUZ <i>et al.</i> (2002)]	â [LOUAULT <i>et al.</i> (2002)]

Néanmoins, cette méthode de diagnostic n'informe pas sur la vitesse des changements, de sorte que toute prédiction temporelle de l'évolution n'est pas possible ou est peu précise. De même, la dynamique précise d'espèces clefs au niveau agricole (espèces indésirables) ou environnemental (espèces d'intérêt patrimonial) ne peut être prédite. Pour réaliser une telle prédiction, il sera nécessaire de coupler l'information donnée par les traits présentés à celle des traits reproductifs. Ces derniers, non mesurables en routine, permettent de caractériser les stratégies de régénération (sexuée, clonale) des espèces présentes et aussi d'estimer le potentiel de recrutement de nouvelles espèces.

A notre connaissance, la construction de modèles démographiques destinés à simuler la dynamique de population d'un groupe d'espèces partageant une stratégie de régénération commune (ex. : espèces à floraison précoce et banque de graines non persistantes) n'a pas été expérimenté. L'identification des stratégies de régénération des espèces au travers de traits phénologiques et de régénération (précocité de production de graines, saison de germination, taux de tallage, type de dispersion, etc.) favoriserait l'aide au conseil sur les pratiques de conduite de la défoliation (par ex. date et intensité) et de la fertilité (par ex. arrêt ou non de l'apport de fumier) destinées à favoriser ou pénaliser un groupe d'espèces en particulier. Pour cela, la simulation de la dynamique de population de ce groupe d'espèces sera nécessaire, d'où l'intérêt de développer des modèles démographiques à l'échelle d'un type fonctionnel de plante (TFP).

Dans la recherche d'une nouvelle valeur d'usage de la prairie, la gestion de la trajectoire de changement de la végétation peut se heurter à l'absence dans le réservoir de propagules du milieu (graines, rhizomes...) d'espèces ou de TFP ayant les caractéristiques souhaitées. Dans ce cas, le recours au sursemis d'une espèce ou d'un TFP peut s'avérer une pratique nécessaire et sa réussite dépendra en grande mesure de la connaissance du fonctionnement écologique des espèces ou TFP choisies. L'approche par les traits prend alors toute sa dimension grâce aux relations établies entre les caractéristiques définissant la valeur d'usage de la végétation et les traits biologiques qui décrivent les stratégies de croissance et de régénération des espèces qui lui sont propres.

Enfin, en amont de son intérêt opérationnel, cette approche présente un intérêt pédagogique dans la mesure où elle permet une meilleure compréhension des relations entre pratiques agricoles et valeurs d'usage des prairies à flore complexe.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Balent G. (1991) : "Construction of a reference frame for studying the changes in specific composition in grasslands", *Options Méditerranéennes*, 15, 73-81.
- Bellon S., Girard N., Guérin 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 biologically meaningful definition ?", *Functional Ecology*, 1, 293-296.
- Briske D.D. (1999) : "Plant traits determining grazing resistance : why have they so elusive ?", *Proc. Vth Int. Rangeland Cong.*, Townsville, Australia, vol 2, 896-901.
- 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 and Forage Sci.*, 54, 255-266.
- Brau-Nogué C. (1996) : *Dynamique des pelouses d'alpages laitiers des Alpes du Nord externes*, thèse de doctorat, Université J. Fourier, Grenoble, 187p.
- Buchin S., Martin B., Dupont D., Bornard A., Achilleos C. (1998) : "Influence of composition of Alpine highland pastures on the chemical, rheological and sensory properties of chreese", *J. Dairy Res.*, 66, 579-588
- Bugaud C., Bornard A., Hauwuy A., Martin B., Salmon J.C., Tessier L., Buchin S. (2000) : "Relation entre la composition botanique des végétations de montagne et leur composition en composés volatils", *Fourrages*, 162, 141-155.
- Bugaud C., Buchin S., Hauwuy A., Coulon J.B. (2002) : "Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'Abondance", *Productions animales*, 2002, 15 (1), 31-36.
- Cruz P., Sire P., Al Haj Kamhed R., Theau J.P., Therond O., Duru M. (2002) : "Plant functional traits related to growth strategies and habitat preference of native grass populations", *Proc. 19th Eur. Grassl. Fed.*, La Rochelle, France, 776-777.
- Daget P., Poissonet J. (1969) : "*Analyse phytologique des prairies ; applications agronomiques*", CNRS, Cepe de Montpellier, document n° 50, 67p.
- de Vries D.M., de Boer T. (1959) : "Methodes used in botanical grassland research in the Netherlands and their application", *Herb. Abst.*, 27, 1.
- Duru M. (1997a) : "Digestibilité des espèces et communautés prairiales en fonction de la masse surfacique des limbes", *Fourrages*, 149, 55-67.
- Duru M. (1997b) : "Leaf and stem in vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring", *J. Science Food Agriculture*, 74, 175-185.
- Duru M., Ducrocq H. (2000) : "Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime", *Ann. Bot.*, 85, 645-653.
- Duru M., Ducrocq H. (2002) : "A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation", *Crop Science*, 42, 214-223.
- Duru M., Balent G., Langlet A. (1994) : "Mineral nutrition status and botanical composition of pastures. I - Effect on herbage accumulation", *European Journal of Agronomy*, 3(1), 43-51.
- Duru M., Balent G., Gibon A., Magda D., Theau J.P., Cruz P., Jouany C. (1998) : "Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales", *Fourrages*, 153, 97-113.
- Garnier E., Laurent G., Bellmann A., Debian S., Berthelie P., Ducout B., Roumet C., Navas, M.L. (2001a) : "Consistency of species ranking based on functional traits", *New Phytol.*, 152, 69-83.
- Garnier E., Shipley B., Roumet C., Laurent G. (2001b) : "A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content", *Functional Ecol.*, 15, 688-695.
- Gitay H., Noble I.R. (1997) : "What are functional types and how should we seek them ?", Smith, T.M., Shugart, H.H., Woodward, F.I. (eds.), *Plant functional types : Their relevance to ecosystem properties and global changes*, Cambridge University Press, Cambridge, 3-19.
- Goldberg D.E. (1997) : "Competitive ability : definitions, contingency and related traits", J. Silverstown, M. Franco, J.L. Harper (eds.), *Plant life histories*, Cambridge University Press, 283-306.
- Hooper D.U., Vitousek P.M. (1997) : "The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes", *Science*, 272, 1302-1305.
- Jeannin B., Fleury F., Dorioz 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, 379-398.

- Knops J.M.H, Reinhart K. (2000) : "Specific leaf area along a nitrogen fertilisation gradient", *American Midland Naturalist*, 144, 265-272.
- Lavorel S., Rochette C., Lebreton J.D. (1999) : "Functional groups for response to disturbance in Mediterranean old fields", *Oikos*, 84, 480-498.
- Loiseau, P. (1983) : "Un puissant outil d'amélioration des parcours: le parage nocturne", *Agronomie*, 3, 375-385.
- Loiseau P., Louault F., L'Homme G. (1998) : "Gestion des écosystèmes pâturés en situation extensive : apports de l'écologie fonctionnelle et perspectives de recherches appliquées en moyenne montagne humide", *Ann. Zoot.*, 47, 395-406.
- Louault F., Soussana J.F., Perrodin M. (2002) : "Long-term effects of a reduced herbage use in a semi-natural grassland. I. Plant functional traits and plant response groups", *Proc. 19th Eur. Grassl. Fed.*, La Rochelle, France, 338-339.
- Mamolos A.P., Veresoglou D.S., Barbayiannis N. (1995) : "Plant species abundance and tissue concentrations of limiting in low-nutrients grasslands : a test of competition theory", *J. Ecol.*, 83, 485-495.
- Mariaca R., Berger T., Gauch R., Imhof M.I., Jeangros B., Bosset J.O. (1997) : "Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highlands and lowlands plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products", *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4423-4434.
- McIntyre S. (1999) : "Plant functional types – recent history and current developments", *Proc. VIth Int. Rangeland Cong.*, Townsville, Australia, vol. 2, 891-893.
- 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.
- Reich P.B., Walters M.B., Ellsworth D.S. (1997) : "From tropics to tundra : global convergence in plant functioning", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94, 13730-13734.
- Ryser P. (1996) : "The importance of tissue density for growth and life span of leaves and roots : a comparaison of five ecologically contrasting grasses", *Func. Ecol.*, 10, 717-723.
- Ryser P., Lambers H. (1995) : "Root and leaf attributes accounting for the performance of fast- and low-growing grasses at different nutrient supply", *Plant and Soil*, 170, 251-265.
- Sire P. (2000) : *Relations entre traits foliaires et stratégies d'utilisation des ressources du milieu*, DUT Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 27p.
- Théron O. (2001) : *Etude de la dynamique de la végétation des prairies naturelles: détermination des groupes fonctionnels dans un contexte agronomique*, DAA ENSA Rennes, 43p.
- Vasquez de Aldana B.R, Geerts R.H.E.M. (1996) : "Nitrogen losses from perennial grass species", *Oecologia*, 106, 137-143
- Westoby M. (1999) : "The LHS strategy scheme in relation to grazing and fire", *Proc. VIth Int. Rangeland Cong.*, Townsville, Australia, vol. 2, 893-896.

## SUMMARY

### **A new approach to the characterization of natural grasslands and their use value**

The management of natural grassland is based on a good knowledge of their vegetation, but this is time-consuming and requires botanical expertise. A new, lighter, approach is now proposed, involving the grouping together of the forage species according to functional types based on biological features.

The vegetation of natural grasslands can be described in a simpler way than by its botanical composition, thanks to the constitution of groups of species with similar functions, sharing some common biological features (traits). These functional groups are called response groups or effect groups according to whether they are defined by their response to the variations of environmental factors or by their effect on the workings of the grassland eco-system. Foliar traits such as the leaf specific area, leaf dry-matter content and leaf life span can be utilized for the definition of the dominant functional types in the grassland. They can be used to classify the plant formations according to fertility gradients or utilization gradients, and to ascertain their agricultural and/or environmental value. The principles of the method are presented, as well as its adaptation to cases where the vegetation is complex and strongly affected by man. The applications and limits are discussed.