

Herb'type[©] : un nouvel outil pour évaluer les services de production fournis par les prairies permanentes

M. DURU, P. CRUZ, C. JOUANY, J.-P. THEAU

INRA, UMR1248 AGIR, Agrosystèmes et Développement Territorial, F-31326 Castanet-Tolosan, France

ENSAT, AGIR, Agrosystèmes et Développement Territorial, F-31326 Castanet-Tolosan, France

Courriel : mduru@toulouse.inra.fr

La valeur d'usage agricole des prairies permanentes nécessite d'être mieux connue de façon à valoriser pleinement les services de production qu'elles peuvent fournir. Évaluer ces services suppose de disposer d'une méthode robuste et simple pour caractériser la grande diversité des prairies selon des critères qui font sens pour les éleveurs. Telle est la fonction d'Herb'type[©].

Les prairies permanentes, qu'elles aient été semées ou non représentent en Europe une surface importante ; en France, en 2003, les deux tiers des surfaces toujours en herbe sont des prairies permanentes, soit environ 6,7 millions d'hectares (Huyghe 2009). Leur importance est relativement plus grande dans les zones défavorisées, par exemple en montagne où les contraintes du milieu rendent inévitable ce type d'utilisation du territoire (Marriott *et al* 2004). En outre, elles sont importantes pour les agriculteurs investis dans une démarche d'agriculture durable et/ou biologique.

La montée en puissance des enjeux environnementaux a conduit les chercheurs à distinguer plusieurs types de services rendus par la biodiversité, notamment celle des prairies. Trois types de services sont distingués : *i*) les services de production qui contribuent au revenu agricole, correspondent à la valeur d'usage agricole (ensemble des propriétés agronomiques de la végétation lui conférant une capacité particulière à remplir une fonction donnée dans le système élevage) ; *ii*) les services intrants contribuent à la fourniture de ressources et au maintien des supports physico-chimiques de la production agricole ; *iii*) les services produits hors revenu agricole direct incluent le contrôle de la qualité des eaux, la séquestration du carbone ou la valeur esthétique des paysages notamment (Leroux 2008). L'usage agricole des prairies par la fauche et/ou le pâturage

est incontournable pour assurer ces services, mais il n'est pas certain qu'une même pratique permette de tous les satisfaire. Nous nous limitons ici aux services de production qui sont mal connus faute de disposer de méthodes robustes et simples d'emploi ; deux conditions nécessaires à leur appropriation (Ansquer *et al* 2008).

Alors que pour des prairies monospécifiques semées étaient développées des connaissances génériques sur des bases écophysiologiques (Lemaire et Millard 1999), les connaissances disponibles pour caractériser les prairies riches en espèces étaient jusqu'à récemment plus empiriques. Il s'agissait le plus souvent de typologies, construites principalement sur des critères taxonomiques (Daget et Poissonet 1971, Peeters et Lambert 1990, Vivier 1990), ou physiologiques (Jeannin *et al* 1991, Jeangros *et al* 1991) couplées à des caractéristiques du milieu (Daccord 1991, Plantureux *et al* 1992). 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 différents selon les régions (Roggero *et al* 2002). 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 sont révélées 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.

Depuis une dizaine d'années, nous avons opté pour une méthode basée sur des concepts de l'écologie fonctionnelle afin de dépasser certaines des limites présentées ci-dessus. La classification fonctionnelle des communautés végétales repose sur la caractérisation des espèces qui les composent sur la base d'attributs morphologiques, physiologiques, phénologiques et/ou démographiques, appelés traits de vie. Ces traits permettent de regrouper des espèces présentant un fonctionnement similaire sans pour autant présenter de lien de parenté taxonomique (Gitay et Noble 1997). Dès les années 2000, cette approche fonctionnelle nous avait semblé appropriée pour modéliser les relations entre pratiques et fonctionnement/propriétés de la végétation prairiale à condition d'adapter la méthode aux échelles d'espace et de temps pertinentes de gestion des prairies dans les systèmes d'élevage (Cruz *et al* 2002). Au cours de cette dizaine d'années, le travail en partenariat étroit avec des conseillers agricoles, des enseignants et des éleveurs nous a permis de passer d'une intuition et de concepts à un outil

¹ Copyright © INRA, équipe Orphée.

opérationnel *Herb'type* pour qualifier la valeur d'usage agricole des prairies à partir de la composition fonctionnelle de la végétation.

Quatre composantes de la valeur d'usage ont été identifiées comme importantes à instruire dans les élevages :

- la productivité (quantité de biomasse produite par unité de surface et unité de temps) : en élevage, notamment pour l'utilisation des prairies par le pâturage, ce n'est pas tant la quantité produite que la vitesse d'accumulation de biomasse qui importe (Lemaire 1991) ;

- la digestibilité de l'herbe offerte, composante importante de la valeur nutritive (Demarquilly 1989) ;

- la temporalité de production (temps de repousse où le maximum de biomasse sur pied est atteint) : elle est rythmée par le stade phénologique au cours de la phase reproductive et la durée de vie des feuilles au cours de la phase végétative (Ansquer *et al* 2009a) ; la date d'utilisation relativement à ces repères impacte la production de biomasse (phase reproductive) et la quantité de feuilles passant en litière ;

- la souplesse d'utilisation, c'est-à-dire la possibilité de faire varier les dates de récolte sans trop modifier la quantité et la qualité de la ressource ; c'est en quelque sorte une potentialité de la végétation qui confère de la flexibilité pour son utilisation (Duru *et al* 2010b). Cette propriété est souvent évoquée en élevage compte tenu des tensions fréquentes au niveau de l'organisation du travail alors qu'elle est peu instruite (Bellon *et al* 1995).

Pour que des connaissances soient formalisées en un outil, Cerf et Meynard (2006) indiquent que ce dernier doit comprendre quatre composantes : *i*) un support matériel qui peut être une règle, un tableur, etc., *ii*) des procédures de l'enregistrement des données, *iii*) des procédures d'agrégation des données à des niveaux appropriés, *iv*) des règles d'interprétation des résultats permettant de formuler des recommandations.

L'objectif de cet article est de résumer les bases scientifiques de l'outil d'évaluation de la valeur d'usage agricole (première partie), puis d'en présenter les différentes composantes opérationnelles (deuxième partie). Dans une troisième partie, sont présentées quelques illustrations à différentes échelles (parcelle, système fourrager) comme éléments d'évaluation et pour montrer quelques potentialités de l'outil. Enfin, nous discutons de ses qualités et de ses limites.

1 / Bases agro-écologiques de l'outil *Herb'type*

1.1 / Définition des stratégies de plantes pour caractériser les propriétés des communautés végétales

Le principe consiste à remplacer une liste relativement longue de noms d'espèces observées dans une prairie par la valeur d'un ou plusieurs attributs qui renseignent à la fois sur la réponse des espèces aux variations des facteurs écologiques (le milieu, les pratiques) et sur leur effet sur les propriétés de l'écosystème (productivité primaire par exemple), Valeur d'Usage (VU) dans notre cas (Lavorel et Garnier 2002).

Schématiquement, au niveau des espèces deux grandes stratégies peuvent être distinguées : la stratégie de conservation de ressources correspond à l'adaptation à des stress élevés (limitation des ressources minérales) qui est amplifiée par de faibles températures et par un niveau de perturbation faible (récolte type pâturage) ; la stratégie de capture de ressources correspond à l'adaptation à des stress modérés (peu de limitation des ressources minérales), et est aussi favorisée par des températures plus élevées et par un niveau de perturbation élevée (récolte type fauche), (Duru *et al* 2010a). Ces stratégies peuvent être caractérisées par différents

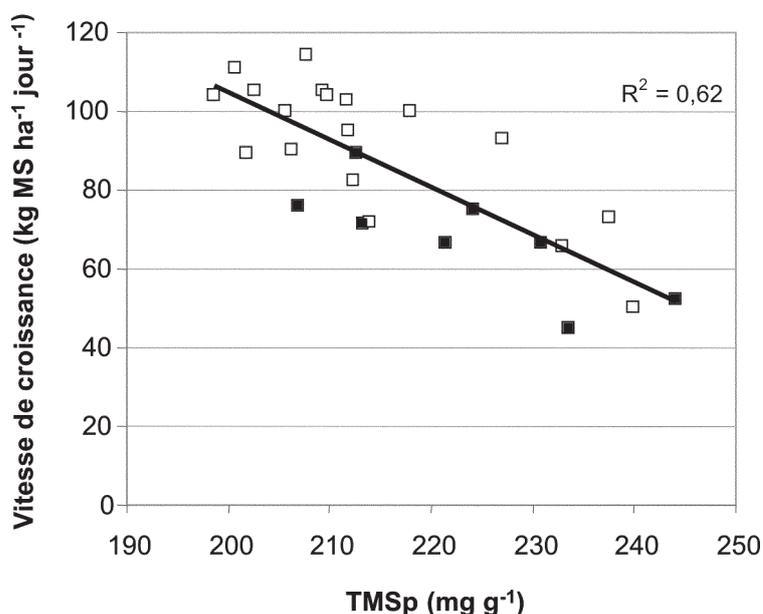
attributs comme la surface spécifique foliaire (SSF, en m² de feuille/g de MS), la teneur en matière sèche des limbes réhydratés (TMS, en mg/g), la durée de vie des feuilles (DVF) ou la phénologie (date de floraison) exprimées en degrés-jours. Ces attributs sont corrélés ($r > 0,5$; $p < 0,001$) car une espèce peut difficilement croître vite grâce à une acquisition rapide des ressources, et les conserver longtemps notamment par une durée de vie élevée des organes (Ryser 1996). En outre, répondant significativement aux stress (ressources minérales, température) et aux perturbations (modes d'exploitation), la TMS est apparue comme l'attribut le plus pertinent pour notre objectif (Duru *et al* 2010d).

En outre, sur la base de mesures réalisées sur des graminées natives cultivées en culture pure et sans limitation de ressources, nous avons montré que la TMS des feuilles saturées en eau est corrélée à cinq caractéristiques clés déterminant la valeur d'usage ; les trois premières régissant la dynamique de la croissance au cours d'une repousse (Duru *et al* 2009a) :

- la durée de vie des feuilles qui détermine la date à laquelle le maximum 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 1991) ;

- la date du stade épis à 10 cm (exprimée en somme de températures pour

Figure 1. Vitesse de croissance journalière au cours d'une pousse de printemps en fonction de la teneur en matière sèche des limbes de graminées (TMSp) à Ercé en 2002 (□) et en 2004 (■).



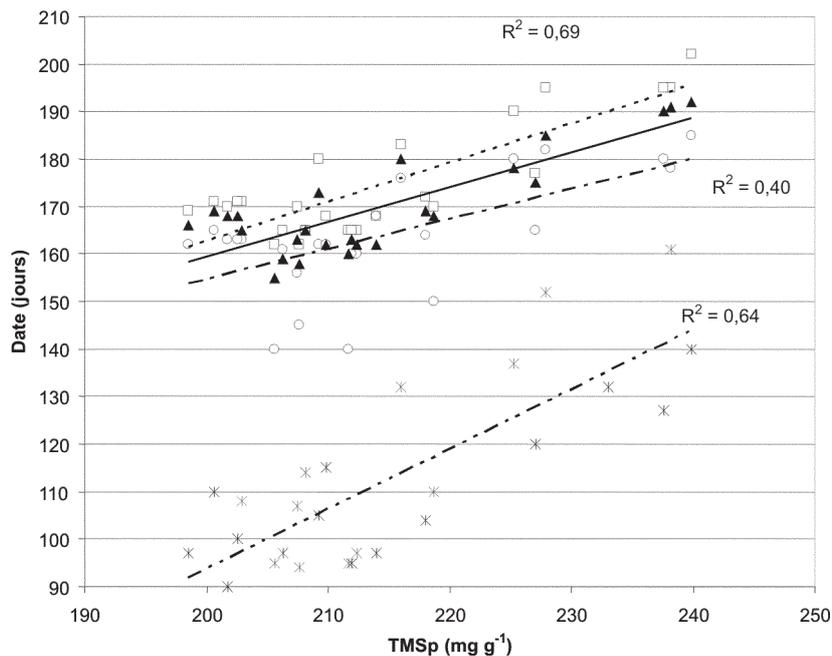
* $p < 0,05$
 *** $p < 0,001$

Figure 2. Comparaison de la temporalité de croissance (2a) et de la souplesse d'utilisation (2b) entre les fractions graminées et dicotylédones coexistant au sein d'une même communauté.

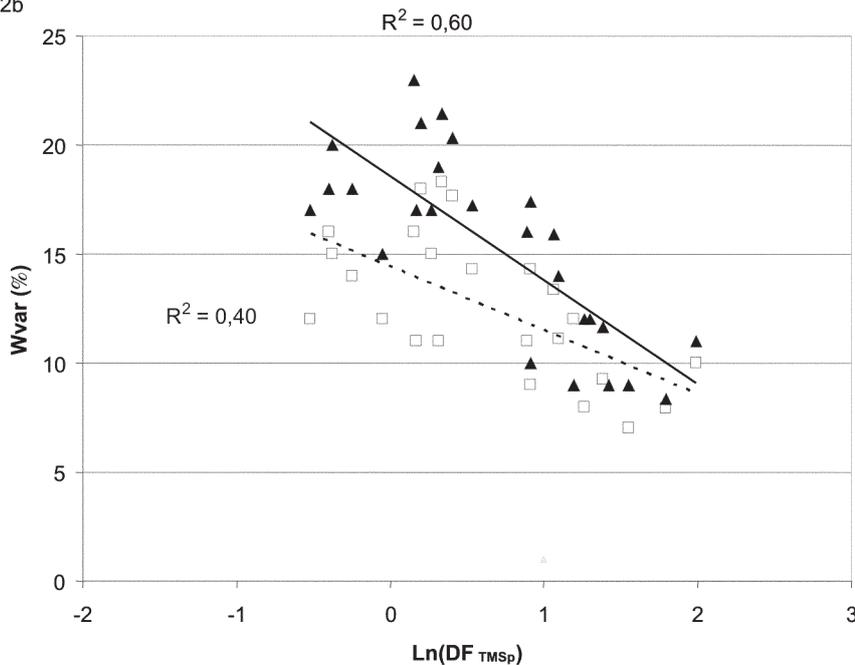
2a : dates auxquelles le maximum de biomasse est atteint en fonction de la TMSp pour l'ensemble de la végétation, et pour les graminées et les dicotylédones associées au sein d'une même communauté (carré, rond, triangle); dates où la biomasse de tiges atteint 20% de la biomasse (astérisque et trait double pointillé) ;

2b : forme de la courbe de croissance : pourcentage de variation autour du maximum (rapport de biomasse 20 jours avant le maximum et le maximum) en fonction du logarithme de l'indice de diversité fonctionnelle (indice de Mason) pour les graminées ou l'ensemble de la végétation. Ensemble de la végétation (triangle plein), graminées (carré ouvert et trait pointillé), dicotylédones (rond ouvert, trait pointillé irrégulier).

2a



2b



réduire la variabilité inter sites) 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) ;

– la date de floraison (exprimée en somme de températures) qui détermine

en partie la date à laquelle le maximum de biomasse est atteint et par conséquent l'aptitude de l'espèce à être récoltée plus ou moins tardivement lors d'une pousse reproductive (Gillet 1980) ;

– la teneur en fibres qui conditionne la digestibilité (Demarquilly 1989) ;

– l'efficacité pour la capture et la conversion du rayonnement qui détermine la vitesse de croissance (Gosse *et al* 1986).

La caractérisation de la végétation à l'échelle de la communauté a été faite dans un premier temps sur la base d'un seul attribut de plante, la TMS des feuilles de graminées. A l'échelle de la communauté, ce trait moyen est calculé en pondérant celui de chacune des graminées par son abondance (TMSp) dans la mesure où les propriétés des communautés sont fonction de leur importance dans la biomasse (Vile *et al* 2006). La connaissance de la TMS de chaque espèce permet en outre de calculer un indice de diversité fonctionnelle qui décrit la manière dont l'abondance des valeurs de traits est répartie au sein d'une communauté (Mason *et al* 2003). Dans un deuxième temps, étant donné les convergences ou les régularités dans les différences entre graminées et dicotylédones coexistant au sein d'une même communauté pour plusieurs attributs (date de floraison, composition des tissus) (Ansquer *et al* 2009b), nous avons choisi de considérer ces dernières globalement, sans descendre au niveau spécifique.

1.2 / Illustrations des relations entre composition fonctionnelle et composantes de la valeur d'usage

Les données de cette section sont issues de deux dispositifs expérimentaux situés dans les Pyrénées Centrales : Ercé, 650 m d'altitude (2002-2004) et Portet, 1250 m d'altitude (1991), dont les données ont été publiées par Duru *et al* (2010a).

a) Vitesse de croissance

Une relation significative entre vitesse de croissance et la teneur en matière sèche des limbes de graminées (TMSp) a été montrée (figure 1). En revanche, il n'y a pas d'effet significatif de la proportion de dicotylédones, alors que cette proportion variait de 7 à 72% selon les prairies (Duru *et al* 2010a). Cette diminution de la vitesse de croissance en fonction de la TMSp a deux origines : les espèces et le milieu. La comparaison d'espèces ayant des stratégies de croissance différentes mais cultivées dans des conditions identiques (nutrition non

limitante) montre des différences peu importantes (Al Haj Khaled 2005).

L'essentiel de la différence de vitesse de croissance entre communautés composées d'espèces ayant des stratégies différentes s'explique par le fait que les espèces à TMS faible sont les plus compétitives et que cette compétitivité s'exprime d'autant plus que le milieu est riche (Poorter et Garnier 1999).

b) Temporalité de la croissance au cours d'une pousse et souplesse d'utilisation

La date à laquelle le maximum de biomasse est atteint augmente significativement avec la TMSp, que ce soit pour les graminées ou les dicotylédones de la végétation (figure 2a). Les dates sont avancées en moyenne d'une dizaine de jours pour les dicotylédones associées aux graminées, ce qui est cohérent avec les différences observées pour les dates de floraison (Ansquer *et al* 2009c). Au sein du même réseau de prairies, la différence entre types de végétation dépasse trente jours pour la pousse reproductive de printemps. Ces différences sont encore plus grandes lorsqu'on considère le moment où les tiges commencent à s'allonger (figure 2a). En outre, nous avons montré qu'une différence d'un même ordre de grandeur était observée pour la date à laquelle le maximum de poids de feuilles vertes était atteint durant la période végétative (Ansquer *et al* 2009a). La relation statistique observée entre la date où le maximum de biomasse est atteint et la TMS est la résultante de deux processus. A l'échelle de la plante, il s'agit du compromis entre croissance et longévité qui peut se décrire par les relations significatives observées entre la TMS et la durée de vie des feuilles, la date de floraison et la date de début d'élongation des tiges (Duru *et al* 2009a). Au niveau de la communauté, ces caractéristiques ont un impact respectivement sur les dates d'atteinte du maximum du poids de feuilles (repousse végétative) ou de biomasse totale (pousse reproductive) et la précocité du départ en végétation (estimée par convention par la somme de températures nécessaire pour atteindre $1,5 \text{ T MSha}^{-1} (\text{MS}_{1,5})$; Lemaire et Salette 1982). A l'échelle de la communauté, l'effet de la stratégie d'espèce peut être amplifié par le fait que les espèces à faible TMS sont dans les milieux fertiles. C'est surtout le cas pour la date à laquelle le stade «épi à 10 cm» est atteint qui dépend de la nutrition minérale.

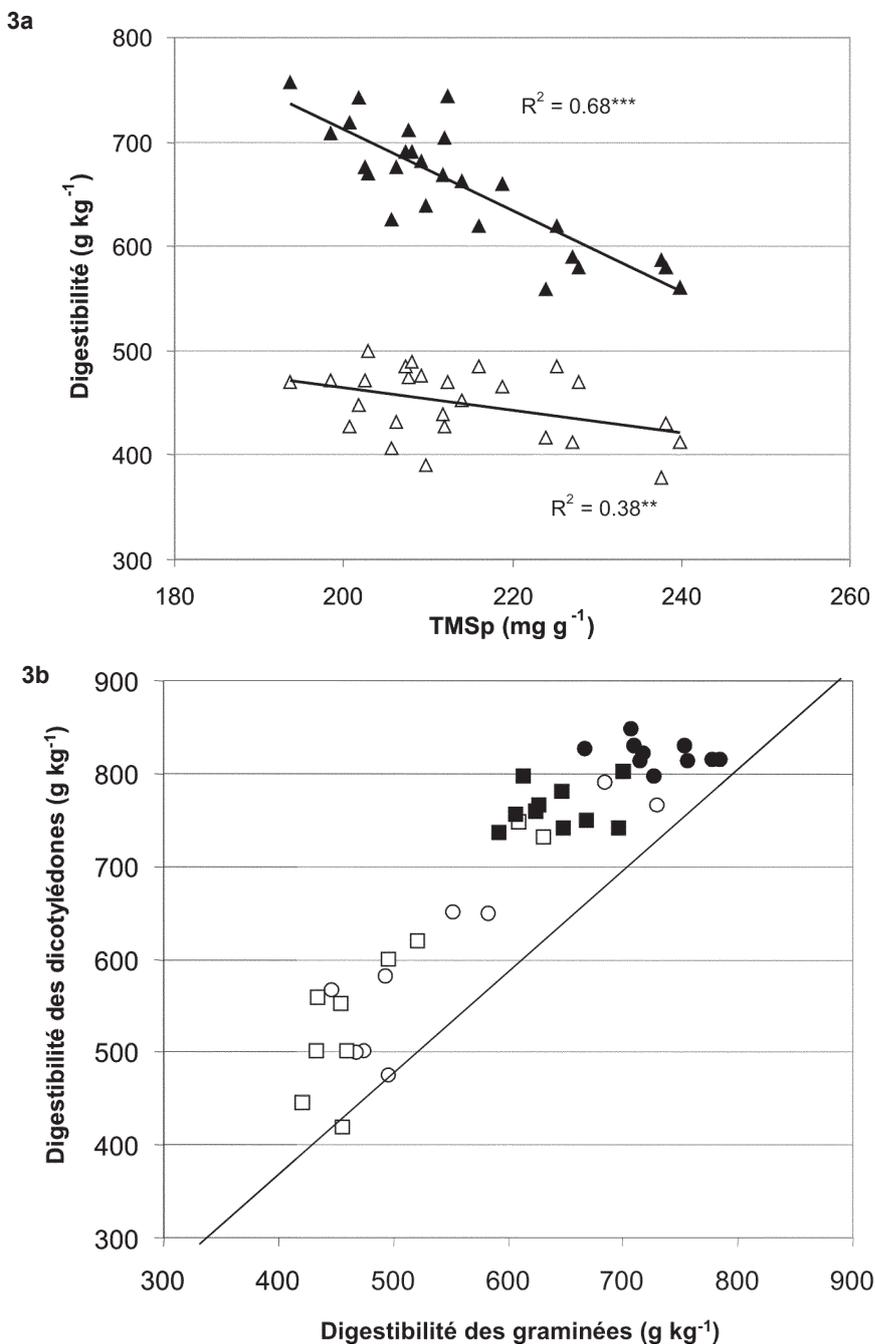
La souplesse d'utilisation a été estimée par le rapport entre la biomasse mesurée 20 jours avant la date du maximum de biomasse et celle mesurée à la

Figure 3. Digestibilité des feuilles et des tiges.

3a : au maximum de biomasse en fonction de la TMSp (Ercé).

3b : à différentes dates au cours de la pousse de printemps (Portet) de graminées et de dicotylédones coexistant au sein d'une même communauté.

Digestibilité enzymatique estimée par analyse de spectrométrie dans le proche infra rouge ; Tige : symbole vide ; Feuille : symbole plein ; Triangle : tous types de prairies ; Rond : espèces à stratégie de capture ; Carré : espèces à stratégie de conservation.



date où le maximum est atteint. Plus ce ratio est élevé, plus rapide est le changement de la biomasse sur pied autour du maximum. Ce ratio décroît significativement avec l'indice de diversité fonctionnelle calculé sur la base de la TMS (figure 2b), ce qui signifie que les prairies à diversité fonctionnelle élevée sont plus souples d'utilisation. En outre, l'indice calculé est significativement plus élevé lorsqu'on considère à la fois les

graminées et les dicotylédones au lieu des graminées seulement. Ceci signifie que la présence de dicotylédones augmente la souplesse d'utilisation.

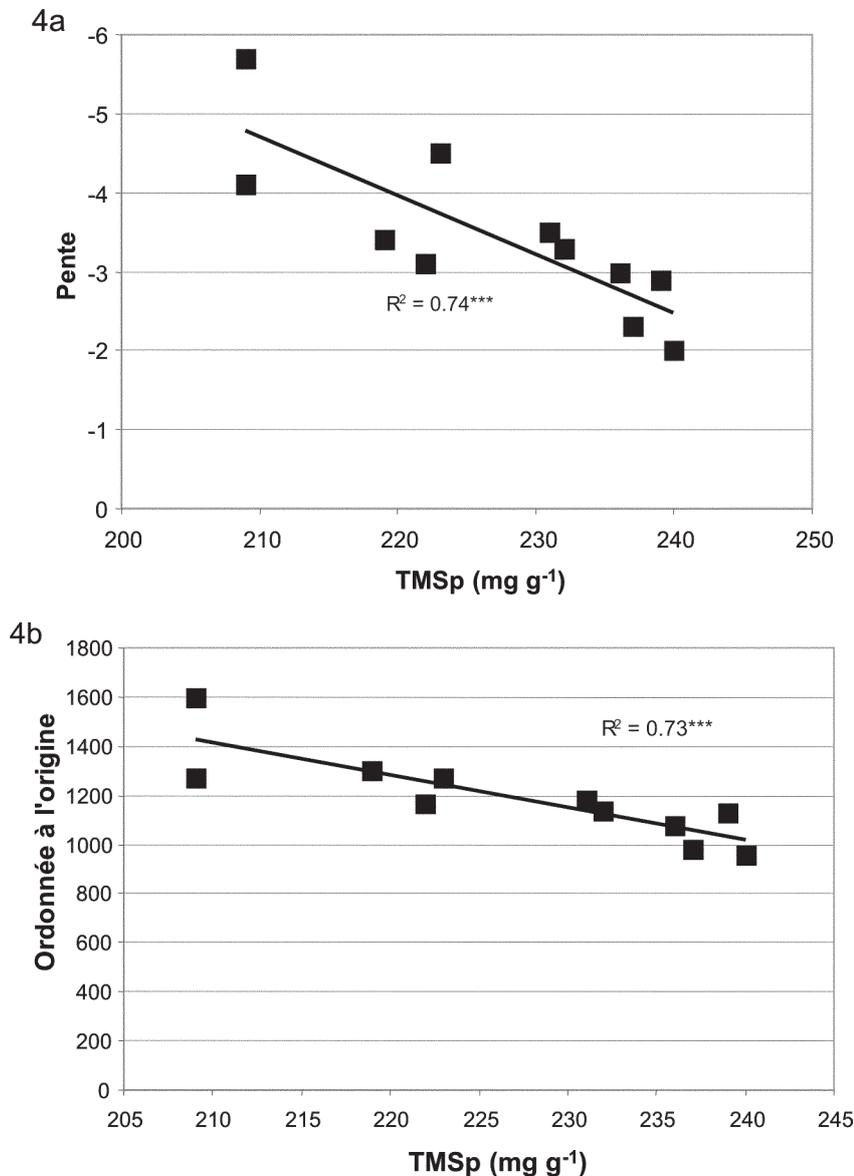
c) Digestibilité : différence entre espèces au stade végétatif et dynamique au cours du temps

Au stade végétatif, la digestibilité des feuilles de graminées cultivées en

Figure 4. Dynamique de la digestibilité (D) en fonction de la date de récolte (J : $D = a \cdot J + b$; modélisation des paramètres a et b en fonction de la teneur en matière sèche pondérée des limbes de graminées (TMSp).

4a : pente de la relation (a) ; 4b : ordonnée à l'origine

pousse de printemps, dispositif de Portet, $n = 11$; *** $p < 0,001$.



culture pure est négativement corrélée à la TMS (Duru *et al* 2008a). Il en est de même au niveau des communautés pour la digestibilité des feuilles et des tiges de graminées mesurées (méthode enzymatique) autour du maximum de biomasse (figure 3a). Ces différences proviennent d'une plus forte proportion de tissus de soutien pour les graminées à forte TMS (Al Haj Khaled *et al* 2006). En outre, la digestibilité des feuilles et des tiges de graminées est inférieure à celles des dicotylédones associées au sein d'une même communauté (figure 3b), du fait d'une plus forte proportion de tissus de soutien (Duru 1997).

Pour intégrer à l'échelle de la communauté les différences de digestibilité observées entre organes (feuilles et

tiges) et entre grandes familles botaniques (graminées et dicotylédones), il importe de tenir compte de la dynamique d'accumulation de biomasse qui détermine la proportion de tissus de soutien (les moins digestibles au sein de la communauté. Autrement dit, il est attendu qu'au stade végétatif la digestibilité soit d'autant plus élevée que la prairie est constituée d'espèces à faible TMS, mais qu'à l'inverse la baisse de digestibilité au cours de la pousse soit plus rapide car ces prairies sont les plus productives. En conséquence, pour des temps de repousse courts, la digestibilité est la plus élevée pour des végétations ayant des TMSp faibles, mais au fur et à mesure que l'accumulation de biomasse se produit, les différences s'estompent puis le classement peut aller jusqu'à

s'inverser du fait d'une plus grande proportion de soutien pour les prairies à faible TMS (figures 4a et 4b). Ceci est un phénomène général, observé dans nos deux dispositifs et par ailleurs (Bruinenberg *et al* 2002, Baumont *et al* 2009). La prise en compte des dicotylédones augmente l'ordonnée à l'origine et réduit la pente cours de la pousse du fait d'une diminution généralement plus lente du rapport feuille/tige en comparaison à celui des graminées (Duru *et al* 2009b).

1.3 / Représentation schématique des relations entre composition fonctionnelle et composantes de la valeur d'usage

Les 4 composantes de la VU pour 2 compositions fonctionnelles différentes de végétation, l'une correspondant à une TMS élevée (espèces à stratégie de conservation de ressources), sont synthétisées sur un même schéma (figure 5). La caractérisation des prairies par la composition fonctionnelle de la végétation illustre bien la notion de compromis entre capture et conservation mentionné en début de section. Ce compromis se traduit par des relations convergentes de sens opposé entre Productivité (P) et Temporalité (T), et de même sens entre P et digestibilité (D), pour des temps de repousse courts. En outre, la Souplesse (S) est généralement plus faible quand P est élevée, sauf à se situer dans des milieux très pauvres où la diversité fonctionnelle est alors faible en raison d'une très forte limitation de ressources, (Duru non publié).

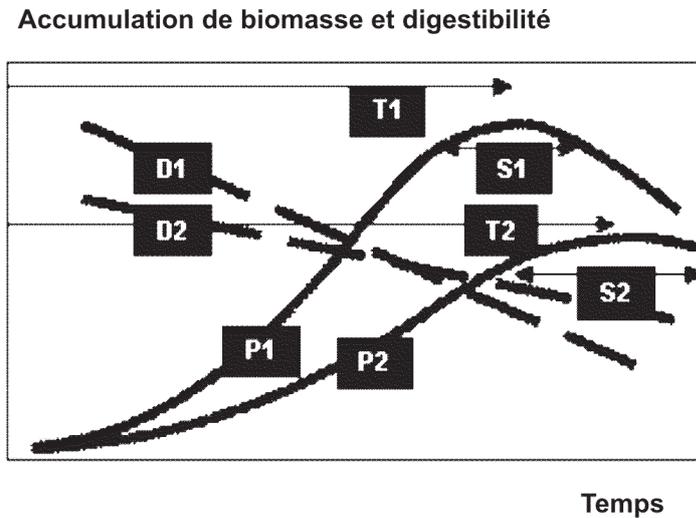
Un tel schéma a valeur heuristique et pédagogique. Il constitue le support le plus simple pour interpréter la composition fonctionnelle de la prairie en termes de valeur d'usage. Toutefois, pour être pleinement opérationnelles, de telles connaissances doivent être adaptées et mises en forme dans un outil dédié spécifiquement au conseil et non à la recherche. C'est l'objet d'Herb'type.

2 / L'outil Herb'type

2.1 / Support matériel de l'outil

Pour concevoir l'artefact (le support matériel de l'outil), la composition fonctionnelle de la végétation a été représentée par un histogramme de Types Fonctionnels de Graminées (TFGs), plutôt que la TMSp. Autrement dit, nous avons remplacé la base de données TMS par des TFGs prédéfinis sur la base d'un ou plusieurs attributs. Historiquement, 4 types fonctionnels de graminées avaient été définis : A, B, C, D pour 17 graminées (Cruz *et al*

Figure 5. Représentation schématique de la variation avec le temps des 4 composantes de la valeur d'usage (P : productivité, D : digestibilité, T : temporalité, S : souplesse) pour deux types fonctionnels de végétation (1 et 2) différent de par la TMS (faible pour 1, élevé pour 2).



2002, Ansquer *et al* 2004). Plus récemment 5 types (A, B, b, C, D) ont été définis selon les mêmes principes mais en considérant pour 38 graminées 5 attributs principaux : la TMS, la surface foliaire spécifique, la durée de vie des feuilles, la date de floraison et la taille maximale de l'espèce (Cruz *et al* 2010) ; la différence provenant principalement de la séparation de l'ancien groupe C en b et C. Les types sont classés selon que les espèces correspondantes ont une stratégie de capture (A) ou de conservation de ressources (D) ; caractéristique qui est associée systématiquement à une baisse de digestibilité des tissus au stade feuillu, à une augmentation de la durée de vie des feuilles, ainsi qu'à des réalisations plus

tardive des stades phénologiques (tableau 1). En outre, cette tardivité dans la réalisation des stades est beaucoup plus marquée pour le type b que ne le laisse supposer son rang dans ce classement. Le support matériel consiste en un histogramme représentant la distribution des TFG en 5 classes prédéfinies, complété par le pourcentage de graminées (figure 6, étape 2). Le choix de représenter la composition fonctionnelle sous forme de groupes prédéfinis est motivé par les retours d'expérience (formations, travail en groupe avec des conseillers dans des élevages). Ce mode d'expression fournit une description de la végétation plus concrète qu'une valeur de TMS ; il présente aussi l'avantage de donner une image de la

diversité fonctionnelle au sein d'une communauté.

2.2 / Procédure de recueil des données

Une procédure de recueil de données simplifiée, à partir de la seule reconnaissance des espèces dominantes, a été mise au point (figure 6, étape 1), (Theau *et al* 2010). Elle consiste en 10 relevés réalisés au sein d'un cadre de 40 cm de côté au sein desquels, nous cherchons à évaluer la part des différentes formes de vie (graminées, légumineuses, autres). Une note comprise entre 1 et 6, avec une obligation d'avoir un total de 6 dans le cadre, a été donnée. Dans un deuxième temps, une note d'abondance des graminées dominantes est donnée pour les espèces représentant au moins 17% de l'abondance estimée visuellement au sein du cadre. Le total des espèces dominantes doit respecter les notes affectées aux trois formes de vie. Nous avons montré que ce protocole simple dont la mise en œuvre ne dépasse pas 30 min par parcelle n'altère pas la précision des variables étudiées (% de graminées dans la biomasse et % de chaque type fonctionnel de graminées), (Theau *et al* 2010).

2.3/ Règles d'agrégation des données et d'interprétation des résultats

L'objectif est de passer de l'histogramme des types fonctionnels de graminées observé au sein d'une communauté à des estimations des composantes de la valeur d'usage. A cette fin sont mobilisées les caractéristiques des TFG, ainsi que les spécificités des

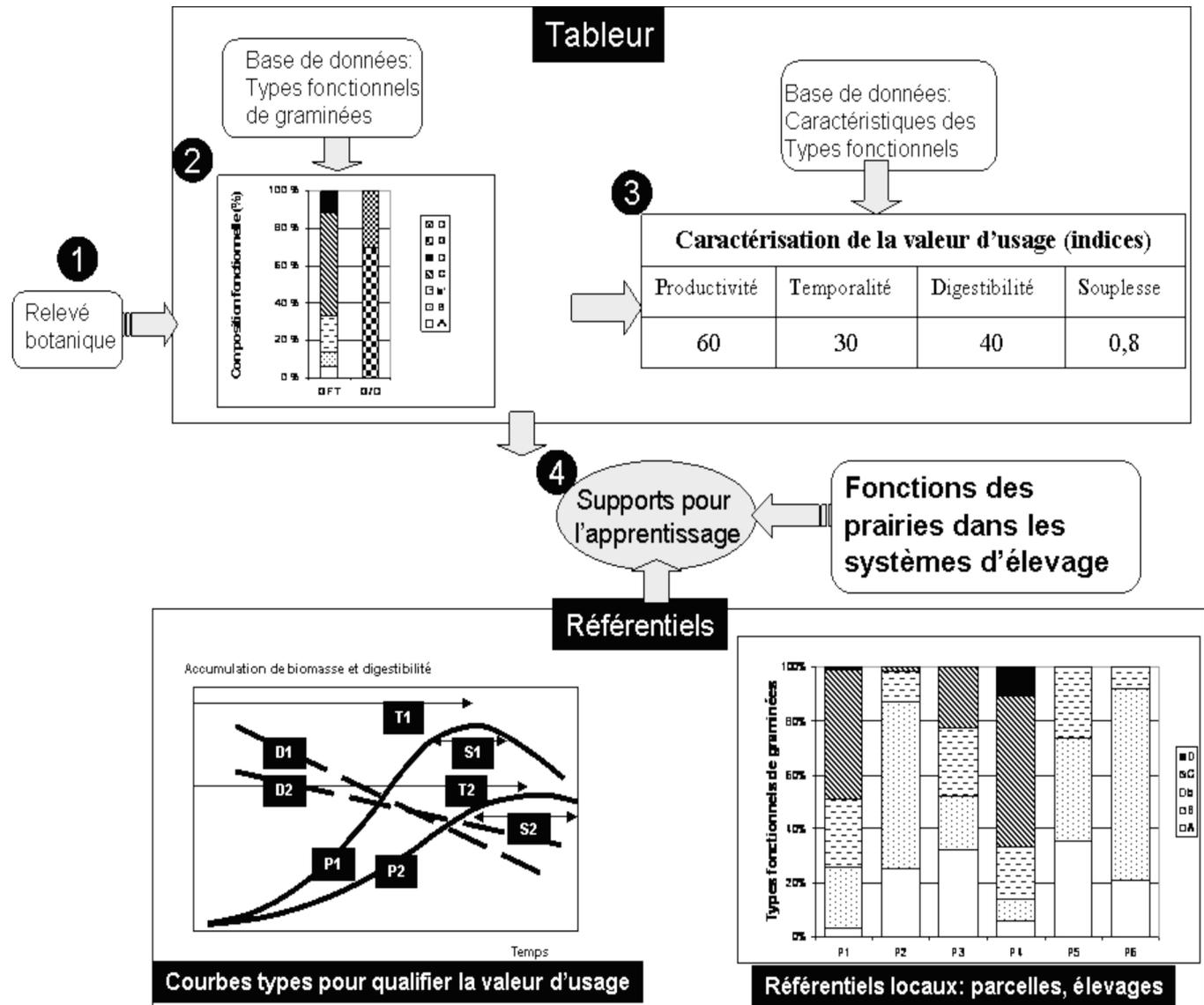
Tableau 1. Caractéristiques des types fonctionnels de graminées et des dicotylédones associées (adapté de Cruz *et al* 2010).

Type de graminées	Indice de productivité ^a	Epi 10 cm (degré-jour) ^b	Floraison (degré-jour) ^b	Durée de vie des feuilles (degré-jour) ^b	Digestibilité au stade feuillu (g MS kg ⁻¹) ^c
A	1 (0,9-1,1) ^d	500	900 (174) ^e	800 (127) ^e	839 (7) ^e
B	0,8 (0,7-0,9)	600	1200 (156)	1000 (193)	808 (28)
b	0,6 (0,5-0,7)	1000	1600 (240)	830 (139)	797 (24)
C	0,4 (0,3-0,5)	900	1300 (158)	1100 (271)	749 (21)
D	0,2 (0,1-0,3)	1300	1800 (354)	1200 (177)	707 (41)
Dicotylédones associées à chaque PFT ^a	x 1	x 1	- 145 (109)	x 1	+ 127 (68)

^a adapté de Duru *et al* 2010b ; ^b Somme des températures moyennes journalières à compter du 1^{er} février (stade épi 10 cm et floraison) ou écoulées entre la sortie du limbe de la gaine et son jaunissement complet (adapté de Duru *et al* 2010a) ; ^c Digestibilité enzymatique estimée par analyse de spectrométrie dans le proche infrarouge (adapté de Duru *et al* 2008b) ; ^d Variabilité ; ^e Ecart type entre parenthèses.

Figure 6. Guide d'usage de l'outil (étapes 1 à 4).

1) relevé de végétation ; 2) caractérisation de la composition fonctionnelle par couplage du relevé avec la base de données types fonctionnels de graminées (exemple) ; 3) estimation de la valeur d'usage par un calcul d'indices couplant la composition fonctionnelle de la végétation avec les caractéristiques de chaque type fonctionnel de plantes (exemple) ; 4) positionnement de la parcelle étudiée dans les référentiels locaux et par rapport à des courbes types pour caractériser la valeur d'usage selon la composition fonctionnelle.



dicotylédones par rapport aux graminées associées au sein d'une même communauté (tableau 1). Deux types d'évaluation des composantes de la valeur d'usage peuvent être calculés (figure 6, étape 3).

L'évaluation simplifiée est fondée uniquement sur la proportion de certains TFG (règles de calcul présentées dans le tableau 2) sur la base des connaissances publiées (e.g. Cruz *et al* 2010). L'évaluation affinée tient compte de la composition effective de la végétation en TFG, ainsi que des dicotylédones réparties au prorata des TFG, soit 10 types fonctionnels potentiels.

Cette évaluation est basée sur les caractéristiques des TFG présentées dans le tableau 1. Leur pondération par la proportion des TFG permet d'évaluer quantitativement (valeur absolue) certaines composantes de la VU : *i*) les dates de montée des apex (stade épi à 10 cm) et de floraison et la durée de vie des feuilles considérées comme des estimateurs respectivement de la précocité du départ en végétation, et de la date et la durée de repousse correspondant au maximum de biomasse sur pied ; *ii*) la digestibilité au stade végétatif ; ou bien de calculer des indices pour la productivité par exemple. Pour obtenir des valeurs absolues de productivité ou de

digestibilité, il convient de mobiliser des expertises locales, ou bien d'utiliser un modèle (*Herb'sim* par exemple, Duru *et al* 2010c). Les dicotylédones sont considérées pour le calcul de tous les indices, sauf la productivité conformément aux résultats publiés (Duru *et al* 2010a).

Pour les deux types d'évaluation, la diversité des TFG, indicatrice de la souplesse d'utilisation, est estimée à partir de l'indice de Simpson calculé sur la base des abondances des 5 TFG, au lieu de l'indice de Mason (cf. § 1.1). La proportion des différents types de dicotylédones peut aussi être considérée pour le

Tableau 2. Principes de calcul des composantes de la valeur d'usage à partir de la composition fonctionnelle de la végétation.

Composante de la valeur d'usage		Evaluation simplifiée pour classement des parcelles		Evaluation affinée pour une quantification de certaines composantes de la valeur d'usage	
		Méthode	Exemple de calcul ^b	Méthode	Exemple de calcul ^b et unité
Productivité (indice)	Vitesse de croissance et de précocité de départ en végétation	Proportion de graminées de milieu fertile : A, B	0,35	Calcul pondéré avec données du tableau 1 ^a	$0,35 \times 0,8 + 0,30 \times 0,6 + 0,35 \times 0,4 = 0,6$
Temporalité en relation avec la phénologie	Phase reproductive	Proportion de graminées à floraison précoce : A, B, C	0,65	Calcul pondéré avec données du tableau 1; diminution des valeurs au prorata du pourcentage de dicot	$(0,35 \times 1200 + 0,30 \times 1600 + 0,35 \times 1300) - (0,5 \times 145) = 1283$ dj
	Phase végétative	Proportion de graminées à DVF courte : A + b	0,30	Calcul pondéré avec données du tableau 1	$0,35 \times 1000 + 0,30 \times 830 + 0,35 \times 1100 = 984$ dj
Digestibilité	Au stade feuillu et pour des temps de repousse court	Proportion de graminées à digestibilité élevée au stade feuillu : A + B	0,35	Calcul pondéré avec données du tableau 1; augmentation des valeurs au prorata du pourcentage de dicot	$(0,35 \times 808 + 0,30 \times 797 + 0,35 \times 749) + (0,5 \times 127) = 846$ g/kg MS
	Vitesse de diminution	Proportion de graminées de milieu fertile : A, B	0,35	^a	
Souplesse (indice)		Indice de Simpson ^c calculé sur la base des 5 TFG (0 <-< 1)	$1 - [(0,35)^2 + (0,30)^2 + 0,35^2] = 0,67$	Indice de Simpson calculé sur la base des 5 TFG et des 5 types de dicot associées	$1 - [(0,175)^2 + (0,15)^2 + (0,175)^2 + (0,175)^2 + (0,15)^2 + (0,175)^2] = 0,89$

^aestimation de valeur absolue si expertise locale ou avec utilisation du modèle Herb'sim (Duru et al 2010c)

^bexemple de calcul pour une communauté composée de 50% de graminées (35% de type B, 30% de type b et 35% de type C) et de 50% de dicotylédones

^cpour les types fonctionnels de graminées seuls : $DF = \sum_{i=1}^5 (1 - p_i^2)$

calcul de cet indice dans le cas d'une évaluation affinée. Un exemple de calcul pour des évaluations simplifiée et affinée est donné dans le tableau 2.

L'interprétation des données est réalisée par la mobilisation d'une représentation synthétique des relations entre les 4 composantes de la valeur d'usage pour 2 compositions fonctionnelles contrastées de la végétation (figure 6, étape 4). Elle peut aussi être rendue plus concrète par la comparaison de la ou des parcelles étudiées à celles d'une base de données où ce type d'évaluation a déjà été fait. C'est la confrontation de ces différentes informations aux fonctions recherchées pour les prairies qui permet l'apprentissage des utilisateurs. Il est possible de discuter des modalités d'utilisation adaptées à un type de végétation donné en relation avec les fonctions attendues au sein du système fourrager. En outre, le type de végétation recherché ne sera pas le même selon qu'il est visé un démarrage précoce de végétation (type 1) ou bien la possibilité de faire des récoltes tardives, éventuellement en effectuant des reports sur pied (type 2). Une telle représentation peut

aussi être mobilisée pour raisonner l'intérêt de la diversité entre prairies au sein d'un même élevage. Cette représentation peut être faite pour chacune des parcelles dont on dispose d'un relevé botanique. Il est en outre possible d'apparier les parcelles ayant le même profil ou, par exemple, d'examiner si des parcelles remplissant une même fonction au sein du système fourrager ou différentes fonctions ont des profils similaires ou non.

3 / Evaluation et illustrations

3.1/ Expérimentations agronomiques pour évaluer l'aptitude de l'outil à renseigner les services de production

Les données de 2 expérimentations comprenant 14 parcelles sur 2 sites (vallée de l'Aveyron et plateau de l'Aubrac) correspondent à des TFG dominants respectivement B, et B et C. La vitesse de croissance pour la pousse de printemps est significativement corrélée à

l'indice de productivité calculé sur la base des coefficients moyens fournis dans le tableau 2 (figure 7a). En normant à 1 la vitesse de croissance et l'indice de productivité maximum, on observe aussi une relation significative unique pour les deux sites (figure 7b). Il apparaît que la diminution de la vitesse de croissance est moins que proportionnelle à la réduction de l'indice de productivité. Pour les deux dispositifs étudiés, nous obtenons une relation significative négative entre la précocité du départ en végétation (MS_{1,5} en valeur absolue ou relative) et l'indice de productivité. Considérer la méthode simplifiée d'évaluation de la productivité conduit à des coefficients de corrélation égaux ou inférieurs.

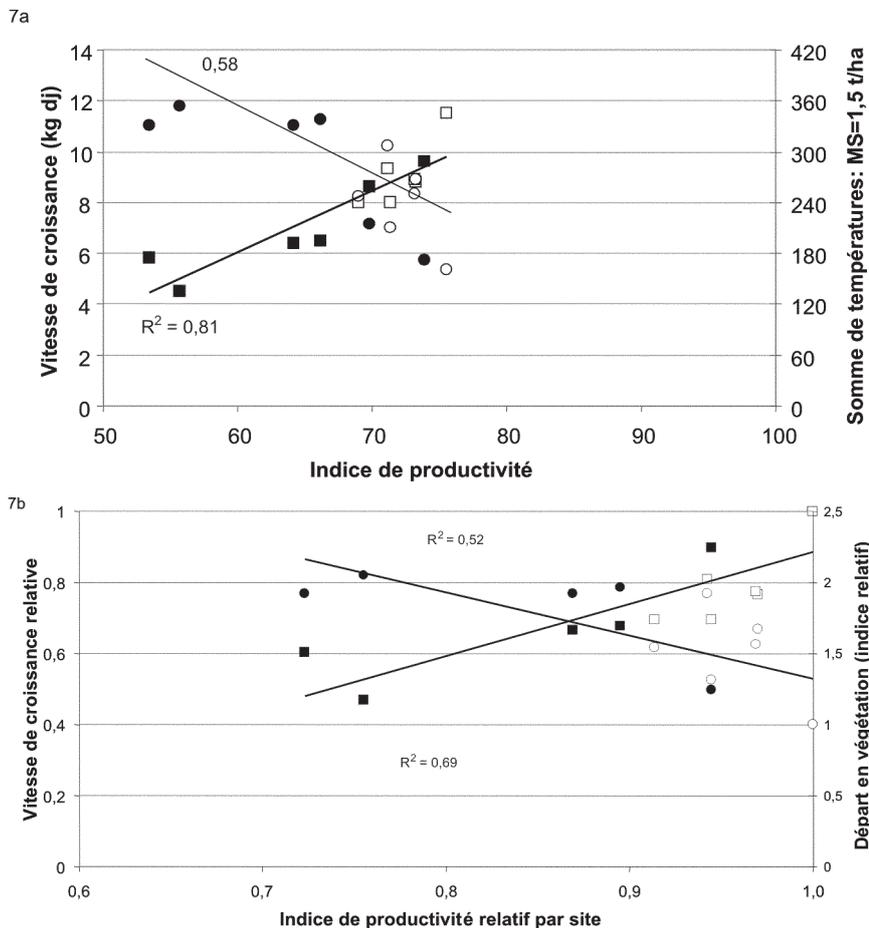
La digestibilité a été analysée à 655 degrés-jours (Aubrac) et 580 et 758 dj (Aveyron). Au sein de chaque région, il n'y a pas de différence significative entre parcelles en Aveyron ($D = 793 \pm 25$ g kg⁻¹ et 702 ± 18 g kg⁻¹), ainsi qu'en Aubrac où les TFG sont les plus différents entre parcelles ($D = 721 \pm 20$ g kg⁻¹). Cette convergence de valeurs entre parcelles provient du fait

Figure 7. Croissance (axe ascendant et carrés) et somme de température pour le départ en végétation (MS = 1,5 T/ha), (axe descendant et ronds) en fonction de l'indice de productivité.

7a : données brutes ;

7b : valeurs normées à 1 par site pour la parcelle ayant les valeurs les plus élevées (vitesse de croissance) ou les plus faibles (somme de températures).

Données de 12 parcelles, 6 en vallée de l'Aveyron (symbole vide) et 6 sur le plateau de l'Aubrac (symbole plein) pour lesquelles la croissance a été calculée à partir de 5 à 6 prélèvements de biomasse échelonnés entre mi-avril et fin juin (Duru *et al* 1993).



qu'à ces temps de repousses, comme prévu de manière qualitative dans le modèle (figure 2), les différences entre TFG sont faibles, et cela a été confirmé récemment sur un nombre plus important de données (Baumont *et al* 2009 : différence de 50 g kg⁻¹ à 600 dj et nulle à 800 dj).

3.2/ Réseau d'élevages pour illustrer les potentialités de l'outil à l'échelle de la sole fourragère

Ci-dessous sont examinées les relations entre la composition fonctionnelle de prairies regroupées par type d'utilisation et des descripteurs de la valeur d'usage adaptés à cette échelle : chargement pour la productivité, date de mise à l'herbe pour la temporalité, rythme de pâturage pour la souplesse et production laitière pour la qualité. A cet effet, nous avons mobilisé les données

recueillies sur la quasi-totalité des parcelles ($n = 169$) de 8 élevages en Aubrac (4 laitiers et 4 allaitants) ; élevages choisis pour avoir des chargements très différents (de 0,8 à 1,1). Une illustration de la composition fonctionnelle à l'échelle de la sole pour deux de ces élevages est présentée dans l'encadré 1.

a) Chargement et indice de productivité

Une relation significative est observée entre le chargement durant la période de pâturage et l'indice de productivité calculé selon les deux méthodes présentées (figure 8). On remarque que les valeurs des deux variables sont en moyenne les plus élevées pour les lots de vaches laitières et les plus faibles pour les lots de génisses (figure 8a). Néanmoins, on observe des indices de productivité variant d'au moins 50% pour un même type de lot (figure 8b).

Cependant, un même indice de productivité peut être observé pour les 3 types de lot ; ceci permet de caractériser la diversité des conduites de pâturage pour un même type de lot d'animaux. Un chargement plancher de l'ordre de 0,5 eq vache/ha (1 eq vache correspond à un poids vif de 700 kg) correspond à des prairies exclusivement composées de TFG de milieu peu fertile. A l'inverse dès que la végétation est composée de TFG de milieux fertiles, le chargement est égal en moyenne à 2 eq/ha.

b) Complémentarité entre parcelles et indices de temporalité

L'analyse détaillée de la gestion du pâturage de printemps montre que la date de mise à l'herbe varie peu entre élevages alors que les prairies concernées diffèrent beaucoup en raison de leur indice de précocité de départ en végétation (figure 9). La prise en compte de la durée des périodes de transition en début de printemps ainsi que de l'importance du déprimage des prairies de fauche montre cependant des dates de plein pâturage cohérentes avec l'indice de précocité du départ en végétation.

c) Analyse synthétique de l'organisation du système fourrager dans 2 des élevages laitiers

La comparaison des élevages VL1 et VL3 a été choisie à titre d'illustration compte tenu des contrastes dans la composition fonctionnelle des prairies pâturées. Pour les vaches, la part des types A et B est très supérieure pour l'élevage VL3, alors que l'inverse est observé pour les génisses ; les différences étant moins nettes pour la sole fauchée (encadré 1). Pour les génisses, une telle différence s'explique par la configuration du parcellaire obligeant l'éleveur VL1 à utiliser des parcelles relativement fertiles situées à proximité du siège de l'exploitation, contrairement à VL3 qui utilise des estives. Pour le pâturage des laitières, les différences de végétation ne sont pas associées à des différences de production laitière ou de concentré (respectivement environ 4500 L de lait par vache et 250 g de concentré par kg de lait). Ceci indique que l'éleveur VL3 pourrait réduire sa fertilisation (46 kg par ha, en comparaison de 13 kg par ha pour VL1) sans changer ses performances laitières s'il a accès à des surfaces pâturables complémentaires. Il devra cependant augmenter la part du déprimage pour compenser un retard de départ en végétation.

L'utilisation d'Herb'type pour comparer les pratiques fourragères est susceptible de renforcer l'apprentissage des

Figure 8. Relation entre chargement pendant la période de pâturage (équivalent vache/ha ; 1 eq.v. = 700 kg de poids vif) et indice de productivité par lots d'animaux. 8a méthode simplifiée ; 8b méthode affinée.

Vaches laitières (carré blanc), vaches allaitantes (carré noir), génisses (rond noir).

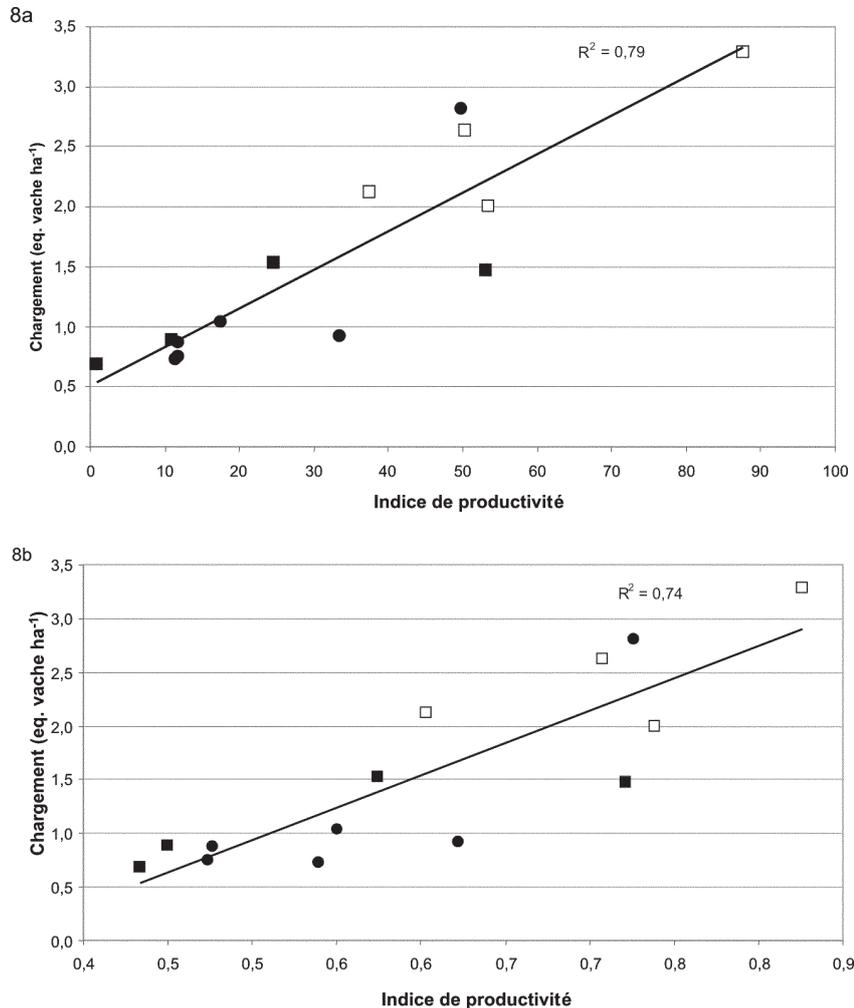
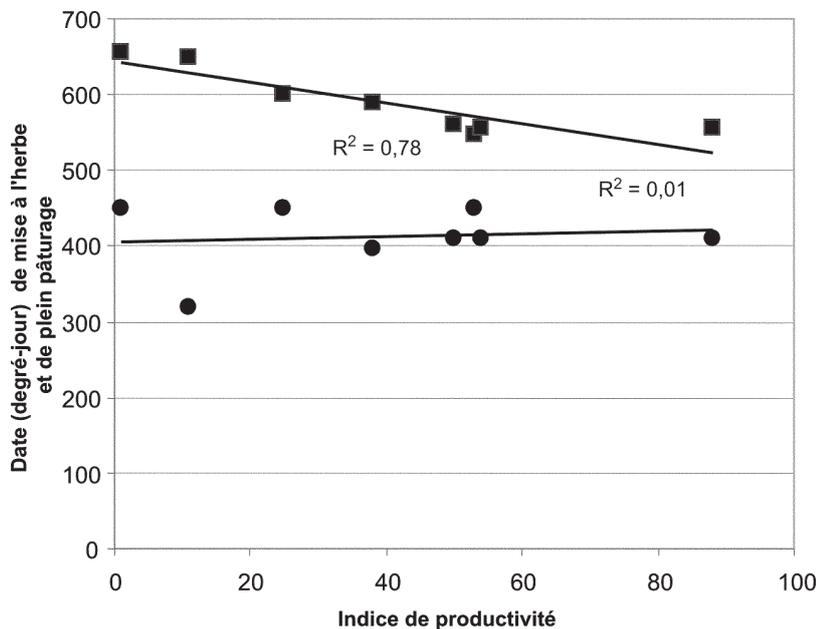


Figure 9. Date de mise à l'herbe (rond) et de plein pâturage (carré) en fonction de l'indice de précocité du départ en végétation.



utilisateurs de l'outil (cf. figure 6). La comparaison d'élevages ainsi permise peut correspondre par exemple à l'identification de marges de manœuvre dans la mise en œuvre des modes d'exploitation, ou bien à un changement de regard ou de système de valeur (van Mierlo *et al* 2010) quant à l'évaluation de la valeur d'usage. Ainsi, un des enseignements majeurs de l'approche est qu'il n'y a pas de bonne et de mauvaise prairie en soi comme le laissait supposer les approches antérieures (par exemple la valeur pastorale est basée sur des notations d'espèces allant de 0 à 5). Au contraire, certaines prairies moins productives que d'autres peuvent être à même de remplir des fonctions particulières au sein du système fourrager ; par exemple permettre des reports sur pied (TFG ayant une durée de vie de feuille longue), permettre des récoltes tardives (TFG à floraison tardive), assurer occasionnellement une soudure entre deux saisons (prairie à forte diversité de TFG).

4 / Atouts, limites et perspectives

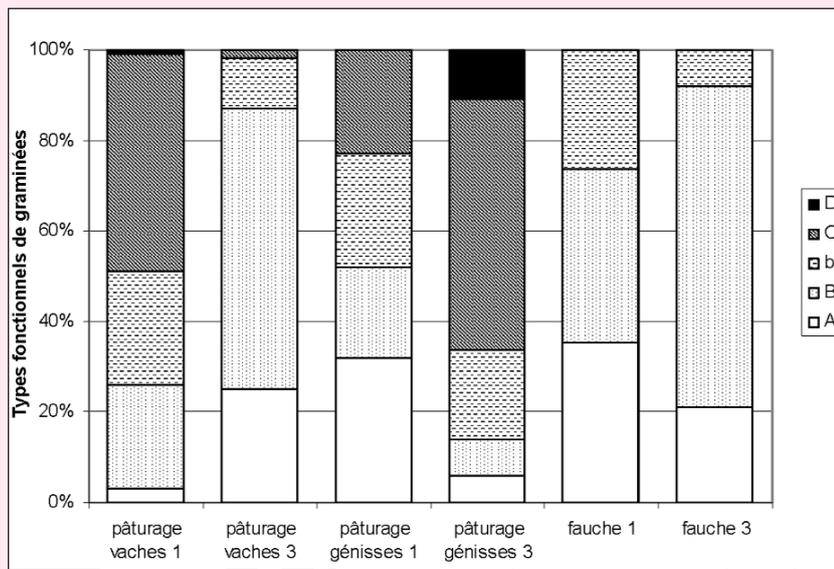
D'un point de vue scientifique, l'outil est fondé sur des bases écologiques présentées dans 6 articles scientifiques principaux (Al Haj Khaled *et al* 2006, Duru *et al* 2008b, 2010a, Ansquer *et al* 2009a, b et c) qui traitent de différentes composantes de la valeur d'usage, argumentent les simplifications qui ont été faites (e.g. focus sur les graminées), et examinent les convergences de résultats à différentes échelles (e.g. plante et communautés). Nous examinons ci-dessous trois propriétés importantes pour évaluer des connaissances ou des outils ayant comme objet l'appui à la décision pour des questions agri-environnementales (Liu *et al* 2008) : la crédibilité technique, la légitimité et la pertinence pour les acteurs du monde socioéconomique.

4.1 / Crédibilité technique

La crédibilité technique est définie par la fourniture de renseignements fiables et de haute qualité. Nous présentons les points forts et les points faibles pour caractériser chacune des composantes de la valeur d'usage.

L'outil est robuste pour estimer la productivité à condition de ne pas rechercher des valeurs absolues. En effet, utilisé seul, l'outil n'est pas très précis pour quantifier la productivité car de grandes variations de TFG peuvent être observées en fonction de la nutrition minérale et des modes d'exploitation (Martin *et al* 2009).

Encadré 1.



Cette figure illustre la composition fonctionnelle (proportion de types de graminées A, B, b, C et D) des soles pâturées (vaches et génisses) et fauchées de 2 élevages laitiers (1 et 3).

La représentation choisie permet de comparer la diversité fonctionnelle :

- intra communauté par une visualisation de la distribution des TFG au niveau de chaque sole¹ (e.g. diversité élevée et faible, respectivement pour «pâturage génisses» et «fauche» de l'élevage 3) ;
- entre soles d'un même élevage (e.g. pour élevage 3, diversité faible tant pour «pâturage vaches» que «fauche», mais élevée pour «pâturage génisses» ;
- entre une même sole de 2 élevages (e.g. diversité faible pour la fauche, mais élevée pour le pâturage tant des vaches que des génisses).

Cette caractérisation permet de suite de qualifier de manière simplifiée les quatre composantes de la valeur d'usage en utilisant les conventions indiquées dans la colonne 3 du tableau 2.

¹ Cette analyse suppose que les différentes parcelles d'une même sole aient des compositions fonctionnelles voisines

Pour caractériser la temporalité de la production, exprimer les stades phénologiques des espèces (floraison) ou la durée de vie des feuilles (DVF) en fonction des sommes de températures constitue une avancée majeure dans la mesure où cela permet de réduire la variabilité entre localisations géographiques ou entre saisons (DVF). Néanmoins, plusieurs recherches en cours montrent que pour la floraison, la température n'est pas le seul déterminant de la date à laquelle elle intervient. Pour certaines espèces, l'effet de la photopériode semble devoir être pris en compte (García-Mozo *et al* 2010). Enfin, il n'y a pas coïncidence parfaite entre le maximum de biomasse atteint et la durée de vie d'une feuille (phase végétative) ou la date de floraison (phase reproductive). Les dates auxquelles le maximum de biomasse sur pied est atteint sont estimées plus tardives que ne le sont les stades phénologiques. L'utilisation du modèle *Herb'sim* permet de réduire certaines de ces limites dans la mesure où les variables d'entrée du modèle portent à la fois sur la composi-

tion fonctionnelle de la végétation et le niveau de nutrition minérale.

Pour la digestibilité, *Herb'type* fournit un cadre général robuste pour interpréter les différences entre prairies liées aux types fonctionnels de graminées et aux dicotylédones. Ce cadre d'interprétation est cohérent et/ou a été validé dans d'autres situations (Pontes *et al* 2007, Farruggia *et al* 2008). Néanmoins, la dynamique de la digestibilité au cours de la pousse ne peut être prédite précisément à partir d'*Herb'type* car la vitesse de diminution dépend de la vitesse de croissance qui n'est pas prédite précisément à partir de cet outil. Le couplage à *Herb'sim* permet donc d'augmenter la précision. En outre, le fait de considérer les dicotylédones comme un tout pour qualifier la digestibilité, sans distinguer les feuillues de celles développant des tiges, peut apparaître trop imprécis. En effet, les dicotylédones sont considérées comme bien digestibles, mais rien ne prouve que cela engendre une préférence par les animaux (Horadagoda *et al* 2009).

Enfin, la seule caractérisation de la composition fonctionnelle au printemps peut être insuffisante pour prendre en compte les effets de variations de la composition entre groupes fonctionnels (graminées, rosettes, autre dicotylédones) entre printemps et automne, susceptibles d'engendrer des différences dans la valeur d'usage.

4.2 / Légitimité

La légitimité est définie par le caractère transparent et compréhensible de l'information fournie aux utilisateurs.

La construction de cet outil est le fruit de 10 ans de partenariat très divers, qui intègrent de nombreux retours d'expériences ayant permis d'améliorer plusieurs prototypes (Duru *et al* soumis). Il s'agit en particulier de formations annuelles d'une durée d'une semaine destinées principalement à des conseillers agricoles, et plus récemment de la mise à l'épreuve du prototype ou de certaines de ses composantes dans un Réseau Mixte Technologique sur les prairies (2009) et dans deux programmes de R&D financés par des fonds du Casdar (Programme «Prairies AOP» porté par le pôle des AOP fromagères du Massif Central 2008-2010, et programme «Prairies permanentes national» porté par l'Institut de l'Élevage 2009-2011).

A l'heure actuelle, la notion de TFG est appropriée par de nombreux réseaux de conseil comme en témoignent certains articles publiés dans des revues ou des colloques du développement agricole (Theau 2009a et b, Theau *et al* 2009). Ce sont principalement les composantes de temporalité et de productivité de l'outil qui sont expérimentées. Enfin, les éleveurs chez qui l'outil a été appliqué se sont de suite retrouvés dans les analyses.

La limite actuelle vient du fait que l'ergonomie de l'outil n'est pas aboutie. Le couplage des bases de données (types fonctionnels et leurs caractéristiques) aux relevés botanique est réalisé au sein de feuilles de calcul qui ne sont pas reliées. L'implémentation informatique est prévue.

4.3 / Pertinence

La pertinence traduit le fait que l'information est adaptée au contexte où la décision est prise.

Le domaine d'application de l'outil est large pour deux raisons. La base de données contenant les attributs d'espèces, de même que les TFG, ont été obtenus en conditions de croissance standardisées (culture pure, nutrition minérale et alimentation hydrique non limitante).

Il en résulte que les traits corrélés à la TMS, ou à la SSF, (la DVF, les dates auxquelles sont atteintes les stades phénologiques, la composition des tissus qui sont des caractéristiques intrinsèques aux espèces fixées génétiquement) vont s'exprimer au niveau de la communauté, quelle qu'elle soit à partir du moment où les durées de repousses et la digestibilité sont exprimées en sommes de températures (Duru *et al* 2008a). En outre, nous avons montré que les différences entre TFG se retrouvent à différents niveaux d'organisation. Lorsque les plantes poussent en culture pure en conditions de ressources non limitantes, les différences de productivité sont d'environ 20% (Al Haj Khaled 2005). Ces différences sont beaucoup plus marquées au niveau des communautés dans la mesure où la végétation est en équilibre avec le niveau des ressources. Elles sont aussi observées à l'échelle de la sole (cf. § 3.2). L'analyse conjointe à ces deux échelles de la diversité fonctionnelle intra et inter-parcelles par un même indice (Duru *et al* soumis) permet d'éclairer la question : vaut-il mieux une forte diversité intra (avec des parcelles très semblables entre elles) ou inter (faible diversité intra et forte diversité inter). Un troisième niveau d'investigation non exploré est le faciès de végétation dont l'importance a été montrée par ailleurs (Farruggia *et al* 2007). L'outil peut s'appliquer sans aménagement particulier à cette échelle.

La relation entre la diversité fonctionnelle et la diversité spécifique n'a pas été présentée ici. Si l'objet des recherches et des applications se limite à la diversité ordinaire, il y a accord de nombreux chercheurs pour privilégier la diversité fonctionnelle car c'est bien ce type de diversité qui détermine la plupart des propriétés des écosystèmes (Lavorel *et al* 2008, Flynn *et al* 2009).

Références

Al Haj Khaled R., 2005. L'évaluation des caractéristiques agronomiques d'espèces par leurs traits de vie comme étape préalable au diagnostic des communautés à flore complexe. Thèse INPL, Nancy, France, 260p. + annexes.

Al Haj Khaled R., Duru M., Decruyenaere V., Jouany C., Cruz P., 2006. Using leaf traits to rank native grasses according to their nutritive value. *Rangeland Ecol. Manag.*, 59, 548-654.

Ansquer P., Theau J.P., Cruz P., Viegas J., Al Haj Khaled R., Duru M., 2004. Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies à flore complexe : vers la construction d'outils de gestion. *Fourrages*, 179, 353-368.

Ansquer P., Cettolo H., Theau J.P., Cruz P., Jouany C., Duru M., 2008. Quels outils pour le diagnostic et la gestion des surfaces en herbe

En revanche, si l'objectif est l'évaluation de la diversité patrimoniale (espèces rares), ou de certains services environnementaux comme la pollinisation, *Herb type* n'est pas approprié.

L'outil est conçu pour faire des typologies de prairies à partir d'une caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation. Les discussions avec nos partenaires montrent l'intérêt qu'il y aurait à construire une typologie basée sur les caractéristiques du milieu et des pratiques. C'est l'objet de l'outil *Herb adapt* pour lequel de premiers résultats concernant les bases agroécologiques ont été obtenus (Martin *et al* 2009, Duru *et al* 2010c).

Conclusion

Des études approfondies, mobilisant les concepts de l'écologie fonctionnelle, ont permis de renouveler les bases d'évaluation de la valeur d'usage agricole des prairies permanentes. En outre, aux caractéristiques usuelles de productivité et de valeur nutritive (e.g. digestibilité), ont été adjointes la temporalité dans la production et la souplesse pour l'utilisation. Ces propriétés permettent de renseigner une large gamme de fonctions agricoles que remplissent les prairies dans un système d'élevage.

Herb type est un outil qui permet de construire des typologies de prairies, pour évaluer leur valeur d'usage agricole, sur la base de leur composition fonctionnelle. Partant de catégories de valeur d'usage prédéfinies sur la base des 4 propriétés instruites, il est possible de classer rapidement une prairie dans l'une ou l'autre de ces catégories. Les typologies peuvent être construites pour l'ensemble des prairies permanentes d'un ou plusieurs élevages, ou bien pour un échantillon de prairies au sein d'une petite région.

perennes ? Enquête sur les pratiques et les attentes des utilisateurs. Cruz P., Jouany C., Theau J.P. (Eds). VISTA-WP5-Outils pour la gestion des prairies permanentes, 243-265.

Ansquer P., Duru M., Theau J.P., Cruz P., 2009a. Functional traits as indicators of fodder provision over a short time scale in species-rich grasslands. *Ann. Bot.*, 103, 117-126.

Ansquer P., Duru M., Theau J.P., Cruz P., 2009b. Convergence in plant traits between species within grassland communities simplifies their monitoring. *Ecol. Indic.*, 9, 1020-1029.

Ansquer P., Al Haj Khaled R., Cruz P., Theau J.P., Therond O., Duru M., 2009c. Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands. *Grass Forage Sci.*, 64, 57-70.

La diversité des situations agricoles (milieux pédoclimatiques, comportements gestionnaires des éleveurs, organisation du conseil) nous a conduit dès le début du projet à concevoir des outils pour que les acteurs se forment leur propre référentiel, c'est-à-dire pour l'apprentissage plutôt que pour la décision (McCown 2002). *Herb type* entend donc contribuer à l'apprentissage de ses utilisateurs, lors d'une succession d'étapes permettant de passer de données (des relevés botaniques simplifiés) à de l'information qui fait sens (les descripteurs de la valeur d'usage), et de cette information à une connaissance utile pour l'action (Eksvård 2010). L'apprentissage est facilité par la prise en compte d'une diversité de cas d'étude, diversité de prairies dans une petite région par exemple.

Herb type s'est inscrit dans une démarche de construction d'outils flexibles et évolutifs en fonction des retours d'expérience que nous avons eus, et de ceux à venir. En ce sens, notre démarche pour la construction d'outils sur le temps long a des similitudes avec la gestion adaptative qui est reconnue comme un moyen de traiter les situations où l'incertitude écologique et sociale existe (Jacobson *et al* 2009).

Remerciements

Ce travail a été financé par le projet européen VISTA (*Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change in Traditional Agricultural Landscapes*) (Contrat n° EVK2-2001-15 000356), et le projet PS DR «Climfourle» projet (INRA et région Midi-Pyrénées). Nous remercions en outre les trois lecteurs qui ont permis d'améliorer le manuscrit.

Baumont R., Delmas B., Violleau S., Zapata J., Chabalier C., Picard F., Louault F., Andueza D., Farruggia A., 2009. The utilisation of grasses functional types and of the cumulated sum of temperatures to evaluate permanent grassland digestibility in PDO cheese farms of the Massif Central in France. Proc. 15th Meet. FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network, Les Diablerets, Switzerland.

Bellon S., Chatelin M.H., Guerin G., Havet A., Moreau J.C., 1995. Analyse de la conduite du pâturage au printemps. *Fourrages*, 141, 33-55.

Bruinenberg M.H., Valk H., Korevaar H., Struik P.C., 2002. Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass Forage Sci.*, 57, 292-301.

- Cerf M., Meynard J.M., 2006. Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Nature, Sciences, Sociétés*, 14, 19-29.
- 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.
- Cruz P., Theau J.P., Lecloux E., Jouany C., Duru M., 2010. Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits. *Fourrages*, 401, 11-17.
- Daccord R., 1991. Valeur nutritive des foin de prairies riches en espèces. *Rev. Suisse Agric.*, 23, 36-40.
- Daget P., Poissonnet P., 1971. Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22, 5-41.
- Demarquilly C., 1989. The feeding value of forages. *Deroches (Ed). Nice, France, 1817-1823.*
- 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., Cruz P., Theau J.P., 2008a. Un modèle générique de digestibilité des graminées des prairies semées et permanentes pour raisonner les pratiques agricoles. *Fourrages*, 193, 79-102.
- Duru M., Cruz P., Al Haj Kaled R., Ducourtieux C., Theau J.P., 2008b. Relevance of plant functional types based on leaf dry matter content for assessing digestibility of native grass species and species-rich grassland communities in spring. *Agron. J.*, 100, 1622-1630.
- Duru M., Al Haj Kaled R., Ducourtieux C., Theau J.P., de Quadros F.L.F., Cruz P., 2009a. Do plant functional types based on leaf dry matter content allow characterizing native grass species and grasslands for herbage growth pattern? *Plant Ecol.*, 201, 421-433.
- Duru M., Hossard L., Martin G., Theau J.P., 2009b. Une méthode générique d'évaluation de la valeur d'usage agricole des prairies permanentes à l'échelle du système fourrager. *Renc. Rech. Rum.*, 349-356.
- Duru M., Cruz P., Theau J.P., 2010a. Designing a simplified method for characterizing the agricultural value of species-rich grasslands through the functional composition of the vegetation. *Crops Pastures*, 61, 420-433.
- Duru M., Cruz P., Theau J.P., 2010b. Évaluer la souplesse d'utilisation des prairies permanentes par la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation et la phénologie des espèces. *Fourrages*, 201, 3-10.
- Duru M., Cruz P., Martin G., Theau J.P., Charron-Moirez M.H., Desange M., Jouany C., Zerourou A., 2010c. Herb'sim : un modèle pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe. *Fourrages*, 201, 37-46.
- Duru M., Ansquer P., Jouany C., Theau J.P., Cruz P., 2010d. Suitability of grass leaf dry matter content for assessing the response of grasslands to land use and fertility. *Ann. Bot.*, sous presse.
- Eksvard K., 2010. Is conventional agricultural research fit for the purpose of supporting ecological agriculture? A case study of an attempted transition in Sweden. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25, 55-68.
- Farruggia A., Dumont B., Jouven M., Baumont R., Loiseau P., 2007. La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central. *Fourrages*, 188, 477-493.
- Farruggia A., Theau J.P., Louault F., Dumont R., 2008. Comparaison d'outils de caractérisation de la flore pour diagnostiquer l'effet des modes de gestion sur les dynamiques de végétation des prairies permanentes. *Fourrages*, 195, 301-314.
- Flynn D.F.B., Gogol-Pokurat M., Nogueira T., Molinari N., Trautman-Richers B., Lin B.B., Simpson N., Mayfield M.M., DeClerck F., 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecol. Lett.*, 12, 22-33.
- García-Mozo H., Galán C., Belmonte J., Bermejo D., Candau P., Díaz de la Guardia C., Elvira B., Gutiérrez M., Jato V., Silva I., Trigo M.M., Valencia R., Chuine I., 2009. Predicting the start and peak dates of the Poaceae pollen season in Spain using process-based models. *Agric. Forest Meteorol.*, 149, 256-262.
- Gillet M., 1980. Les graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe. *Gauthiers-Villars (Ed). France, 306p.*
- Gitay H., Noble I.R., 1997. What are functional types and how should we seek them? In: *Plant functional type : their relevance to ecosystem properties and global change.* Smith T.M., Shugart H.H., Woodward F.I. (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 3-19.
- Gosse G., Varlet-Grancher C., Bonhomme R., Chartier M., Allirand J., Lemaire G., 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, 6, 47-56.
- Horadagoda A., Fulkerson W.J., Nandra K.S., Barchia I.M., 2009. Grazing preferences by dairy cows for 14 forage species. *Anim. Prod. Sci.*, 49, 586-594.
- Huyghe C., 2009. Multi-function grasslands in France. II. Combining production and environment preservation. *Cah. Agric.*, 18, 7-16.
- Jacobson C., Hughey K.F.D., Allen W.J., Rixecker S., Carter R.W., 2009. Toward more reflexive use of adaptive management. *Soc. Nat. Res.*, 22, 484-495.
- Jeangros B., Troxler J., Schmid W., 1991. Prairies de Suisse riches en espèces : Description et rendement. *Rev. Suisse Agric.*, 23, 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.
- Lavorel S., Garnier E., 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.*, 16, 545-556.
- Lavorel S., Grigulis K., McIntyre S., Williams N.S.G., Garden D., Dorrough J., Berman S., Quetier F., Thebault A., Bonis A., 2008. Assessing functional diversity in the field - methodology matters. *Funct. Ecol.*, 22, 134-147.
- Lemaire G., 1991. Productivité des peuplements prairiaux : caractérisation et diagnostic. *Fourrages*, 127, 259-272.
- Lemaire G., Salette J., 1982. The effects of temperature and fertilizer nitrogen on the spring growth of tall fescue and cocksfoot. *Grass Forage Sci.*, 37, 191-198.
- Lemaire G., Millard P., 1999. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. *J. Exp. Bot.*, 50, 15-28.
- Leroux X., 2008. Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies. *INRA, Paris, France, 116p.*
- 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.
- Martin G., Cruz P., Theau J.P., Jouany C., Fleury P., Granger S., Faivre R., Balent G., Lavorel S., Duru M., 2009. A multi-site study to classify semi-natural grassland types. *Agric. Ecosyst. Env.*, 129, 508-515.
- Mason W.H., MacGillivray K., Steel J.B., Wilson J.B., 2003. An index of functional diversity. *J. Veget. Sci.*, 14, 571-578.
- McCown R.L., 2002. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms and prospects. *Agric. Syst.*, 74, 179-220.
- Peeters A., Lambert J., 1990. Agricultural application of a classification of intensive pastures. *Fourrages*, 124, 357-369.
- 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.
- Pontes L.S., Carrere P., Andueza D., Louault F., Soussana J.F., 2007. Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply. *Grass Forage Sci.*, 62, 485-496.
- Poorter H., Garnier E., 1999. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. In: *Handbook of functional plant ecology.* Pugnaire F.I., Valladares F. (Eds). M. Dekker Inc., New York, USA, 81-120.
- Roggero P.P., Bagella S., Farina R., 2002. Un archivio dati di indici specifici per la valutazione integrata del valore pastorale. *Riv. Agron.*, 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.
- Theau J.P., 2009a. Prendre confiance en l'herbe. Interview réalisé par Griffoul B. *Réussir Bovins Viande*, 160, 17.
- Theau J.P., 2009b. Identifier le potentiel herbager de sa ferme. *Alter Agri*, 9-11.
- Theau J.P., Cruz P., Lacour C., 2009. De nouveaux repères pour piloter les pratiques fourragères en zone herbagère. L'herbe de nos montagnes - Des stratégies et des outils pour s'affranchir des contraintes, *Laqueuille*, 63, 7-8.
- Theau J.P., Cruz P., Fallour D., Jouany C., Lecloux E., Duru M., 2010. Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes. *Fourrages*, 401, 19-25.

van Mierlo B., Arkesteijn M., Leeuwis C., 2010. Enhancing the reflexivity of system innovation projects with system analyses. *Am. J. Eval.*, 31, 143-161.

Vile D., Shipley B., Garnier E., 2006. Ecosystem productivity can be predicted from potential relative growth rate and species abundance. *Ecol. Lett.*, 9, 1061-1067.

Vivier M., 1990. Grasslands and management practices. Diagnostic elements and reflections. *Fourrages*, 124, 337-355.

Résumé

Herb'type est un outil de caractérisation des services de production (valeur d'usage) fournis par les prairies permanentes : productivité, digestibilité, temporalité de la production et souplesse d'utilisation. Les fondements écologiques qui en font sa généricité sont résumés dans une première partie. Dans une deuxième partie, nous présentons le mode d'emploi de l'outil permettant de passer d'un relevé botanique à une évaluation des services agronomiques : la composition en types fonctionnels de graminées est renseignée par une méthode simplifiée de relevé botanique ; des règles d'agrégation des données et d'interprétation des résultats permettent de passer de cette composition à une information (les composantes de la valeur d'usage) puis à une connaissance opérationnelle pour l'action. *Herb'type* est le résultat d'un travail en partenariat avec des éleveurs et des conseillers lors de suivis d'élevage et de formations ayant donné lieu à des retours d'expérience qui ont permis de transformer une idée en plusieurs prototypes puis en un outil. Dans une troisième partie, nous présentons quelques illustrations d'utilisation de l'outil à différentes échelles (parcelle, système fourrager) comme éléments d'évaluation et pour montrer quelques potentialités de l'outil. Enfin les atouts et les limites de cet outil sont présentés en précisant les pistes en cours d'étude.

Abstract

Herb'type[®]: a new support for assessing agricultural services provided by permanent grasslands

Herb'type is a decision support tool for the determination of services (value of use) provided by permanent grasslands (level and temporality of biomass production, digestibility, flexibility of use). In the first part we summarize the ecological concepts on which this work is based. In a second part we describe the procedure that allows the evaluation of agronomic services from a simplified botanical survey. From the distribution of grass functional types in the grassland, we propose some rules for data aggregation and interpretation which allow to pass from the functional type composition to the different items associated with the grassland value of use and then, to get aid for action. This work results from narrow collaboration with farmers and extension services during on farm evaluations and training sessions which allows case studies analysis. In the last part we give some illustrations at different scales (grassland, farm) for *Herb'type* evaluation and introduction of some of its potentialities. We finally introduce the assets and limits of the method and the recent avenues of research under study.

DURU M., CRUZ P., JOUANY C., THEAU J.-P., 2010. *Herb'type*[®] : un nouvel outil pour évaluer les services de production fournis par les prairies permanentes. *Inra Prod. Anim.*, 23, 319-332.