

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Une typologie des espèces non graminéennes pour mieux caractériser la diversité et la valeur d'usage des prairies permanentes

J.-P. Theau¹, Y. Pauthenet², P. Cruz¹

Actuellement, les caractéristiques agronomiques des prairies permanentes sont principalement établies sur la base des graminées. Pourtant, les plantes diverses peuvent représenter une part importante de leur végétation. La typologie fonctionnelle des espèces non graminéennes les plus fréquentes, ici présentée, permet d'améliorer l'estimation de la valeur d'usage des prairies.

RÉSUMÉ

Dans les 2 bases de données utilisées dans l'étude (prairies des Alpes et des Pyrénées), les relevés botaniques montrent que 30 à 50 % des prairies sont dominées par les espèces non graminéennes. La typologie proposée pour les Diverses les plus fréquentes tient compte de deux traits qui influent sur leurs caractéristiques agronomiques : la hauteur de la plante adulte et la date de floraison. Neuf types sont ainsi identifiés. Ces deux traits permettent de compléter les indices de caractérisation agronomique établis avec les graminées (indices de productivité, précocité, souplesse, contraintes de valorisation en séchage ou au pâturage) et de mieux prendre en compte la diversité des végétations et les particularités des plantes diverses des prairies permanentes.

SUMMARY

Assessing the diversity and usage value of permanent grasslands with a classification system based on non-grass species

At present, the agricultural characteristics of permanent grasslands are largely defined by the grass species they contain. Yet, these grasslands may comprise a significant percentage of non-grasses. Here, we found that 30-50% of the grasslands we sampled in the Alps and Pyrenees were dominated by non-grass species. We propose a functional classification system for characterising the most common non-grass species. It focuses on two agriculturally relevant traits: adult plant height and flowering period. These two traits allow a link to be forged with the indices established using grass species (i.e., based on productivity, precocity, flexibility, and constraints on use in dried or pasture-based forage), thus improving estimates of the usage value of permanent grasslands.

La typologie fonctionnelle des graminées proposée par CRUZ *et al.* (2010) a ouvert de nouvelles pistes pour analyser les végétations prairiales, dans le but de caractériser la valeur agronomique des prairies (Herb'type[®], DURU *et al.*, 2010a). Elle décline 5 types de graminées pérennes déterminés sur la base de 6 traits dont la teneur en matière sèche des limbes réhydratés. Trois types à capture des ressources sont précoces et productifs (A et B) ou tardif et assez productif (b); les deux types à conservation de ressources sont précoce et peu productif (C) ou peu productif et tardif (D). Un dernier type (E) a été attribué aux graminées natives annuelles et précoces. Bien

que conçue dans les Pyrénées centrales, son côté générique permet de l'utiliser pour en faire des typologies de végétations sur le plan national (DURU *et al.*, 2015). Cette démarche est également suivie sur d'autres continents (DURANTE *et al.*, 2012). L'application de cette typologie de graminées a permis de proposer une méthodologie de relevés simplifiés de végétations pour faire des caractérisations de prairies au champ (THEAU *et al.*, 2010) en limitant fortement les besoins en compétences botaniques. Dans ces travaux, les indices de caractérisation agronomique (productivité, souplesse, précocité) utilisent principalement les graminées. La part des autres espèces a

AUTEURS

1 : INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan ; jean-pierre.theau@inra.fr

2 : CERAQ (Centre de ressources pour l'agriculture de qualité et de montagne), Maison de l'agriculture et de la forêt, 40, rue du Terraillet, F-73190 Saint-Baldoph

MOTS CLÉS : Composition fonctionnelle, diagnostic, dicotylédone, foin, graminée, légumineuse, méthode, prairie permanente, production fourragère, refus alimentaire, séchage, souplesse d'exploitation, typologie de la végétation, valeur d'usage des prairies.

KEY-WORDS : Diagnosis, dicotyledon, drying, flexibility of management, forage production, functional composition, grass, hay, legume, method, permanent pasture, utilisation value of grasslands, vegetation typology.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Theau J.P., Pauthenet Y., Cruz P. (2017) : «Une typologie des espèces non graminéennes pour mieux caractériser la diversité et la valeur d'usage des prairies permanentes», *Fourrages*, 232, 321-329.

parfois été introduite (DURU *et al.*, 2010b ; DURU *et al.*, 2008) afin de préciser le diagnostic porté sur la qualité des fourrages (digestibilité au stade végétatif) et sur la phénologie, mais sans faire de distinction fonctionnelle dans la catégorie des « diverses ». Dans la suite de ce texte, nous appelons **Diverses l'ensemble des espèces qui n'appartiennent pas à la famille des graminées**. Peut-on cependant rassembler dans un même groupe des plantes qui présentent de fortes différences de physiologie (en rosette, rampante, dressée...) ? Ces différences de port, de taille, de phénologie, génèrent pourtant des états de végétation qui influent sur la qualité de l'herbe (rapport feuilles / tiges) et sur la sélection que va faire l'animal au pâturage (organes accessibles, tri des organes...) ou à l'auge pour les fourrages récoltés (diamètre des tiges par exemple...). Cette prise en compte des espèces non graminéennes revêt un intérêt particulier dans la qualification des prairies de montagne (ANDUEZA *et al.*, 2010), prairies souvent assez riches en plantes diverses, et ce d'autant plus que leur usage dépasse fréquemment le stade végétatif. L'objectif de ce papier est donc de **proposer une classification des Diverses qui puisse compléter les indicateurs agronomiques construits sur la base des graminées**.

Par ailleurs, la prise en compte de l'ensemble des espèces dans le diagnostic agronomique de la prairie permet d'échanger avec les botanistes et les naturalistes afin de croiser nos indicateurs dans une perspective de gestion agroécologique de la prairie.

1. Matériel et méthodes

■ Description du jeu de données utilisé

Nous avons mobilisé pour cette étude **deux bases de données**. La première est issue **des Pyrénées ariégeoises** et est constituée de 36 pacages et 193 prés de fauche. Les relevés botaniques ont été réalisés en fin de montaison des graminées, ce qui nous permet d'avoir la contribution pondérale spécifique au pic de production. Ces parcelles se situent entre 600 et 1 200 mètres d'altitude dans une même vallée et constituent le territoire exhaustif utilisé par quatre éleveurs de bovins allaitants. Des caractéristiques du milieu ont été relevées (altitude, pente, exposition, indices nutritionnels azote et phosphore de l'herbe), ainsi que les pratiques de fertilisation (fréquences) et de défoliation (dates). La deuxième base de données est issue **des Alpes du Nord** et est constituée de 156 pacages et 138 prés de fauche dont les relevés établis par la méthode Brun-Blanquet ont été transformés en proportion des espèces. Les parcelles se situent entre 450 et 1 800 mètres d'altitude dans différentes zones de Savoie et Haute-Savoie. L'altitude de la parcelle est renseignée, ainsi que les pratiques de fertilisation et la fréquence de la défoliation (nombre de fauches et de pâtures). Ces deux bases de données ont été utilisées pour i) identifier la part des prairies dont les végétations sont dominées par les Diverses et ii) établir une liste des Diverses les plus fréquentes dans les deux dispositifs

afin d'en faire une liste commune (annexe 1). A partir de cette liste des Diverses les plus fréquentes, nous proposons de les regrouper sur la base de fonctionnements similaires, afin d'étudier leurs réponses aux facteurs du milieu et aux pratiques, ainsi que leurs effets sur la valeur d'usage des prairies.

■ Cheminement utilisé

• Choix des caractéristiques agronomiques à relever pour une meilleure description de la valeur d'usage de prairies

Quatre caractéristiques de valeur d'usage ont été retenues en accord avec des techniciens pour qualifier les prairies : la productivité, la précocité, la souplesse d'utilisation et la fréquence de refus en foin ou au pâturage. Pour chacune de ces caractéristiques, nous discutons les limites actuelles des indices à partir de la seule prise en compte des graminées et proposons un choix de traits biologiques pertinents, propre aux Diverses et qui puisse permettre d'améliorer les indices.

La productivité : Un indice de productivité a été proposé par DURU *et al.* (2010a) en agrégeant les types fonctionnels de graminées à capture (A et B). Pour compléter cet indice en mobilisant les Diverses, nous proposons d'utiliser la hauteur maximale de la plante adulte pour rendre compte de sa capacité à accumuler de la biomasse sur pied. Pondérée par l'abondance dans le relevé, elle rend compte du potentiel productif de la prairie (CRUZ *et al.*, 2010). D'autre part, selon WESTOBY (1998), par leur effet d'ombrage, les espèces de grande taille ont tendance à éliminer les espèces plus petites, donc à spécialiser la végétation dans une production de biomasse. La hauteur maximale moyenne a été calculée en mobilisant les valeurs relevées dans 3 flores : *La flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique* (BONNIER et DE LAYENS, 1985), la *Flora Helvetica* (LAUBERT et WAGNER, 2007) et la base de données du site internet e-FLORA-sys (PLANTUREUX et AMIAUD, 2010). Nous avons défini trois classes de hauteurs : les plantes de petite taille (< 40 cm), de taille intermédiaire (40 à 90 cm) et de grande taille (> 90 cm). Ces seuils ont été retenus par expertise en référence à des hauteurs potentielles de graminées pour trois classes de productivité, respectivement, faible, moyenne et forte.

La précocité : Les stades phénologiques sont couramment utilisés pour en rendre compte. Ainsi pour les graminées, ce sont les types fonctionnels à capture (A, B) et les annuelles (E) qui sont les plus précoces (CRUZ *et al.*, 2010). Pour les Diverses, nous avons choisi d'utiliser la floraison comme repère phénologique car, comme sur les graminées, c'est un stade facile à identifier (GILLET, 1980). Les dates de floraison relevées dans les flores sont difficiles à exploiter du fait des origines pédoclimatiques diverses. Nous avons mobilisé trois sources de données. La première est issue d'observations de terrain dans les Pyrénées et les Alpes, sur des prairies pouvant avoir une forte amplitude d'altitude dans un même massif (600 mètres pour les Pyrénées, 1 000 mètres pour les Alpes). Pour limiter l'effet de

ces différences d'altitude, nous avons exprimé ces dates de floraison en cumul des températures moyennes journalières (THEAU et ZEROUROU, 2008). Pour élargir la liste des espèces, nous avons utilisé deux autres sources de données, les fiches des espèces suisses de JEANGROS (1994) dont les phénologies sont exprimées par rapport à la floraison du dactyle, et les travaux sur la phénologie des espèces pastorales dans les Alpes de LAMBERTIN (1987), qui exprime les stades de développement des plantes en degrés.jours depuis le déneigement. Un travail d'étalonnage des floraisons de ces deux séries a été réalisé, en comparant leur ordre à celui observé dans les Pyrénées par ANSQUER (communication personnelle). Le test de rank de Spearman montre que les deux séries sont bien corrélées ($p < 0,05$), les corrélations obtenues avec les observations des Pyrénées étant plus faibles avec les valeurs de LAMBERTIN (0,64) qu'avec celles de JEANGROS (0,67). Trois classes de précocité de la floraison ont été faites, guidées par les connaissances que nous avons sur la floraison des graminées. Les floraisons précoces, inférieures à 800°C.j, correspondent aux Diverses dont la floraison est aussi précoce que celle des graminées annuelles (type fonctionnel E) et des graminées pérennes les plus précoces (type fonctionnel A). Les floraisons intermédiaires (800 à 1200°C.j) correspondent aux espèces dont la floraison correspond à celle du type fonctionnel B. Il s'agit d'espèces synchrones avec le dactyle, la fétuque élevée, le fromental... Enfin, le troisième groupe est celui des espèces à floraisons tardives (> 1200°C.j). Il s'agit des Diverses dont la floraison va plutôt correspondre à celle des graminées de type fonctionnel b.

La souplesse d'utilisation rend compte de la capacité de la plante à garder sur le temps long une même caractéristique de végétation comme par exemple un niveau de production sans grande dégradation de la qualité de l'herbe (DURU *et al.*, 2010b). Pour les graminées, c'est la cohabitation de types fonctionnels très différents qui était retenue au travers de l'indice de diversité de Simpson. Pour les Diverses, on peut considérer que, pour leur grande majorité, les refus sont rares jusqu'à 600 à 700°C.j pour une pression de pâturage compatible avec des objectifs de production. Mais au-delà de ce stade végétatif, ce sont surtout les tiges qui vont compromettre l'appétence de l'espèce et ceci de manière d'autant plus contraignante que les espèces sont précoces et de grande taille. Il s'agit donc d'une variable dépendante de la taille de l'espèce et de sa précocité, les plus souples étant les espèces assez tardives à tardives et de taille faible à moyenne, développant très peu de tiges à grosse section.

Un indice de contraintes agronomiques : la fréquence des refus au pâturage ou dans les foins. Les éleveurs rapportent souvent des difficultés au pâturage vis-à-vis de l'acceptabilité de certaines espèces végétales. Pour les graminées, il s'agit souvent d'espèces du type fonctionnel D qui ont une digestibilité faible et qui durcissent rapidement sur pied. Pour les prés de fauche, ce sont souvent les Diverses qui sont citées soit par la présence de **grosses tiges refusées dans les fourrages**, soit par leur **difficulté à sécher** : la teneur en eau des tiges est plus forte que pour les feuilles (ANSQUER, 2006) et leur dessiccation plus longue

	Productivité	Précocité	Souplesse	Refus
Hauteur des Diverses	X		X	X
Floraison des Diverses (°.j)		X	X	
Types Fonctionnels de Graminées	X	X	X	X

TABLEAU 1 : **Caractéristiques mobilisées pour évaluer les 4 valeurs d'usages retenues.**

TABLE 1 : **Characteristics employed to calculate the 4 types of usage values.**

du fait de parois cellulaires plus épaisses. Les espèces incriminées par les éleveurs sont souvent le vétrate (*Veratrum album* L.), la grande berce (*Heracleum sphondylium*), le cerfeuil (*Chaerophyllum aureum* L.), la patience à feuilles obtuses (*Rumex obtusifolius* L.)..., c'est-à-dire des espèces de grande taille à grosse tige. Du fait de leur difficulté de séchage, leur abondance entraîne une fréquence de fanage plus importante qui génère des pertes de feuilles par brisure et qui pénalise donc la qualité des foins. Plusieurs témoignages d'éleveurs révèlent que ceux-ci trient ces espèces au champ ou à l'entrée du séchage en grange afin d'éviter le pourrissement du fourrage. Certains éleveurs qualifient ces foins de « foins à grosses tiges », le différenciant du « foin à tiges » pour qualifier le « foin mûr » de graminées. La mauvaise aptitude au séchage est donc une conséquence de la taille des espèces, notamment pour celles qui ont des tiges de gros diamètre.

Les traits mobilisés pour chaque valeur d'usage sont synthétisés dans le tableau 1.

• Construction d'une base de données des Diverses et première classification

A partir des relevés des Alpes et des Pyrénées, nous avons identifié une liste d'espèces dont la fréquence d'apparition est au moins égale à 10% dans les parcelles. Nous avons mobilisé ici les données du mémoire de FALCOZ (2014) lequel a complété cette liste avec les variables hauteur maximale et sommes de températures à la floraison. **Les trois classes de hauteur et trois classes de précocité forment neuf groupes de Diverses** ; les lettres B, M, H indiquent respectivement la hauteur Basse, Moyenne et Haute. Leur est associé un chiffre, qui indique la précocité de la floraison, à savoir 1 (précoce), 2 (intermédiaire) et 3 (tardive). Ainsi, M3 indiquera le groupe des Diverses de taille moyenne à floraison tardive. Les légumineuses étant toutes dans les précocités intermédiaires, elles seront notées LB pour les basses et LM pour les moyennes.

• Cohérence de ces groupes avec les facteurs du milieu et les pratiques agricoles

Les deux jeux de données Pyrénées et Alpes sont décrits par l'abondance des espèces selon leurs familles (Graminées, Légumineuses et Autres), ainsi que par leurs types fonctionnels de graminées et leurs groupes de Diverses. Celui des Pyrénées présente l'avantage d'être relativement précis sur la description du milieu, ainsi que sur

	Pyrénées Fauche	Pyrénées Pacage	Alpes Fauche	Alpes Pacages
Nombre de parcelles	193	36	138	156
Abondance moyenne et (min/ max)				
% Graminées	62 (9/100)	56 (29/93)	59 (24/93)	50 (7/100)
% Légumineuses	9 (0/33)	8 (0/45)	12 (0/43)	13 (0/43)
% Autre	29 (0/91)	36 (3 /65)	29 (8/70)	36 (0/87)
Prairies où Diverses > 50%	27 %	33 %	35 %	51 %

TABLEAU 2 : Composition des prairies et fréquences de celles dominées par les Diverses selon l'usage et le massif.

TABLE 2 : Grassland composition and percentage of grasslands dominated by non-grasses according to grassland use and mountain range.

l'usage et l'entretien des prairies. Construit autour de l'exhaustivité des prairies utilisées par quatre élevages d'une même commune, il nous permet de dire qu'il représente un continuum de prairies allant du fond de vallée jusqu'aux communaux, en altitude. Nous l'avons donc privilégié pour étudier les convergences entre les groupes de Diverses et les types fonctionnels de graminées. Puis, dans une seconde analyse, nous l'utilisons pour étudier la réponse de ces groupes de Diverses avec les facteurs du milieu et les pratiques. Enfin, nous mobilisons les prairies des Alpes et des Pyrénées pour voir en quoi la prise en compte des Diverses permet d'améliorer la valeur d'usage des végétations. Pour cela, nous testerons quatre indices combinant types fonctionnels de graminées et groupes de Diverses pour mieux caractériser la productivité, la précocité, la souplesse d'utilisation et la fréquence des refus dans la végétation.

2. Résultats et discussions

■ Les Diverses dominant dans 27 à 51 % des prairies permanentes

Généralement, les graminées sont dominantes dans les végétations, 77% de l'abondance totale des espèces au printemps sur 190 prairies permanentes du projet CAS-DAR Prairies permanentes national selon LAUNAY *et al.* (2011). Comme le montre le tableau 2, ces valeurs peuvent varier en fonction de la zone d'étude et de l'usage. Ainsi, 27 à 51 % des prairies sont dominées par les Diverses en fin

de printemps, la fréquence étant plus élevée pour les pacages que pour les prés de fauche, notamment dans les Alpes du Nord.

La fréquence des prairies dominées par les Diverses conduit donc à s'interroger sur l'impact de ces espèces sur la valeur d'usage des prairies permanentes.

■ Une base de données de 84 espèces de Diverses réparties en 9 classes

Les relevés des Alpes du Nord rassemblent 178 espèces (33 graminées, 14 légumineuses et 131 autres). Parmi ces espèces, 145 ne sont pas graminéennes. La liste de celles dont la fréquence d'apparition dans les relevés est supérieure à 10% a été établie. Cette première liste a été confrontée aux relevés pyrénéens pour identifier, sur les mêmes bases, les espèces à rajouter. Au total, c'est une liste de 12 légumineuses et 72 autres espèces qui a été obtenue (annexe 1). Elle représente les Diverses les plus fréquentes dans les deux zones d'études.

■ Comparaison des deux jeux de données des Pyrénées et des Alpes

Malgré leur appartenance à deux massifs montagneux différents, les prés de fauche et pacages des Alpes et des Pyrénées présentent d'assez grandes similitudes (tableau 3).

Au niveau des familles, seules les graminées sont légèrement plus abondantes dans le jeu de données pyrénéen que dans celui des Alpes. Les types fonctionnels de graminées A ont tendance à être plus abondants dans les Pyrénées qui ont un régime océanique, alors que les types B sont plus abondants dans les Alpes au régime plus continental, selon DURU *et al.* (2015). C'est certainement ce régime continental, couplé à une altitude plus élevée, qui explique également l'accroissement significatif du type b, ce dernier étant représenté en particulier par les prairies d'altitude à trisetète (*Trisetum flavescens* (L.) P. Beauv.).

Globalement, on observe, entre les deux échantillons de prairies, **une assez grande similitude dans les plantes diverses qui dominant chacun des 6 groupes définis** (tableau 4).

Pour les groupes de Diverses (tableau 5), la seule différence significative concerne l'abondance des espèces M2 plus élevée dans les Alpes (prairies à géranium ou à renoncules)

	Familles			Types fonctionnels de graminées					
	Graminées	Légumineuses	Autres	A	B	b	C	D	E
Alpes	54 ^{a*}	12	33	7	23	15 ^{b*}	7	1,5	1,7
Pyrénées	61 ^b	9	30	32	13	12 ^a	3	0,1	0

* Les lettres différentes pour un même type de végétation indiquent des classes statistiquement différentes ($p < 0,05$)

TABLEAU 3 : Abondance (%) des espèces par famille et par type fonctionnel de graminées (au sein des graminées) dans 523 parcelles des Alpes du Nord et des Pyrénées.

TABLE 3 : Relative abundance (%) of grass and legumes species and of grass functional groups (within grasses) in 523 fields in the Alps and Pyrenees.

	Pyrénées centrales	Alpes du Nord
B1	Plantain lancéolé (<i>Plantago lanceolata</i>) Pissenlit (<i>Taraxacum officinalis</i>)	Pissenlit (<i>Taraxacum officinalis</i>) Plantain lancéolé (<i>Plantago lanceolata</i>) Véroniques (<i>Veronica</i> sp.)
B2	Porcelle (<i>Hypochaeris radicata</i>) Rhinanthe (<i>Rhinanthus</i> sp.) Lin sp (<i>Linus</i> sp.)	Rhinanthe (<i>Rhinanthus</i> sp.) Renouée bistorte (<i>Polygonum bistorta</i>) Sanguisorbe mineure (<i>Sanguisorba minor</i>)
M2	Renoncules (<i>Ranunculus</i> sp.) Picride (<i>Picris</i> sp.) Gailllet mou (<i>Galium mollugo</i>)	Renoncules (<i>Ranunculus</i> sp.) Géranium des bois (<i>Géranium sylvaticum</i>) Salsifis des prés (<i>Tragopogon pratensis</i>)
M3	Centaurée (<i>Centaurea</i> sp.) Carotte (<i>Daucus carota</i>) Achillée (<i>Achillea millefolium</i> L.)	Centaurée (<i>Centaurea</i> sp.) Knautie (<i>Knautia</i> sp.) Achillée (<i>Achillea millefolium</i>)
H1	Cerfeuil doré (<i>Chaerophyllum aureum</i>) Grande oseille (<i>Rumex acetosa</i>)	Grande oseille (<i>Rumex acetosa</i>) Anthriscus (<i>Anthriscus</i> sp.)
H2	Patience à feuilles obtuses (<i>Rumex obtusifolius</i>) Crépe bisannuel (<i>Crepis biennis</i>)	Crépe bisannuel (<i>Crepis biennis</i>) Patience à feuilles obtuses (<i>Rumex obtusifolius</i>)

TABLEAU 4 : Principales espèces qui composent les groupes de Diverses dans les jeux de données des Pyrénées et des Alpes (en gras, celles communes aux 2 sites).

TABLE 4 : Main non-grass species observed in grasslands in the Alps and Pyrenees (those found in both ranges are in bold).

Diverses	B1	M1	H1	B2	M2	H2	B3	M3	H3	LB	LM
Alpes	9	0,2	2,3	4,4	9,6 ^b	3	0,6	2,1	1	11	1
Pyrénées	9	0,2	4,4	1,4	5,6 ^a	3	0,1	5,9	0,5	9	0,6

Les lettres différentes pour un même type de végétation indiquent des classes statistiquement différentes entre elles (p < 0,05)

TABLEAU 5 : Abondance (%) des 9 groupes de diverses dans les deux massifs.

TABLE 5 : Abundance (%) of the 9 non-grass species groups observed in the Alps and Pyrenees.

que dans les Pyrénées. Pour les légumineuses, les deux dispositifs ont à peu près la même proportion de légumineuses (essentiellement des basses : LB) ; pour la suite de l'étude nous avons regroupé les deux groupes de légumineuses.

■ Réponse des groupes de Diverses à la nutrition minérale

Une Analyse en Composantes Principales sur l'abondance des 6 groupes de diverses présentes dans les prairies des Pyrénées (B1, H1, B2, M2, H2, M3) permet de représenter 48% de la variance totale sur les deux premiers axes (figure 1). Le premier axe (30%) oppose clairement les Diverses hautes (H1 et H2) aux autres groupes de Diverses,

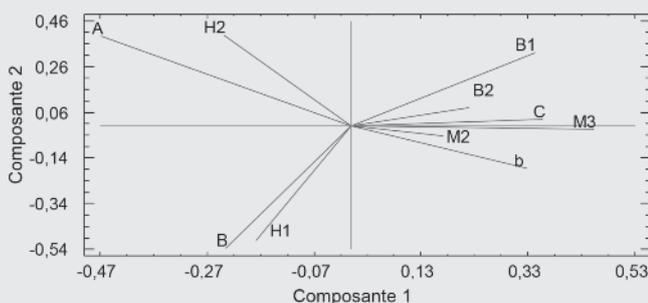


FIGURE 1 : Position de chaque groupe de Diverses dans le plan de l'ACP pour les données pyrénéennes.

FIGURE 1 : Position of each group of Diverses in the ACP plan for Pyrenean data.

suggérant un fonctionnement très compétitif vis-à-vis des ressources lumière et nutriments. C'est ce que confirment les types fonctionnels de graminées qui ont été introduits en variables non actives dans l'analyse. Les deux types fonctionnels de graminées A et B décrits par CRUZ comme des types à captures de ressources sont associés aux Diverses Hautes. Les graminées de type b, de milieu moins riche, ou celles à conservation (type C) sont plus associées aux Diverses moyennes et basses. Le deuxième axe (18%) oppose les H1 aux H2, c'est-à-dire sépare, dans les Diverses hautes, les groupes de précocité forte et intermédiaire. Il associe les H1 aux graminées de type B (prés de fauche à ombellifère) et les H2 aux graminées de type A (milieux fréquemment fertilisés).

Les données des Pyrénées nous permettent de confirmer ces premiers éléments, au travers des indices de nutrition azotée qui ont été réalisés sur l'ensemble des parcelles (n = 207). Elles permettent de tester l'abondance des types fonctionnels de graminées avec la nutrition azotée (INN) de la parcelle (** : seuil 0,01 et *** : seuil 0,001). La relation est positive pour les graminées AB (r = 0,4)*** et négative pour les graminées b (r = -0,29)*** et C (r = -0,35)***. Nous obtenons pour les Diverses une relation positive pour les Hautes (r = 0,26)***, négative pour les moyennes (r = -0,23)*** et pas de relation significative pour les basses. De la même manière que cela a été montré pour les graminées à capture de types A et B, nous pouvons dire que **les Diverses Hautes sont favorisées par les états nutritionnels élevés, alors que les Diverses de taille moyenne sont plutôt favorisées par les états nutritionnels plus faibles**. L'absence de relations pour les Diverses de petite taille est dû au fait que l'usage de la prairie est peut-être plus important que la nutrition minérale pour expliquer leur abondance. C'est ce que l'on peut vérifier avec les plantes en rosettes qui constituent une bonne partie des Diverses basses pour les milieux fertiles (pissenlit, plantain...) ou pauvres (pâquerette, bugle...). **De la même manière, les Diverses précoces (D1) sont favorisées par les INN élevés (r = 0,19)** contrairement aux Diverses tardives (D3) (r = -0,29)*****. Les Diverses à phénologie intermédiaire (D2) ne sont pas corrélées aux INN.

■ Réponse des groupes de Diverses à la défoliation

Dans les prés fauchés deux fois dans l'année, la fréquence de fauche sélectionne les espèces compétitrices (H) pour l'accès aux ressources et à la lumière. De fait, elle favorise significativement les espèces hautes au détriment des moyennes et des basses, lesquelles sont favorisées par la simple fauche et les pacages. En ce qui concerne la précocité, les pacages qui sont extensifs dans ce jeu de données (non fertilisés et en pâturage libre deux à trois fois par an) présentent la particularité d'associer des végétations précoces et tardives, ce qui leur confère une certaine souplesse d'exploitation, tout comme dans une moindre mesure, les prés fauchés une seule fois.

■ Construction d'indices pour intégrer les Diverses dans la valeur d'usage des prairies

• Un indice de productivité : Iprod

Un indice de productivité (Iprod) est proposé en intégrant les Diverses, en affectant un coefficient de productivité à chacun des groupes, sur le même modèle que celui calculé par DURU *et al.* (2010a) sur la seule base des Types Fonctionnels de Graminées (ProdTFG) (pour mieux les différencier, les types fonctionnels de graminées sont précédés de Gram et ceux des Diverses par Div) :

Indice de productivité

$$\text{Iprod} = (\% \text{GramA} + \% \text{GramB} + \% \text{DivHaut}) \times 80 + (\% \text{Gramb} + \% \text{Légum} + \% \text{DivMoyen}) \times 60 + (\% \text{GramC} + \% \text{GramD} + \% \text{DivBas}) \times 40.$$

%GramA : abondance moyenne des graminées de type A, etc.

• Un indice de précocité : Iprec

Celui-ci est calculé par la somme des types fonctionnels de graminées de types A, B et C au sein des graminées. Nous avons intégré le type C à la catégorie précoce malgré une floraison légèrement supérieure à 1 200°C.j. Cette décision est aussi motivée par l'usage de ces végétations qui nécessitent une utilisation précoce pour éviter le durcissement rapide des organes qui les rend rapidement peu appétents. Nous proposons d'y intégrer l'ensemble des Diverses précoces (Div1 : indépendamment de leur taille) ainsi que le type fonctionnel de graminées (E) qui est le plus précoce (graminées annuelles).

Indice de précocité

$$\text{Iprec} = \% \text{GramA} + \% \text{GramB} + \% \text{GramC} + \% \text{GramE} + \% \text{Div1}$$

• Un indice de souplesse : Isoupl

Pour les graminées, nous proposons donc de cumuler les graminées tardives (type b) en éliminant celles qui sont difficiles à valoriser (D), mais en y associant les graminées de type C qui présentent un caractère très feuillu indépendamment de leur stade de développement, grâce à leur rapport feuille / tiges qui reste élevé. Nous associons à cet

indice les légumineuses, qui sont particulièrement appétentes et assez bien consommées indépendamment de leur stade, ainsi que les Diverses de taille moyenne dès lors qu'elles ont une précocité intermédiaire à faible.

Indice de souplesse

$$\text{Isoupl} = \% \text{Gramb} + \% \text{GramC} + \% \text{Leg} + \% \text{DivM2} + \% \text{DivM3}$$

• Un indice de contraintes agronomiques de fréquence des refus à la fauche ou au pâturage

Afin de proposer un seul indice pour les pâtures et les prés de fauche, nous proposons de calculer cet indice en cumulant les types de graminées D (essentiellement dans les pacages) avec les Diverses Hautes (fauches et pâture), indépendamment de leur précocité. En effet, bien que les contraintes d'utilisation soient d'autant plus fortes que l'espèce est précoce, le seul moyen de valoriser ces prairies est de les utiliser très précocement avant la formation des tiges.

Indice de refus fauche ou pâture

$$\text{Icontr} = \% \text{GramD} + \% \text{DivH}$$

■ Application de ces indices pour mieux évaluer la valeur d'usage des prairies permanentes

Pour illustrer l'usage de ces indices, dans le tableau 6, nous proposons de rassembler l'ensemble des prés de fauche des deux jeux de données Alpes et Pyrénées (318 parcelles). Trois classes de potentiel productif ont été réalisées à partir de la part de graminées à capture (des types A et B) au sein des graminées (DURU *et al.*, 2010a). L'indice de productivité (Iprod) calculé en combinant les types fonctionnels de graminées et les groupes de Diverses permet d'avoir des classes statistiquement différentes entre elles, ce que n'a pas permis (ProdTFG) qui ne mobilise que les graminées.

Les prés de fauche productifs représentent un enjeu vis-à-vis de l'autonomie fourragère des exploitations. Mieux caractériser leur valeur d'usage est donc important pour les éleveurs et les conseillers. Nous proposons donc d'explorer

Classe de potentiel productif	n	Graminées des types A et B (ABgram, % moyen)	ProdTFG moyenne (et σ)	Iprod moyenne (et σ)
Productif	92	≥ 90	79 (0,9)	74 ^c (4,3)
Assez productif	113	70/89	75 (2,0)	68 ^b (4,6)
Peu productif	113	$\ll 70$	67 (4,4)	63 ^a (4,7)
Anova			ns	$P < 0,000$
σ : écart-type				

TABLEAU 6 : Répartition de 318 prés de fauche des Alpes et des Pyrénées dans 3 classes de potentiel productif, déterminées par l'abondance des graminées à capture A et B.

TABLE 6 : Classification of 318 hay meadows in the Alps and Pyrenees according to 3 productivity classes, as determined by the abundance of grasses with a nutrient uptake strategy (types A and B).

Classe	Effectif	Graminées	Légumineuses	Autres	B1	B2	M2	M3	H1	H2	H3
1 - Gram	53	75	8	18	3,5	0,4	6,7	0,7	3,9	2,1	0,2
2 - Gram & H2	11	55	9	36	5,5	0,0	2,2	0,0	1,1	27,0	0,0
3 - Gram & H1	12	59	6	35	3,3	0,7	2,1	0,6	19,9	2,5	5,5
4 - Gram & Lég	16	58	13	29	18,3	0,6	2,6	4,3	1,9	0,6	0,1
Moyenne		0,67	0,09	0,24	6,3	0,4	4,8	1,3	5,3	4,9	0,8

En grisé : les types dominants de Diverses de chaque classe

TABLEAU 7 : Description de la végétation des 4 classes de prés de fauche les plus productifs (n=92), formées par la Classification Ascendante Hiérarchique (% abondance totale).

TABLE 7 : Description of the vegetation in the 4 most productive classes of hay meadows (n=92), as determined by hierarchical cluster analysis (HCA ; abundance, %).

dans la classe des 92 prés de fauche les plus productifs, la diversité des végétations rencontrées et de voir en quoi la prise en compte des Diverses permet de mieux préciser les caractéristiques agronomiques.

Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été réalisée avec la méthode de Ward sur ces 92 prairies

productives. Les variables actives dans l'analyse sont les sept groupes de Diverses les plus représentées (B1, B2, M2, M3, H1, H2 et H3). Nous avons choisi de sélectionner quatre classes que nous décrivons par leurs familles et les groupes de Diverses (tableau 7 et encadré 1).

Conclusion

Nous montrons que les Diverses peuvent être dominantes dans un grand nombre de prairies permanentes des Alpes et Pyrénées. De ce fait, leur implication dans la valeur d'usage des prairies est importante et nécessite d'améliorer, au moins pour des valorisations tardives, les indicateurs agronomiques construits sur la seule base des graminées. Ces indicateurs agronomiques peuvent être de ce fait mobilisés dans les nombreuses bases de données de relevés botaniques exhaustifs que les collègues botanistes étudient avec d'autres approches comme la phytosociologie. Ainsi, cette prise en compte des Diverses, permet une meilleure articulation des travaux entre agronomes et botanistes afin de traiter de problèmes naturalistes (PRUD'HOMME et THEAU, 2017).

La construction de groupes de Diverses sur la base de traits biologiques (floraison et hauteur maximale de la plante) paraît suffisamment pertinente pour créer 9 classes de Diverses, dont 6 à 7 sont assez abondantes dans les végétations. L'intégration de ces groupes de diverses permet d'améliorer certains indices de caractérisation agronomique calculés sur la seule base des graminées (productivité, précocité, souplesse). Elle permet également la création d'un nouvel indice de contraintes agronomiques qui exprime la fréquence potentielle de refus à la fauche ou en pâture. Peu renseigné à ce jour, malgré une réalité sur le terrain souvent mentionnée par les éleveurs, cet indice révèle que 25% des parcelles les plus productives se heurtent à un problème d'envahissement de diverses hautes contraignant à la fois les chantiers de fenaison et la qualité des fourrages récoltés. Au-delà de leur intérêt pour la gestion, ces indices permettent de mieux prendre en compte la diversité des végétations, y compris dans les prairies les plus productives. Ils permettent de prendre conscience des nombreux atouts apportés par les Diverses (précocité, souplesse), mais aussi de certaines contraintes (fréquence des refus). La prise en compte de ces indices permet de moduler la conduite fourragère, notamment par les dates de

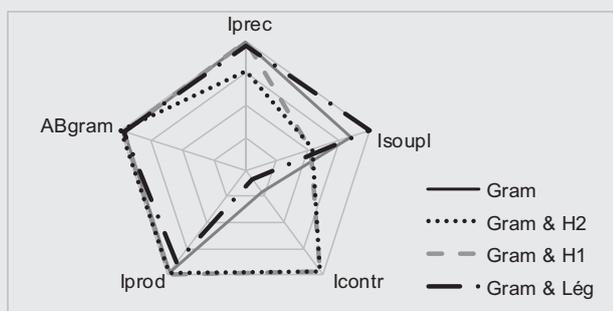
Quatre classes de prés de fauche **productifs mais avec des valeurs d'usages contrastées** (figure ci-dessous) :

La classe 1-Gram : Végétations dominées par les graminées (à capture). La faible contribution des Diverses et des légumineuses en fait une végétation précoce, peu souple. L'indice de contrainte à la fauche est faible du fait de la dominance de graminées.

La classe 2-Gram & H2 : Végétations à graminées et à Diverses H2 (*Rumex obtusifolius* et *Crepis biennis*). Du fait de l'abondance de Diverses hautes de précocité intermédiaire, la souplesse et la précocité sont faibles. Ce type de prairies est contraignant à la fauche par la présence d'espèces à grosses tiges.

La classe 3-Gram & H1 : Végétations à graminées et Diverses H1 (anthriscus, cerfeuil). Prairies regroupant des espèces précoces. La souplesse est faible et, comme la classe précédente, la présence de Diverses de grande taille renforce l'indice de productivité mais avec une très forte contrainte pour la fauche (accentuée par la précocité des Diverses hautes).

La classe 4-Gram & Lég : Végétations à graminées associant des légumineuses et des Diverses B1. Les principales Diverses sont les légumineuses, le plantain et le pissenlit. La précocité et la souplesse sont élevées du fait de l'absence d'espèces tardives et hautes. L'absence de Diverses hautes rend également la végétation peu contraignante à la fauche. L'indice de production est plus faible du fait de l'abondance des B1.



ENCADRÉ 1 : Valeur d'usage des 4 classes de prés de fauche les plus fertiles (n=92) des Alpes du Nord et des Pyrénées.

SIDEBAR 1 : Usage value for the 4 most fertile hay meadows (n=92) in the Alps and Pyrenees.

récolte, afin d'améliorer la qualité des fourrages ou la flexibilité des chantiers. Faciles à mettre en œuvre, ils ont été intégrés aux calculs de valeurs d'usage dans une typologie simplifiée des prairies des Alpes du Nord (document à paraître). Ils pourraient aussi être facilement intégrés à des relevés botaniques simplifiés, tels que proposés par THEAU et al. (2010).

Ces groupes de Diverses permettent de mieux décrire la valeur d'usage des prairies permanentes (groupes d'effets). Avec le jeu de données dont nous disposons, nous avons des difficultés à expliquer la réponse de ces végétations aux facteurs du milieu. La grande similitude que nous montrons entre les types fonctionnels de graminées et les groupes de Diverses est assez prometteuse, mais il serait intéressant de poursuivre ce travail pour essayer de mieux valider les groupes de réponses. Cependant, nous pensons que la réponse des graminées, très reliée au fonctionnement trophique des espèces, est plus facile à établir du fait d'une faible dépendance aux cycles démographiques, contrairement aux Diverses.

Accepté pour publication,
le 12 juillet 2017

Remerciements : Ce travail initié par Loïc Falcoz en stage à CERAQ, a été financé par le projet ATOUS qui bénéficie de la contribution financière du CASDAR du MAAF.

Floraison de l'espèce		
1 : Précoce (< 800°C.j)	2 : Moyenne (800 à 1 200°C.j)	3 : Tardive (> 1 200°C.j)
Taille maximale de l'espèce :		
B : Basse (< 40 cm)		
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Mentha sp.</i>
<i>Plantago major</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Thymus serpyllum</i>
<i>Plantago media</i>	<i>Rhinanthus sp.</i>	
<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Sanguisorba minor</i>	
<i>Bellis perennis</i>	<i>Aspérule sp.</i>	
<i>Ajuga reptans</i>	<i>Galeopsis sp.</i>	
<i>Cardamine sp.</i>	<i>Hypericum sp.</i>	
<i>Cerastium fontanum</i>	<i>Linum sp.</i>	
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Potentilla sp.</i>	
<i>Myosotis sp.</i>		
<i>Prunella vulgaris</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	
<i>Stellaria media</i>	<i>Medicago lupulina</i>	
<i>Veronica arvensis</i>	<i>Trifolium pratensis</i>	
<i>Veronica chamaedrys</i>	<i>Trifolium repens</i>	
<i>Viola sp.</i>	<i>Trifolium dubium</i>	
<i>Euphorbia sp.</i>	<i>Ononis sp.</i>	
<i>Polygala sp.</i>		
<i>Teucrium sp.</i>		
M : Moyenne (40 à 90 cm)		
<i>Galium verum</i>	<i>Alchemilla sp.</i>	<i>Daucus carota</i>
<i>Rumex acetosella</i>	<i>Galium mollugo.</i>	<i>Achillea</i>
<i>Cruciata laevipes</i>	<i>Pimpinella sp.</i>	<i>millefolium</i>
<i>Helleborus foetidus</i>	<i>Ranunculus sp.</i>	<i>Stachys officinalis</i>
<i>Equisetum arvense</i>	<i>Sanguisorba officinalis</i>	<i>Convolvulus</i>
<i>Salvia pratensis</i>	<i>Silene dioica</i>	<i>arvensis</i>
	<i>Silene vulgaris</i>	<i>Carum carvi</i>
	<i>Campanula sp.</i>	<i>Centaurea jacea</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Knautia arvensis</i>
	<i>Helianthemum sp.</i>	<i>Carum</i>
	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	<i>verticillatum</i>
	<i>Malva sp.</i>	
	<i>Chenopodium bonus-</i>	
	<i>henricus</i>	
	<i>Geranium sylvaticum</i>	
	<i>Leucanthemum vulgare</i>	
	<i>Picris hieracioides</i>	
	<i>Tragopogon pratensis</i>	
	<i>Polygonum bistorta</i>	
	<i>Polygonum persicaria</i>	
	<i>Lathyrus pratensis</i>	
	<i>Onobrychis vicifolia</i>	
	<i>Vicia cracca</i>	
	<i>Vicia sativa</i>	
	<i>Melilotus officinalis</i>	
	<i>Vicia hirsuta</i>	
H : Haute (> 90 cm)		
<i>Anthriscus sylvestris</i>	<i>Crepis biennis</i>	<i>Heracleum</i>
<i>Chaerophyllum aureum</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>	<i>sphondylium</i>
<i>Rubus sp.</i>	<i>Veratrum sp.</i>	<i>Filipendula</i>
<i>Rumex acetosa</i>	<i>Astrantia major</i>	<i>ulmaria</i>

ANNEXE 1 : Répartition des espèces dans les 9 groupes de Diverses selon leur taille et leur période de floraison (les légumineuses sont en gras).

APPENDIX 1 : Classification of species in the 9 non-grass species groups based on adult height and flowering period (legumes are in bold).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDUEZA D., CRUZ P., FARRUGGIA A., BAUMONT R., PICARD F., MICHALET-DOREAU B. (2010) : «Nutritive value of two meadows and relationships with some vegetation traits», *Grass and Forage Science*, 65, 325-334.
- ANSQUER P. (2006) : *Caractérisation agroécologique des végétations prairiales naturelles en réponse aux pratiques agricoles. Apports pour la construction d'outils de diagnostic*, thèse INRA/INP-ENSAT, 262 p+ annexes.
- BONNIER G., DE LAYENS G. (1985) : *Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*, éd. Belin, 425 p.
- CRUZ P., THEAU J.P., LECLoux E., JOUANY C., DURU M. (2010) : «Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits», *Fourrages*, 201, 11-17.
- DURANTE M., LEZANA L., MASSA E., FIGARI M., LEZAMA F., JAURENA M., CRUZ P. (2012) : «A first attempt to classify in functional groups grasses of Entre Rios Argentina and Uruguay», *II^d Int. Symp. on Integrated Crop-Livestock Systems*, Porto Alegre, Brasil.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.P. (2008) : «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., JOUANY C., THEAU J.P. (2010a) : «Herb'type® : un nouvel outil pour évaluer les services de production fournis par les prairies permanentes», *INRA Productions Animales*, 23 (4), 319-332.
- 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., JOUANY C., THEAU J.P., GRANGER S., CRUZ P. (2015) : «A plant-functional-type approach tailored for stakeholders involved in field studies to predict forage services and plant biodiversity provided by grasslands», *Grass and Forage Science*, 70 (1), 2-18.
- FALCOZ L. (2014) : *Intégration des dicotylédones dans la diversité fonctionnelle des prairies : Elaboration de types fonctionnels de dicotylédones*, Stage Ceraq, mémoire de fin d'études M2 Sciences et Technologies et Sciences appliquées à la montagne de l'Université de Savoie – Mont-Blanc, 70 p+ annexes.
- GILLET M. (1980) : *Les graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe*, éd. Gauthiers-Villars.
- JEANGROS B., BERTHER V., SCEHOVIC J. (1994) : «Plantes herbacées dicotylédones : une contribution à la biodiversité des prairies permanentes», *Revue suisse Agric.*, 26 (3), 151-154.
- LAMBERTIN M. (1987) : *Les écosystèmes d'altitude et le pâturage ovin : éléments pour la gestion d'un alpage*, thèse sous la direction de Michel Prud'hon, Montpellier 2.
- LAUBER K., WAGNER G. (2007) : *Flora Helvetica*, éd. Belin, 1631 p.
- LAUNAY F., BAUMONT R., PLANTUREUX S., FARRIÉ J.P., MICHAUD A., POTTIER E. (2011) : *Prairies permanentes : des références pour valoriser leur diversité*, Institut de l'Élevage, 128 p.
- PLANTUREUX S., AMIAUD B. (2010) : *E-flora-sys*, www.eflorasys.inpl-nancy.fr [page consultée le 07/07/2013].
- PRUD'HOMME F., THEAU J.P. (2017) : «Phytosociologie et agronomie à la rencontre des prairies fleuries», *Actes des rencontres naturalistes de Midi-Pyrénées*, Auch, 11-12-13/2/2016, 69-73.
- THEAU J.P., ZEROUROU A. (2008) : «Herb'âge, une méthode de calcul des sommes de températures pour la gestion des prairies», *Symposium International Vista-WP5, Outils pour la gestion des prairies naturelles*, Toulouse, 6-7-8/7/2005, 91-102.
- 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*, 201, 19-25.
- WESTOBY M. (1998) : «A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme», *Plant and Soil*, 199, 213-227.

