



HAL
open science

Production et valeur nutritive des prairies permanentes dans les fermes productrices de fromages AOP du Massif central en France

René Baumont, Fabienne Picard, B Delmas, S Violleau, J Zapata, C Chabalier, Angélique Torrent, Mathilde Piquet, Frédérique Louault, Donato Andueza, et al.

► To cite this version:

René Baumont, Fabienne Picard, B Delmas, S Violleau, J Zapata, et al.. Production et valeur nutritive des prairies permanentes dans les fermes productrices de fromages AOP du Massif central en France. Les Journées de l'AFPP (Association Française pour la Production Fourragère), Apr 2012, Paris, France. hal-02749651

HAL Id: hal-02749651

<https://hal.inrae.fr/hal-02749651>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Production et valeur nutritive des prairies permanentes dans les fermes productrices de fromages AOP du Massif central en France

R. Baumont^{1,2}, F. Picard^{1,2}, B. Delmas³, S. Violleau⁴, J. Zapata⁵, C. Chabalier⁶, A. Torrent^{1,2}, M. Piquet⁷, F. Louault⁸, D. Andueza^{1,2}, A. Farruggia^{1,2}

Une meilleure utilisation des prairies permanentes dans l'alimentation du troupeau nécessite l'acquisition de références sur leur production et leur valeur nutritive, et une meilleure compréhension des déterminants liés à la composition botanique de la végétation.

RÉSUMÉ

La dynamique de production et la valeur nutritive de 75 prairies représentatives des différents usages dans les systèmes fourragers ont été étudiées. L'analyse de la composition en graminées de ces prairies a permis de définir 5 groupes dont 4 dominés par des graminées de milieu fertile. Le cinquième est dominé par des graminées de milieu peu fertile à stratégie de conservation des nutriments, avec une phénologie plus tardive, une croissance plus lente et une valeur nutritive plus faible en début de printemps mais qui diminue moins vite que celle des 4 autres groupes. La proportion de légumineuses, bien que faible dans ces prairies du Massif central, influence positivement leur valeur nutritive et sa stabilité au printemps. Ces nouvelles références ont permis de quantifier les potentiels agronomiques et fourragers des types de prairies définis dans la typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central.

SUMMARY

Permanent grassland production and nutritional value in AOP-certified dairy farms in the French Massif Central

Optimising the use of permanent grassland to feed herds requires determining its productivity and nutritional value, and gaining a better understanding of determining factors in connection with botanical composition. To this end, the production dynamics and nutritional value of 75 grassland areas were studied. All 75 grassland areas are representative of the different uses of grassland in dairy farming in the Massif Central. The grassland areas were divided into five groups: 4 groups essentially composed of grass species growing in fertile soil and one group essentially composed of grass species growing in infertile soil, and involving a nutrient conservation strategy. In the beginning of the spring the nutritional value of this last group was lower than that of the four other groups, but this value decreased at a lower rate over time. The proportion of legumes, which was rather low, improved nutritional value and stability throughout the spring in these grassland areas. This new data made it possible to quantify the agronomic and foraging potential of the types of grassland defined within the multifunctional typology of grassland in the Massif Central.

AUTEURS

1 : INRA, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; baumont@clermont.inra.fr

2 : VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

3 : Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, Carrefour de l'Agriculture F-12026 Rodez

4 : Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme, 11, Allée P. De Fermat, F-63171 Aubière

5 : Etablissement Départemental de l'Élevage du Puy-de-Dôme, 11, Allée P. De Fermat, F-63171 Aubière

6 : Chambre d'Agriculture du Cantal, 26, Rue du 139° RI, F-15002 Aurillac

7 : Pôle fromager AOP Massif central, 20, Côte de Reyne, F-15000 Aurillac

8 : INRA, UR874 Ecosystème Prairial, 234, Avenue du Brézet, F-63100 Clermont-Ferrand

MOTS CLÉS : Composition fonctionnelle, digestibilité, dynamique de la végétation, évolution, gestion des prairies, graminée, légumineuse, Massif central, moyenne montagne, prairie permanente, production fourragère, somme de températures, stade de récolte, typologie des prairies, valeur alimentaire, végétation.

KEY-WORDS : Change in time, cumulated temperatures, cutting stage, digestibility, feeding value, forage production, functional composition, grass, grassland typology, legume, Massif central, medium highland, pasture management, permanent pasture, sward dynamics, vegetation.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Baumont R., Picard F., Delmas B., Violleau S., Zapata J., Chabalier C., Torrent A., Piquet M., Louault F., Andueza D., Farruggia A. (2012) : "Production et valeur nutritive des prairies permanentes dans les fermes productrices de fromages AOP du Massif Central en France", *Fourrages*, 209, 23-32.

Les prairies permanentes sont la principale ressource fourragère des fermes laitières productrices de fromages sous appellation d'origine protégée (AOP) du Massif central en France. Dans ces systèmes de production, la conduite des prairies doit donc non seulement permettre de tendre vers l'autonomie fourragère de l'exploitation par une production d'herbe en quantité et en qualité suffisantes mais aussi, avec l'évolution de la demande sociale, permettre d'assurer de plus en plus le maintien d'une diversité floristique favorable à la qualité des produits et à la fourniture de services écosystémiques assurés par les surfaces en prairie (fonction de pollinisation par exemple). Ainsi, il est important de mieux caractériser les liens entre d'une part les conditions environnementales, la conduite des prairies et d'autre part leur diversité botanique, leur production et leur valeur nutritive.

La composition botanique d'une prairie peut influencer grandement sa valeur nutritive, d'abord en raison des différences de stades de maturité entre espèces à une même date de mesure, mais aussi des différences de valeur entre espèces à un même stade de développement (BRUINENBERG *et al.*, 2002 ; BAUMONT *et al.*, 2008 ; HUYGHE *et al.*, 2008 ; ANDUEZA *et al.*, 2010). Ainsi, CARRÈRE *et al.* (2010), sur une collection d'espèces de graminées pouvant coexister en prairie permanente, ont montré que la réalisation d'un stade de développement donné, l'épiaison par exemple, a varié de six semaines entre l'espèce la plus précoce et la plus tardive. De plus, dans cette même étude, des écarts de digestibilité pouvant atteindre 15 points à même stade de développement ont été mesurés entre des graminées prairiales natives appartenant pourtant au même groupe de précocité. Il en va de même pour la production de biomasse, le décalage temporel des stades de développement et la variabilité du potentiel de production entre espèces entraînant de grandes variations dans la dynamique de production de la prairie mesurée dans un même site, selon sa composition botanique (MICHAUD *et al.*, 2011a). En l'absence de mesures directes et d'analyse chimique, il est donc hasardeux de vouloir prévoir la dynamique de production et de valeur nutritive d'une prairie permanente, sans un minimum de caractérisation de sa composition botanique. Pour aider à cette caractérisation, CRUZ *et al.* (2002, 2010) ont proposé une classification des graminées les plus fréquemment rencontrées dans les prairies permanentes en types fonctionnels basés sur un ensemble de traits fonctionnels dont certains définissent la stratégie d'utilisation des ressources par la plante. Ainsi, les graminées à stratégie de capture des ressources minérales, qui sont associées à des milieux riches et à une fréquence de défoliation élevée, présentent un potentiel élevé de croissance, une teneur faible en parois végétales, couplée à une digestibilité élevée au stade végétatif, et une phénologie précoce. A l'inverse, les graminées à stratégie de conservation des ressources, qui sont associées à des milieux plus pauvres et à une fréquence de défoliation plus faible, présentent un potentiel de croissance plus faible, une teneur en parois végétales plus élevée couplée à une digestibilité plus faible au stade végétatif, et une phénologie

plus tardive. **La détermination de la composition en types fonctionnels de graminées d'une prairie doit donc renseigner sur sa production et sa valeur nutritive potentielles et leurs dynamiques saisonnières** ; cette classification est proposée pour évaluer les services agronomiques des prairies permanentes (DURU *et al.*, 2010a et b). La proportion et la nature des dicotylédones (légumineuses et plantes diverses) présentes dans une prairie influencent également sa production et sa valeur nutritive. Ainsi, dans la typologie des prairies de Suisse (DACCORD *et al.* 2006), le type de graminées, la présence ou non de ray-grass anglais et la proportion de légumineuses ont un effet positif sur la valeur nutritive et sur sa stabilité au cours du premier cycle de végétation, alors que la proportion de plantes diverses à tiges la diminue.

A l'occasion du programme CASDAR PRAIRIES AOP, un réseau de 75 prairies couvrant la gamme de pratiques et de milieux rencontrée dans six zones d'AOP fromagères (Saint-Nectaire, Cantal, Laguiole, Salers, Bleu d'Auvergne et Fourme d'Ambert) a été constitué. Les relevés floristiques et les mesures agronomiques réalisées sur ce réseau ont servi de base à l'élaboration d'une typologie multifonctionnelle des prairies des ces zones (CARRÈRE *et al.*, ce numéro). Dans cet article nous présentons **les résultats de production et de valeur nutritive des prairies en mettant en évidence les liens avec leur composition botanique**, analysée en termes de types fonctionnels de graminées ou de groupes de familles d'espèces.

1. Matériel et méthodes

■ Le réseau de prairies

Les 75 prairies du réseau étaient réparties dans **15 exploitations d'élevage laitier**, couvrant les divers milieux de la zone d'étude : 4 situées dans le département de l'Aveyron, 6 dans le département du Cantal, et 5 dans le département du Puy-de-Dôme. Dans chaque exploitation, **5 parcelles** ont été choisies à partir des informations données par l'éleveur, **de façon à représenter la diversité des usages dans le système fourrager** selon la grille d'analyse suivante : fauche précoce (FP), fauche tardive (FT), pâturage puis fauche (PF), pâturage avec vitesse de rotation rapide (PR), pâturage avec vitesse de rotation lente (PL).

L'altitude moyenne des parcelles s'élève à 873 mètres (plage de variation de 600 à 1 320 m), leur surface moyenne est de 4,0 ha (de 0,8 à 33 ha). Les sols sont de nature granitique ou volcanique et le statut hydrique des parcelles recouvre des types sain, séchant ou humide.

■ Les mesures de terrain

Le suivi du réseau de parcelles s'est déroulé sur **deux années**, en 2008 et 2009. En 2008, un relevé floristique complet a été réalisé (cf. CARRÈRE *et al.*, ce numéro), destiné à construire la typologie.

Le suivi agronomique a consisté, au cours de chacune des années 2008 et 2009, en la réalisation de quatre périodes de mesure. Les dates des **3 mesures effectuées au cours du printemps** ont été **déterminées selon les sommes de températures calculées en degrés jours (°.j)** depuis le 1^{er} février (ANSQUER *et al.*, 2009), de façon à les réaliser à des stades de développement de la végétation comparables pour toutes les parcelles du réseau. Les mesures devaient être faites à proximité de 400 °.j (période de la mise à l'herbe), de 700-800 °.j (ce qui correspond à une fauche précoce) et de 1 200 °.j (fauche tardive pour la grande majorité des parcelles), ce qui permet d'approcher le pic de biomasse. La **quatrième période de mesure était réalisée de la mi-septembre à la mi-octobre**.

A chaque date d'intervention, les mesures ont été réalisées sur une diagonale traversant le faciès dominant de la parcelle. En 2008, la **composition botanique simplifiée** (THEAU *et al.*, 2010) a été mesurée dans 5 quadrats de 0,25 m² répartis le long de la diagonale. Des prélèvements de biomasse ont été réalisés dans deux enclos mis en défens des animaux de façon à suivre l'accumulation de la biomasse durant les 3 premières périodes et la repousse de la 4^e période, et prélever des échantillons pour déterminer la **valeur nutritive de l'herbe**. En 2009, du fait de difficultés pour maintenir les mises en défens tout au long de la saison, le protocole a été modifié avec l'installation de 3 mises en défens plus solides le long de la diagonale des parcelles.

A chaque date d'intervention en 2008 et en 2009, l'herbe a été coupée dans un quadrat de 0,49 m² au sein de chaque mise en défens. L'herbe ainsi récoltée dans les 3 mises en défens a été ensuite rassemblée, pesée en frais, et deux échantillons ont été constitués : le premier a été conservé congelé pour réaliser les mesures de composition botanique et de stade de végétation au laboratoire, le second a été séché pour déterminer la teneur en matière sèche (MS) de l'herbe et réaliser les analyses de valeur nutritive.

■ Les mesures de laboratoire

• Composition botanique et fonctionnelle de la végétation

Sur les échantillons décongelés, une **estimation visuelle de la proportion de graminées, légumineuses et diverses** a été réalisée avec la même grille de notation (note sur 6) que pour la méthode de THEAU *et al.* (2010). Pour les graminées, **des mesures complémentaires ont été réalisées sur 40 talles** prélevées au hasard dans l'échantillon. Les espèces de graminées ont été systématiquement identifiées et classées selon leur appartenance aux types fonctionnels de graminées définis par CRUZ *et al.* (2010) :

- A, espèces de milieux fertiles, plutôt de petite taille et de phénologie précoce ;
- B, espèces de milieux fertiles, d'assez grande taille et de phénologie moyennement précoce ;

- b, espèces de milieux relativement fertiles mais de phénologie plus tardive ;

- C, espèces typiques des pâturages peu fertiles, de petite taille et de phénologie moyennement précoce ;

- D, espèces caractéristiques des estives ou parcours peu fertiles, de taille moyenne et de phénologie très tardive.

Le stade de développement de chaque talle a été déterminé selon une grille définissant 13 stades de végétation, depuis le stade végétatif jusqu'au stade « grain tombé » (MOORE *et al.*, 1991 ; MICHAUD *et al.*, 2011a). Chaque stade de développement étant affecté d'une valeur numérique (stade végétatif : 1,5, début montaison : 2, début épiaison : 3 et stade floraison : 3,8), **le stade de développement moyen de l'échantillon** de 40 talles a été calculé comme la moyenne de ces valeurs pondérées des effectifs de talles.

• Production et valeur nutritive de l'herbe

Les échantillons moyens constitués sur chaque parcelle à chaque date de mesure ont été séchés en étuve ventilée pendant 72 h à 60°C de façon à en déterminer la teneur en MS et, ainsi, calculer la biomasse sèche présente sur les parcelles.

Par la suite, les échantillons ont été broyés avec une granulométrie de 1 mm et leurs spectres d'absorption dans le proche infrarouge ont été collectés par réflectance sur un spectrophotomètre scannant les spectres entre 400 et 2 500 nm (FOSS-NIRSystems 6500, Silver Spring, MD, USA). Les valeurs de digestibilité pepsine-cellulase (dCel), de teneur en parois végétales (NDF) et de teneur en matières azotées totales (MAT) ont été obtenues par application des équations de prévision établies sur le même appareil. Conformément à la procédure d'analyse par la spectrophotométrie dans le proche infrarouge (SPIR) (SHENK et WESTERHAUS, 1991), les échantillons ne pouvant pas être prévus par la méthode et ceux choisis pour valider les équations de calibration sur cet ensemble d'échantillons ont été analysés par les méthodes suivantes : dosage de l'azote Dumas (BUCKEE, 1994), dosage de la teneur en NDF (VAN SOEST *et al.*, 1991), détermination de la dCel (AUFRÈRE et DEMARQUILLY, 1989). Au final, les caractéristiques des calibrations SPIR utilisées sont les suivantes : pour la dCel (%), n=345, erreur standard de validation croisée (SECV)=2,61, R² de validation croisée (1-VR)=0,95 ; pour la teneur en N (g/kg MS), n=329, SECV=0,83, 1-VR=0,99 ; pour la teneur en NDF (g/kg MS), n=327, SECV=15,1, 1-VR=0,95. Les valeurs de dCel ont ensuite été converties en valeurs de digestibilité de la matière organique chez le mouton (dMO) par l'équation de prévision d'AUFÈRE *et al.* (2007).

■ L'analyse des données

Les données analysées et présentées dans cet article proviennent des **mesures faites en 2009** sur 74 des 75 parcelles du réseau, une parcelle d'une exploitation de l'Aveyron ayant été sortie du réseau en 2009 du fait d'une

très forte infestation par le campagnol. Les données acquises en 2008 présentent un nombre important de données manquantes, en raison des difficultés de réalisation du protocole de terrain, en particulier pour les mises en défens. De plus, quelques modifications ont été apportées dans le protocole de mesure en 2009. Pour ces raisons, nous n'avons pas regroupé les deux années de mesures. Les données acquises en 2008 ont fait l'objet d'une communication à un colloque (BAUMONT *et al.*, 2009a).

Les variables analysées sont, pour chacune des 3 dates de mesure du printemps : les proportions de graminées (G), de légumineuses (L) et de diverses (D), les proportions des types fonctionnels de graminées, le stade moyen de développement des talles de graminées (SMT), la biomasse sèche, la valeur nutritive caractérisée par la dMO et les teneurs en NDF et MAT. Nous avons également calculé les évolutions de la dMO et des teneurs en NDF et en MAT au cours du printemps en rapportant la différence entre les valeurs mesurées en première et troisième date à la différence de sommes de températures. Les mesures réalisées à l'automne n'ont pas été prises en compte car les parcelles ayant pu être pâturées, elles n'étaient pas suffisamment homogènes et interprétables.

A chaque période nous avons caractérisé les parcelles par leur type fonctionnel de graminées dominant (le plus fréquent) et sous-dominant (le deuxième plus fréquent). Cela nous a amené à constituer **5 groupes de parcelles** selon les règles suivantes :

- Quatre groupes de parcelles qualifiés respectivement de **groupes A, B, b et C**. Dans ces quatre groupes, le type A, B, b ou C de graminées était dominant à 2 périodes sur 3 et sous-dominant à la troisième.

- Un cinquième groupe qualifié de **groupe Ab**. Dans ce groupe, l'association Ab ou bA pour les types de graminées dominant et sous-dominant se retrouvait au moins à deux dates sur trois.

Pour chaque groupe de parcelles les différentes variables étudiées sont caractérisées par leur moyenne et leur erreur standard. L'erreur standard sur la date de réalisation des mesures exprimées en °.jours est également indiquée. Pour analyser les relations entre les variables caractérisant la production et la valeur nutritive, **l'analyse de corrélations entre les variables et** une

Mode d'utilisation	Groupe de prairies					Total
	A	Ab	b	B	C	
Fauche Précoce	3	7	4	1	0	15
Fauche Tardive	1	5	1	1	1	9
Pâtûre - Fauche	5	5	4	2	0	16
Pâtûre Rapide	2	10	1	0	0	13
Pâtûre Lente	1	9	5	0	6	21
Total	12	36	15	4	7	74

TABLEAU 1 : Répartition des 74 prairies du réseau selon leur mode d'utilisation et leur appartenance à un groupe de prairies déterminé à partir des types fonctionnels de graminées dominants.

TABLE 1 : Distribution of the 74 grassland areas based on land use and their inclusion in a determined group according to the functional type of dominant grass species.

analyse en composantes principales a été réalisée avec le logiciel SPAD version 7, indépendamment des groupes précédemment décrits. Les variables caractérisant la composition fonctionnelle de la végétation ont été positionnées en variables illustratives pour analyser leur influence sur la production et la valeur nutritive.

2. Résultats

■ Distribution des prairies selon la composition fonctionnelle de la végétation

Le groupe de parcelles Ab dominées par l'association de types fonctionnels de graminées Ab **est le plus abondant**. Trente-six parcelles soit presque la moitié des parcelles du réseau se trouvent dans ce groupe (tableau 1). Les groupes de parcelles A et b comprennent respectivement 12 et 15 parcelles dominées par le type fonctionnel de graminées A ou par le type b ; le groupe C, 7 parcelles et le groupe B, seulement 4 parcelles. Aucune parcelle du réseau n'est dominée par le type D.

Les parcelles des groupes A, Ab et b se retrouvent dans les 5 usages définis, avec une conduite dominante en pâture-fauche pour les parcelles du groupe A, une conduite dominante en pâtûrage rapide pour les parcelles

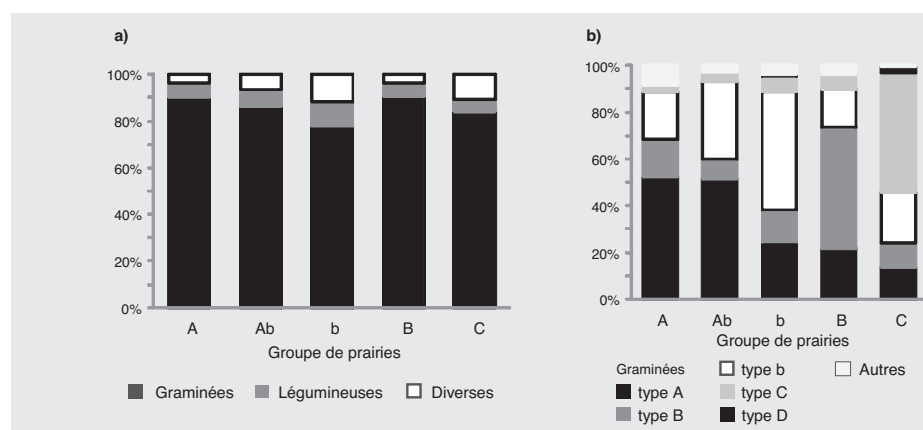
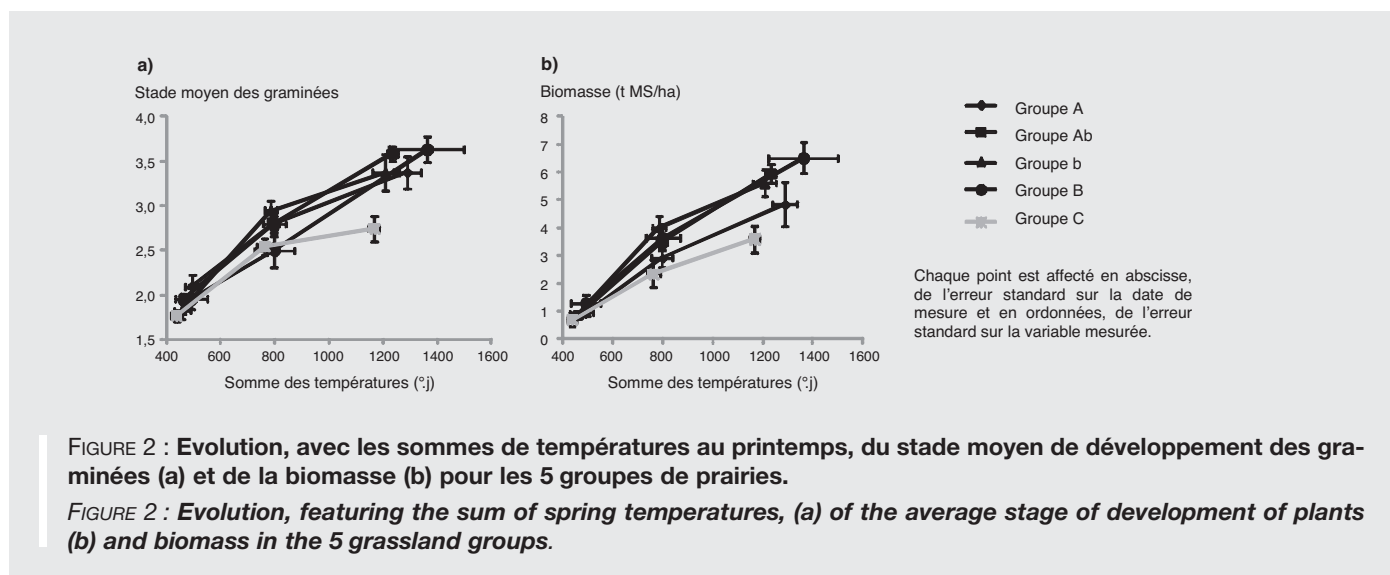


FIGURE 1 : Composition moyenne en familles botaniques (a) et en types fonctionnels de graminées (b) des 5 groupes de prairies déterminés selon le type fonctionnel de graminées dominant.

FIGURE 1 : Average composition in botanical families (a) and plant functional types (b) for the 5 grassland groups defined according to the functional type of dominant grass species.



du groupe Ab et une conduite dominante en pâturage lent pour les parcelles du groupe b (tableau 1). Les parcelles du groupe B sont exploitées en fauche, et les parcelles du groupe C en pâturage lent ou en fauche tardive.

Les parcelles des groupes A, Ab et B sont très fortement dominées par les graminées qui représentent, en moyenne sur l'ensemble des trois périodes de mesure, plus de 85 % du volume des plantes estimé visuellement (figure 1a). La proportion de graminées est un peu plus faible dans les groupes de parcelles b et C, avec respectivement 78 et 84 %. Les proportions de **légumineuses et de diverses** atteignent chacune un peu plus de 10 % **dans le groupe de parcelles b** et la proportion de **diverses** dépasse également 10 % **dans le groupe de parcelles C**.

En moyenne sur l'ensemble des trois dates de mesures, plus de 50 % des graminées des parcelles classées dans les groupes A et Ab appartiennent au type fonctionnel A (figure 1b). Ces deux groupes de parcelles se distinguent sur l'importance des graminées de type B et b, avec respectivement 16 et 9 % des graminées appartenant au type B, et 20 et 33 % des graminées appartenant au type b. On note également une proportion d'autres graminées (graminées annuelles) plus importante, 8 % et 3 %, respectivement dans les groupes de parcelles A et Ab. Les types fonctionnels b, B et C représentent également 50 % des graminées des parcelles classées respectivement dans ces trois groupes. Dans ces trois groupes de parcelles, les graminées de type fonctionnel A représentent respectivement 25, 22 et 14 % des graminées. Globalement, le type fonctionnel D est très peu présent dans les parcelles étudiées. Seules les parcelles du groupe C présentent une proportion notable (3 %) de graminées du type D.

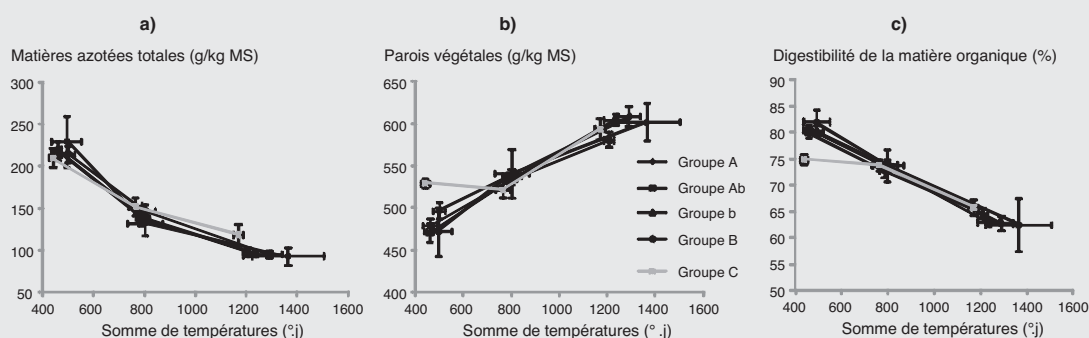
■ Production d'herbe, stade de développement et valeur nutritive

A la première date de mesures réalisée entre 450 et 500 °.j, le **stade de développement** des graminées dans les prairies est en moyenne compris entre le stade végé-

tatif et le stade début montaison (figure 2a). Compte tenu de la variabilité importante, on ne note pas de différence entre les groupes de prairies à cette période. A la somme de températures de 800 °.j (deuxième période de mesure), le stade moyen de développement des graminées se différencie un peu plus entre les groupes de parcelles. Il est compris entre la fin de la montaison et le début de l'épiaison pour les parcelles des groupes A, Ab et b, alors que les parcelles du groupe C ne sont encore qu'en montaison. Les données des parcelles du groupe B sont difficiles à interpréter compte tenu du faible nombre de parcelles dans ce groupe (4 seulement) et de la variabilité de la mesure des stades de développement. A 1 200-1 300 °.j, les parcelles des groupes A, Ab et b ont atteint la fin de l'épiaison ou le début de la floraison alors que la majorité des parcelles du groupe C n'ont pas encore atteint l'épiaison.

La **biomasse** présente sur les parcelles à 450-500 °.j était de 1 t MS/ha environ (figure 2b), sans que des différences nettes entre groupes de parcelles puissent être mises en évidence. Les différences commencent à apparaître à 800 °.j, avec en moyenne une biomasse minimale observée pour les parcelles du groupe C, avec 2,3 t MS/ha, et la biomasse maximale observée pour les parcelles du groupe b, avec 4,0 t MS/ha. A 1 200-1 300 °.j, les écarts se creusent encore : les groupes de parcelles Ab, b et B présentent une biomasse sur pied comprise entre 5,6 et 6,5 t MS/ha ; la biomasse des parcelles du groupe A est en moyenne de 4,8 t MS/ha et celle des parcelles du groupe C de 3,6 t MS/ha.

Les variables caractérisant la **valeur nutritive**, teneur en MAT, en NDF et en dMO, évoluent toutes les trois fortement avec la somme des températures au printemps (figure 3). La teneur en MAT varie assez peu avec le groupe de parcelles (figure 3a). Elle était comprise entre 210 et 230 g/kg MS à 450-500 °.j, entre 133 et 152 g/kg MS à 800 °.j et entre 93 et 119 g/kg MS à 1 200-1 300 °.j. **Les prairies du groupe C ont tendance à avoir une teneur en MAT plus élevée à 1 200-1 300 °.j** que les prairies des autres groupes.



Chaque point est affecté en abscisse, de l'erreur standard sur la date de mesure et en ordonnées, de l'erreur standard sur la variable mesurée.

FIGURE 3 : Evolution, avec les sommes de températures au printemps, de la teneur en matières azotées totales (a), de la teneur en parois végétales (b) et de la digestibilité de la matière organique (c), pour les 5 groupes de prairies.

FIGURE 3 : Evolution, featuring the sum of spring temperatures, of crude protein (a) and fibre content (b), as well as digestibility of organic matter (c) in the 5 grassland groups.

Pour la teneur en NDF et la dMO, les prairies du groupe C se distinguent de celles des autres groupes (figures 3b et 3c) : leur teneur en NDF est plus élevée et leur dMO plus faible à 450-500 °.j que celles des prairies des autres groupes. Leur teneur en NDF et leur dMO ne varie que très peu entre 450-500 et 800 °.j et, à cette date, les valeurs des prairies du groupe C sont similaires à celles des autres groupes. Ensuite, entre 800 °.j et 1 200-1 300 °.j, l'augmentation de la teneur en NDF et la diminution de la digestibilité, respectivement de +14,1 g/kg MS de NDF et de -2,1 points de dMO pour 100 °.j, interviennent en moyenne à la même vitesse pour tous les groupes de prairies.

■ Relations entre la composition fonctionnelle, la production et la valeur nutritive

La projection sur les deux premiers axes de l'ACP, qui expliquent 57,7 % de l'inertie totale, des variables de production et de valeur nutritive montre qu'à chaque période de mesure, dMO et MAT sont fortement liées ($r=0,62$, $0,88$ et $0,77$ respectivement) et opposées à la teneur en NDF de la prairie (figure 4). En revanche, les paramètres de la valeur nutritive mesurés en début de printemps ne sont pas liés avec les valeurs obtenues en fin de printemps. Il en est de même pour la biomasse. En fin de printemps, la production de biomasse s'oppose à la valeur nutritive. Cela se traduit par une corrélation négative entre la biomasse d'une part et la teneur en MAT et la dMO d'autre part ($r=-0,40$ et $-0,42$ respectivement). Dans une moindre mesure, on observe également une **relation négative entre la stabilité de la valeur nutritive, évaluée par la diminution de dMO et de teneur en MAT par 100 °.j, et la production de biomasse** en fin de printemps ($r=-0,28$ et $-0,33$ respectivement).

La projection sur le plan de l'ACP des variables caractérisant la composition fonctionnelle des prairies et leur stade de développement permet d'illustrer les principaux déterminants de la production et de la valeur

nutritive liés à la végétation (figure 4). **A chaque date de mesure, les proportions de graminées et de légumineuses influencent respectivement négativement et positivement la valeur nutritive** ; les corrélations les plus marquées étant observées en fin de printemps ($r=-0,39$ et $+0,36$ entre la dMO et respectivement la proportion de graminées et de légumineuses dans la prairie). En fin de printemps, la proportion de graminées influence positivement la production de biomasse ($r=0,25$). La digestibilité de la végétation en début de printemps est influencée par sa composition en types fonctionnels de graminées. Ainsi, en début de printemps, la proportion de type A influence positivement la dMO ($r=0,24$) alors que la proportion de type C l'influence négativement ($r=-0,43$). On retrouve également une influence de la composition de la végétation sur la stabilité de la dMO. La proportion de légumineuses l'influence en effet positivement ($r=0,33$), de même que la proportion de diverses ($r=0,20$). En revanche, la proportion de graminées influence négativement la stabilité de la dMO ($r=-0,40$) mais, au sein des graminées, la proportion de type C l'influence positivement ($r=0,41$).

3. Discussion

Bien que les prairies étudiées dans le réseau représentent les différents usages affectés aux parcelles dans le système fourrager, **la grande majorité des prairies (groupes A, Ab, b et B) est dominée par des espèces à stratégie de compétition** pour les ressources en nutriments, seules les parcelles du groupe C étant réellement différentes. Cela confère à cette majorité de prairies **une relative homogénéité** en termes de production et de valeur nutritive. D'autres études, conduites en zone de moyenne montagne du Massif central, ont relevé la faible diversité interparcelle des systèmes laitiers (ORTH *et al.*, 2009 ; BAUMONT *et al.*, 2011), celle-ci étant plus importante dans les systèmes allaitants (FARRUGLIA *et al.*, 2006 ; INGRAND *et al.*, 2011).

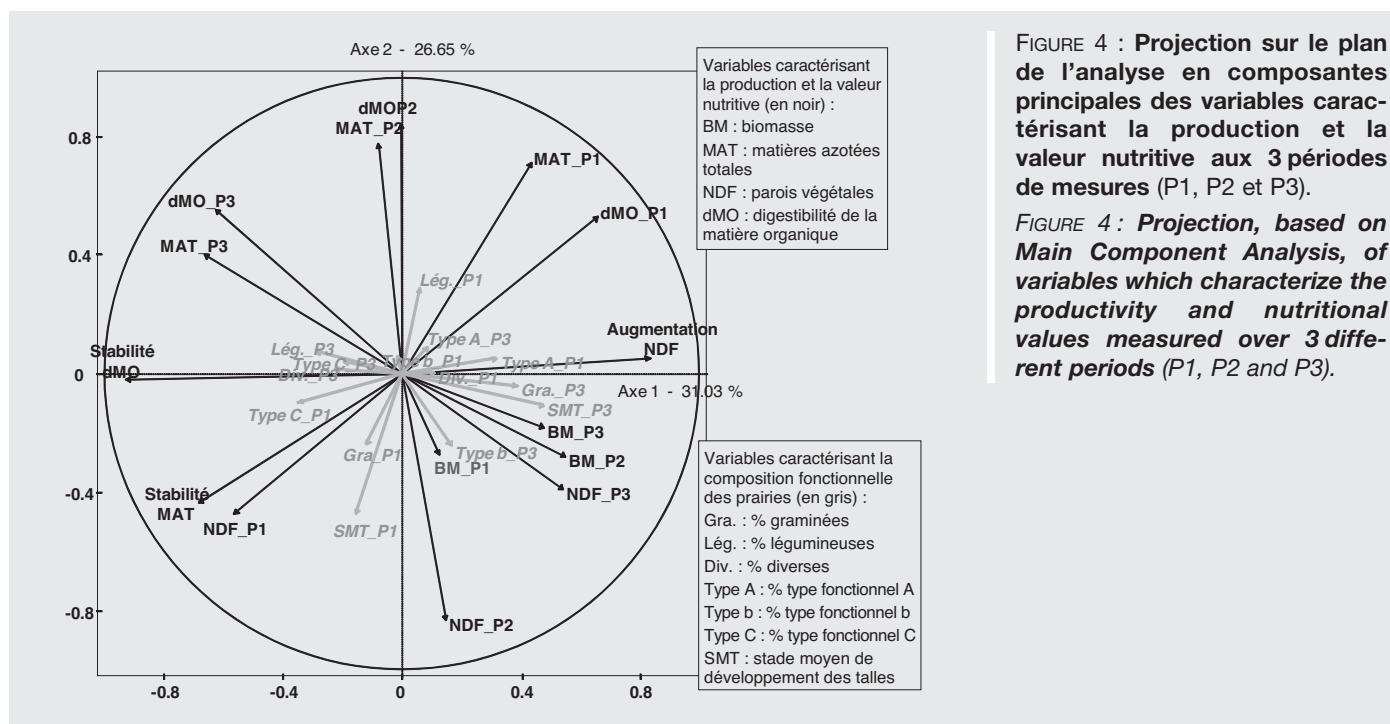


FIGURE 4 : Projection sur le plan de l'analyse en composantes principales des variables caractérisant la production et la valeur nutritive aux 3 périodes de mesures (P1, P2 et P3).

FIGURE 4 : Projection, based on Main Component Analysis, of variables which characterize the productivity and nutritional values measured over 3 different periods (P1, P2 and P3).

■ Valeur nutritive et production des prairies de moyenne montagne

Les données présentées ici pour l'année 2009 sont très cohérentes avec les premiers résultats que nous avons obtenus en 2008 (BAUMONT *et al.*, 2009a). A l'exception des prairies du groupe C, la valeur nutritive des prairies des 4 autres groupes de parcelles n'est en moyenne pas différente de celle donnée dans les tables INRA pour les prairies de moyenne montagne (BAUMONT *et al.*, 2007). Ainsi, pour les groupes de prairies A, Ab, b et B, très riches en graminées de bonne valeur nutritive, la dMO et la teneur en MAT mesurées à 450-500 °.j sont très voisines des valeurs données dans la table pour le stade déprimage ; les valeurs mesurées à 800 °.j sont très voisines des valeurs données pour le stade début épiaison ; et les valeurs mesurées à 1 200-1 300 °.j sont intermédiaires entre les valeurs données dans la table pour les stades épiaison et floraison, en cohérence avec les stades de développement de la troisième date de mesure (fin de l'épiaison ou début floraison). Les valeurs des tables étant basées sur des mesures réalisées à l'INRA d'Orcival (Puy-de-Dôme, altitude 1 000-1 100 m) au début des années 1970, cette étude montre donc **une grande stabilité de la valeur nutritive des prairies de moyenne montagne depuis cette époque, lorsqu'on les compare à stade de développement similaire**. En revanche, les dates repères données dans les tables doivent être adaptées pour tenir compte du changement climatique qui a induit une avance de 10 jours environ par rapport aux dates données dans les années 1970. Ainsi, les repères donnés **en sommes de températures** exprimées depuis le 1^{er} février sont plus fiables et peuvent être utilisés localement en tenant compte des différences de climat liées à l'altitude et à la latitude au sein d'un massif très étendu comme le Massif central.

La valeur nutritive des prairies des groupes A, Ab, b et B est également très proche de celle des prairies de type G (très riches en graminées) dans les tables suisses (DACCORD *et al.*, 2006) et de celles données dans la typologie nationale des prairies permanentes pour les prairies d'altitude de type mixte à ray-grass anglais et dactyle ou à pâturin commun et ray-grass anglais (LAUNAY *et al.*, 2011 ; MICHAUD *et al.*, 2011b), ces types de prairies ayant également été identifiés dans les massifs jurassien et vosgien. Leur valeur nutritive se rapproche également de celle des prairies à « graminées en tapis régulier » décrite dans la typologie des Alpes du Nord (FLEURY *et al.*, 1988).

En termes de production de biomasse, **les prairies des groupes Ab, B et b sont les plus productives** avec une biomasse sur pied qui atteint entre 5,5 et 6,5 t de MS/ha à la fin de l'épiaison. Ces valeurs sont cohérentes avec celles qui avaient été mesurées dans l'étude menée à Orcival au début des années 1970 (DEMARQUILLY et ANDRIEU, non publié). Elles le sont aussi avec les biomasses mesurées pour les types de prairies d'altitude les plus productifs dans la typologie nationale des prairies permanentes (LAUNAY *et al.*, 2011). En revanche, les prairies du groupe A se caractérisent par une accumulation de biomasse plus faible qui n'a pas dépassé en moyenne 5 t de MS/ha.

Les prairies du groupe C se distinguent nettement de celles des autres groupes **par une valeur nutritive plus faible en début de printemps** et par une accumulation de biomasse plus faible. Les graminées de ces prairies sont composées en grande majorité de trois espèces ou groupes d'espèces, la fétuque rouge (*Festuca rubra*), les agrostides (*Agrostis* spp.) et la crételle (*Cynosurus cristatus*) qui représentent respectivement 50, 17 et 14 % des talles identifiées. L'évolution printanière de la valeur nutritive de ces prairies est très cohérente avec les conclusions de l'étude de DURU *et al.* (2008) ainsi qu'avec

les résultats obtenus *in vivo* par ANDUEZA *et al.* (2010) sur une prairie de montagne dominée par le type C. De même, cette évolution correspond bien à celle mesurée sur la fétuque rouge par CARRÈRE *et al.* (2010). Si la **valeur nutritive de ces prairies** est plus faible en début de printemps, celle-ci **décroit moins vite que celle des autres groupes** de prairies. Ainsi, sur l'ensemble de la période printanière, la décroissance de la digestibilité des prairies de ce groupe de parcelles dominées par les graminées de type C est de 1,3 point pour 100 °J alors qu'elle est de 2,2 points pour les autres groupes de prairies (A, Ab, b et B). Dans un essai où les mesures ont été prolongées jusqu'à 1500 °J, la **digestibilité des prairies de type C devient supérieure** à celle des prairies de type A et Ab (MICHAUD *et al.*, 2011a). Ce type de prairie a également été caractérisé dans le Jura et les Vosges avec une production et une valeur nutritive très voisines (MICHAUD *et al.*, 2011b). Elles correspondent au type « Prairies d'altitude sèches et acide à fétuque rouge et agrostides » de la typologie nationale des prairies permanentes (LAUNAY *et al.*, 2011). Elles sont assez voisines des prairies du type « Graminées à feuilles fines » de la typologie des Alpes du Nord (FLEURY *et al.*, 1988). Dans la typologie des prairies AOP (CARRÈRE *et al.*, ce numéro), ces prairies dominées par les graminées de type C correspondent aux types Pâtures sur sol maigre ou peu à moyennement fertile (HULIN *et al.*, 2011).

■ Le rôle de la composition fonctionnelle de la végétation

Au-delà des valeurs moyennes et des différences entre groupes de prairies que nous venons de discuter, la variabilité de la production et de la valeur nutritive des prairies à l'intérieur d'un même groupe n'est pas négligeable. **Cette étude confirme un certain nombre de lois générales** : i) la liaison positive entre la valeur énergétique et la valeur azotée des fourrages (BAUMONT *et al.*, 2009b) illustrée par la corrélation entre dMO et teneur en MAT aux 3 périodes de mesures ; ii) l'opposition entre la biomasse produite et la valeur nutritive de cette biomasse ainsi que la stabilité de la valeur nutritive au cours du printemps, les prairies les plus productives étant celles dont la valeur nutritive diminue le plus vite au cours du printemps (DURU *et al.*, 2010a et b ; LAUNAY *et al.*, 2011).

Même si les prairies étudiées ici sont plutôt pauvres en légumineuses, l'étude des relations entre la valeur nutritive et la composition en groupes botaniques de la prairie met en évidence le **rôle positif tout au long du printemps de la proportion de légumineuses sur la valeur nutritive**. Cet effet, particulièrement net pour les prairies multispécifiques semées (BAUMONT *et al.*, 2008), se retrouve également dans d'autres études sur les prairies permanentes (LAUNAY *et al.*, 2011) et a été pris en compte dans les tables suisses (DACCORD *et al.*, 2006). **La proportion de légumineuses et de diverses influence aussi positivement la stabilité de la valeur nutritive au printemps, et plutôt négativement la production de biomasse.**

Au sein des graminées, c'est principalement l'effet de la proportion de graminées de type C qui ressort de cette étude, avec un effet négatif sur la valeur nutritive en début de printemps et *a contrario* un effet positif sur sa stabilité, en accord avec les études de CRUZ *et al.* (2002), RODRIGUES *et al.* (2007), DURU *et al.* (2008) et CARRÈRE *et al.* (2010).

En revanche, **les relations entre la composition en types fonctionnels des prairies et l'évolution de leur stade de développement sont moins claires** que les prévisions qui peuvent être faites à partir des données de CRUZ *et al.* (2010). En effet, on pouvait s'attendre à ce que les prairies dominées par les graminées de type b soient plus tardives. Nous n'avons pas observé cela, ce qui peut s'expliquer par la composition en espèces de ces prairies. En effet, parmi les espèces de type b qui dominent ces prairies, l'avoine jaunâtre (*Trisetum flavescens*) et le pâturin commun (*Poa trivialis*), qui représentent à elles seules 40 % des talles de graminées, sont plutôt précoces (PONTES *et al.*, 2007 ; CARRÈRE *et al.*, 2010). Et les stades de développement déterminés pour ces deux espèces en fin de printemps étaient effectivement en moyenne la floraison pour le pâturin commun et l'épiaison pour l'avoine jaunâtre. La classification des espèces de graminées en types fonctionnels repose sur un ensemble de traits, et son utilisation lorsqu'on s'intéresse à une caractéristique comme la phénologie nécessite donc d'être prudent et de vérifier les espèces présentes dans la parcelle. A l'inverse, les prairies dominées par les graminées de type C ont eu une phénologie plus tardive que ce que l'on pouvait prévoir. En effet, la fétuque rouge (*Festuca rubra*), qui représente 50 % en moyenne des talles de graminées dans ces prairies, est une espèce précoce (CRUZ *et al.*, 2010 ; CARRÈRE *et al.*, 2010). Mais le stade de développement déterminé pour la fétuque rouge en fin de printemps dans notre étude n'atteignait pas encore l'épiaison. Cette phénologie tardive des prairies à forte proportion de fétuque rouge a été également retrouvée dans l'étude de MICHAUD *et al.* (2011a). Toutefois, il convient de préciser que le stade de développement de la fétuque rouge a pu être sous-estimé dans l'étude car les tiges de la fétuque rouge sont très fines et elle reste très riche en feuilles, même au stade épié. Cela contribue à expliquer la croissance lente et la stabilité de la valeur nutritive de ce type de prairies.

Conclusion

Cette étude apporte de nouvelles références sur la production et la valeur nutritive des prairies permanentes du Massif central exploitées dans les élevages laitiers. Ces références confirment les lois déjà établies entre le stade de développement des prairies, leur production et leur valeur nutritive. Elles les enrichissent également en quantifiant la variabilité qui existe autour de ces lois générales dont une partie peut être expliquée par la composition de la prairie en groupes botaniques, en particulier en légumineuses, et en types fonctionnels de graminées. Cette étude illustre les différences de production et de valeur nutritive

entre prairies selon que les graminées dominantes ont une stratégie de compétition ou de conservation pour les ressources en nutriments.

Ces références ont servi de base à la quantification des services fourragers rendus par les prairies permanentes dans la typologie multifonctionnelle des prairies qui constitue le premier outil du diagnostic prairial en zones fromagères AOP du Massif Central (CARRÈRE *et al.*, ce numéro). Elles fournissent des repères sur le potentiel de production et de qualité fourragère de ces prairies, dont l'expression dépendra également de la conduite appliquée sur la parcelle et des conditions climatiques annuelles.

Accepté pour publication,
le 20 février 2012.

Remerciements : Ce travail a été financé par le Ministère en charge de l'Agriculture lors du projet CASDAR PRAIRIES AOP conduit par le Pôle Fromager AOP du Massif Central. Les auteurs remercient les 15 éleveurs qui ont mis leurs parcelles à la disposition du projet, ainsi que C. Barthélémy, M. Chantel, P. Faure, C. Gominard, A. Lacalmontie, C. Lacour, D., Nureau, S. Viusa-Camps et M. Weber qui ont contribué aux mesures de terrain, et E. Tixier qui a contribué aux mesures de laboratoire.

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., AL HAJ KHALED R., CRUZ P., THEAU J.P., THEROND, O., DURU M. (2009) : "Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands", *Grass and Forage Science*, 64, 57-70.
- AUFRERE J., DEMARQUILLY C. (1989) : "Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods", *Proc. 16th Int. Grassland Congr.*, Nice, France, vol. 2, 877-878.
- AUFRERE J., BAUMONT R., DELABY L., PECCATTE J.-R., ANDRIEU J., ANDRIEU J.-P., DULPHY J.-P. (2007) : "Prévision de la digestibilité des fourrages par la méthode pepsine-cellulase. Le point sur les équations proposées", *INRA Productions Animales*, 20, 129-136.
- BAUMONT R., DULPHY J.P., SAUVANT D., MESCHY F., AUFRERE J., PEYRAUD J.L. (2007) : "Chapitre 8. Valeur nutritive des fourrages et des matières premières : tables et prévision", *Alimentation des bovins, ovins et caprins, Tables INRA 2007*, Editions Quae, 149-179.
- BAUMONT R., AUFRERE J., NIDERKORN V., ANDUEZA D., SURAULT F., PECCATTE J.R., DELABY L., PELLETIER P. (2008) : "La diversité spécifique dans le fourrage : conséquences sur la valeur nutritive", *Fourrages*, 194, 189-206.
- BAUMONT R., DELMAS B., VIOLLEAU S., ZAPATA J., CHABALIER C., PICARD F., LOUAULT F., ANDUEZA A., FARRUGGIA A. (2009a) : "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", *Communication au 15th Meet. FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network: Integrated research for the sustainability of mountain pastures*, 7-9 Octobre 2009, Les Diablerets, Suisse
- BAUMONT R., AUFRERE J., MESCHY F. (2009b) : "La valeur nutritive des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation", *Fourrages*, 198, 153-173.
- BAUMONT R., DALLERY B., LANDRÉ F., BAUMONT M., SOURIAI M., CARRÈRE P., FARRUGGIA A., INGRAND S. (2011) : "An analysis of botanical and functional diversity of mountain grasslands in relation to herbivore production systems", *16th Meeting of FAO Mountain Pastures Network*, Krakow, 25-27 May, 3 pages.
- BRUINENBERG M.-H., VALK H.-H., KOREVAAR H., STUIK P.C. (2002) : "Factors affecting digestibility of temperate forages from semi-natural grassland", *Grass and Forage Science*, 57, 292-301.
- BUCKEE G.K. (1994) : "Determination of total nitrogen in barley, malt and beer by Kjeldahl procedures and the Dumas combustion method - collaborative trial", *J. Institute of Brewing*, 100, 57-64.
- CARRERE P., PONTES L. DA S., ANDUEZA D., LOUAULT F., ROSSEEL D., TAINI E., PONS B., TOILLON S., SOUSSANA J.-F. (2010) : "Evolution de la valeur nutritive de graminées prairiales au cours de leur cycle de développement", *Fourrages*, 201, 27-35.
- CARRÈRE P., SEYTRE L., PIQUET M., LANDRIEUX J., RIVIÈRE J., CHABALIER C., ORTH D. (2012) : "Une typologie multifonctionnelle des prairies des systèmes laitiers AOP du Massif central combinant des approches agronomiques et écologiques", *Fourrages*, 209, 9-21.
- 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 fonctionnel de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits", *Fourrages*, 201, 11-17.
- DACCORD R., WYSS U., KESSLER J., ARRIGO Y., ROUEL M., LEHMANN J., JEANGROS B. (2006) : "Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pur les ruminants. Chapitre 13", *Valeur nutritive des fourrages*, 18 p, On line publishing, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux.
- DURU M., CRUZ P., AL HAJ KALEL R., DUCOURTIEUX C., THEAU J.P. (2008) : "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", *Agronomy J.*, 100, 6, 1622-1630.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.-P. (2010a) : "A simplified method for characterising agronomic services provided by species-rich grasslands", *Crop & Pasture Science*, 61, 420-433.
- DURU M., CRUZ P., JOUANY C., THEAU J.P. (2010b) : "Herb'type(®) : un nouvel outil pour évaluer les services de production fournis par les prairies permanentes", *Inra Prod. Anim.*, 23 (4), 319-332.
- FARRUGGIA A., DUMONT B., JOUVEN M., BAUMONT R., LOISEAU P. (2006) : "La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central", *Fourrages*, 188, 477-493.
- FLEURY P., JEANNIN B., DORIOZ J.M. (1988) : *Typologie des prairies de fauche de montagne des Alpes du nord humides*, doc. GIS Alpes du Nord, 130 p. + annexes.
- HULIN S., CARRERE P., CHABALIER C., FARRUGGIA A., LANDRIEUX J., ORTH D., PIQUET M., RIVIÈRE J., SEYTRE L. (2011) : *Diagnostic prairial en zone fromagère AOP Massif central, - Typologie multifonctionnelle des prairies*, éd. Pôle fromager AOP Massif central, 148 p.
- HUYGHE C., BAUMONT R., ISSELSTEIN J. (2008) : "Plant diversity in grasslands and feed quality", *Grassland Science in Europe*, 14, 375-386.
- INGRAND S., BAUMONT R., FARRUGGIA A., SOURIAI M., CARRERE P., GUIX N. (2011) : "La diversité des prairies : caractérisation agronomique et points de vue d'éleveurs dans différents systèmes de production", *Rencontres Recherches Ruminants*, 18, 229-232.
- LAUNAY F., BAUMONT R., PLANTUREUX S., FARRIE J.-P., MICHAUD A., POTTIER E. (2011) : *Prairies permanentes : des références pour valoriser leur diversité*, éd. Institut de l'Élevage, 128 p.

- MICHAUD A., ANDUEZA D., PICARD F., PLANTUREUX S., BAUMONT R. (2011a) : "The seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions", *Grass and Forage Science*, 67, 64-76.
- MICHAUD A., PLANTUREUX S., POTTIER E., FARRIE J-P., LAUNAY F., BAUMONT R. (2011b) : "Une typologie nationale des prairies permanentes : un outil pour caractériser leur potentiel fourrager et leur intérêt environnemental", *Rencontres Recherches Ruminants*, 18, 35-38.
- MOORE K.J., MOSER L.E., VOGEL K.P., WALLER S.S, JOHNSON B.E., FEDERSEN J.F. (1991) : "Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses", *Agronomy*, 83, 1073-1077.
- ORTH D., GUERINGER A., BALAY C., LANDRE F. (2009) : "Links between forage systems, practices and biodiversity: an approach in a PDO cheese area in French mountains", *Communication 15th Meet. FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network: Integrated research for the sustainability of mountain pastures*, 7-9 Octobre 2009, Les Diablerets, Suisse, pp 71-74.
- PONTES L., 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 and Forage Science*, 62, 485-496.
- RODRIGUES A., ANDUEZA D., PICARD F., CECATO U., FARRUGGIA A., BAUMONT R. (2007) : "Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes : premiers résultats d'une étude conduite dans le Massif Central", *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 241-243.
- SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. (1991) : "New standardization and calibration procedures for NIRS analytical systems", *Crop Science*, 31, 1694-1696.
- 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.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B., LEWIS B.A. (1991) : "Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition", *J. Dairy Science*, 74, 3583-3597.