

## Pâturage et biodiversité des prairies permanentes

DUMONT B. (1), FARRUGGIA A. (1), GAREL J.P. (2)

(1) INRA, Unité de recherches sur les herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

(2) INRA, Unité expérimentale de Marcenat, 15190 Marcenat

**RESUME** – En plus de sa fonction productive première, l'élevage doit répondre de plus en plus fréquemment à des demandes relatives à la préservation de la biodiversité des prairies. L'action du pâturage des herbivores sur la structure et la biodiversité des couverts prairiaux est majoritairement liée à leur défoliation. Les animaux réutilisent préférentiellement les zones qu'ils ont préalablement défoliées, ce qui stabilise l'hétérogénéité structurale des couverts et à terme, influence leur biodiversité. Le niveau de fertilisation des parcelles et le chargement qui leur est appliqué sélectionnent les espèces végétales présentes dans le milieu. Leur nombre évolue plus lentement que leur abondance relative, et l'évolution des prairies permanentes fertiles peu diversifiées est plus rapide que celle des prairies diversifiées. Cependant un suivi à moyen terme de l'évolution de la composition botanique de prairies de moyenne montagne diversifiées exploitées dans un gradient de chargement allant de 0,5 à 1,2 UGB / ha permet de mettre en évidence des changements d'abondance relative des familles botaniques et des espèces qui s'expliquent par leurs traits de vie. Au-delà du simple effet d'une réduction du chargement, les relations entre hétérogénéité structurale du couvert et diversité spécifique dépendent de la manière dont le chargement allégé est appliqué. L'allongement de la saison de pâturage, ainsi qu'une rotation aménagée qui évite de faire pâturer les parcelles au moment du pic de floraison sont des pratiques qui ont un effet favorable sur la biodiversité des prairies de moyenne montagne, en n'affectant que de manière marginale les performances zootechniques des animaux. Dans le gradient de chargement 0,5-1,2 UGB / ha, les populations d'insectes ont rapidement réagi aux différences de structures de végétation. Le maintien d'une diversité d'utilisation des surfaces au sein des exploitations d'élevage permet la co-existence d'états de végétation favorables à la fois à la diversité végétale et à l'entomofaune au sein d'une mosaïque. A l'échelle de petites régions agricoles, il y a suivant cette même logique un intérêt à préserver la diversité des types d'exploitation.

## Biodiversity of permanent pastures within livestock farming systems

DUMONT B. (1), FARRUGGIA A. (1), GAREL J.P. (2)

(1) INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores, Theix, F63122 Saint-Genès-Champanelle

**SUMMARY** – Beside their role for meat and milk production, livestock farming systems are currently involved in the production of ecosystem services, including the preservation of pasture biodiversity. Uneven grazing affects sward structure and can be beneficial for biodiversity. Grazing herbivores usually continue to graze high-quality regrowths in previously grazed areas. This can explain the relative stability of patches in heterogeneous pastures and result in divergent vegetation dynamics within the pastures. Both mineral nutrition and the intensity of pasture utilisation determine the resilience of plant species in the cover. The number of plant species is less likely to be affected by changes in pasture management than their relative abundance, with more rapid shifts in botanical composition in the less diverse and more productive swards. However, a five-year survey of the evolution of the botanical composition in a species-rich mountain pasture grazed within a stocking rate gradient (0.6-1.4 LU/ha, with 1 LU = 600 kg liveweight) also revealed clear changes in the relative abundance of plant species that can be linked to the functional traits of these species. Besides the impacts of extensification of pasture management, the way such a reduced stocking rate is applied affects sward structure and biodiversity. Extending the grazing season after the period of active grass growth, or promoting a rotational grazing system that excludes part of the area during the main flowering period can have a positive impact on the diversity of permanent pastures, with limited negative effects on animal performances. Within the 0.6-1.4 LU/ha stocking rate gradient, insect populations reacted rapidly to variations in sward structure. At the farm scale, the diversity of pasture management leads to the creation of a vegetation mosaic favouring both plant and insect biodiversity. We conclude that policy frameworks and management practices that promote the diversity of farming systems and landscape heterogeneity can be seen as the key to restore and sustain biodiversity in livestock farming systems.

## INTRODUCTION

L'élevage des herbivores occupe une place prépondérante dans la préservation de la biodiversité. Les éleveurs assurent en effet le maintien et l'entretien des prairies, qui représentent en France et en Europe de l'ordre d'un tiers de la surface agricole utile et présentent un grand potentiel de diversité biologique (Huyghe, 2005). En l'absence de pâturage ou de fauche, la plupart des prairies disparaîtraient, évoluant vers les friches puis la forêt, reconnues comme des couverts moins riches du point de vue de leur diversité biologique. Les pratiques mises en œuvre par les éleveurs, les éléments paysagers qu'ils entretiennent (haies, mares, etc.), ainsi que la mosaïque de parcelles et par conséquent d'habitats différents qu'ils créent au sein de leur exploitation, déterminent les types et la répartition des espèces végétales et animales présentes dans le milieu. Au

delà de son intérêt écologique, les avantages pour l'élevage de cette biodiversité, qualifiée « d'ordinaire » par opposition à la biodiversité patrimoniale (MEDD, 2004), sont déjà largement reconnus et valorisés notamment dans les systèmes pastoraux (Guérin et Gautier, 2004). Sur les parcours, les éleveurs s'appuient sur la diversité de la végétation disponible à différentes périodes, qui offre des possibilités variées de report sur pied, pour alimenter leurs troupeaux tout au long de l'année. Dans les systèmes herbagers, de plus en plus de travaux s'intéressent aux services rendus à l'élevage par la biodiversité, aussi bien à l'échelle de la parcelle qu'à celle de l'exploitation (Swift *et al.*, 2004). Même si un bon niveau de diversité floristique est incompatible avec une forte productivité à l'échelle de la parcelle (Plantureux *et al.*, 2005), les prairies diversifiées présenteraient une plus grande stabilité de leur valeur

nutritive sur l'ensemble de la saison de pâturage que les prairies peu diversifiées en raison de l'étalement des stades phénologiques des espèces (Gibon *et al.*, 1997).

Par ailleurs, différents travaux ont montré que la diversité végétale stimulait l'ingestion des animaux au pâturage (Meuret et Bruchou, 1994, Cortes *et al.*, 2006). Les effets de la composition botanique des prairies sur les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles des laits et des fromages ont été mis en évidence dans de nombreuses études (Bugaud *et al.*, 2001; Martin *et al.*, 2005, Guichard *et al.*, 2007). Enfin, la diversité entre les parcelles est considérée comme un atout à l'échelle de l'exploitation car elle offre plus de souplesse, en particulier face aux aléas climatiques (Schlapfer *et al.*, 2002, Andrieu, 2004).

Dans cet article, nous détaillerons le rôle des herbivores domestiques au pâturage et l'impact des pratiques de gestion sur l'évolution de la structure et de la biodiversité des couverts prairiaux, en insistant sur les mécanismes comportementaux et agro-écologiques sous-jacents. Nous aborderons la biodiversité à l'échelle de la parcelle mais aussi à l'échelle de l'exploitation et nous nous intéresserons à la diversité de la flore et de l'entomofaune. Nous illustrerons notre propos par des résultats principalement obtenus dans des prairies de moyenne montagne du Massif Central, sur des parcelles expérimentales ou dans des réseaux d'exploitations.

## 1. LE ROLE DU PRELEVEMENT DES HERBIVORES

L'action du pâturage des herbivores sur la structure et la biodiversité des couverts prairiaux est majoritairement liée à leur prélèvement. En sélectionnant les espèces les plus appétibles, les animaux exercent une pression de défoliation différente sur les espèces présentes, ce qui peut menacer la pérennité de certaines d'entre elles dans le couvert. En revanche, ils limitent aussi le développement d'espèces très compétitives pour la lumière et les nutriments et permettent ainsi la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces dans le milieu. Par leur piétinement ils structurent également les communautés végétales en créant des ouvertures dans le couvert qui peuvent être colonisées par de nouvelles espèces. Enfin, ils jouent un rôle dans la dissémination des graines de certaines espèces (Fischer *et al.*, 1996). Les effets de la défoliation des herbivores s'expriment d'autant plus que les couverts sont exploités avec une disponibilité en herbe supérieure aux prélèvements, que les parcelles sont de grande taille et qu'elles sont pâturées sur des pas de temps longs.

### 1.1. LES DIFFERENCES INTER-SPECIFIQUES

Sur les couverts plurispécifiques, les herbivores expriment des préférences alimentaires qui diffèrent entre les types d'animaux. Il est par exemple possible d'expliquer les différences de préférence entre ovins et bovins par des différences de besoins énergétiques, d'aptitudes comportementales et de capacités digestives liées au format des animaux (Dumont *et al.*, 1995). Ainsi, les ovins qui ont des besoins énergétiques ramenés à leur volume digestif plus importants que les bovins, sont plus enclins à trier les aliments de plus haute densité énergétique. Ce tri des plantes ou des portions de plantes les plus riches est également favorisé par la forme de leurs mâchoires. En revanche, les bovins digèrent mieux les fourrages très fibreux en raison de leur plus grand volume de fermentation ruminale. Ceci explique les

différences de choix observées sur des couverts où coexistent des zones d'herbe grossière avec des repousses végétatives de bonne valeur nutritive. Lorsque la hauteur des repousses diminue, les ovins cherchent à maintenir leur choix pour celles-ci, alors que les bovins se reportent plus volontiers sur des zones d'herbe épiée (Dumont *et al.*, 1995) ou des espèces peu appétibles comme le nard (Grant *et al.*, 1996), avec un impact fort sur la structure et la composition des couverts.

Comparés aux ruminants, les chevaux sont capables de consommer de plus grandes quantités d'herbe, notamment d'herbe grossière. Cependant, ils utilisent leur double rangée d'incisive pour sélectionner très fortement les zones d'herbe rase où la végétation maintenue dans de jeunes stades de croissance reste de haute valeur nutritive (Ménard *et al.*, 2002). Par ailleurs, les chevaux déposent leurs déjections dans des zones particulières des parcelles, qui sont ensuite moins utilisées pour l'alimentation et qui peuvent représenter jusqu'à 30 à 35 % de la surface des prairies. Ainsi, le pâturage des chevaux favorise l'établissement d'une mosaïque d'herbe très rase et de zones hautes, qui augmente la diversité structurelle du couvert.

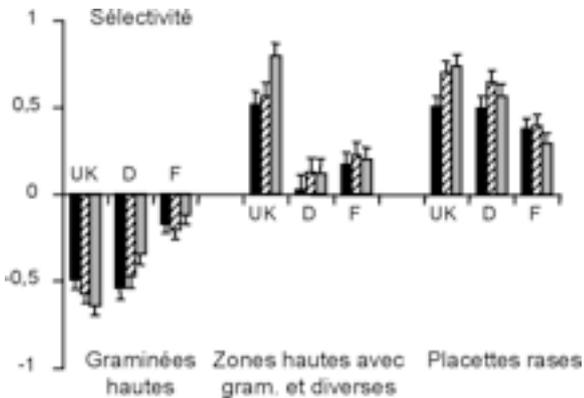
### 1.2. L'EFFET DE LA RACE

Au-delà de ces différences, désormais classiques entre les principales espèces d'herbivores domestiques, se pose la question des choix alimentaires d'animaux de différentes races. En particulier, l'utilisation de races rustiques est souvent préconisée pour la gestion des espaces pastoraux, avec des attentes moindres en matière de performances zootechniques. Hormis leur capacité globale d'adaptation aux milieux difficiles (D'hour *et al.*, 1998), les arguments avancés pour juger de leur supériorité sont cependant limités (Rook *et al.*, 2004), les différences dans les processus de pâturage ayant jusqu'ici souvent été confondues avec les effets du format et de l'apprentissage dans le jeune âge (Dumont *et al.*, 2007b). Ce dernier confère aux animaux la capacité de mieux exploiter les couverts peu appétibles auxquels ils sont habitués. A l'occasion du programme FORBIODEN, nous avons cherché à quantifier si avec un chargement allégé l'utilisation d'une race rustique plutôt qu'une race spécialisée conduisait à une augmentation de la biodiversité des prairies, en nous appuyant sur un réseau de quatre sites expérimentaux à travers l'Europe. En France, des génisses Charolaises pâturaient des prairies permanentes diversifiées de moyenne montagne avec deux niveaux de chargements : 1,2 et 0,85 UGB / ha. Au chargement allégé, elles étaient comparées à des génisses Salers. Ces résultats ont été analysés conjointement à ceux obtenus en Angleterre et en Allemagne dans des prairies permanentes fertiles peu diversifiées pâturées par des bovins et en Italie dans des prairies permanentes plus ou moins diversifiées, pâturées par des ovins.

Pour analyser la sélectivité alimentaire des animaux, nous avons rapporté les bouchées prélevées à leur abondance relative dans le couvert en utilisant l'indice de Jacobs (1974), positif pour les items alimentaires sélectionnés, négatif pour les items évités. Peu de différences de choix sont apparues entre les animaux de race rustique et ceux de race spécialisée (figure 1) à l'exception du site anglais où les génisses de race *North Devon* ont plus sélectionné les « diverses » (dicotylédones hors légumineuses) que les génisses croisées Charolais x Holstein (Dumont *et al.*, 2007b). Cependant, l'amplitude de telles différences de sélectivité alimentaire semble trop faible pour préconiser

l'utilisation préférentielle de races rustiques dans un objectif de gestion, puisque dans aucun des quatre sites expérimentaux nous n'avons observé de différences d'impact entre races sur la biodiversité végétale (Scimone *et al.*, 2007) ou animale des prairies (Wallis De Vries *et al.*, 2007).

**Figure 1** : Sélection de zones hautes graminéennes, de zones hautes associant graminées et diverses et des placettes végétaives rases par des bovins de races spécialisées et rustiques, dans des prairies peu (UK et D) ou très diversifiées (F) d'après Dumont *et al.*, (2007b). Figurés pleins : chargement élevé avec race spécialisée, hachurés : chargement allégé, race spécialisée, grisés : chargement allégé, race rustique.



### 1.3. INFLUENCE DU TYPE DE PRAIRIE SUR LE PRELEVEMENT ANIMAL

Quel que soit le type de prairie, bovins et ovins ont sélectionné des bouchées contenant des légumineuses et des diverses et ont évité de pâturer l'herbe épiée et cela d'autant plus qu'on avançait dans la saison de pâturage (Dumont *et al.*, 2007b). Les animaux ont particulièrement sélectionné les repousses végétaives rases de haute valeur nutritive (figure 1). Les bovins qui pâturaient les prairies fertiles peu diversifiées en Angleterre et en Allemagne ont plus sélectionné ces zones rases que ceux qui en France exploitaient des prairies très diversifiées (figure 1). En Italie les ovins ont également plus sélectionné les placettes rases dans les prairies fertiles et peu diversifiées que dans les prairies diversifiées (+0,63 vs. +0,18, Dumont *et al.*, 2007b). Dans tous les pays, les différents niveaux de chargements ont eu un effet net sur la structure de la végétation et sur les bouchées prélevées par les animaux, sans effet sur les performances individuelles (Isselstein *et al.*, 2007, Dumont *et al.*, 2007a). Dans les sites anglais et allemand, les bovins ont accru l'exploitation relative des placettes rases au chargement allégé (figure 1). Le fait que les animaux réutilisent les repousses végétaives de haute valeur nutritive dans les placettes rases précédemment pâturées, phénomène qualifié de « pâturage en patch » par Adler *et al.* (2001), a pour effet de stabiliser l'hétérogénéité structurale du couvert durant la saison de pâturage. Ce phénomène a plus de chance de se manifester dans les prairies fertiles dans lesquelles la repousse est rapide et dense (Hobbs et Swift, 1988). Sur le site français, les génisses n'ont pas manifesté de sélectivité accrue pour les placettes d'herbe rase au chargement allégé (figure 1). Ce mode de pâturage, qualifié de « pâturage homogène » par Adler *et al.* (2001) a plus de chance de se manifester lorsque le grain d'hétérogénéité de la végétation est fin par rapport à la taille des bouchées prélevées par les animaux, ce qui est le cas des prairies de moyenne montagne, très diversifiées et de bonne valeur nutritive. Ces

deux modes de pâturage ont un effet direct sur l'hétérogénéité structurale de la végétation, et devraient, à terme, affecter la diversité spécifique et fonctionnelle des couverts (Willms *et al.*, 1988, Cingolani *et al.*, 2005, Scimone *et al.*, 2007).

### 1.4. L'APPRENTISSAGE DE LA DISTRIBUTION DES ESPECES PREFEREES

Il serait cependant inexact de croire que seul le niveau de chargement détermine la pérennité des espèces végétales dans les prairies permanentes. La manière dont les espèces préférées sont distribuées au sein du couvert module également le succès de recherche des herbivores et par conséquent la probabilité de défoliation de ces espèces végétales. Ceci a été mis en relation avec les limites des capacités mémorielles des animaux, qui apprennent rapidement l'emplacement de quelques sites alimentaires préférés qu'ils peuvent ensuite fréquemment revisiter, alors qu'ils sont incapables de mémoriser précisément l'emplacement de nombreuses petites placettes disséminées dans le couvert (Dumont *et al.*, 1999). Ainsi, la moindre exploitation par les animaux de placettes rares et disséminées peut contribuer à leur persistance, préservant de ce fait la diversité du couvert, en particulier s'il s'agit d'espèces peu compétitives qui risquent d'être pénalisées par les espèces avoisinantes. La stabilité des communautés prairiales pourrait ainsi être favorisée par la dispersion, dans le couvert, des espèces préférentiellement consommées par les herbivores. Les modes de gestion mis en place (chargement instantané, durée des rotations, etc.) n'auront, dès lors, probablement pas les mêmes conséquences selon la répartition des espèces pâturées.

A l'échelle des parcelles, on observe également une utilisation différentielle du couvert selon la distance au point d'eau, la pente ou des variations locales de composition botanique. Une certaine hétérogénéité structurale s'installe, dans le temps, dans les parcelles exploitées à un faible niveau de chargement. Il y a alors risque de colonisation des zones abandonnées par des herbacées difficilement consommables telles que le nard dans les milieux pauvres, le chiendent ou le brachypode penné dans les milieux plus riches, puis par des massifs de prunelliers, de ronces ou de genêts qui posent problème dès lors qu'ils limitent la circulation des animaux.

### 2. L'EFFET DU MODE DE CONDUITE DES PARCELLES

#### 2.1. STRATEGIES DES ESPECES ET MODE D'ACTION DES FACTEURS DU MILIEU

La prairie permanente est constituée d'un mélange de dix à plus de cent espèces différentes qui partagent un même milieu et entrent en compétition pour l'usage de la lumière, des ressources hydriques et des nutriments (Hubert et Pierre, 2003). En écologie, l'hypothèse de « stress intermédiaire » illustrée par une courbe « en cloche » (Grime, 1973) prédit que la diversité floristique sera maximale pour les niveaux médians des facteurs agronomiques liés au milieu ou aux pratiques, et faible pour leurs valeurs extrêmes. Très peu d'espèces sont en effet capables de supporter des niveaux de stress élevés, et à l'opposé, en absence de stress les espèces très compétitives éliminent les espèces moins compétitives entraînant un appauvrissement marqué de la richesse floristique. Ainsi, le surpâturage favorise les espèces

prostrées ou en rosette qui développent des stratégies d'évitement tandis qu'une réduction de la pression de pâturage favorise les espèces de grande taille, compétitrices pour la lumière. La compréhension de l'évolution de la composition botanique d'une prairie sous l'effet des pratiques passe ainsi par la connaissance des stratégies de vie des espèces, théorie initialement développée par Grime *et al.* (1988). Selon cette théorie, chaque espèce est caractérisée par une stratégie de vie qui est une combinaison des trois stratégies compétitivité (C), tolérance au stress (S) et rudéralité (R : définie par l'aptitude à une colonisation rapide). Chaque stratégie ou combinaison de stratégies est décrite à l'aide de « traits » morphologiques (*e.g.* taille des feuilles), physiologiques (vitesse de renouvellement des organes) ou liés au cycle de vie (durée de vie des racines). Dans la grande majorité des situations agricoles rencontrées en France, la fertilité du milieu et le taux d'utilisation du couvert sont les deux facteurs qui expliquent le mieux leur diversité floristique (Balent *et al.*, 1999, Duru *et al.*, 2001, Louault *et al.*, 2005). Cruz *et al.* (2002) ont ainsi proposé de classer les graminées en quatre types fonctionnels. Dans cette classification, les espèces sont regroupées selon les stratégies qu'elles mettent en œuvre par rapport aux ressources (capture ou conservation de la ressource) mais aussi par rapport à leur tolérance à la défoliation (renouvellement rapide ou lent des organes). Le type A correspond aux espèces les plus compétitives à forte capacité de capture des éléments nutritifs et à vitesse de croissance élevée (*e.g.* *Lolium perenne*). Il caractérise plutôt une végétation de milieu fertile, adaptée à une mise à l'herbe ou à une fauche précoce et à un pâturage intensif. Les espèces de type B (*Dactylis glomerata*), associées également à un milieu fertile, sont plus adaptées aux fauches moins fréquentes et plus tardives du fait du renouvellement lent de leurs organes. Le type C (*Festuca rubra*) caractérise une végétation associée aux milieux moins fertiles, adaptée à un pâturage assez intensif. Quant au type D (*Briza media*), il rassemble des espèces à phénologie très tardive, adaptées à un pâturage très peu chargé ou à une fauche unique. A titre d'illustration, une exploitation intensive du couvert associée à une fertilisation élevée sélectionne les graminées de type A très compétitives qui éliminent la plupart des autres espèces et conduit à un appauvrissement de la flore.

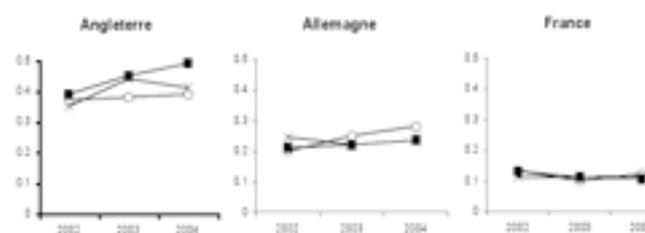
## 2.2. DYNAMIQUE D'EVOLUTION DE LA BIODIVERSITE DES PRAIRIES PERMANENTES

Le nombre d'années nécessaire à une évolution du nombre d'espèces végétales suite à un changement de pratiques est très variable. Jeangros et Berthola (2002) observent une apparition de dix nouvelles espèces en quatre ans après six années de suppression de la fumure et de réduction de la fréquence de fauche dans une prairie permanente du bassin lémanique. Cette évolution est rendue possible par la faible productivité du milieu et la présence de prairies diversifiées à proximité du site d'étude. En revanche, lorsque la banque de graines a été épuisée et que le milieu est homogène et pauvre en espèces, l'extensification de prairies permanentes fertiles ne provoque pas les effets escomptés en terme de restauration de la biodiversité (Bakker et Berendse, 1999). Un sur semis est alors nécessaire pour augmenter la richesse du couvert (Smith *et al.*, 2002).

Indépendamment du type de couvert, des modifications dans les pratiques d'utilisation des prairies entraînent des changements de l'abondance relative des espèces avant d'en

modifier le nombre (Louault *et al.*, 2005). Ainsi, le nombre d'espèces végétales présentes dans les prairies permanentes pâturées à l'occasion du programme FORBIODEN n'a que très peu évolué durant les trois années de mesure (Scimone *et al.*, 2007). Le calcul de l'indice de dominance de Simpson, plus élevé dans les couverts dominés par quelques espèces (Whittaker, 1975), confirme une évolution de l'abondance relative des espèces dans les prairies fertiles peu diversifiées alors que leur nombre n'évolue pas. Appliqué dans un gradient de diversité croissante entre les sites anglais, allemand et français pâturés par des bovins, il révèle la plus grande stabilité des communautés végétales diversifiées (figure 2). Le même type de relation entre diversité et stabilité des couverts prairiaux a depuis été obtenu en conditions contrôlées : mélange semé de quatre ou quinze espèces (Bezemer et van der Putten, 2007).

**Figure 2** : Evolution de l'indice de dominance de Simpson selon le chargement et la race dans trois sites se plaçant dans un gradient croissant de diversité spécifique du couvert, d'après Scimone *et al.* (2007). Cercles : chargement élevé, race spécialisée, carrés : chargement allégé, race spécialisée, croix : chargement allégé, race rustique.



## 2.3. L'EFFET DU MODE D'EXPLOITATION

Différentes études réalisées dans des exploitations d'élevage illustrent la diminution de la diversité floristique avec l'augmentation de la fertilité et de l'intensité du prélèvement. Ainsi, le suivi de trente-quatre prairies des Pyrénées ariégeoises exploitées de manière identique (déprimage suivi d'une fauche unique) révèle une diminution du nombre d'espèces de l'ordre de dix par parcelle lorsque leur indice de nutrition (moyenne des indices N et P) augmente de 65 à 86 (Ansquer *et al.*, 2004). Par ailleurs, dans un réseau de trente et une prairies de fauche des Alpes autrichiennes, le nombre d'espèces a baissé de 10,8 à 6,5 espèces par m<sup>2</sup> lorsque le nombre de fauches passait de deux à six par an (Zechmeister *et al.*, 2003).

Le mode d'utilisation des prairies (pâturage *vs.* fauche) a également un impact sur leur richesse spécifique. Dans une étude réalisée dans trois exploitations en système herbager allaitant du Massif Central et sur un total de trente-sept parcelles, Farruggia *et al.* (2006b) constatent que le nombre d'espèces est plus élevé dans les parcelles pâturées que dans les parcelles fauchées (68 *vs.* 46).

**Tableau 1** : Diversité spécifique et composition fonctionnelle des parcelles de fauche et de pâturage dans trois exploitations du Massif Central (37 parcelles), d'après Farruggia *et al.* (2006b)

|                           | Fauche | Pâturage |       |
|---------------------------|--------|----------|-------|
| Nb d'espèces par parcelle | 46     | 68       |       |
| Nb de faciès par parcelle | 1,5    | 2,3      | <0,05 |
| % de type A               | 18     | 14       | NS    |
| % de type B               | 30     | 13       | <0,01 |
| % de type C               | 42     | 51       | <0,05 |
| % de type D               | 3      | 16       | <0,01 |

Cette plus grande richesse spécifique des prairies pâturées a deux origines : d'une part, les prairies pâturées présentent dans la plupart des cas un assemblage de faciès de communautés végétales différentes, qui leur permet d'emblée de réunir un plus grand nombre d'espèces que les prairies fauchées plus homogènes (tableau 1). D'autre part, l'équivalent azote minéral reçu par parcelle (fertilisation minérale + organique + restitutions) est plus élevé sur les parcelles fauchées qui doivent assurer le stock, que sur les parcelles pâturées (89 vs. 47 unités N / ha, Farruggia *et al.*, 2006b).

Le mode de prélèvement des parcelles, en interaction avec les apports azotés, affecte également la diversité fonctionnelle des couverts puisque, selon la classification proposée par Cruz *et al.* (2002), le type B est plus abondant dans les parcelles fauchées tandis que les types C et D sont plus représentés dans les parcelles pâturées (tableau 1). Ces résultats concordent avec ceux de Ansquer *et al.* (2004) qui ont observé, dans les Pyrénées ariégeoises, que les parcelles fauchées présentaient une moins grande richesse spécifique que les parcelles pâturées et différaient également du point de vue de leur composition fonctionnelle. L'abondance des graminées de type A (63 %), B (36 %) et C (1 %) dans les prairies fauchées et pâturées intensivement change en effet radicalement dans les prairies pâturées uniquement en été (A : 20 %, B : 23 %, C : 54 %).

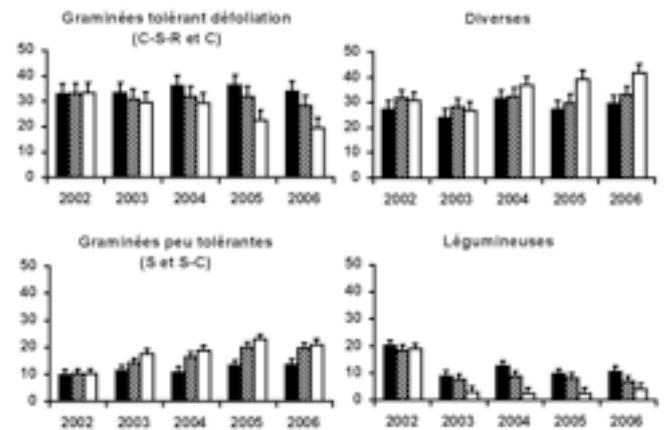
Un changement du mode d'exploitation des parcelles peut avoir des conséquences qui vont au-delà de la seule diversité floristique des parcelles. En zone de montagne, le développement des techniques d'ensilage et d'enrubannage accompagné d'une augmentation de la fertilisation azotée a permis d'avancer les dates de fauche d'au moins un mois. L'exploitation des parcelles a lieu bien avant la période de floraison de la plupart des espèces, ce qui réduit à terme leur production de graines et la diversité floristique du milieu (Carrère *et al.*, 2002). Ce mode d'exploitation a également un impact sur les insectes nectarivores et pollinisateurs, tels que les papillons et les abeilles, qui ne bénéficient plus des ressources produites par les fleurs. Enfin, la généralisation de cette technique entraîne à terme une banalisation du paysage avec la disparition progressive des prairies fleuries et colorées du début d'été.

#### 2.4. L'EFFET D'UN GRADIENT DE CHARGEMENT DANS UNE PRAIRIE DE MOYENNE MONTAGNE

En complément des traitements déjà cités du programme FORBIOBEN, certaines parcelles du site français étaient pâturées en continu par des génisses Charolaises à un très faible chargement, 0,5 UGB / ha. Après cinq années d'application des chargements contrastés (1,2, 0,85 et 0,5 UGB / ha) dans ces prairies de moyenne montagne très diversifiées, les graminées tolérantes à la défoliation, caractérisées par un renouvellement rapide de leurs feuilles (types C-S-R et C de Grime *et al.*, 1988) se maintiennent aux chargements les plus élevés mais ont régressé de 14 % d'abondance absolue à 0,5 UGB / ha (figure 3). Dans le même temps, l'abondance relative des graminées peu tolérantes à la défoliation (types S et S-C de Grime *et al.*, 1988) et des diverses a augmenté dans les parcelles peu chargées (figure 3). Les légumineuses, principalement représentées par *Trifolium repens* et *Trifolium pratense*, ont subi de plein fouet la sécheresse de 2003, puis se sont d'autant mieux maintenues que le chargement était plus

élevé (figure 3). De même, l'évolution de l'abondance relative des espèces végétales dans ce gradient de chargement s'explique bien par leurs traits de vie. Ainsi, des diverses à port érigé (*Achillea millefolium*) ou qui peuvent se dresser au sein de couverts hauts (*Galium verum*, *Helianthemum nummularium*), et des graminées de milieu peu fertiles, peu adaptées à une défoliation fréquente (*Briza media*, *Koeleria pyramidata* et *Festuca ovina*, toutes trois de type D de la classification proposée par Cruz *et al.*, 2002 et Ansquer *et al.*, 2004) ont périclité au chargement élevé (*Achi. m* : +2,4, *Gal. v* : -0,15, *Hel. n* : +0,7, *Briza m* : -0,25, *Koel. p* : +0,02, *Fest. o* : +1,2 % à 1,2 UGB / ha) alors qu'elles progressaient dans les parcelles sous-utilisées (*Achi. m* : +4,4, *Gal. v* : +3,7, *Hel. n* : +2,8, *Briza m* : +0,85, *Koel. p* : +1,8, *Fest. o* : +2,4 % à 0,5 UGB / ha).

**Figure 3** : Evolution de la proportion des principales familles botaniques au sein de prairies diversifiées de moyenne montagne pâturées par des génisses dans un gradient de chargement. Figurés pleins : 1,2 UGB / ha, hachures : 0,85 UGB / ha, vides : 0,5 UGB / ha.

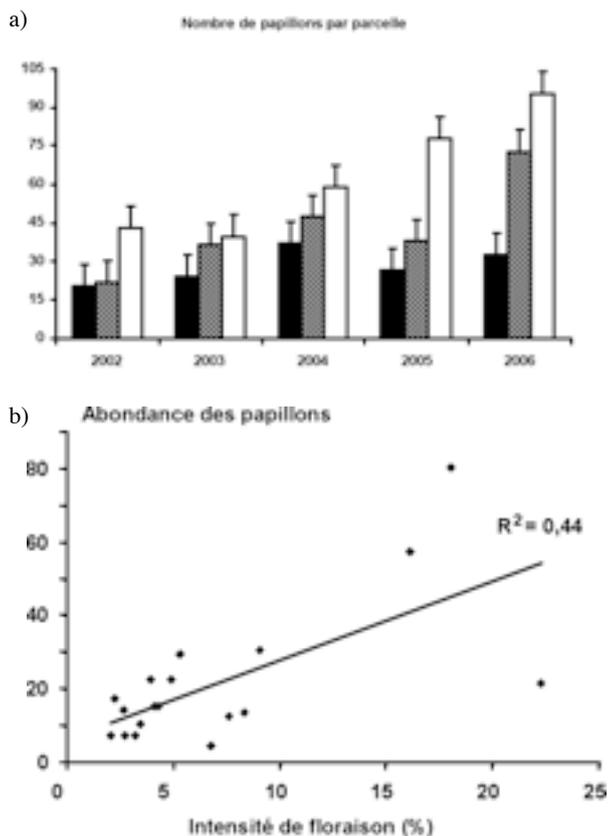


Les populations d'insectes ont rapidement réagi aux différences de structures de végétation directement liées au chargement. Dans les quatre sites expérimentaux du programme FORBIOBEN, le nombre d'individus et d'espèces d'orthoptères (sauterelles, criquets) et de lépidoptères (papillons) a augmenté au chargement allégé par rapport au chargement élevé (Wallis De Vries *et al.*, 2007). Sur le site français, l'abondance des orthoptères et des lépidoptères a continué à augmenter entre le chargement allégé à 0,85 UGB / ha et le sous-chargement à 0,5 UGB / ha (figure 4a). Des insectes détritvires tels que les collemboles ont également été favorisés par la baisse du chargement, alors que des coléoptères carnivores ou nécrophages tels que les carabes et les silphides semblaient indépendants de celui-ci. Les coléoptères coprophages étaient plus nombreux au fort chargement. Nous confirmons ainsi que les familles d'insectes réagissent différemment à l'évolution de la structure du couvert en fonction des conditions de milieu qu'ils y trouvent. Néanmoins, l'allègement du niveau de chargement permet la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces, ce qui valide les modèles théoriques existants, et corrobore nombre de travaux expérimentaux (Dennis *et al.*, 1998, Kreuss et Tschardtke, 2002, Ellis, 2003, Hjermandt et Ims, 2005, Pöyry *et al.*, 2006).

L'effet du chargement s'explique par la biologie des insectes et leurs habitats préférés : les papillons, les sauterelles et les criquets bénéficient d'un microclimat et de ressources alimentaires plus abondantes dans l'herbe haute, y sont mieux protégés des prédateurs et y subissent moins les effets directs du pâturage. Les dynamiques d'évolution de la

végétation et des populations d'insectes des prairies sont très liées par les relations trophiques qu'ils entretiennent. Dans les parcelles du site français du programme FORBIODEN, l'évolution de l'abondance des plantes à fleurs (diverses) et des papillons suit la même tendance dans le gradient de chargements considéré (figures 3 et 4a). De même, à une échelle intra-parcellaire nous avons mesuré une corrélation positive entre l'abondance locale des papillons et une note visuelle d'intensité de floraison, exprimée en pourcentage de recouvrement des fleurs le long des transects ayant servi au comptage des papillons (figure 4b). Ce résultat est cohérent avec une observation réalisée dans le sud de la Suède. Öckinger *et al.* (2006) y ont observé un moins grand nombre d'espèces de papillons dans les prairies exploitées par des ovins que dans celles pâturées par des bovins ou des chevaux. Ils expliquent ce résultat par la plus forte sélectivité des ovins pour les plantes à fleurs.

**Figure 4 :** Relations entre l'abondance des papillons et l'état du couvert végétal au sein de prairies diversifiées de moyenne montagne pâturées par des génisses dans un gradient de chargement. a) Nombre de papillons à l'échelle de la parcelle, figurés pleins : 1,2 UGB / ha, hachures : 0,85 UGB / ha, vides : 0,5 UGB / ha. b) Relation entre l'abondance des papillons dénombrés le long de transects de 50 m et l'intensité de floraison le long de ces mêmes transects.



### 3. MODULER L'APPLICATION DU CHARGEMENT PAR LE CHOIX DES PERIODES DE PATURAGE

Au-delà du simple effet d'une réduction du chargement, les relations entre hétérogénéité structurale du couvert et diversité spécifique dépendent de la manière dont le chargement allégé est appliqué. Différents modes de conduite alternatifs des couverts ont ainsi pu être envisagés et sont ici jugés au regard de leur impact sur le couvert et de leur coût zootechnique pour les animaux.

### 3.1. L'ALLONGEMENT DE LA SAISON DE PATURAGE

En situation de faible chargement, l'allongement de la saison de pâturage au-delà de la période de végétation active permet de valoriser les excédents de végétation non consommés et de réduire le coût alimentaire d'entretien hivernal des animaux. L'effet est celui d'un déprimage en début de printemps et d'un nettoyage du couvert en fin de saison du fait du report partiel des animaux sur le matériel sec ou épié préalablement délaissé (D'hour et Dumont, 1998, Dumont *et al.*, 2007a). Au bout de six années d'application de deux durées de saison de pâturage (Témoin : 6 mois ou Allongé : 8,5 mois) dans une prairie de moyenne montagne exploitée à 0,65 UGB / ha, la valeur pastorale s'est mieux maintenue en pâturage allongé (T : 33,5 vs. A : 39,7). A nouveau, le nombre d'espèces végétales dans le couvert n'a pas été affecté par le mode de pâturage, mais leur abondance relative a évolué différemment selon le taux d'utilisation des parcelles : l'espèce dominante *Agrostis capillaris*, de type C-S-R pour Grime *et al.* (1988), a augmenté de 36 à 46% d'abondance en pâturage allongé alors qu'elle régressait de 38 à 33 % dans la parcelle témoin moins exploitée. *Festuca ovina*, de type S, a progressé moins rapidement en pâturage allongé : elle couvre 9 % (T) vs. 4,5 % (A) de la surface totale après six années d'application des traitements. A l'automne, les animaux ont perdu du poids et commencé à mobiliser leurs réserves. Les besoins en énergie pour reconstituer ces réserves durant l'hiver restent cependant quatre fois inférieurs à l'économie de fourrage conservé réalisée grâce à l'allongement de 2,5 mois de la saison de pâturage (D'hour *et al.*, 2000). Se pose alors la question du type d'animaux le mieux adapté à ce « nettoyage » des prairies sous-chargées à l'automne. Une étude visant à comparer les choix alimentaires de vaches Salers selon leur stade physiologique, taries ou en lactation, a montré que les vaches taries acceptaient plus facilement de se reporter sur l'herbe sèche de moindre qualité en fin de saison (Farruggia *et al.*, 2006a), ce qui renforce la préconisation zootechnique classique d'utiliser des animaux à faibles besoins pour entretenir ces couverts difficiles (Guérin *et al.*, 2001). Les vaches en lactation ont manifesté une plus forte sélectivité pour les repousses végétales de meilleure qualité, mais ont ingéré en moyenne 2,5 kg de MO de plus que les vaches taries. Ce prélèvement plus important pourrait compenser des choix alimentaires moins favorables vis-à-vis de l'entretien du couvert. La complémentation des vaches en lactation par des quantités de tourteaux de soja allant jusqu'à 800 g par animal et par jour pourrait permettre de limiter le coût zootechnique d'un pâturage d'arrière-saison. A ce niveau de complémentation, nous n'avons en effet pas constaté de substitution fourrages-concentré qui diminuerait l'impact des animaux sur le couvert, ni d'ailleurs d'augmentation significative de leurs rejets azotés : ceux-ci ont été estimés à 3 u. N / ha pour deux mois et demi de complémentation avec un chargement de 1,0 UGB / ha.

### 3.2. UNE ROTATION « AMENAGEE »

La fauche tardive mais aussi l'absence d'animaux dans les parcelles pendant la période principale de floraison sont des mesures souvent recommandées dans les politiques ou les plans de gestion des territoires pour préserver ou augmenter la biodiversité des prairies. Ces pratiques permettent aux espèces végétales et aux oiseaux d'accomplir leur cycle de reproduction et offrent aux insectes des abris et un habitat

de qualité ainsi qu'une nourriture abondante, notamment pour les papillons. Il existe cependant peu de données quantifiant l'impact de ces pratiques sur la biodiversité prairiale. Une expérimentation, mise en place dans des prairies diversifiées de moyenne montagne a permis de comparer un pâturage continu à 1,2 UGB / ha, à un pâturage tournant « aménagé » au même chargement (Farruggia *et al.*, 2007). Les parcelles du pâturage tournant étaient composées de quatre sous-parcelles dont l'une était soustraite de la rotation après le premier passage début juin, le temps de la période principale de floraison, puis réintégrée début août jusqu'à la fin de la saison de pâturage. Cette mise en défens partielle du dispositif a permis de fortement augmenter la note d'intensité de floraison dans les parcelles soustraites au pâturage (Farruggia *et al.*, 2007), et de multiplier par 2,1 le nombre de papillons et par 2,5 leur nombre d'espèces sur l'ensemble du pâturage tournant. Cependant, si le pâturage tournant aménagé a pu être conduit selon les prévisions en année favorable à la pousse de l'herbe, nous avons perdu cent dix journées-UGB de pâturage en année sèche par rapport au pâturage continu (Farruggia *et al.*, 2007). Ce mode de conduite du pâturage favorable à la biodiversité pourrait s'insérer dans les pratiques de gestion des prairies des éleveurs à condition de conserver un chargement faible. Il permettrait en outre de constituer, dans le cas de pelouses peu productives à flore diversifiée, une surface de report d'herbe sur pied intéressante en cas de sécheresse estivale.

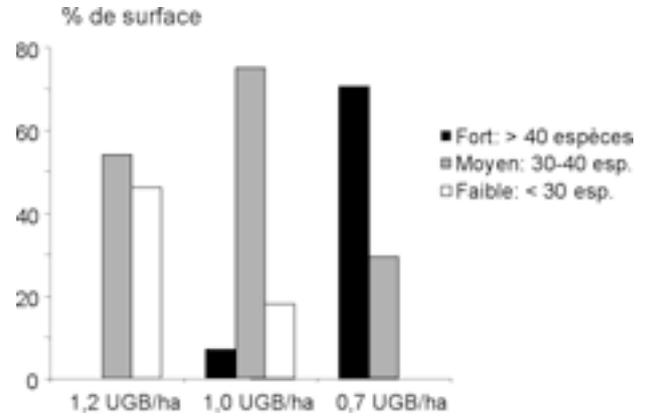
#### 4. PRESERVER LA BIODIVERSITE AU SEIN DES EXPLOITATIONS D'ELEVAGE

La préservation de la biodiversité ne peut pas se raisonner uniquement à l'échelle de la parcelle. C'est aussi à des échelles plus larges, telles que l'exploitation ou la petite région agricole qu'elle doit être appréhendée (Swift *et al.*, 2004). Au sein d'une exploitation d'élevage, il existe dans la plupart des situations une diversité d'utilisation des surfaces depuis un usage intensif pour les parcelles fauchées précocement (ensilage ou enrubannage) ou les parcelles proches des bâtiments, jusqu'à un usage très extensif pour les parcelles les moins productives ou les plus difficiles d'accès. Cette diversité des modes de conduite des parcelles crée, à l'échelle de l'exploitation, une mosaïque aux états de végétation contrastés favorisant la présence simultanée de nombreuses espèces végétales et animales.

Dans trois exploitations en système herbager alliant du nord Cantal, situées à même altitude dans un même environnement pédoclimatique et paysager, le nombre d'espèces prairiales rencontrées sur l'ensemble de l'exploitation croît de 123 espèces pour l'exploitation à 1,2 UGB / ha à 194 pour celle à 0,7 UGB / ha (Farruggia *et al.*, 2006b). A l'intérieur de chaque exploitation, il existe un gradient de diversité de la richesse spécifique entre les parcelles (figure 5). Dans l'exploitation la plus intensive, les pratiques mises en œuvre par l'éleveur visent à homogénéiser les parcelles et à réduire ainsi leur variabilité spatiale (Landais et Balent, 1993). Ainsi, on ne trouve en moyenne que 1,3 faciès par parcelle dans l'exploitation à 1,2 UGB / ha contre 2,2 pour celle à 0,7 UGB / ha. Dans l'exploitation la moins chargée, une majorité de parcelles présente une bonne richesse floristique quel que soit leur mode d'exploitation. Malgré un nombre d'espèces végétales recensé (*i.e.* 144) en deçà de celui de l'exploitation la moins chargée, c'est dans l'exploitation au chargement

intermédiaire que se rencontre le gradient de diversité spécifique des couverts le plus important (figure 5) et par conséquent que l'on trouve la plus grande diversité d'habitats.

**Figure 5** : Diversité de la richesse spécifique des couverts dans trois exploitations en système Salers herbager situées dans un gradient de chargement moyen allant de 0,7 à 1,2 UGB / ha, d'après Farruggia *et al.* (2006b).



Cette diversité d'habitat est globalement favorable à la biodiversité et conforte l'intérêt de promouvoir le maintien d'une diversité d'utilisation des surfaces au sein des exploitations d'élevage (Weibull *et al.*, 2000). Elle offre en permanence à la faune une mosaïque de zones d'alimentation et de zones de refuge, certaines parcelles pouvant jouer un rôle de réservoir pour les espèces défavorisées par d'autres modes de conduite (Muller *et al.*, 1998). A l'échelle de petites régions agricoles, il y a suivant cette même logique, un intérêt à préserver la diversité des types d'exploitation (Benton *et al.*, 2003) et cela même si le contexte économique et l'organisation des filières qui en résulte tend à les homogénéiser localement (Swift *et al.*, 2004). Ainsi, l'uniformisation des pratiques et des exploitations à l'échelle régionale est-elle vraisemblablement une menace bien plus importante pour la biodiversité que l'intensification locale de certaines parcelles (Carrère *et al.*, 2002, Swift *et al.*, 2004).

#### CONCLUSION

La gestion de la biodiversité constitue un enjeu majeur pour les exploitations. Elle y est de plus en plus fréquemment considérée non seulement comme une résultante du mode de conduite des parcelles, mais aussi vis-à-vis des services qu'elle rend aux activités d'élevage (Clergue *et al.*, 2005) : qualité des produits animaux, valeur nutritive des fourrages, souplesse d'utilisation des prairies, etc. Sa préservation est désormais explicitement prise en compte dans l'attribution de la nouvelle prime herbagère agro-environnementale (PHAE 2), les éleveurs qui s'y engagent ayant l'obligation de respecter un certain pourcentage de leur surface en éléments fixes de biodiversité tels que les estives ou les haies. L'engagement unitaire « maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle », dans les mesures agro-environnementales prévues pour la période 2007-2013 constitue une étape supplémentaire dans l'intégration de la préservation de la biodiversité au sein des systèmes d'élevage herbagers. L'outil d'évaluation de la biodiversité sera en effet basé non plus sur une obligation de moyen (*e.g.* le respect d'une norme de chargement) mais sur une obligation de résultat en terme de qualité écologique (De

Sainte Marie et Mettlan, 2006). Ainsi, quelles que soient les pratiques mises en œuvre par l'éleveur, au moins quatre plantes indicatrices issues d'une liste préparée en concertation au niveau régional devront pouvoir être trouvées dans ses parcelles afin qu'il puisse toucher la prime escomptée. Cette préoccupation grandissante, tant écologique, que fonctionnelle et réglementaire pour la biodiversité, nous renvoie à la nécessité d'une meilleure compréhension des mécanismes agro-écologiques sous-jacents et de l'impact des modes de conduite des parcelles et des troupeaux..

*Nous remercions M. Petit, P. D'hour, P. Pradel, P. Carrère, F. Louault, L. Lanore, F. Decuq, D. Egal, C. Cirié, M. Frain, P. Bachelard, T. Leroy et Y. Michaud pour leur contribution à ces travaux.*

- Adler P.B., Raff D.A., Lauenroth W.K., 2001. *Oecologia*, 128, 465-479
- Andrieu N. 2004. Thèse INA P-G, 312 pp.
- Ansquer P., Theau J.P., Cruz P., Viegas J., Al Haj Kamhed R., Duru M., 2004. *Fourrages*, 179, 353-368
- Bakker J.P., Berendse F., 1999. *TREE*, 14, 63-68
- Balent G., Alard D., Blanfort V., Poudevigne L. 1999. *Fourrages*, 160, 385-402
- Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D., 2003. *TREE*, 18, 182-188
- Bezemer T.M., van der Putten W.H., 2007. *Nature*, 446, E6-E7
- Bugaud C., Buchin S., Coulon J.B., Hauwuy A., Dupont D. 2001. *Lait*, 81, 401-414
- Carrère P., Dumont B., Cordonnier S., Orth D., Teyssonneyre F., Petit M., 2002. dans Giraud G. et Petit M. (Coord.), *Agriculture et produits alimentaires de montagne*, Collection Actes, 8, 41-46
- Cingolani A.M., Posse G., Collantes M.B., 2005. *J. Appl. Ecol.*, 42, 50-59
- Clergue B., Amiaud B., Pervanchon F., Lasserre-Joulin F., Plantureux S. 2005. *Agron. Sustain. Dev.*, 25, 1-15
- Cortes C., Damasceno J.C., Jamot J., Prache J. 2006. *Anim. Sci.*, 82, 183-191
- Cruz P., Duru M., Therond O., Theau J.P., Ducourtieux C., Jouany C., Al Haj Kamhed R., Ansquer P. 2002. *Fourrages*, 172, 335-354
- Dennis P., Young M.R., Gordon I.J., 1998. *Ecol. Entomol.*, 23, 253-264
- De Sainte Marie C., Mettlan P. 2006. Rapport de mission INRA et PNR du massif des Bauges, Quelle articulation entre économie de l'élevage et économie de la biodiversité ?, 15pp.
- D'hour P., Dumont B., 1998. *Ann. Zootech.* 47, 507
- D'hour P., Revilla R., Wright I.A., 1998. *Ann. Zootech.*, 47, 453-463
- D'hour P., Petit M., Lassalas J., 2000. *Renc. Rech. Ruminants*, 7, 123-125
- Dumont B., Petit M., Lassalas J., Tournadre 1995. *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 83-88
- Dumont B., Maillard J.F., Petit M., 1999. *Renc. Rech. Ruminants*, 6, 127-130
- Dumont B., Garel J.P., Ginane C., Decuq F., Farruggia A., Pradel P., Rigolot C., Petit M., 2007a. *Animal*, 1, 1042-1052
- Dumont B., Rook A.J., Coran C., Röver K.U., 2007b. *Grass For. Sci.*, 62, 159-171
- Duru M., Hazard L., Jeangros B., Mosimann E. 2001. *Fourrages*, 166, 165-188
- Ellis S., 2003. *Biol. Conserv.*, 113, 285-294
- Farruggia A., Dumont B., D'hour P., Egal D., Petit M., 2006a. *Grass For. Sci.*, 61, 347-353
- Farruggia A., Dumont B., Jouven M., Baumont B., Loiseau P. 2006b. *Fourrages*, 188, 477-493
- Farruggia A., Duval C., Dumont B., Leroy T., Garel J.P., 2007. *Renc. Rech. Ruminants*, 14, 58
- Fischer S.F., Poschlod P., Beinlich B., 1996. *J. Appl. Ecol.*, 33, 1206-1222
- Gibon A., Balent G., Duru M., Magda D., Theau J.P., Calvière I., Sos L., 1997. In INRA (Ed.), *Les prairies permanentes de milieu océanique et de montagne humide. Outil de diagnostic agro-écologique et guide pour leur utilisation*, 51 pp.
- Grant S.A., Torvell L., Sim E.M., Small J.L., Armstrong R.H., 1996. *J. Appl. Ecol.*, 33, 1053-1064
- Grime J.P. 1973. *J. Envir. Manage.*, 1, 151-167
- Grime J.P., 1979. *Plant strategies and vegetation processes*, Wiley & Sons, Chichester, 222 pp.
- Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R., 1988. *Comparative plant ecology. A functional approach to common British species*, Unwin Hyman, London, 742 pp.
- Guerin G., Bellon S., Gautier D. 2001. *Fourrages*, 166, 239-256
- Guerin G., Gautier D. 2004. *Fourrages*, 178, 233-243
- Guichard H., Leconte D., Picoche B., Pagès J., Simon J.-C. 2007. *Fourrages*, 188, 457-475
- Hjermann D.O., Ims R.A., 2005. *J. Anim. Ecol.*, 65, 768-780
- Hobbs N.T., Swift D.M., 1988. *Am. Nat.*, 131, 760-764
- Hubert F., Pierre P., 2003. dans CA49 et CA53 (Eds.), *Guide pour un diagnostic prairial*, 237 pp.
- Huyghe C. 2005. In INRA Editions, *Prairies et cultures fourragères en France*, 201 pp.
- Isselstein J., Griffith B.A., Pradel P., Venerus S., 2007. *Grass For. Sci.*, 62, 145-158
- Jacobs J., 1974. *Oecologia*, 14, 413-417
- Jeangros B., Bertola C. 2002. *Grassld Sci. Europe*, 7, 794-795
- Kruess A., Tschardt T., 2002. *Biol. Conserv.*, 106, 293-302
- Landais E., Balent G., 1993. *Etud. Rech. Syst. Agr. Dévelop.*, 27, 13-34
- Louault F., Pillar V.D., Aufrère J., Garnier E., Soussana J.F., 2005. *J. Veg. Sci.*, 16, 151-160
- Martin B., Buchin S., Hauwuy A. 2005. *Sci. Alim.*, 25, 79-88
- Ménard C., Duncan P., Fleurance G., Georges J.Y., Lila M., 2002. *J. Appl. Ecol.*, 39, 120-133
- Meuret M., Bruchou C., 1994. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 225-228
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2004. *Stratégie nationale pour la biodiversité*. 49 pp.
- Muller S., Dutoit T., Alard D., Grevilliot F., 1998. *Restor. Ecol.*, 6, 94-101
- Öckinger E., Eriksson A.K., Smith H.G., 2006. *Biol. Conserv.*, 133, 291-300
- Plantureux S., Peeters A., McCracken D. 2005. *Grassld Sci. Europe*, 10, 417-426
- Pöyry J., Luoto M., Paukkunen J., Pykälä J., Raatikainen, K., Kuussaari M., 2006. *Oikos*, 115, 401-412
- Rook A.J., Dumont B., Isselstein J., Osoro K., Wallis De Vries M.F., Parente G., Mills J., 2004. *Biol. Conserv.*, 119, 137-150
- Schlapfer F., Tucker M., Seidl L. 2002. *Envir. Resourc. Econ.*, 21, 89-100
- Scimone M., Rook A.J., Garel J.P., Sahin N., 2007. *Grass For. Sci.*, 62, 172-184
- Smith R.S., Shiel R.S., Millward D., Corkill P., Sanderson R.A., 2002. *J. Appl. Ecol.*, 39, 279-293
- Swift M.J., Izac A.M.N., van Noordwijk M., 2004. *Agric. Ecosyst. Envir.*, 104, 113-134
- Wallis De Vries M.F., Parkinson A.E., Dulphy J.P., Sayer M., Diana E., 2007. *Grass For. Sci.*, 62, 185-197
- Weibull A.C., Bengtsson J., Nohlgren E., 2000. *Ecography*, 23, 743-750
- Whittaker R.H., 1975. *Communities and ecosystems*, 2<sup>nd</sup> Ed., Mac-Millan, New York, 385 pp.
- Willms W.D., Dormaar J.F., Schaalje G.B., 1988. *J. Range Manage.*, 41, 503-508
- Zechmeister H.G., Schmitzberger I., Steurer B., Peterseil J., Wrblka T., 2003. *Biol. Conserv.*, 114, 165-177