

Influence de la fertilisation sur la végétation et la production d'une prairie à *Festuca valesiaca* L.

C. Samuil, V. Vintu, C. Sirbu, I.C. Popovici

Les prairies permanentes présentent un certain nombre d'intérêts. Leur appliquer une gestion fondée sur un faible usage d'intrants (dont les fertilisants organiques) peut permettre de concilier production et préservation de la biodiversité. Une expérimentation conduite en Roumanie sur plusieurs années fournit des éléments de réflexion.

RÉSUMÉ

Un essai a été conduit sur une prairie permanente à *Festuca valesiaca* L., produisant entre 3 et 5 t MS/ha/an. Entre 1998 et 2009, différentes combinaisons d'engrais organiques et/ou minéraux ont été apportées, avec apport fractionné ou pas de l'azote minéral. Le type et surtout le niveau de la fertilisation (de 0 à 130 kg N/ha/an) influencent la production et la structure du tapis végétal. L'efficacité de l'azote apporté semble supérieure en cas d'apport simultané des fertilisations minérale et organique ; une fertilisation supérieure à 80 kg N/ha et le fractionnement des apports minéraux ne semblent pas justifiés sur ce type de prairie. L'évolution de la structure de la végétation semble également montrer un effet positif de la fertilisation organique sur la proportion de légumineuses et la diversité floristique.

SUMMARY

Influence of fertilization on the vegetation and production of *Festuca valesiaca* L. grassland

Managing permanent grassland with low inputs (such as organic fertilizers) can be a solution for reconciling agricultural production and biodiversity conservation. An experiment was carried out in Romania over a period of several years on *Festuca valesiaca* L permanent grassland, with a DM production of approx. 3-5 t/ha/year. Different combinations of organic and/or mineral fertilizers were tested, with and without fractionated application of mineral nitrogen. Fertilizer type, and even more significantly, the amount that was applied (0 kg-130 kg N/ha/year) had an influence on production and on the structure of the vegetation cover. Nitrogen appears to be more effective when mineral and organic fertilizers are applied together. Amounts above 80 kg N/ha and fractionated mineral input are not justified for this type of grassland. Changes in vegetation structure also seem to indicate the positive effect of organic fertilizers on the proportion of legumes and floristic diversity.

1. Place et enjeux des prairies permanentes roumaines

La Roumanie est un pays à diversité biologique élevée qui s'exprime tant au niveau des écosystèmes qu'au niveau des espèces. Les écosystèmes naturels et semi-naturels occupent environ 47 % de la superficie du pays. Les espèces caractéristiques des prairies représentent à peu près 37 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau national. Avec 5 millions d'hectares, la Roumanie

occupe la 5^e place en Europe du point de vue de la superficie occupée par les prairies permanentes.

Les prairies permanentes roumaines se trouvent principalement dans les régions de collines et de montagnes et ces zones rassemblent plus de 75 % de la superficie nationale des prairies permanentes. Dans ces régions, les prairies occupent habituellement les versants à forte inclinaison, sur des sols peu fertiles, maigres et affectés par l'érosion, les glissements de terrain et/ou l'excès d'humidité. Ces surfaces sont en général des

AUTEURS

Université des Sciences Agricoles et de Médecine Vétérinaire de Iași, 3, Allée Mihail Sadoveanu, 700490, Iași (Roumanie) ; csamuil@uaiasi.ro

MOTS CLÉS : Biodiversité, composition chimique, fertilisation azotée, fertilisation minérale, fertilisation organique, fertilisation phosphatée, fertilisation potassique, nutrition azotée, prairie permanente, production fourragère, Roumanie, structure de la végétation, valeur nutritive.

KEY-WORDS : Biodiversity, chemical composition, forage production, mineral fertilization, nitrogen fertilization, nitrogen nutrition, nutritive value, organic fertilization, permanent pasture, phosphate fertilization, potassic fertilization, Romania, sward structure.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Samuil C., Vintu V., Sirbu C., Popovici I.C. (2012) : "Influence de la fertilisation sur la végétation et la production d'une prairie à *Festuca valesiaca* L.", *Fourrages*, 210, 151-157.

terres qui ne peuvent pas être valorisées autrement que par le pâturage (DUMITRESCU *et al.*, 1999 ; SAMUIL *et al.*, 2008 ; VINTU *et al.*, 2008).

Soumises à l'influence de facteurs naturels et de pratiques d'exploitation très variables, **les prairies permanentes roumaines sont caractérisées par une grande diversité de niveaux de production et de compositions floristiques**. En même temps, le problème de la biodiversité est actuellement une préoccupation prioritaire en raison de la focalisation de l'agriculture moderne sur le développement de méthodes et techniques qui conduisent à un nombre relativement restreint d'espèces (BAUDRY, 2004 ; HOPKINS *et al.*, 1999 ; LEHMAN et TILMAN, 2000 ; MAUZ et REMY, 2004 ; PEETERS *et al.*, 2004). **L'enjeu actuel sur ces surfaces est de développer des itinéraires techniques innovants et raisonnés permettant tout à la fois d'assurer un bon potentiel de production**, indispensable au maintien de l'activité agricole, **et un niveau de diversité** des communautés à même de maintenir les propriétés et les services rendus par ces écosystèmes. Parmi les facteurs qui menacent la biodiversité et qui doivent attirer notre attention, il y a les activités anthropiques, la pression sur les ressources naturelles, la fragmentation, la modification et la destruction des habitats, l'utilisation excessive des pesticides et des engrais chimiques.

Les études de SCEHOVIC *et al.* (1998) ont montré qu'une proportion élevée d'espèces dicotylédones (groupe « autres espèces ») réduisait la digestibilité des fourrages à cause de la présence dans leur composition chimique de certaines substances anti-nutritionnelles. Inversement, les études de MARTIN *et al.* (2009) et GRAULET *et al.* (2008) montrent que ces espèces possèdent des composés secondaires susceptibles de favoriser la qualité sensorielle et nutritionnelle des produits animaux obtenus à partir de ces prairies.

En raison des exportations non compensées par des apports de fertilisants, les productions ont baissé chaque année en Roumanie, ce phénomène étant accompagné d'une réduction accélérée du niveau de production de la végétation. À la longue, les espèces productives, qui présentent une valeur fourragère élevée, ont été remplacées par des espèces à faible valeur fourragère, qui déprécient la qualité des produits animaux, ainsi que par des espèces nuisibles à la santé des animaux.

Les prairies à *Festuca valesiaca* L. sont répandues dans la zone de steppe du sud-est de la Roumanie et dans celle des collines du nord-est de la Moldavie, sur des versants en forte pente, jusqu'à l'altitude de 600-800 m. Elles se caractérisent par un faible rendement dû autant à une surexploitation, à cause d'un trop grand nombre d'animaux par hectare, qu'à l'absence de toute mesure d'amélioration.

Le potentiel de production de ces prairies peut être amélioré par une fertilisation avec différents types et doses d'engrais organiques et minéraux (CARDASOL, 1994 ; VINTU *et al.*, 2011).

La pérennité de ces prairies exige le maintien de la disponibilité en azote à un niveau optimal, tant pour la

fixation du Carbone par les plantes que pour la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes du sol (LOISEAU *et al.*, 2002).

Des facteurs extérieurs, liés d'une part à la problématique de la préservation de la biodiversité, et d'autre part au coût de ces fertilisants, ont imposé un léger changement dans le type de gestion.

Notre objectif a été d'étudier la manière dont la modification du type de fertilisation influence la production, la structure floristique et la biodiversité des prairies à *Festuca valesiaca*. Dans ce travail, nous présentons les **résultats obtenus** sur ce type de prairies permanentes soumises à deux types de gestion contrastés, fondés sur **l'emploi des fertilisants organiques et minéraux, appliqués à différentes doses et dans diverses combinaisons**.

2. Matériel et méthodes

■ Végétation

Du point de vue de leur composition floristique, les prairies à *Festuca valesiaca* sont constituées d'espèces xérophiles et mésoxérophiles, qui assurent un recouvrement de 70-90 %. Les graminées ont un recouvrement généralement de 40-60 %, les plus répandues étant : *Festuca valesiaca*, *Festuca pseudovina*, *Agropyron pectiniforme*, *Stipa pennata*, *Poa pratensis*, *P. bulbosa*, *Bromus inermis*, *Agropyron repens*, *Cynodon dactylon* et *Koeleria cristata*. Les légumineuses ont une contribution de 14-15 %, les plus répandues étant : *Medicago lupulina*, *M. falcata*, *Astragalus onobrychis*, *Lotus corniculatus*, *Onobrychis viciifolia*, *Trifolium arvense* et *T. repens*. Les autres espèces ont un recouvrement de 10-15 %, les plus fréquentes étant : *Achillea setacea*, *Taraxacum officinale*, *Cichorium intybus*, *Galium verum*, *Plantago media*, *Achillea millefolium*, *Daucus carota*, *Carduus nutans*, *Eryngium campestre*...

Les prairies à *Festuca valesiaca* L ont un niveau de production de matière sèche (MS) qui se situe entre 3 et 5 t/ha/an et servent essentiellement au pâturage.

■ Conditions naturelles

L'essai s'est déroulé entre 1998 et 2009 sur une prairie à *Festuca valesiaca* L, située sur un terrain avec une pente de 10 % et à une altitude de 107 m. Le sol est du type chernozem cambique, faiblement lessivé, à texture argileuse, avec un pH de 6,5-6,7, des teneurs en phosphore mobile de 25-30 ppm et en potassium mobile de 300-350 ppm (horizon 0-30 cm). Le niveau de phosphore mobile a été déterminé par spectrophotométrie et celui de potassium mobile a été déterminé par photométrie (SARA et ODAGIU, 2005).

Les conditions climatiques durant la période d'essai étaient caractérisées par des températures moyennes annuelles de 9,5°C et par des précipitations annuelles de 550 mm.

Traitement Fertilisation	Phase A (1998-2005)				Traitement	Phase B (2006-2009)			
	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Fumier* (t/ha)		N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Fumier* (t/ha)
A-V1	0	0	0	0	B-V1	0	0	0	0
A-V2	0	25	50	0	B-V2f1	50	36	0	10
A-V3	50	25	50	0	B-V3f1	50+50	72	0	10
A-V4	100	50	100	0	B-V4f2	50	36	0	20
A-V5f1	0	0	0	10	B-V5f2	50+50	72	0	20
A-V6f2	0	0	0	20	B-V6f3	50	36	0	30
A-V7f4	0	0	0	40	B-V7f3	50+50	72	0	30
A-V8f1	50	25	50	10	B-V8f3	50	36	0	40
A-V9f1	100	50	100	10	B-V9f3	50+50	72	0	40

* Apports de fumier : f1 : annuellement ; f2 : tous les 2 ans ; f3 : tous les 3 ans ; f4 : tous les 4 ans

TABLEAU 1 : Présentation des différents traitements et procédés de fertilisation.

TABLE 1 : Presentation of the different fertilization treatments and techniques.

■ Dispositif expérimental et procédés de fertilisation

Le dispositif comprenait 9 procédés de fertilisation en blocs randomisés avec 4 répétitions. La taille des parcelles d'essai était de 15 m² (3x5 m). Durant la période d'essai, nous avons réalisé 2 ou parfois 3 coupes par année en fonction des conditions climatiques.

Entre 1998 et 2009, la prairie à *Festuca valesiaca* a reçu **différentes combinaisons d'engrais organiques et minéraux** (tableau 1). **Les 8 procédés de fertilisation ont été modifiés en 2006 et diffèrent donc entre les phases A** (1998-2005) **et B** (2006-2009). Ce changement dans les procédés de fertilisation a été raisonné pour répondre à un nouveau contexte : d'une part, le coût élevé des engrais minéraux et, d'autre part, les nouvelles politiques agricoles qui mettent l'accent sur l'obtention d'une production supérieure tout en maintenant une bonne biodiversité de ces prairies. Pour la période 1998-2005, l'azote a été appliqué en une seule dose avant le démarrage de la végétation. Pour la période 2006-2009, la **dose d'azote** a été **fractionnée** dans les procédés B-V3f1, B-V5f2, B-V7f3 et B-V9f3 : une moitié a été apportée avant le démarrage de la végétation et l'autre moitié après la première récolte. Les fertilisations P, K et le **fumier** ont été appliqués en automne. La composition chimique moyenne du fumier était de 0,5 % N ; 0,3 % P₂O₅ ; 0,7 % K₂O.

Pour comparer l'effet des différents types et combinaisons d'engrais organiques et minéraux, nous avons utilisé le **Coefficient Apparent d'Utilisation** (CAU) : il donne une idée de l'efficacité de l'azote organique à court terme, en équivalent N minéral, et représente la fraction de l'azote apporté à la prairie qui est absorbé par les plantes. Le CAU est variable selon la période d'apport et le type de couvert. Dans cet essai, nous avons appliqué un CAU de 0,6 pour l'azote du fumier (BODET *et al.*, 2001).

■ Observations et analyses

• Production et diversité

La récolte a été effectuée par fauche au moment de l'épiaison des graminées dominantes. La **production** de

matière sèche a été mesurée après séchage de l'échantillon à l'étuve (SR ISO 6496).

Les modifications dans la **structure du tapis herbacé** ont été déterminées au printemps sur la première pousse à l'aide de la méthode gravimétrique. Cette méthode consiste dans l'analyse botanique d'un échantillon moyen d'herbe résultant de 10-15 échantillons prélevés dans différents points de la parcelle. Par homogénéisation des échantillons partiels et par réduction répétée de moitié, on obtient un échantillon moyen d'environ 1 000 g. L'échantillon moyen est trié en 3 groupes (graminées, légumineuses et autres espèces). Chaque groupe de plantes est pesé et les résultats exprimés en pourcentage du poids total de l'échantillon.

La **biodiversité** a été mesurée avec l'indice de Shannon-Wiener. Pour calculer cet indice, des relevés floristiques ont été effectués en 4 points de chaque parcelle (CRISTEA *et al.*, 2004). Pour apprécier l'abondance des espèces, on a utilisé la méthode Braun-Blanquet.

• Qualité du fourrage

L'azote total a été déterminé selon la méthode Kjeldhal, les matières grasses selon la méthode décrite dans SR ISO 6492 avec l'extracteur Soxhlet et les fractions ADF et NDF selon la méthode Van Soest (SARA et ODAGIU, 2005).

A partir de l'analyse chimique des plantes et de la valeur de la production, on a calculé l'**indice de nutrition azotée** (INN, LEMAIRE *et al.*, 1989.).

• Analyses statistiques

L'influence des procédés de fertilisation sur la production de matière sèche a été analysée. L'apport d'azote du fumier a été calculé avec un CAU de 0,6 et nous avons analysé l'influence de la fertilisation sur la structure du tapis végétal, la composition chimique et l'indice de nutrition azotée (INN). Dans cette expérience, nous avons testé l'écart de fertilisation au témoin. L'interprétation statistique des résultats a été réalisée à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA).

Traite- ment	Phase A (1998-2005)			Traite- ment	Phase B (2006-2009)		
	Produc- tion ¹ (t MS/ha)	Apport N total ² (kg/ha)	Efficacité de N (kg MS/ kg N apporté)		Produc- tion ¹ (t MS/ha)	Apport N total ² (kg/ha)	Efficacité de N (kg MS/ kg N apporté)
A-V1	3,0	0	-	B-V1	3,0	0	-
AV2	4,2	0	-	B-V2f1	4,5*	80	19
A-V3	4,6*	50	32	B-V3f1	4,9*	130	15
A-V4	5,2*	100	22	B-V4f2	5,3*	80	29
A-V5f1	4,7*	30	57	B-V5f2	4,9*	130	15
A-V6f2	4,5*	30	50	B-V6f3	4,8*	80	23
A-V7f4	5,0*	30	67	B-V7f3	5,0*	130	15
A-V8f1	5,6*	80	33	B-V8f3	5,4*	90	27
A-V9f1	6,0*	130	23	B-V9f3	5,7*	140	19
Moyenne	4,9			Moyenne	4,5		

1 : * : différence significative ; ppds 5% = 1,3 t/ha MS
2 : avec un CAU de 0,6 appliqué aux apports organiques

TABLEAU 2 : Influence des différents traitements de fertilisation sur la production annuelle, la dose et l'efficacité de l'azote apporté (kg MS/kg N ; 1998-2009).

TABLE 2 : Influence of the different fertilization treatments on annual production, total nitrogen input and effectiveness (kg DM/kg N ; 1998-2009).

3. Résultats et discussions

■ Production de matière sèche

Les données présentées dans le tableau 2 montrent **l'effet positif et presque toujours significatif de la fertilisation**. La production du témoin sans fertilisation est basse (3,0 t MS/ha) et traduit la faible fourniture d'azote par le sol dans cette situation. On observe que, quelles que soient les combinaisons d'engrais appliquées, la production de matière sèche est plus élevée que dans le procédé témoin sans engrais. Sauf pour le procédé A-V2, les gains de production sont statistiquement significatifs, par rapport au témoin sans fertilisation. Les meilleures productions ont été réalisées dans les procédés avec les doses maximales d'engrais (A-V8f1, A-V9f1 et B-V9f3).

Dans la **période 1998-2005**, la fertilisation minérale a conduit à des productions comprises entre 4,2 et 5,2 t MS/ha, proches de celles obtenues avec des fertilisations organiques, qui étaient comprises entre 4,5 et 5,0 t MS/ha. Le cumul d'une fertilisation organique et minérale a conduit à une production comprise entre 5,6 et 6,0 t MS/ha.

Sur cette période, les apports d'azote conjugués sous forme minérale et organique ont donc conduit à des productions un peu plus élevées que des apports d'azote uniquement minéraux ou organiques. Ainsi par exemple, le procédé A-V8f1 avec un apport total de 80 kg N (minéral + organique, cf. tableau 2) a été supérieur au procédé A-V4 avec un apport total de 100 kg N uniquement minéral.

Sur la **période 2006-2009**, les productions obtenues avec une seule application d'azote minéral ont été comprises entre 4,5 et 5,4 t MS/ha. Les productions obtenues dans les procédés B-V4f2 et B-V8f3 ont été supérieures à celles obtenues dans les procédés B-V3f1, B-V5f2 et B-V7f3 avec un apport total de 130 kg N/ha/an. Le gain de production avec deux apports d'azote n'est pas bien important par rapport à un seul apport de N. On peut par ailleurs conclure que l'on peut **limiter la fertilisation à 80 kg N/ha/an**. Pour une prairie permanente à *Festuca valesiaca*, une dose de fumier apportant plus de 80 kg N/ha/an n'est pas économique.

Les **augmentations de matière sèche par kg d'azote apporté** sont présentées dans le tableau 2 ; pour la période 1998-2005, elles sont plus élevées dans les procédés avec fertilisation organique que dans ceux avec fertilisations organique et minérale, sans doute en relation avec la faible quantité d'azote apportée dans ces traitements. Entre 2006 et 2009, ces augmentations de matière sèche par kg d'azote apporté les plus élevées ont été obtenues dans les procédés de fertilisation avec N minéral appliqué une seule fois. D'autre part, les augmentations de matière sèche par kg d'azote apporté obtenues pendant la période 1998-2005 sont supérieures à celles obtenues pendant la période 2006-2009.

En conclusion, la fertilisation de prairies à *Festuca valesiaca* L. est nécessaire car elle permet d'obtenir des gains importants de production. Pour ce type de prairie, **la fertilisation combinant un engrais organique et minéral a donné les meilleurs résultats**. Mais les productions de matière sèche par kg d'azote apporté les plus élevées ont été obtenues avec les traitements avec fertilisation organique. Pour la pratique, **on recommande une fertilisation basée sur les engrais organiques avec des doses modérées d'engrais**.

La bibliographie confirme que le potentiel de production de ces prairies peut être augmenté grâce à l'apport de différentes combinaisons et doses de fertilisants organiques et minéraux (HACALA et PFLIMLIN, 1994 ; JEANGROS, 2002 ; SAMUIL et al., 2010 ; ZIEGLER, 1994).

■ Structure de la végétation

Entre 1998 et 2005, la part des graminées a évolué de 56-72 % en 1998 à 51-81 % en 2005 (tableau 3). De même, la part des légumineuses était comprise entre 11 et 25 % en 1998 et entre 13 et 27 % en 2005. Cette évolution de la composition botanique indique **une très légère amélioration de la qualité du tapis végétal** en termes de nombre ou de diversité d'espèces et en termes de valeur nutritive. La part des espèces d'autres familles botaniques était comprise entre 10 et 29 % en 1998 et entre 10 et 35 % en 2005. On remarque que les proportions de légumineuses les plus élevées ont été observées dans les procédés à fertilisation uniquement organique.

Ces proportions atteignaient 17 à 25 % en 1998 et 19 à 27 % en 2005, vraisemblablement en relation avec une quantité d'azote faible dans ces traitements expérimentaux. On peut également observer l'effet positif des apports P et K sur les légumineuses.

Pendant la **période 2006-2009**, la part des graminées est passée de 51-76 % à 34-49 % en 2009 (tableau 3). En moyenne, la part des graminées a diminué de 67 % à 38 %, celle des légumineuses a augmenté de 16 % à 26 % et celle des espèces appartenant à d'autres familles botaniques, de 17 % à 36 %. En 2009, la part des légumineuses était nettement plus élevée qu'en 2006 dans tous les procédés. Cette analyse de la structure du tapis végétal nous révèle **une évolution importante entre 1998 et 2009**.

La littérature montre que les variations de la teneur en légumineuses sont influencées par des facteurs externes comme la fertilisation, le climat ou l'impact des animaux sur la dynamique des populations d'espèces associées (HOPKINS *et al.*, 1999). En même temps, il faut aussi tenir compte du rôle dynamique et cumulatif des flux de C et N dans l'écosystème sol-peuplement sur la composition et les performances de l'association (LOISEAU *et al.*, 2002).

La littérature et nos résultats montrent que, **comparativement à une fertilisation minérale, les engrais organiques tendent à légèrement favoriser les légumineuses et les autres plantes et à désavantager les graminées, mais la quantité totale d'azote équivalente apportée intervient**.

Avec une fertilisation raisonnée, la composition botanique des prairies s'améliore parce que le nombre d'espèces augmente ; on note aussi l'amélioration de la valeur nutritive par augmentation du pourcentage des légumineuses ou des graminées de bonne valeur, au détriment des espèces peu ou pas intéressantes (VINTU *et al.*, 2008). LOUVAULT *et al.* (2005) montrent que, en fonction de la nature et de l'intensité de l'action de ces facteurs, on enregistre des modifications notables dans le rapport entre les espèces d'une phytocénose, jusqu'au remplacement d'une phytocénose par une autre. JEANGROS et THÛNI (1994) signalent qu'une forte fertilisation avec des engrais

de ferme peut favoriser le développement des ombellifères lorsque les conditions naturelles sont défavorables aux graminées fourragères.

■ Biodiversité des prairies permanentes

De 1998 à 2009, des changements dans la composition du tapis végétal ont été enregistrés. La part de certaines espèces intéressantes du point de vue de la production fourragère comme *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius* et *Medicago sativa* a augmenté. Parallèlement, le nombre des espèces a été influencé en fonction des procédés de fertilisation appliqués. Ainsi, le nombre moyen d'espèces a été de 30 (valeurs comprises entre 17 et 44).

Pour les deux périodes d'essai, la diversité floristique a été caractérisée par une valeur moyenne de l'indice de Shannon-Wiener de 2,43, qui a varié entre 1,47 et 3,02 selon les procédés ; cette valeur moyenne de l'indice de Shannon-Wiener correspond à une **bonne diversité floristique pour ce type de prairie**, vu les conditions climatiques assez rudes du nord-est de la Roumanie.

De 1998 à 2005, cet indice a varié entre 1,47 et 2,12 pour la fertilisation minérale, entre 2,73 et 3,02 pour la fertilisation organique et entre 1,75 et 2,57 pour la fertilisation organique et minérale. Pour la deuxième période, il a varié entre 1,62 et 2,82 pour la fertilisation minérale avec un seul apport d'azote et entre 1,51 et 2,65 pour la fertilisation minérale avec deux apports d'azote. On peut constater une **bonne diversité floristique pour les procédés avec fertilisation organique et les procédés avec fertilisation organique et minérale**.

Le mode de gestion appliqué aux prairies, caractérisé par de bas niveaux d'intrants, témoigne du rôle essentiel de ces procédés pour le maintien de la biodiversité. C'est pour ces raisons que les prairies permanentes représentent des écosystèmes d'importance en Roumanie et en Europe. Notre expérience tend à recommander l'utilisation des fertilisants organiques, en quantités réduites, pour trouver un compromis entre la fonction de production et le maintien de la biodiversité de la prairie à *Festuca valesiaca* L.

	Gram. ¹ (%)			Lég. ¹ (%)			Autres ¹ (%)			Différence (%)			Gram. ¹ (%)			Lég. ¹ (%)			Autres ¹ (%)			Différence (%)			
	1998	2005	2009	1998	2005	2009	1998	2005	2009	Gram.	Lég.	Autres	2006	2009	2009	2006	2009	2009	2006	2009	2009	Gram.	Lég.	Autres	
A-V1	56	51	15	14	29	35	-5	-1	+6	B-V1	51	49	14	20	35	31	-2	+6	-4						
A-V2	64*	66*	18	17	18 ⁰	17 ⁰	+2	-1	-1	B-V2f1	76*	36 ⁰	13	25*	11 ⁰	39*	-40	+12	+28						
A-V3	68*	69*	13	11	19 ⁰	20 ⁰	+1	-2	+1	B-V3f1	59*	38 ⁰	16	21	25 ⁰	41*	-21	+5	+16						
A-V4	72*	81*	11 ⁰	10 ⁰	17 ⁰	9 ⁰	+9	-1	-8	B-V4f2	70*	37 ⁰	11	28*	19 ⁰	35*	-33	+17	+16						
A-V5f1	71*	69*	19*	21*	10 ⁰	10 ⁰	-2	+2	0	B-V5f2	67*	38 ⁰	15	27*	18 ⁰	35*	-29	+12	+17						
A-V6f2	65*	61*	25*	27*	10 ⁰	12 ⁰	-4	+2	+2	B-V6f3	62*	37 ⁰	14	28*	24 ⁰	35*	-25	+14	+11						
A-V7f4	72*	70*	17	19*	11 ⁰	11 ⁰	-2	+2	0	B-V7f3	68*	38 ⁰	16	28*	16 ⁰	34	-30	+12	+18						
A-V8f1	70*	72*	12	13	18 ⁰	15 ⁰	+2	+1	-3	B-V8f3	71*	34 ⁰	12	27*	17 ⁰	39*	-37	+15	+22						
A-V9f1	69*	75*	13	14	18 ⁰	11 ⁰	+6	+1	-7	B-V9f3	69*	36 ⁰	11	26*	20 ⁰	38*	-33	+15	+18						
Moyenne	67	68	16	16	17	16	+1	0	-1	Moyenne	68	38	13	26	19	36	-30	+13	+17						

1 : Gram. : graminées ; Lég. : légumineuses ; Autres : autres espèces ; ppds 5 % = 4 % ; * : valeur positive ; ° : valeur négative

TABLEAU 3 : Influence de la fertilisation sur la structure du tapis végétal (% du poids total de l'échantillon).

TABLE 3 : Influence of fertilization on the structure of the vegetation cover (% of total weight).

	Cendres brutes	MAT ¹	Matières grasses	NDF	ADF	Matière organique	SEN ²	INN (%)
B-V1	78,2	120,1	25,1	672,5	405,7	831,2	342,8	57
B-V2f1	96,1	128,1	28,1	624,8	378,8	808,6	344,2	69
B-V3f1	84,3	132,7	32,7	659,9	398,8	822,4	334,0	73
B-V4f2	79,7	126,9	30,3	691,6	390,4	824,3	332,9	72
B-V5f2	89,8	136,0	30,3	669,1	402,0	819,2	280,6	76
B-V6f3	84,4	134,4	31,2	687,8	390,5	821,9	273,9	74
B-V7f3	89,2	127,7	28,8	646,7	389,9	812,6	328,8	71
B-V8f3	98,0	127,4	34,6	652,9	386,9	804,2	268,5	73
B-V9f3	96,2	132,5	29,8	610,7	370,3	800,4	281,2	77

1 : MAT : matières azotées totales ; 2 : SEN : substances extractibles non azotées

TABLEAU 4 : **Composition chimique (g/kg) du fourrage en 2009 selon le traitement de fertilisation.**

TABLE 4 : **Chemical composition (g/kg) of forage in 2009 based on fertilization treatment.**

Par ailleurs, il a été montré que l'uniformisation des pratiques à l'échelle régionale est une menace plus importante pour la richesse spécifique que l'intensification locale d'une parcelle (CARRERE *et al.*, 2003). Donc, à l'échelle d'une exploitation, on peut pratiquer une fertilisation raisonnée pour améliorer le potentiel de production de certaines parcelles sans modifier significativement la biodiversité.

■ Qualité du fourrage

La récolte a été effectuée lors de l'épiaison des graminées dominantes. La composition chimique du fourrage a été également influencée par les modifications produites dans la structure floristique de la prairie de *Festuca valesiaca* suite aux procédés de fertilisation appliqués (tableau 4, pour la deuxième période d'essai).

Les engrais azotés modifient la composition chimique des plantes et principalement leur teneur en protéine brute, qu'ils soient appliqués seuls ou associés à des apports phosphatés ou potassiques. La fertilisation a significativement influencé la teneur en protéine brute et en NDF et ADF.

On a enregistré une légère baisse des teneurs en NDF et en ADF, avec l'augmentation des doses d'engrais appliquées, sauf pour B-V4f2 et B-V6f3 où les valeurs NDF sont plus élevées que dans le procédé témoin non fertilisé. Les changements de la composition botanique ont influencé la composition chimique du fourrage, en particulier le contenu de NDF et ADF. Le fourrage qui a des valeurs du NDF inférieures à 400 g/kg est considéré comme excellent, plus digestible, et le fourrage dont la valeur NDF dépasse 650 g/kg est considéré comme impropre pour les animaux. Les procédés appliqués ont influencé positivement la valeur nutritive du fourrage, puisque le contenu en NDF a presque toujours diminué.

L'indice de nutrition azotée a été calculé en 2009 pour la première coupe au printemps, au stade « début épiaison ». L'utilisation des indices de nutrition pour le diagnostic du statut nutritionnel des prairies et de la disponibilité des éléments minéraux du sol est actuellement une méthode largement répandue en France (FARRUGIA *et al.*, 2000). L'état de nutrition azotée des prairies est considéré normal lorsque la valeur INN est située entre 80 et 100. En dessous de ces valeurs, il est insuffisant et les

valeurs plus grandes indiquent une nutrition azotée excédentaire. Dans cette expérience, on constate un écart important entre le témoin et tous les autres procédés de fertilisation. Dans le témoin, INN atteignait 57, contre des valeurs comprises entre 69 et 77 dans les procédés avec fertilisation. INN a été compris entre 69 et 73 pour les traitements avec fertilisation minérale, entre 71 et 76 pour ceux avec fertilisation organique et entre 73 et 77 avec une fertilisation organique et minérale. L'indice de nutrition azotée est insuffisant pour presque tous les procédés de fertilisation, sauf pour B-V5f2 et B-V9f3 où INN atteignait des valeurs proches de 80. Mais ces résultats montrent que la fertilisation organique permet d'assurer un niveau de nutrition de la plante au moins aussi bon que les engrais minéraux.

D'après PONTES *et al.* (2007), les engrais azotés et la fréquence de coupe augmentent la valeur nutritive de la végétation des prairies, grâce aux changements bénéfiques de la composition floristique des prairies, de la proportion des feuilles et des jeunes pousses.

Conclusion

Les prairies permanentes de Roumanie se caractérisent par une grande variété du point de vue de leur production et de leur composition floristique, due à l'action des facteurs naturels ainsi que des techniques d'entretien et d'exploitation.

Dans la prairie permanente à *Festuca valesiaca* L. qui a fait l'objet de notre étude entre 1998 et 2009, les productions moyennes ont été influencées par les conditions climatiques, les doses et les combinaisons d'engrais chimiques et organiques apportés. Les apports de fertilisants ont contribué à la modification de la structure botanique en accroissant la proportion de légumineuses, de certaines espèces intéressantes du point de vue de la production fourragère (*Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Medicago falcata*) et d'espèces d'autres familles botaniques, en relation avec la nature de la fertilisation apportée.

Les résultats ont également montré que la fertilisation organique permettait d'assurer un niveau de nutrition azoté (INN) au moins aussi bon que les engrais minéraux. L'efficacité des apports d'azote (augmentation

de la matière sèche produite par kg d'azote apporté) a été plus élevée dans les procédés de fertilisation avec un seul apport d'azote minéral que dans ceux avec deux apports d'azote.

Une fertilisation basée sur les engrais organiques avec des doses modérées d'engrais minéraux constitue une bonne solution pour augmenter la production de matière sèche tout en conservant la biodiversité.

Accepté pour publication,
le 25 janvier 2012.

Remerciements : Les auteurs remercient chaleureusement les lecteurs qui ont grandement contribué à la publication de ces résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUDRY J. (2004) : "Dynamique de la biodiversité prairiale et dynamique des usages au niveau du paysage", *Fourrages*, 178, 207-216.
- BODET J.-M., HACALA S., AUBERT C., TEXIER C. (2001) : *Fertiliser avec les engrais de ferme*, IE, ITAVI, ITCF, ITP, 104 p.
- CARDA_OL V. (1994) : "Fertilisation organique des prairies permanentes roumaines ; synthèse de résultats d'essais multiloaux et de longue durée", *Fourrages*, 139, 383-390.
- CARRÈRE P., DUMONT B., CORDONNIER S., ORTH D., TEYSSONNEYRE F., PETIT M. (2003) : "L'exploitation des prairies de montagne peut-elle concilier biodiversité et production fourragère?", *Agriculture et produits alimentaires de montagne*, Actes, 8, 41-46.
- CRISTEA V., GAFTA D., PEDROTTI F. (2004) : *Fitosociologie*, Editura Presa Universitara Clujeana, 164-166.
- DUMITRESCU N., IACOB T., VINTU V., SAMUIL C. (1999) : "Improved productivity of Romanian silvosteppe rangelands", *People Rangelands Building the future Townsville*, Queensland, Australia, 1, 330-332.
- FARRUGIA A., THÉLIER-HUCHÉ L., VIOLLEAU S., LEBRUN J.M., BESNARD A. (2000) : "L'analyse d'herbe : un outil pratique pour le pilotage de la fertilization phosphatée et potassique des prairies permanentes et temporaires", *Fourrages*, 164, 447-459.
- GRAULET B., CHAUVEAU DURIOT B., MARTIN B., PRADEL P., GAREL J.P., FARRUGIA A. (2008) : "Comparaison des teneurs en micronutriments liposolubles du lait de vaches au cours de la période de pâturage sur deux systèmes prairiaux contrastés", *Rencontres Recherches Ruminants*, 15, 120.
- HACALA S., PFLIMLIN A. (1994) : "Pratiques d'utilisation des engrais de ferme sur prairies. Enquêtes dans cinq régions d'élevage", *Fourrages*, 140, 443-460.
- HOPKINS A., PYWELL R., PEEL S., JOHNSON R., BOWLING P. (1999) : "Enhancement of botanical diversity of permanent grassland and impact on hay production in Environmentally Sensitive Areas in the UK", *Grass and Forage Sci.*, 54, 163-173.
- JEANGROS B. (2002) : "Peut-on augmenter la diversité d'une prairie permanente en supprimant la fumure", *Revue suisse d'agriculture*, vol. 34, 6, 287-292.
- JEANGROS B., THÛNI E. (1994) : "Utilisation des engrais de ferme sur les prairies permanentes. Synthèse de résultats expérimentaux et recommandations préconisées en Suisse", *Fourrages*, 140, 393-406.
- LOISEAU P., LOUAULT F., CARRÈRE P., ASSMANN T., ALVAREZ G., DELPY R., SOUSSANA J.F. (2002) : "Flux de carbone et d'azote dans les associations de graminée et de trèfle blanc conduites en pâturage simulé", *Fourrages*, 169, 25-46.
- LOUAULT F., PILLAR V.D., AUFRÈRE J., GARNIER E., SOUSSANA J.F. (2005) : "Plant traits functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland", *J. Vegetation Sci.*, 16, 151-160.
- LEHMAN C.L., TILMAN D. (2000) : "Biodiversity, Stability, and Productivity in Competitive Communities", *The American Naturalist*, 156, 534-552.
- LEMAIRE G., GASTAL F., SALETTE J. (1989) : "Analysis of the effect on N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content", *XVIth Int. Grassl. Congr.*, Nice, 173-180.
- MARTIN B., HURTAUD C., GRAULET B., FERLAY A., CHILLIARD Y., COULON J.B. (2009) : "Herbe et qualités nutritionnelles et sensorielles des produits laitiers", *Actes des Journées AFFF, des fourrages de qualité pour des élevages à hautes performances économiques et environnementales*, 123-136.
- MAUZ I., RÉMY J. (2004) : "Biodiversité et agriculteurs des Alpes du Nord", *Fourrages*, 179, 295-306.
- PEETERS A., MALJEAN J.F., BIALA K., BOUCKAERT V. (2004) : "Les indicateurs de biodiversité pour les prairies : un outil d'évaluation de la durabilité des systèmes d'élevage", *Fourrages*, 178, 217-232.
- PONTES L. DA S., SOUSSANA J.F., LOUAULT F., ANDUEZA D., CARRÈRE P. (2007) : "Leaf traits affect the above-ground productivity and quality of pasture grasses", *Functional Ecology*, 21, 844-853
- SAMUIL C. et coll. (2008) : "Management of permanent grasslands in the NE Romania", *Proc. 15th Symp. Europ. Grassl. Fed.*, Brno, 234-237.
- SAMUIL C., VINTU V., IACOB T., POPOVICI I.C. (2010) : "Improvement of permanent grasslands in NE Romania", *23th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed.*, Kiel, 277-279.
- SARA A., ODAGIU A. (2005) : *Controlul calitatii nutreturilor*, Editura AcademicPres Cluj Napoca, 82-90.
- SCEHOVIC J., JEANGROS B., TROXLER J., BOSSET J.O. (1998) : "Effects of the botanical composition of grazing areas on some components of L'Etivaz or Gruyere-type cheeses", *Revue Suisse d'Agriculture*, 30 (4), 167-171.
- VINTU V., SAMUIL C., TROFIN ALINA, POPOVICI C.I. (2008) : "The influence of organic mineral fertilizers on fodder quality in NE Romania", *22th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed.*, Uppsala, 637-639.
- VINTU V., SAMUIL C., ROTAR I., MOISUC AL., RAZEC I. (2011a) : "Influence of the management on the phytocoenotic biodiversity of some Romanian representative grassland types", *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39 (1), 119-125.
- VINTU V., SAMUIL C., SIRBU C., POPOVICI C.I., STAVARACHE M. (2011b) : "Sustainable Management of *Nardus stricta* L. Grasslands in Romania's Carpathians", *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39 (2), 142-145.
- ZIEGLER D. (1994) : "Valorisation agronomique des engrais de ferme sur prairie de fauche", *Fourrages*, 139, 265-278.



Association Française pour la Production Fourragère

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

www.afpf-asso.org



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33 01 30 21 99 59 – Fax : +33 01 30 83 34 49 – Mail : afpf.versailles@gmail.com

Association Française pour la Production Fourragère