

Prévoir la valeur nutritive des foins et des regains dans les Pyrénées centrales I - Principaux facteurs de variation de la composition chimique

M. Duru^{1,2} et A. Gibon^{2*}

Dans les élevages pyrénéens, l'hivernage des troupeaux constitue un goulot d'étranglement de la production où l'insuffisance des ressources stockées joue un rôle important (DURU, GIBON et al., 1979 ; GIBON, 1981). Nous avons montré que les pratiques courantes des éleveurs contribuent à limiter le niveau de production des prairies (BALENT et DURU, 1984 ; DURU, 1987 a), ainsi que la qualité des fourrages récoltés (DURU, 1981, 1986). Une meilleure valorisation des prairies permanentes locales constitue selon nous la voie à privilégier pour améliorer la capacité d'hivernage des exploitations de la région. Nous nous intéressons ici à la qualité des fourrages récoltés. Notre objectif est d'analyser les facteurs de

* Avec la collaboration technique de R. VIARD¹ et L. SOS¹

MOTS CLÉS

Azote, cellulose brute, cendres brutes, fertilité du sol, foin, montagne, pâturage, prairie permanente, Pyrénées, regain, température.

KEY-WORDS

Aftermath, crude fibre, grazing, hay, minerals, mountains, nitrogen, permanent pastures, proteins, Pyrenees, soil fertility, temperature.

AUTEURS

1 : I.N.R.A., Station d'Agronomie de Toulouse

2 : I.N.R.A., Unité de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, Toulouse

CORRESPONDANCE

M. DURU, Centre de Recherches de Toulouse, BP 27, F 31326 Castanet Tolosan Cedex

variation de cette qualité, pour en dégager des bases de prévision simples et adaptées à la situation locale, permettant de mieux maîtriser la qualité des récoltes.

Dans ce premier article, nous nous proposons d'étudier, par voie expérimentale, les principaux facteurs de variation de la composition chimique des fourrages en vert. Celle-ci détermine en effet en grande partie la valeur nutritive des fourrages verts et donc celles des fourrages conservés (DEMARQUILLY, 1985).

Dans le second article, nous analyserons les variations des composantes de la valeur nutritive des fourrages récoltés par les agriculteurs dans une dizaine de vallées pyrénéennes. L'application des comportements mis en évidence dans la première partie à cet ensemble d'échantillons nous permettra de discuter les possibilités de prédire la valeur alimentaire (en unités fourragères – UF –, matières azotées digestibles – MAD – et protéines digestibles dans l'intestin grêle – PDI –) des fourrages secs pour les prairies permanentes des Pyrénées à partir d'indicateurs faciles à utiliser dans les exploitations.

Dans ces deux articles, l'étude est fondée sur l'analyse fourragère classique et sur l'utilisation des équations reliant la valeur nutritive de l'herbe à sa composition chimique. En 1981, date de début de notre étude, l'analyse chimique restait en effet la seule méthode simple permettant d'évaluer les variations de la valeur nutritive des fourrages (JARRIGE, 1981). Depuis, les méthodes enzymatiques permettent d'évaluer avec plus de fiabilité la digestibilité des fourrages (digestibilité cellulase, AUFRERE, 1982).

Matériel et méthodes

1. Démarche d'ensemble de l'étude

Notre objectif final est de trouver des indicateurs simples de la valeur nutritive des fourrages des Pyrénées centrales, sans recours à l'analyse de laboratoire. C'est pourquoi, après interprétation des données recueillies, nous serons souvent amenés à simplifier la présentation des résultats de façon à avoir une méthode opératoire sur le terrain.

En raison de la nature des données dont nous disposons (azote total, cellulose brute, matières minérales brutes), nous sommes amenés à utiliser pour cette étude les *estimations* de la valeur nutritive de chaque échantillon obtenues en appliquant aux résultats de l'analyse les équations proposées par le Laboratoire des Aliments de l'I.N.R.A. (1981)

Cet article porte sur la première étape de l'étude, où l'on cherche à mettre la composition chimique des fourrages sur pied à la date de la récolte en relation

avec des indicateurs simples. Dès cette étape cependant, la démarche d'analyse des résultats est guidée par la nature des équations de prédiction de la valeur nutritive des fourrages secs de montagne que nous utiliserons dans la deuxième étape*. Nous en signalons ici les particularités et les conséquences sur nos choix d'expression des résultats.

● Teneur en azote total

Pour les différentes repousses de graminées, il a été mis en évidence une relation d'allométrie entre la croissance (MS) et les prélèvements d'azote (N) du type $N = a MS^b$ (SALETTE et LEMAIRE, 1981). En conditions de nutrition azotée non limitantes, cette relation est stable quelle que soit l'année. Les coefficients varient alors peu selon qu'il s'agisse de pousses de printemps ou de repousses (LEMAIRE et DENOIX, 1987), de prairies naturelles (SALETTE et al., 1982) et même de luzerne (LEMAIRE et al., 1985). Quand la nutrition azotée est limitante, une relation d'allométrie subsiste mais celle-ci varie alors avec l'année, selon le niveau de fourniture d'azote par le sol (LEMAIRE et SALETTE, 1984a).

Si la teneur en azote total suffit pour prédire la teneur en MAD, d'autres paramètres (teneur en Matières Organiques Digestibles, dégradabilité des composants azotés) jouent au plan théorique un rôle important, pour l'estimation des PDI d'un fourrage. Toutefois, pour les fourrages verts et pour les foin n'ayant pas chauffé en grange, les auteurs des tables de prévision ont pu, en pratique, proposer des équations utilisant la teneur en azote total comme seul critère ou associé à la teneur en cellulose brute, pour estimer la teneur en PDIN et PDIE – PDI procurées par l'azote et l'énergie de l'aliment – avec une précision satisfaisante (DEMARQUILLY et al., 1981 ; DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1985)

● Teneur en cellulose brute

La prédiction de la valeur énergétique à partir de l'analyse chimique est assez délicate. Chez toutes les espèces, la relation entre cellulose brute et digestibilité devient plus lâche en fin de cycle et aux cycles suivants. La précision de la prédiction à partir de l'analyse chimique est généralement améliorée si l'on tient compte, en plus de la cellulose brute, de la teneur en azote total du fourrage, qui évolue de manière plus étroite avec l'âge (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1981).

Il est à noter que, dans le cas des prairies permanentes de montagne, la précision de la prédiction de la valeur énergétique permise par la cellulose brute seule

*Cet article a été achevé avant les révisions des bases d'estimation de la valeur nutritive des fourrages proposées en février 1988 au Grenier de Theix. Nous évoquerons dans le deuxième article les conséquences de la révision du calcul des PDI sur les estimations de valeur azotée que nous avons effectuées.

est, pour les fourrages verts comme pour les foin, du même ordre que celle obtenue à partir de la prise en compte conjointe des matières azotées totales et de la cellulose brute (ANDRIEU et al., 1981)

Par ailleurs, l'étude de fourrages secs de différentes régions (Massif Central, Alpes, Jura) a montré qu'à composition chimique identique les foin récoltés en montagne après ou sans déprimage ne présentent pas de différence significative de digestibilité ni de valeur alimentaire (ANDRIEU et al., 1981), ce qui a conduit les auteurs des tables à retenir un modèle unique pour les deux types de situations.

Pour les repousses végétatives, la relation entre la digestibilité et la teneur en cellulose brute est en général plus lâche que pour les premiers cycles (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1981). Mais dans le cas des prairies permanentes, contrairement à celui des graminées à repousses feuillues, la prise en compte de l'azote total en plus de la cellulose brute dans les modèles de prévision n'améliore pas leur précision (ANDRIEU et WEISS, 1981). La proportion variable de légumineuses que présentent les repousses entre années en est une des explications possibles.

Au total, les particularités des modèles de prédiction de la valeur énergétique des fourrages de montagne nous autorisent des simplifications pour analyser et interpréter l'évolution de la teneur en cellulose en fonction de l'âge du fourrage et des conditions climatiques.

Pour le premier cycle, nous considérerons qu'à composition chimique identique, la digestibilité et la valeur énergétique sont comparables dans les situations avec ou sans pâturage de printemps.

Pour tous les cycles, les modèles de prédiction reliant linéairement la digestibilité à la cellulose brute, nous nous permettons de considérer cette dernière comme un indicateur direct de la qualité de nos fourrages, tant que leurs teneurs restent dans le domaine de validité des tables de prédiction.

2. Protocole de l'étude expérimentale

● Dispositif

L'étude s'est déroulée de 1981 à 1983. Les observations et contrôles ont été réalisés sur 3 prairies permanentes situées à 1250 m d'altitude dans la vallée du Larboust (près de Bagnères-de-Luchon). Celles-ci présentent 3 niveaux de fertilité très différents recouvrant assez bien la gamme de situations rencontrées dans les Pyrénées centrales (BALENT et DURU, 1984). Dans la suite du texte, nous caractérisons ces 3 parcelles par les initiales suivante : B (bonne), M (moyenne), C (carencée). Leur composition floristique et les résultats d'analyse de terre sont

Parcelles	B	M	C
Azote Kjeldahl (p. 1000)	5,13	5,0	4,5
Acide phosphorique (p. 1000)	0,108	0,045	0,018
Potasse échangeable (p. 1000)	0,43	0,15	0,09
Matière organique (p. 100)	7,0	5,9	6,8
C/N	7,9	6,6	8,8
Composition floristique (%)			
. Bonnes graminées	33	30	4
. Graminées médiocres	1	13	31
. Légumineuses	22	31	17
dont trèfle blanc	22	22	6
. Diverses fourragères	25	23	14
. Diverses non fourragères	19	3	34

TABLEAU 1 : Analyses de terre (0-15 cm) et compositions floristiques des trois parcelles étudiées (données 1981)

TABLE 1 : Soil analyses (0-15 cm) and floristic compositions of the three plots under study (1981 data)

présentés dans le tableau 1. Les parcelles reçoivent en fin d'hiver du fumier de bovin bien décomposé, à raison de 20 t/ha. Cette fertilisation correspond aux pratiques habituelles des exploitants de la région pour les parcelles les mieux entretenues.

La croissance et la qualité de l'herbe aux différentes saisons ont été étudiées selon deux traitements différant par la réalisation ou non d'un pâturage hivernal sur la parcelle (P et 0 P respectivement). Une grande partie des prairies de fauche de la région est en effet soumise à un pâturage continu par des ovins et des bovins, pendant tout l'hiver, ainsi qu'au début du printemps ; nous voulions analyser les effets de cette pratique sur la qualité des fourrages récoltés.

Dans le cadre de chaque traitement, 4 rythmes de coupe ont été pratiqués. Ils se différencient par la date de la première fauche et le nombre de regains réalisés (tableau 2). La première coupe à foin a lieu entre l'épiaison et la floraison du dactyle. Ces traitements ont été appliqués sur des placettes fixes au cours des 3 années d'étude.

● Mesures effectuées

A chaque coupe, les échantillons d'herbe ont été prélevés sur des placettes de 0,5 m² à raison de 4 répétitions par traitement. Après séchage en étuve et pesée pour évaluer le rendement en matière sèche, les échantillons ont été soumis à des

Mois		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Repousse après un pâturage (P)	(A)		pâturage						1		2	3	4
	(B)									1		2	3
	(C)									1			2
	(D)										1		2
Pas de pâturage hivernal (OP)	(A)		pas de pâturage						1		2	3	4
	(B)									1		2	3
	(C)									1			2
	(D)										1		2

TABLEAU 2 : Schéma des protocoles de coupe (1,2 : n° de la coupe ; A, B : codification du rythme de coupe)

TABLE 2 : Diagram of cutting plan (1,2 : cut number ; A, B, : code of cutting schedule)

analyses chimiques. Le dosage de l'azote total (méthode Kjeldahl) a été effectué sur tous les échantillons. Les analyses des teneurs en cellulose brute (méthode Weende) et en cendres brutes ont été effectuées sur l'ensemble des foins et sur les gains correspondant aux placettes pâturées en hiver.

Résultats

Toutes les données (azote, cellulose) sont exprimées en pourcentage de la matière organique, sauf pour l'étude des relations azote-matière sèche.

A. Teneurs en azote total

1. Cycle reproducteur

Dans nos conditions d'étude, l'application du modèle de dilution d'azote est délicate dans la mesure où les contrôles que nous avons réalisés sont postérieurs à l'épiaison des principales graminées. On observe alors souvent, pour des récoltes tardives, une baisse de la biomasse récoltable et on sort du domaine d'application du modèle de dilution. Pour les repousses reproductrices, les écarts de teneurs en azote pour différents niveaux de nutrition azotée sont d'autant plus faibles que le temps de repousse est élevé. Nous tenterons à partir de là de mettre en relation les teneurs en azote et les temps de repousse. Cette simplification, utilisée dans l'objectif de prédire la valeur azotée des foins, ne serait pas valable pour des récoltes

Parcelles et années	α	β	r	Nombre de données	Signification	
B	1981	7,92	-0,91	-0,97	5	0,01
	1982	7,03	-0,90	-0,88	8	0,01
	1983	5,53	-0,76	-0,83	8	0,01
	1981 à 1983	6,89	-0,87	-0,87	21	0,001
M	1981	4,90	-0,74	-0,89	5	0,02
	1982	5,05	-0,77	-0,78	6	0,05
	1983	6,23	-0,58	-0,86	6	0,02
	1981 à 1983	3,97	-0,64	-0,68	17	0,01
C	1981	2,97	-0,40	-0,55	5	NS
	1982	2,69	-0,39	-0,68	8	0,05
	1983	2,76	-0,34	-0,55	10	0,1
	1981 à 1983	2,48	-0,28	-0,57	24	0,01

TABLEAU 3 : Coefficients des relations entre teneur en azote (% MS) et degré de croissance (t MS/ha) pour le cycle reproducteur ($N = \alpha MS^{-\beta}$)

TABLE 3 : Correlation co-efficients between protein contents (% DM) and amount of growth (t DM/ha) for the flowering cycle ($N = \alpha DM^{-\beta}$)

plus précoces que celles testées ici. Auparavant, nous utiliserons le modèle de dilution pour comparer les niveaux de nutrition azotée entre parcelles et entre années dans notre expérience.

● Relation entre teneur en azote et degré de croissance

Nous avons présenté simultanément les données relatives aux deux traitements, comportant ou non un pâturage d'hiver et de printemps. Pour chaque parcelle, nous avons établi les relations $N = \alpha MS^{-\beta}$ où N est le pourcentage d'azote dans la matière sèche et MS la quantité de matière sèche élaborée par ha depuis le début de la repousse. Les résultats sont consignés dans le tableau 3.

Les différences entre les coefficients α et β doivent être interprétées avec précaution dans la mesure où nous n'avons que 5 à 9 données utilisables par parcelle car les résultats correspondant à une baisse de biomasse récoltable entre juillet et août n'ont pas été retenus.

Les variations interannuelles de ces coefficients sont faibles en regard des variations climatiques et des conditions de nutrition azotée limitantes. Ces résultats montrent la relative stabilité du sol vis-à-vis des interactions entre le climat et la dynamique de l'azote et confirment les observations de SALETTE et al. (1982) sur prairie permanente.

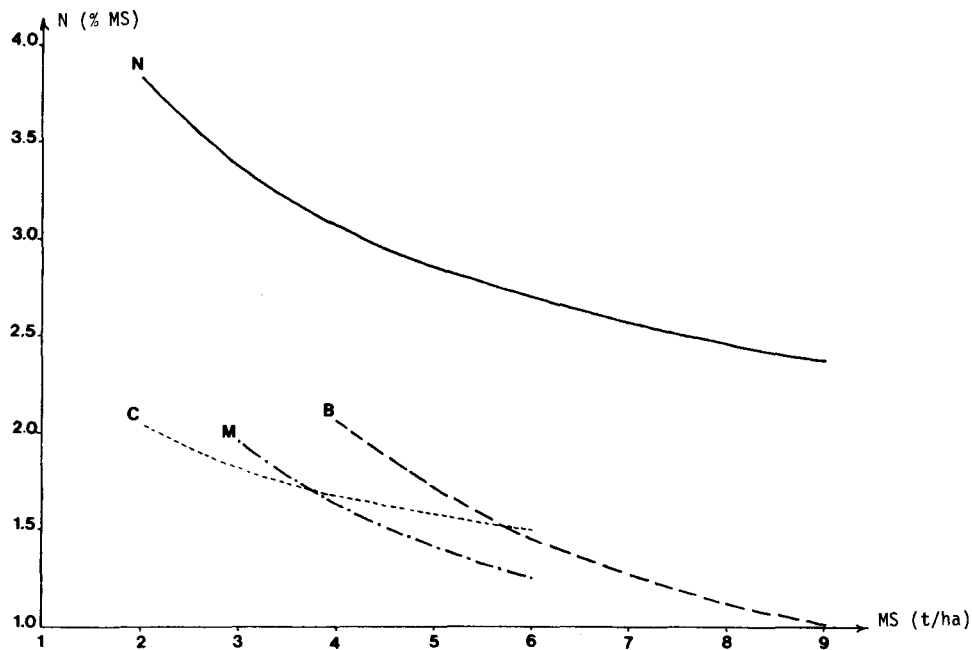


FIGURE 1 : Variations des teneurs en azote en fonction du degré de croissance (parcelles B, M, C ; N : référence azote non limitant sur la parcelle B)

FIGURE 1 : Variations in protein contents according to amount of growth (plots B, M, C ; N : non-limiting nitrogen reference, on plot B)

Les courbes par parcelle, pour la moyenne des 3 années, ainsi que la courbe de référence « N non limitant » sont représentées sur la figure 1. La comparaison de ces courbes montre que les écarts sont relativement faibles bien que les coefficients soient différents. Les écarts peuvent être en partie imputés aux liaisons entre les deux coefficients de la régression (tableau 3). Toutefois, l'absence de données pour les degrés de croissance plus faibles (début de cycle) ne nous permet pas de conclure à une homogénéité du niveau de nutrition azotée entre parcelles.

● Relation entre teneur en azote et âge de repousse

Dans les situations avec pâturage d'hiver, les bases de la comptabilisation de l'âge de l'herbe sont immédiates. Pour chaque parcelle, nous avons établi une relation du type $N = aJ^{-b}$, où J représente le temps de repousse exprimé en jours après l'arrêt du pâturage et N la teneur en azote exprimée en % de la matière orga-

Parcelles	a	b	r	Nombre de données	Signification
B (P)	23,40	0,59	-0,80	10	0,01
M (P)	24,78	0,61	-0,87	11	0,001
C (P)	19,89	0,55	-0,80	11	0,01
B,M,C (P)	19,86	0,56	-0,79	32	0,001
B,M,C (P+P)	24,12	0,61	-0,80	62	0,001

TABLEAU 4 : Coefficients des relations entre les teneurs en azote (% MO) et les jours de repousse pour le cycle reproducteur ($N = aJ^{-b}$)

TABLE 4 : Correlation co-efficients between the protein contents in the organic matter and the days of regrowth in the flowering cycle ($N = aJ^{-b}$)

nique. Les paramètres sont présentés au tableau 4. La valeur élevée des coefficients de corrélation montre que l'âge de la repousse peut être un prédicteur acceptable de la teneur en azote sous réserve que les niveaux de nutrition azotée soient voisins de ceux des prairies considérées ici. Les coefficients a et b sont voisins quel que soit le niveau de fertilité des parcelles, ce qui nous a conduits à retenir une relation unique pour les trois parcelles.

L'évolution de la teneur en azote sur chaque parcelle dans les situations sans pâturage est représentée sur la figure 2. Les teneurs en azote sont à une même date

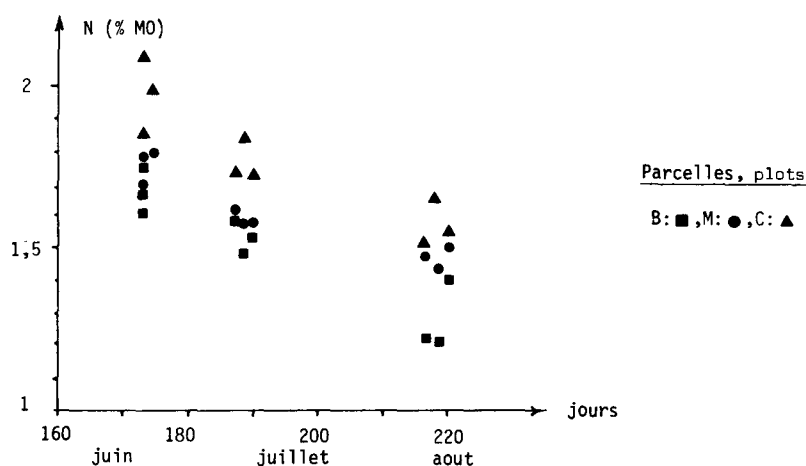


FIGURE 2 : Variations des teneurs en azote (%MO) en fonction des temps de repousse comptabilisés à partir du 1^{er} janvier ; cas des parcelles non pâturées en hiver

FIGURE 2 : Variations in protein contents of the organic matter according to durations of regrowth cumulated from 1st january ; case of the plots not grazed during Winter

beaucoup plus faibles qu'après pâturage pour la parcelle de bonne fertilité (B), alors qu'elles sont voisines pour la parcelle carencée (C). Le départ apparent en végétation étant plus tardif dans ce dernier cas (DURU, 1985 a), nous avons tenté d'établir une relation unique pour l'ensemble des parcelles, en recherchant des bases de calcul de l'âge propres à chacune d'entre elles. Nous avons calculé J tel que : $N_{obs.} = a(J + \Delta J)^{-b}$, a et b étant les coefficients de la régression générale des parcelles pâturées ; J correspond au nombre de jours écoulés entre la date de mise en défens des placettes pâturées et la date de coupe. Nous obtenons : $\Delta J = 29$ pour B, 12 pour M et -1 pour C. ΔJ , nombre de jours supplémentaires qu'il faut considérer pour que les teneurs en azote entre les placettes pâturées ou non soient équivalentes à même date, traduit les différences de précocité entre parcelles.

On aboutit donc à un modèle unique pour la prédiction de la teneur en azote du fourrage : $N = aJ^{-b}$; J étant comptabilisé à la date de départ apparent de la végétation (telle que déterminée ci-dessus) ou bien à la date d'arrêt du pâturage lorsqu'elle est postérieure. Nous avons alors : $N = 24,12 J^{-0,61}$ (62 données ; $r = 0,80$).

Ces résultats proviennent de situations où la nutrition azotée est limitante et a priori variable selon les années étant donné que seule une fertilisation organique est appliquée. Mais les premières observations en conditions de nutrition azotée non limitante montrent que les relations des teneurs en azote avec la croissance seraient différentes de celles établies ci-dessus alors que les relations avec l'âge resteraient voisines (DURU, non publié). Ces informations sont conformes aux remarques indiquées précédemment, à savoir qu'en fin de repousse l'effet de la nutrition azotée est beaucoup plus important sur le degré de croissance que sur la teneur en azote.

2. Repousses végétatives

D'une manière générale, les teneurs en azote sont très variables entre parcelles et entre années ($N = 1,5$ à $3,5$ % de MS), même pour des temps de repousse équivalents (de $2,0$ à $3,5$ % de MS pour des repousses d'environ 6 semaines).

Pour des degrés de croissance inférieurs à 800 kg/ha environ, nous avons souvent observé des teneurs en azote plus faibles qu'à niveau de production plus élevé. Cette observation est généralement interprétée comme une phase d'enrichissement en azote (GILLET, 1980). De ce fait et sachant que l'herbe n'est pas fauchée dans ces conditions, nous n'avons pas retenu ces données.

Nous avons établi les relations entre les teneurs en azote et les degrés de croissance selon deux modèles : d'une part ($N = \alpha MS^{-\beta}$, N en % de MS) et l'âge de la repousse d'autre part ($N = aJ + b$, N en % de MO, J : âge de la repousse

Parcelles et traitements	Nombre de données	$N = \alpha MS^{-\beta}$				$N = aJ + b$			
		α	β	r	signification	a	b	r	signification
B (P)	18	3,367	-0,308	-0,85	0,001	-0,0193	4,26	-0,70	0,001
(OP)	16	2,927	-0,209	-0,75	0,001	-0,0159	4,03	-0,68	0,001
M (P)	12	3,177	-0,359	-0,65	0,02	-0,0138	3,80	-0,60	0,01
(OP)	14	2,921	-0,271	-0,40	NS	-0,0125	3,46	-0,67	0,01
C (P)	12	2,667	-0,295	-0,49	0,1	-0,0124	3,60	-0,72	0,01
(OP)	10	2,408	-0,247	-0,40	NS	-0,0125	3,46	-0,79	0,01

TABLEAU 5 : Coefficients des relations entre teneur en azote (%MS) et croissance ($N = \alpha MS^{-\beta}$), et entre teneur en azote (%MO) et âge ($N = aJ + b$) pour les repousses végétatives (P : parcelles pâturées en hiver et au printemps ; OP : parcelles non pâturées)

TABLE 5 : Correlation co-efficients between protein contents (%DM) and growth ($N = \alpha MS^{-\beta}$) and between protein contents (%OM) and age ($N = aJ + b$) ; vegetative regrowths (P : plots grazed in Winter and Spring ; OP : plots not grazed)

en jours) séparément pour les placettes pâturées ou non. Les coefficients des relations sont indiqués dans le tableau 5.

La comparaison des coefficients obtenus montre la hiérarchie suivante : les valeurs des coefficients a et α sont plus élevées lorsque la fertilité de la parcelle est élevée et quand la parcelle est pâturée en hiver et au printemps. Ces différences peuvent avoir pour origine la composition botanique, et tout particulièrement l'importance des légumineuses, trèfle blanc dans le cas présent. En effet, nous avons observé des variations relatives de 1 à 3 entre les parcelles C et B et de 1 à 2 entre les placettes B respectivement non pâturées et pâturées. Par ailleurs, sur un ensemble de 45 prélèvements, nous avons montré après tri que les teneurs en azote moyennes étaient de 2,65 % pour le trèfle blanc et de 1,50 % pour le reste des échantillons.

B. Teneur en cellulose brute

1. Cycle reproducteur

L'évolution des teneurs en cellulose brute avec le temps est représentée sur la figure 3. Pour les situations pâturées (figure 3a) comme pour les situations non pâturées (figure 3b), les teneurs en cellulose présentent à même date des différences importantes entre années, plus marquées que les différences entre parcelles. La deuxième année d'observation se traduit en particulier par des taux de cellulose plus élevés que les deux autres.

Malgré la dispersion importante des résultats, plus forte pour les situations non pâturées que pour les situations pâturées, de légères tendances apparaissent.

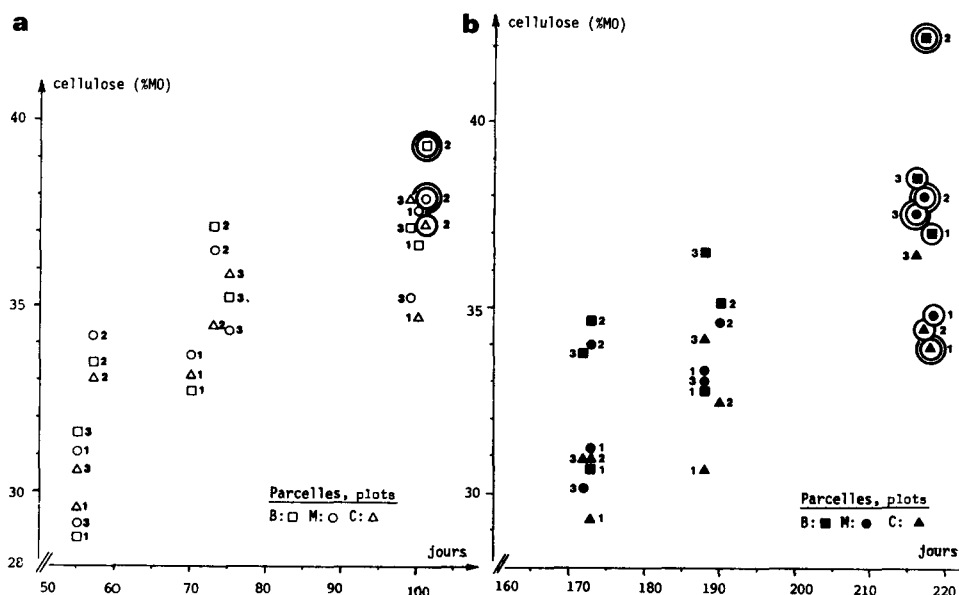


FIGURE 3 : Evolution des teneurs en cellulose des foins (%MO) en fonction des temps de repousse. (Cas correspondant à une baisse ⊙ ou à une stagnation ○ de la biomasse récoltable entre les coupes de juillet et d'août)

a - Parcelles pâturées en hiver
b - Parcelles non pâturées en hiver

FIGURE 3 : Evolution of the crude fibre contents of the hay cuts (%OM) according to duration of regrowth. (Cases where the available bio-mass decreases ⊙ or remains constant ○ between the july and august cuts)

a - Plots grazed during Winter
b - Plots not grazed during Winter

La végétation des parcelles pâturées présente au mois de juin une teneur en cellulose similaire, ou légèrement inférieure (cas de la parcelle B) à celle des parcelles non pâturées.

Par la suite, sur les placettes qui ont été pâturées, la végétation s'enrichit rapidement en cellulose entre juin et juillet, et le processus se ralentit entre juillet et août. Sur les placettes non pâturées, alors que le taux de cellulose a généralement peu évolué entre juin et juillet, on observe une augmentation importante entre juillet et août. On peut noter que l'augmentation du taux de cellulose se poursuit également sur les placettes qui ont été pâturées, particulièrement dans le cas de la parcelle B la 2^e année (figure 3a). Ces évolutions particulières sont à mettre en relation avec celle de la biomasse : celle-ci a généralement stagné ou diminué depuis la coupe de juillet, comme nous l'avons mentionné sur la figure 3. Cette stagnation ou diminution traduit une accélération de la sénescence et/ou un arrêt

de l'apparition et de l'élongation des organes verts. Cette évolution est complexe et régie par plusieurs facteurs, dont la biomasse récoltable. (DURU, 1987a). Etant donnée la plus forte teneur en cellulose des organes secs relativement aux organes verts, on peut penser que cette évolution est à l'origine de l'accroissement quasi linéaire des teneurs en cellulose pour les parcelles non pâturées.

Comme dans le cas de la teneur en azote, l'effet différencié du pâturage de printemps selon la fertilité de la parcelle peut s'interpréter par la date de départ en végétation. La comparaison des teneurs en cellulose dans les situations avec et sans pâturage aux coupes de juin et juillet fait apparaître peu de différences, sauf dans le cas de la parcelle B, comme nous l'avons déjà mentionné. Le prélèvement au pâturage est important pour cette parcelle (1000 à 1500 kg de MS environ de début novembre à fin avril) et s'élève seulement de 300 à 400 kg pour la parcelle C (DURU, 1985a). Il en résulte que les modifications morphologiques imputées généralement au pâturage à cette période, à savoir réduction du nombre et de la longueur des tiges qui montent et donc accroissement du rapport feuille/tige (GILLET, 1980), sont plus importantes en B qu'en C. Elles restent cependant très faibles, en comparaison des résultats obtenus par ailleurs (GILLET, 1973). Pour les dates de contrôles que nous avons retenues, l'effet du pâturage est peu marqué. Les écarts seraient bien plus importants pour des comparaisons début juin (DURU, non publié) sachant que l'effet du pâturage s'estompe avec le temps (GILLET, 1980). Pour une espèce tardive de ray-grass anglais, il disparaît dès le début du mois de juillet, comme ont pu l'observer SWIFT et EDWARDS (1980, 1983).

● **Relations entre teneur en cellulose et températures pendant la période de croissance**

En raison de la variabilité interannuelle importante des teneurs en cellulose à une date donnée, nous avons cherché à analyser le rôle des différences de températures entre années, dans la mesure où la température accélère la lignification (DEINUM et DIRVEN, 1975 ; JARRIGE, 1981).

Pour la période du 25/4 au 20/6, les températures moyennes journalières ont été de 12,5°C, 20,2°C et 15,7°C respectivement en 1981, 1982 et 1983. Les teneurs moyennes en cellulose des 3 parcelles ont été de 29,8 %, 33,6 % et 31,2 %. Ces données montrent bien l'effet de la température à temps de repousse identique. Nous avons donc mis en relation la teneur en cellulose et les sommes de température (température journalière x durée de repousse) depuis le début de croissance jusqu'à la coupe. Pour les placettes non pâturées, la sommation des températures a été initialisée aux mêmes dates que pour l'étude des teneurs en azote étant donné qu'elles correspondent à une estimation de la date de départ apparent de la végétation.

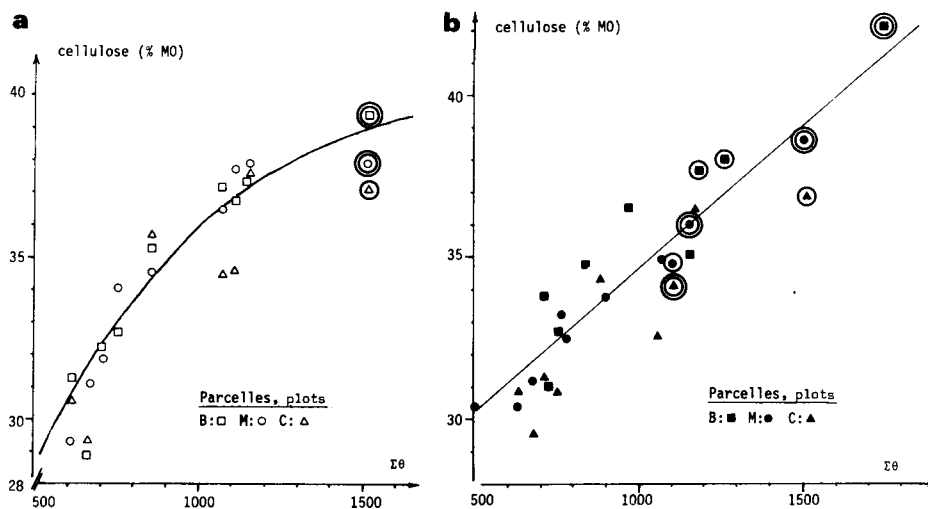


FIGURE 4 : Evolution des teneurs en cellulose des foins (%MO) en fonction des sommes de températures. (Cas correspondant à une baisse ⊙ ou à une stagnation ○ de la biomasse récoltable entre les coupes de juillet et d'août).
a - Parcelles pâturées en hiver
b - Parcelles non pâturées en hiver

FIGURE 4 : Evolution of the crude fibre contents of the hay cuts (%OM) according to cumulated temperatures. (Cases where the available bio-mass decreases ⊙ or remains constant ○ between the July and August cuts)
a - Plots grazed during Winter
b - Plots not grazed during Winter

La dispersion beaucoup plus faible des résultats (figure 4a) indique que les variations des sommes de températures ($\Sigma\theta$) sont bien un facteur primordial des différences observées entre années. L'évolution des teneurs en cellulose (Cell, en % de MO) ainsi exprimée se révèle très différente dans les situations avec ou sans pâturage :

– pour les placettes pâturées, l'observation des données (figure 4b) nous a conduit à retenir une équation logarithmique. Nous avons alors :
 $Cell = 8,9 \log - 26,0$ ($r = 0,89$; 27 données). Nous interprétons cette courbe par un ralentissement de la croissance des tiges et par la place prise dans la matière sèche totale par les inflorescences des graminées, qui sont pauvres en cellulose brute (JARRIGE, 1981).

– Pour les placettes non pâturées, nous avons retenu une relation linéaire (figure 4b). Nous avons alors : $Cell = 0,00852 \Sigma\theta + 26,0$ ($r = 0,87$; 27 don-

nées). Cette différence par rapport à la situation pâturée est imputable à la sénescence plus importante et plus précoce en l'absence de pâturage, le phénomène étant d'autant marqué que la fertilité de la parcelle est plus élevée.

● Relation entre teneur en cellulose et âge de l'herbe

Dans l'optique de disposer d'éléments de prédiction, nous avons tenté d'établir une régression unique de la forme $\text{Cell} = aJ + b$, pour l'ensemble des parcelles pâturées et non pâturées, en suivant une démarche similaire à celle présentée pour l'étude des teneurs en azote.

Dans le cas présent, le nombre de jours ΔJ à ajouter au temps écoulé depuis la date d'arrêt du pâturage est de + 10 jours pour B, + 2 pour M et -1 pour C. En retenant ces bases pour le calcul de J des traitements non pâturés, nous avons établi la relation suivante : $\text{Cell} = 0,128 J + 24,4$ ($r = 0,82$; $n = 54$). Les écarts de teneurs en cellulose entre parcelles non pâturées, beaucoup plus faibles que ceux observés pour l'azote, traduisent le caractère relativement peu marqué de l'effet du pâturage aux âges considérés. Si, pour faciliter la prédiction de la composition chimique au moyen de l'âge, on utilise les mêmes ΔJ que pour la prédiction de la teneur en azote, on obtient la régression suivante : $\text{Cell} = 0,106 J + 25,2$ ($r = 0,74$; $n = 54$). La moins bonne corrélation que dans le cas précédent traduit la perte de précision en raisonnant l'évolution des teneurs en cellulose de la même manière que l'azote.

2. Repousses végétatives

Les analyses n'ont été réalisées que sur les regains effectués sur les placettes pâturées en hiver.

Nous observons de fortes variations entre années des teneurs en cellulose même pour des temps de repousses équivalents : 19 à 27 % pour des repousses d'environ 6 semaines (figure 5a). Comme pour le cycle reproducteur, nous avons analysé l'effet des températures en les sommant depuis le début de la repousse (figure 5b, tableau 6). La comparaison des coefficients de corrélation montre un gain de précision par rapport à la seule prise en compte du temps de repousse.

Les coefficients des régressions sont différents selon les parcelles. Les teneurs en cellulose des parcelles M et surtout C sont généralement plus élevées que celles de la parcelle B pour les temps de repousse courts, mais l'écart diminue pour les âges plus avancés.

L'analyse des différences entre parcelles est délicate, le rôle de la flore pouvant être sensible. On peut toutefois penser que les différences de niveaux de nutrition

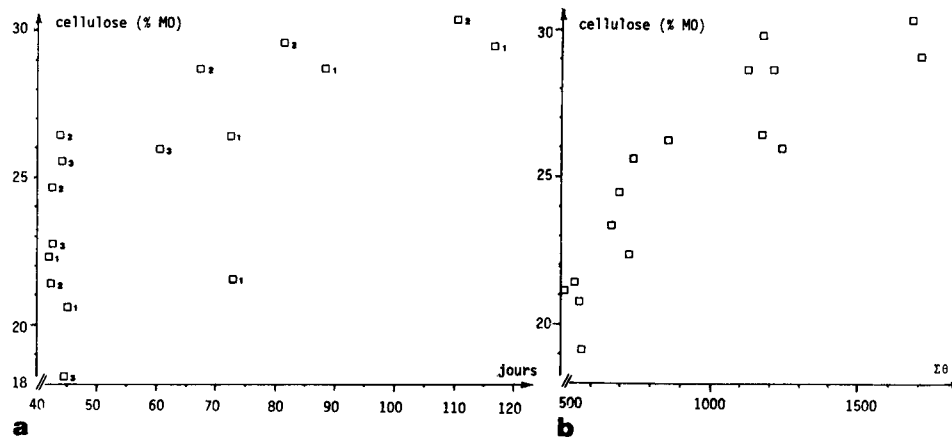


FIGURE 5 : Evolution des teneurs en cellulose des regains (Parcelles B ; 1,2 : n° des années)
a - En fonction des temps de repousse
b - En fonction des sommes de températures

FIGURE 5 : Evolution of the crude fibre contents of the aftermath cuts (Plot B ; 1,2 : year number)
a - According to durations of regrowth
b - According to cumulated temperatures

Parcelles	Cell = a log Σθ + b				Cell = aJ + b			
	a	b	r	s	a	b	r	s
B	7,81	-27,7	0,90	0,001	0,108	18,8	0,73	0,001
M	4,46	- 4,7	0,67	0,001	0,058	21,9	0,56	0,01
C	2,51	+ 8,5	0,49	0,05	0,033	23,2	0,42	0,1

TABEAU 6 : Coefficients des régressions entre teneurs en cellulose des regains et température, et entre teneurs en cellulose et temps de repousse (n = 15 à 16 données par parcelle)

TABLE 6 : Regression co-efficients between crude fibre contents of aftermath cuts and temperature, and between crude fibre contents and duration of regrowth (15 to 16 data per plot)

minérale entraînent des évolutions différenciées de la teneur en cellulose avec les sommes de température. Dans les conditions de croissance faible (cas des parcelles M et C), la repousse est souvent constituée d'une proportion plus élevée de feuilles déjà sectionnées que de feuilles nouvellement apparues, comparativement aux situations où la vitesse de croissance est plus rapide. Pendant la période hivernale nous avons fait de semblables observations et mis en évidence une relation entre l'âge moyen des feuilles et leur teneur en cellulose (DURU, 1987b).

Date de récolte	B		M		C	
	P	OP	P	OP	P	OP
20 Juin (+3j.)	12,0	10,8	10,2	9,4	8,5	8,1
10 Juillet (+3j.)	11,7	9,1	9,6	9,0	7,8	7,5
5 Août (+3j.)	10,6	8,9	9,0	7,8	7,7	7,4
Moyenne des 3 dates	11,4	9,6	9,6	8,7	8,0	7,7

TABLEAU 7 : Teneurs en cendres brutes (%MS) des foins selon la fertilité de la parcelle et la date de récolte (Moyennes des 3 années ; P : Placette pâturée en hiver et au début du printemps ; OP : Placette non pâturée)

TABLE 7 : Mineral contents of hay cuts (%DM) according to fertility level of plots and to cutting date (Means of the 3 years ; P : Plot grazed in Winter and beginning of Spring ; OP : Plot no grazed)

C. Matières minérales brutes

Les lois de dilution mises en évidence pour l'azote en fonction de la croissance ont en fait valeur pour la plupart des minéraux majeurs (SALETTE, 1982). La teneur à une date donnée est la résultante du niveau de nutrition minérale et d'un niveau de dilution fonction de la croissance. Nous observons que les teneurs moyennes en cendres des foins et des regains dépendent fortement de la fertilité des parcelles. Pour les coupes à foin, on observe une diminution des teneurs dans le cas des récoltes les plus tardives (tableau 7). Les différences entre placettes pâturées ou non sont surtout importantes dans le cas de la parcelle B, dont la date de départ apparent est la plus précoce. La teneur en cendres des regains est toujours supérieure à celle des foins, en grande partie du fait d'une moindre croissance. La même hiérarchie que pour les foins est observée entre parcelles (respectivement 13,3 %, 11,1 % et 10,1 % MS pour B, M et C).

Discussion et conclusion

1. Effets des techniques et du milieu sur la composition chimique de l'herbe

● Fertilité du sol et composition botanique

L'interprétation des variations de composition chimique entre parcelles relève en fait de 2 processus différents selon qu'il s'agit de l'azote ou de la cellulose.

Pour l'azote, les teneurs résultent essentiellement des phénomènes de dilution dans la matière sèche. Les différences entre espèces et génotypes sont a priori faibles à croissance comparable (SALETTE, 1982 ; LEMAIRE et SALETTE, 1984b ; LEMAIRE et al., 1985). A niveau de nutrition azotée équivalent, le démarrage apparent de la croissance étant plus précoce sur les parcelles les plus fertiles, la teneur en azote sera moindre que celle des parcelles les moins fertiles à une date donnée.

Pour la cellulose, on peut interpréter les écarts entre parcelles par des différences de composition morphologique. D'une manière générale, pour une espèce donnée en l'absence de pâturage, le rapport feuille/tige décroît avec le temps (GILLET, 1980). Pour les luzernes, il a été montré que les variations du rapport feuille/tige à une date donnée s'expliquent par des différences de croissance (LEMAIRE et al., 1985). Si ce schéma est transposable pour les graminées, à toute réduction de croissance, notamment en conditions de nutrition minérale limitantes, correspond un rapport feuille/tige plus élevé. Les premières observations réalisées sur le dactyle, sur les mêmes parcelles que celles étudiées ici, montrent que des conditions de nutrition minérale limitantes entraînent une réduction de la hauteur des tiges à une date donnée et une augmentation de la proportion des talles végétatives relativement aux talles reproductrices.

● Pâturage d'hiver et de printemps

D'une manière générale, le pâturage continu en hiver et au printemps, tout comme le déprimage, réduisent le niveau de la biomasse récoltable à une date donnée. La composition chimique de la repousse faisant suite à un pâturage continu ou à un déprimage présente à date égale une teneur moindre en cellulose (DURU, 1981 ; DURU et LANGLET, non publié). Il s'ensuit généralement une augmentation de la digestibilité (ARNAUD et al., 1978 ; SWIFT et EDWARDS, 1980). Dans le cas du déprimage, les modifications de la composition morphologique telles que la réduction du nombre et de la longueur des tiges et donc l'accroissement du rapport feuille/tige (GILLET, 1980) peuvent aussi être à l'origine des différences de composition chimique observées.

Plus la date de déprimage (GILLET, 1980) ou la date d'arrêt du pâturage continu (WILMAN et GRIFFITHS, 1978) est tardive, plus les effets sur la repousse sont marqués. Dans la mesure où, à une même date, nous avons observé des effets différenciés du pâturage pour des parcelles de fertilités différentes (DURU, 1985b), nous pensons que les effets du pâturage sont d'autant plus importants que la vitesse de croissance est plus élevée.

● Climat

Nous avons pu confirmer l'effet de la température sur la teneur en cellulose, mis en évidence expérimentalement par DEINUM principalement (DEINUM et DIRVEN, 1975, 1976). Des effets similaires ont été observés par ces auteurs sur la digestibilité des fourrages.

Les effets de la température peuvent être renforcés par la sécheresse lorsque le dessèchement des parties aériennes est accéléré et que les organes ne sont plus renouvelés (talles, feuilles) (DEMARQUILLY, 1982).

En résumé, la fertilité du sol, tout comme la fertilisation (DEMARQUILLY 1977), n'ont pas d'effet direct sur la qualité de fourrages récoltés à une même date. En revanche, ces facteurs conditionnent la croissance et donc les phénomènes de dilution ainsi que la composition morphologique du fourrage à biomasse récoltable égale. Le pâturage de printemps, agissant sur les mêmes caractéristiques, a alors des effets différents selon la vitesse de croissance et l'état de la prairie pendant la période où il est pratiqué.

2. Conséquences sur la possibilité de prévision de la composition chimique à partir de l'âge

Dans la littérature, l'âge de l'herbe est considéré comme un bon prédicteur simple de la valeur énergétique des fourrages (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1981). Pour les couverts fourragers monospécifiques, l'âge est généralement indexé sur un stade phénologique de référence (épiaison ou floraison), dont on sait qu'il intervient une année donnée à une date voisine pour l'ensemble des prairies d'une petite région, quels que soient les techniques et le milieu. Pour les prairies permanentes, les stades phénologiques d'une même espèce sont également atteints à des dates très proches et peu variables entre années dans l'ensemble des prairies d'une région, et l'on peut penser que c'est une des origines du choix des auteurs des Tables de prévision d'indexer l'âge sur une date fixée du calendrier pour les prairies permanentes d'une région donnée (ANDRIEU et al., 1981).

Nos données et nos analyses suggèrent que, pour les prairies permanentes, une meilleure prédiction pourrait être obtenue en différenciant les bases d'estimation de l'âge selon les techniques et le milieu, et ce sur des bases simples. Nous avons en effet montré que, pour les prairies permanentes étudiées, on obtenait une bonne relation entre l'âge et la composition chimique des fourrages de première coupe, et donc, selon toute vraisemblance, avec leur valeur nutritive, à condition de bien différencier les bases de calcul selon les caractéristiques des prairies.

Pour l'azote, nous avons vu que l'âge correspond à un temps de repousse comptabilisé à partir de la date de départ apparent de la végétation, l'hypothèse étant que la dilution de l'azote dans la matière sèche commence d'autant plus tôt que cette date est plus précoce. Dans ces conditions, l'âge peut être un bon indicateur, surtout après épiaison des principales graminées.

Pour la cellulose, nous avons émis l'hypothèse que l'importance du rapport feuille/tige, à une date donnée, dépend de la phénologie des espèces, mais aussi des conditions de nutrition minérale. Dans ce cas, les différences de composition morphologique proviennent de différences de croissance (et éventuellement de la composition botanique) que nous traduisons en termes d'écart d'âge. Il faut voir là une commodité qui ne reflète en rien les processus biologiques en jeu. Il en est de même de l'influence du pâturage. Nous imputons dans ce cas des différences de composition morphologique à des écarts d'âge alors qu'il s'agit d'une conséquence de la technique. Ce choix est justifié au plan pratique par le fait que l'effet du pâturage est d'autant plus marqué qu'il intervient à une date plus tardive par rapport au démarrage apparent de la végétation.

La date de départ apparent de la végétation dépend de la nutrition minérale. Des études sont en cours pour relier les conditions de nutrition minérale à la composition chimique du végétal en caractérisant les parcelles par des relations entre minéraux (% P - % N ; % K - % N) (SALETTE, 1982 ; DURU, 1987). Mais d'ores et déjà, une grille simplifiée de diagnostic peut être proposée sur la base de critères faciles à mobiliser comme l'histoire culturale de la parcelle et la fertilisation pratiquée (BALENT et DURU, 1984). Nous avons en effet montré que l'utilisation antérieure des parcelles est un bon estimateur de la fertilité du sol dans la zone d'étude.

Le calcul de l'âge à la récolte tel qu'il a été défini ci-dessus, pour les pousses reproductrices au printemps, permettrait de contourner deux obstacles : d'une part l'impossibilité de déterminer un stade phénologique dans le cas des prairies permanentes, et d'autre part la quasi-insensibilité de ces stades au déprimage (ou au pâturage continu) ainsi qu'à la nutrition minérale, ce qui les rend insuffisants comme repères de la valeur fourragère.

Accepté pour publication le 20 avril 1988

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J. (1975) : « Evolution de la valeur alimentaire d'une prairie permanente de montagne », *Bull Techn. CRZV Theix*, 20, 43-48.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE E. (1981) : « Tables de prévision de la valeur des fourrages », *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. XI^e journée du Grenier de Theix, I.N.R.A., 345-578.

- ANDRIEU J., WEISS P. (1981) : « Prédiction de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts de graminées et de légumineuses », *Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, XI^e journée du Grenier de Theix, I.N.R.A., 61-80.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE E., WEISS P. (1981) : « Prédiction de la valeur énergétique des foin », *Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, I.N.R.A. Ed., 119-127.
- ARNAUD R., de MONTARD F.X., NIQUEUX M. (1978) : « Influence du mode d'exploitation sur la production d'une prairie permanente en altitude », *Fourrages*, n° 75, 29-54.
- AUFRERE J. (1982) : « Etude de la prédiction de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique », *Ann. Zootech*, 31 (2), 111-130.
- BALENT G., DURU M. (1984) : « Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales : cas des Pyrénées centrales », *Agronomie*, 4 (2), 113-124.
- DEINUM B., DIRVEN J.G.P. (1975) : « Climat, nitrogen and grass. 6. Comparison and yield and chemical composition of some tropical and temperate grass species grown at different temperatures », *Neth. J. Agric. Sci.*, 23, 69-82.
- DEINUM B., DIRVEN J.G.P. (1976) : « Climat, nitrogen and grass. 7. Comparison of production and chemical composition of *Brachiaria ruziensis* and *Setaria sphacelata* grown at different temperatures », *Neth. J. Agric. Sci.*, 24, 67-78.
- DEMARQUILLY C. (1977) : « Fertilisation et qualité des fourrages », *Fourrages*, n° 69, 61-84.
- DEMARQUILLY C., GRENET E., ANDRIEU J. (1981) : « Les constituants azotés des fourrages et la prédiction de la valeur azotée des fourrages », *Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, I.N.R.A. Ed., 129-154.
- DEMARQUILLY C., JARRIGE G. (1981) : « Panorama des méthodes de prédiction de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages », *Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, I.N.R.A., Publ., 41-59.
- DEMARQUILLY C. (1982) : « Composition et valeur nutritive de l'herbe », *Action du climat sur l'animal au pâturage*, Commission agrométéorologie, Séminaire Theix, 31 mars - 1^{er} avril, 49-63.
- DEMARQUILLY C. (1985) : « Evolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique », *XV^e journée du Grenier de Theix*, 15 p. + 5 p. (à paraître).
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J. (1985) : « Prédiction de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire », *XV^e journée du Grenier de Theix*, 19 p. + Ann. à paraître.
- DURU M., GIBON A., LANGLET A., FLAMANT J.C. (1979) : « Recherches sur les problèmes pastoraux pyrénéens », *Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et des parcours méditerranéens*, 231-255, I.N.R.A. Ed., 574 p.
- DURU M. (1981) : « Modes d'exploitation des prés de fauche dans les Pyrénées centrales. Références biologiques et pratiques des agriculteurs », *Fourrages*, (87), 53-90.
- DURU M. (1985a) : « Winter and spring growth variability of grazed permanent meadow. The case of the Pyrenees mountains », *Note XV^e Intern. Grass. Cong.*, Kyoto, août 1985, 3 p.
- DURU M. (1985b) : « Herbage dry matter yield and nitrogen content of a reproduction growth according to spring management. Case of permanent meadow in the Pyrenees mountains », *Note XV^e Intern. Grass. Cong.*, Kyoto, août 1985, 522-524.

- DURU M. (1986) : « Choix des chaînes de récolte des fourrages : adaptation à différents types d'exploitations agricoles des Pyrénées centrales », *BTI*, n° 412/413, 781-789.
- DURU M. (1987a) : « Climat et croissance de l'herbe pour récolte en fourrage sec dans les Pyrénées centrales », *Séminaire Agrométéorologie et montagne*, Toulouse, 16-17 avril, Ed. I.N.R.A., Paris (Les Colloques de l'I.N.R.A. n° 39), 317-333.
- DURU M. (1987b) : « Croissance hivernale et printanière de prairies permanentes pâturées en montagne. II - Variation de la croissance et de la composition chimique », *Agronomie*, 7 (1), 53-61.
- DURU M. (1987c) : « Effect of animal manure on phosphorus and potassium content of herbage », *Proc. Intern. Symp. of Europ. Grass. Fed.*, Wageningen, 31/8-3/9, 351-353.
- GIBON A. (1981) : *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées centrales*, thèse de docteur ingénieur, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 106 p.
- GILLET M. (1973) : « Influence du mode d'exploitation au printemps sur la production, en quantité et en qualité des graminées fourragères », *Fourrages*, n° 55, 15-76.
- GILLET M. (1980) : *Les graminées fourragères. Description, fonctionnement, applications à la culture de l'herbe*, Collection « Nature et Agriculture », Gauthier-Villars.
- JARRIGE R. (1981) : « Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage », *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. I.N.R.A. Ed., 13-40.
- LEMAIRE G., SALETTE J. (1984a) : « Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I - Etude de l'effet du milieu », *Agronomie*, 4 (5), 423-430.
- LEMAIRE G., SALETTE J. (1984b) : « Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères II. Etude de la variabilité entre géotypes », *Agronomie*, 4 (5), 431-436.
- LEMAIRE G., CRUZ P., GOSSE G., CHARTIER M. (1985) : « Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne », *Agronomie*, 5 (8), 685-692.
- LEMAIRE G., DENOIX (1987) : « Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l'ouest de la France. I. Etude en conditions de nutrition azotée et d'alimentation hydrique non limitante », *Agronomie*, 7 (6), 373-386.
- SALETTE J. (1982) : « The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization », *Proc. 12 th Cong. Int. Potash. Institute Bern*, 117-144.
- SALETTE J., LEMAIRES G. (1981) : « Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution », *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 292, 875-878.
- SALETTE J., LEMAIRES G., LAISSUS R. (1982) : « Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. II Dynamique d'absorption de l'azote et son efficacité », *Fourrages*, n° 92, 51-66.
- SWIFT G., EDWARDS R.A. (1980) : « Effect of spring grazing on the yield and quality of perennial rye-grass (*Lolium perenne*) and cocksfoot (*Dactylis glomerata*) cut for conservation », *Grass and Forage Science*, 35, 301-309.
- SWIFT G., EDWARDS R.A. (1983) : « The effects of spring closing date on the yield and quality of perennial rye-grass and cocksfoot cut for conservation », *Grass and Forage Science*, 38, 251-260.

WILMAN D., GRIFFITHS P.D. (1978) : « The effect of winter and early spring grazing by sheep on subsequent sward production », *J. of Ag. Science Camb.*, 90, 471-477.

RÉSUMÉ

Dans ce premier article sont étudiés, pour les foins et regains des Pyrénées, les principaux facteurs de variation de la composition chimique des fourrages en vert : type de prairie, exploitation ou non en pâturage d'hiver et de printemps, date de récolte, climat. Les données sont issues d'un dispositif expérimental comportant 3 parcelles de fertilités différentes et 8 modalités d'exploitation.

La teneur en azote des foins décroît avec l'âge de l'herbe mais de façon variable selon les parcelles et les traitements. On propose une méthode de calcul de l'âge de l'herbe qui permet de rendre compte dans un modèle unique de l'ensemble des résultats. Pour les regains, les différences de teneur en azote entre parcelles et années sont interprétées par des différences de taux de légumineuses (trèfle blanc) dans la végétation.

La teneur en cellulose des foins est mise en relation avec l'âge de l'herbe selon les mêmes bases de calcul que pour l'azote. La prise en compte de la température durant la période de croissance améliore la relation entre teneur en cellulose et âge, pour les foins et les regains (le rapport feuille/tige intervient probablement).

Les teneurs totales en minéraux sont étroitement liées à la fertilité de la parcelle et aux dates de récolte.

A partir de ces résultats, des éléments sont proposés pour prévoir la composition chimique à partir d'indicateurs simples.

SUMMARY

Evaluation of the nutritive value of hay and aftermath cuts in the central Pyrenees I. Main factors of variation of the chemical composition

In the first paper, the main factors of variation of the chemical composition of fresh herbage are studied for hay and aftermath cuts from pyrenean pastures : types of grassland, Winter and Spring management (whether or not by grazing), dates of cuts, climate. The data derive from an experimental field with three plots of different fertility levels, and eight types of management.

The protein content of hay decreases with the age of herbage, but differently according to plots and to treatments. A method is put forward, making it possible to calculate the age of herbage according to a single model taking into account all results obtained. As regards the aftermath cuts, the differences in protein contents between plots and between years are explained by differences in the proportion of legumes (white clover) in the herbage.

The crude fibre contents of the hay cuts are correlated to the age of grass (the age being calculated in the same manner as for the protein content). If temperature is taken into account during the growth period, the relation between fibre content and age is improved, for both hay and aftermath cuts. We assume that the leaf-stem ratio can explain the differences observed in the fibre contents between plots and between years.

Total mineral contents depend narrowly on the levels of soil fertility and on the cutting dates.

A method is suggested for the evaluation of the chemical composition of the herbage, based on simple plot characteristics.