

Choix et maîtrise du système fourrager. II- Indicateurs pour la gestion du pâturage tournant en élevage laitier

L. Bossuet¹, M.Duru²

L' alimentation des animaux en fourrages grossiers à partir du pâturage est complexe, tant au niveau du choix d'une stratégie que de sa maîtrise quotidienne. L'éleveur doit combiner des types de couverts souvent différents (prairies permanentes ou semées) tout en mettant à disposition du troupeau une ration de qualité régulière adaptée aux objectifs de production (DURU et al., 1988a ; 1990). A cette fin, de nombreuses études ont abouti à la définition d'états du peuplement permettant d'optimiser la production par hectare tout en maintenant les performances animales individuelles. Pour la conduite du pâturage tournant avec des vaches laitières, un critère important est la hauteur d'herbe résiduelle (LE DU et al., 1979). Cependant, du fait des variations quantitatives et qualitatives de la ressource herbagère, des ajustements (fertilisation, intervalle entre deux défoliations, surface affectée... ; MATHIEU, 1989) sont nécessaires à l'obtention d'un état donné du peuplement. Ces ajustements sont parfois difficiles à maîtriser car leurs effets peu-

MOTS CLÉS

Chargement, fertilisation azotée, gestion des prairies, hauteur d'herbe, pâturage, pâturage tournant, système de pâturage.

KEY-WORDS

Grazing, grazing system, nitrogen fertilization, pasture management, rotational grazing, stocking rate, sward height.

AUTEURS

1: U.R.S.A.D., I.N.R.A., BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan cedex.

2: Station d'Agronomie et URSAD, BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan cedex.

vent s'exercer sur les repousses ultérieures (GILLET et al., 1980). Les indicateurs permettant une prise de décision adaptée ne peuvent donc pas uniquement faire référence au couvert végétal d'une parcelle, ils doivent intégrer l'état des ressources de l'ensemble de la sole pâturée.

Précédemment, nous avons proposé deux concepts permettant de guider les études sur la gestion des ressources fourragères. Le premier est celui de modèle d'action. Il concerne la gestion des interventions techniques au cours d'une saison. On fait l'hypothèse que pour assurer un objectif de production, l'agriculteur dispose d'un programme comprenant une suite d'objectifs intermédiaires et de moyens à mobiliser pour les atteindre, ainsi qu'un corps de règles de décision permettant de s'adapter à un champ de variation de l'environnement (climat) reconnu à l'avance (DURU et al., 1988b). En appliquant ce concept à la gestion des ressources fourragères, et suite à de multiples observations en exploitations, nous avons défini la notion de trésorerie fourragère (DURU et al., 1988c). L'hypothèse est que, tant pour la gestion du pâturage que pour celle des stocks, l'éleveur cherche à disposer d'un nombre donné de "jours de consommation d'avance", et qu'il adapte ses pratiques (fertilisation, chargement, surface récoltée...) à cette fin. L'intérêt de cette notion est de considérer la totalité de la sole fourragère et ainsi d'explicitier les règles de décision à ce niveau, alors que le plus souvent elles ne sont considérées qu'au niveau de la parcelle. Elles ne constituent alors pas un indicateur suffisant pour la prise de décision à l'échelle de la sole (HODGSON, 1985 ; PARSONS, 1985).

Jusqu'ici, nous avons calculé les jours d'avance a posteriori, à partir du dépouillement des plannings de pâturage. C'est une limite importante puisqu'on en reste au constat. D'autre part, on a fait l'hypothèse que le taux de consommation de l'herbe était le même tout au long de la saison et entre exploitations. Pour dépasser ces limites, nous avons choisi de mesurer la hauteur d'herbe au niveau de la parcelle, au moment où elle est utilisée, et périodiquement au niveau de la sole fourragère de façon à avoir une vue d'ensemble des disponibilités en herbe.

L'objet du présent travail est donc double. D'une part, il s'agit de présenter de premiers résultats concernant la relation entre les états des parcelles pâturées et la valorisation qui en est faite par les animaux. D'autre part, nous expliciterons les liens entre les règles de gestion concernant la parcelle pâturée et la sole affectée au pâturage. Pour cette étude, on procédera par comparaison d'élevages dont les pratiques de pâturage sont contrastées. Ces pratiques seront interprétées à l'aide des acquis en écophysiologie des plantes fourragères.

Matériel et méthodes

1. Choix des élevages

En collaboration avec le Service Références de la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, nous avons choisi d'étudier des ateliers laitiers (2 ovins : O1 et O2, 2 bovins : B1 et B2) pour lesquels la production laitière et le régime d'alimentation hivernale sont relativement semblables, mais dont la conduite du pâturage (notamment le chargement) diffère. Ces élevages sont en suivi technique et sont regroupés sur la zone du Ségala Aveyronnais. Les élevages de même espèce sont peu distants l'un de l'autre.

2. Recueil des données

Les enquêtes et les observations ont eu lieu du 1^{er} mars au 14 juillet en 1990 et du 1^{er} avril au 14 juillet en 1991.

Les prévisions d'utilisation des surfaces (parcelles concernées et ordre d'utilisation) ont été réalisées auprès des éleveurs par enquêtes avant la mise à l'herbe, puis toutes les 3 semaines environ.

L'estimation des quantités d'herbe a été réalisée par des mesures de hauteur. Pour des raisons de commodité, de rapidité et de reproductibilité (DURU et BOSSUET, 1992a), nous avons choisi de mesurer la hauteur d'herbe avec un "sward-stick" (BIRCHAM, 1981) plutôt que par un herbomètre à plateau ou par la notation des états physiologiques (GILIBERT et MATHIEU, 1989). La prise de mesure a lieu dès qu'un contact est établi entre le curseur de l'outil et le couvert végétal ou le sol nu. Un transect a été effectué dans chaque parcelle du circuit de pâturage. Les mesures sont distantes de 5 à 7 m, ce qui correspond à environ 35 à 40 mesures par hectare. Ces données permettent de calculer à chaque date d'observation le volume d'herbe sur l'ensemble des parcelles, qu'elles viennent d'être utilisées ou non (somme des produits hauteur \times surface). De plus, à chaque date de contrôle, nous pouvons caractériser la parcelle venant juste d'être pâturée et celle allant l'être d'après les dires de l'éleveur. Nous avons choisi de considérer 2 parcelles avant et après pâture afin d'augmenter le nombre de données et, ainsi, de ne pas privilégier la conduite particulière d'une parcelle lors d'un cycle d'exploitation. Ce choix est aussi motivé par le fait que les mesures de hauteur d'herbe des 2 parcelles venant d'être pâturées (ou à pâturer) sont faiblement corrélées (pour un même élevage et une même année, $r^2 < 0,5$ le plus souvent). De plus, les mesures de hauteur sur la parcelle la plus anciennement pâturée ne sont pas systématiquement supérieures à celles de la parcelle la plus récemment exploitée. En contrepartie, on introduit un biais mais dont le sens de variation est connu : on sous-estime la hauteur d'herbe moyenne avant pâturage et on surestime celle après pâturage.

En fin de période de pâture, nous avons recueilli le planning de pâture, la quantité de lait livrée et l'alimentation distribuée (nombre de bottes de foin, cubages des silos, concentrés). Pour les élevages ovins, les refus à l'auge d'aliments grossiers ont été estimés sur la période et pesés 3 fois pendant la saison de pâture.

3. Climat

Un poste météorologique est disponible à Quins (600 m d'altitude), représentatif des élevages B1 et B2, et à Requista (550 m) représentatif de l'élevage O2. L'élevage O1 est situé plus en altitude (700 m) ; les températures sont inférieures en moyenne de 1,7°C d'après les enregistrements effectués postérieurement à cette étude. Les températures et les précipitations ont été peu différentes entre les deux sites d'étude. L'année 1990 (du 1^{er} mars au 31 juillet) a été en moyenne plus chaude qu'en 1991 : 13,3°C au lieu de 10,6°C. Lors de cette première année d'étude, la pluviométrie a également été plus élevée (288 mm en 1990 au lieu de 209 en 1991).

4. Traitement des données

Généralement, les plannings de pâture sont dépouillés en termes de chargement par période ou instantané (FIORELLI, 1992) et de temps de repos (nombre de jours entre 2 exploitations successives). Les travaux conduits en écophysiologie des plantes fourragères montrent que les processus de sénescence sont étroitement dépendants des températures. Le nombre de jours écoulés entre l'apparition d'une feuille et le début de sa sénescence est très variable selon la saison. Mais si cette durée est exprimée en somme de températures, elle est beaucoup plus stable et peut-être considérée comme caractéristique d'une espèce. Ainsi, elle est de l'ordre de 500-550 degrés-jours (°jours) pour la fétuque élevée et de 450 °jours pour le dactyle (LEMAIRE, 1985 ; DURU et al., 1993). Ceci signifie que les pertes par sénescence tendent à augmenter au cours du printemps en relation avec l'augmentation des températures moyennes, si le même état après défoliation et si le même rythme de pâture sont maintenus. Ces données nous ont conduits à dépouiller les plannings de pâture en degrés-jours écoulés entre 2 exploitations successives d'une même parcelle. Pour la pousse de printemps, les sommes de température ont été initialisées le 1^{er} février, en relation avec le changement d'affectation des assimilats carbonés (PARSONS et ROBSON, 1980). L'intérêt de ce type de dépouillement est renforcé pour prendre en compte la qualité du fourrage, car de premiers résultats montrent que la baisse de digestibilité entre deux défoliations dépend plus du temps exprimé en degrés-jours qu'en nombre de jours (DURU et BOSSUET, 1992b).

Les calculs de "Jours de consommation d'avance" ont été effectués selon la méthode détaillée précédemment (DURU et al., 1988c), dont l'automatisation a été réalisée par FIORELLI et al. (com. pers.).

Pour comparer les élevages bovins et ovins, nous avons considéré qu'un équivalent-vache (eq.v.) était égal à 1 vache ou 7 brebis.

Pour estimer l'apport du pâturage, nous avons soustrait les apports de fourrages grossiers et de concentrés des besoins (HODEN et al., 1986). Les besoins d'entretien et de production ont été calculés en tenant compte des contrôles d'état d'engraissement des brebis en début et en fin de campagne de pâturage de printemps. En revanche, nous n'avons pas tenu compte du supplément de dépense énergétique lié au pâturage. Nous avons considéré les bases de calcul indiquées dans JARRIGE et al. (1988) pour effectuer les bilans.

Les réalisations de pâturage ont été comparées aux prévisions afin de compléter les bases d'établissement des règles de décision qu'utilisent les éleveurs : connaissance des différentes parcelles en termes de précocité de pousse au printemps, de potentiel de production, d'état des couverts au moment des enquêtes successives.

Résultats

1. Présentation des élevages

Les élevages étudiés sont de taille supérieure aux élevages de la région. Les SAU (ha) et les effectifs de mères (vache ou brebis) sont respectivement de 38 et 32 pour B1, 67 et 45 pour B2, 46 et 410 pour O1, 46 et 482 pour O2 (en moyenne pour les deux années).

Les conduites de reproduction sont tout à fait similaires entre exploitations : vêlages centrés à l'automne, agnelages à partir de début novembre.

Durant la période d'étude, la production laitière journalière par animal est, pour une année donnée, supérieure dans les élevages B1 et O1 (tableau 1). Les distributions à l'auge de fourrages grossiers et de concentrés varient entre années pour

Exploitation	B1		B2		O1		O2	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
Production (litre/mère/jour)	24,9	26,2	19,6	18,1	0,9	1,2	0,8	1,0
Distribution (kg/eq.v./jour)								
- fourrages grossiers	0	6,8	3,6	6,2	6,6	8,3	10,1	13,4
- concentrés	3,5	2,9	3,0	3,8	2,4	1,6	2,0	2,6

TABLEAU 1 : Production laitière et distribution d'aliments durant la période de pâturage de printemps pour les élevages bovins (B) et ovins (O) lors des années 1990 et 1991.

TABLE 1 : Dairy production and feed distribution during the Spring grazing period in dairy farms with cows (B) or with ewes (O), in 1990 and 1991.

un même troupeau et entre élevages pour une même année. Pour B1, la distribution de fourrages grossiers a été abandonnée de façon précoce en 1990 faute de stocks, à l'inverse de 1991 où elle ne s'est pas interrompue. La distribution des concentrés s'est poursuivie tout au long des 2 campagnes. Pour B2, la distribution de fourrages grossiers a été fortement diminuée début juin 1990 alors qu'en 1991 une interruption a eu lieu du 22 mai au 16 juin. Elle est cependant le double de l'année précédente. La distribution de concentrés a été interrompue à partir du 31 mai en 1990 alors qu'elle s'est poursuivie pendant toute la période de printemps en 1991. Pour les élevages ovins, les quantités de fourrages grossiers distribués ont été supérieures pour la campagne 1991. On note une baisse des distributions de concentrés pour O1 en deuxième année.

2. Pratiques de pâturage

• Surface, fertilisation et intervalles entre deux défoliations

La comparaison des prévisions de surfaces à pâturer (surfaces affectées) à celles effectivement utilisées montre des différences importantes, notamment en 1990 pour B1 et B2 (tableau 2). Pour chaque élevage, les surfaces prévues en 1991 sont inférieures à celles de 1990. La surface moyenne effectivement utilisée par eq.v. est plus élevée en 1991 qu'en 1990, du fait d'une augmentation de surface (B2 et O1), et/ou d'une diminution des effectifs (B1, B2 et O2).

Les quantités d'azote par hectare sont les plus importantes pour B1 (tableau 2). Elles sont environ moitié moindre pour B2 et intermédiaire pour O1. Pour O2 on observe un grand écart entre années. Les dates du premier apport sont plus tardives pour les élevages ovins. A l'exception des élevages O1 (1990) et O2 (les 2 années), l'importance des légumineuses dans les couverts pâturés est relativement élevée.

Exploitation	B1		B2		O1		O2	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
Surfaces (ha)								
- affectées	11,1	6,6	24,8	19,2	10,6	9,0	19,1	15,4
- utilisées	4,7	4,4	12,5	16,1	6,6	7,6	14,4	13,1
Chargement (ares/eq.v./jour)	13,2	18,7	32,8	48,0	11,2	13,1	24,4	26,0
Apport d'azote (kg/ha)	115	90	50	50	70	60	33	70
%Prairie à base de légumineuses	52	60	40	72	25	62	21	12

TABLEAU 2 : Conduite des surfaces durant la période de pâturage de printemps dans les 4 élevages suivis.

TABLE 2 : Plot management during the Spring grazing period in the 4 monitored farms.

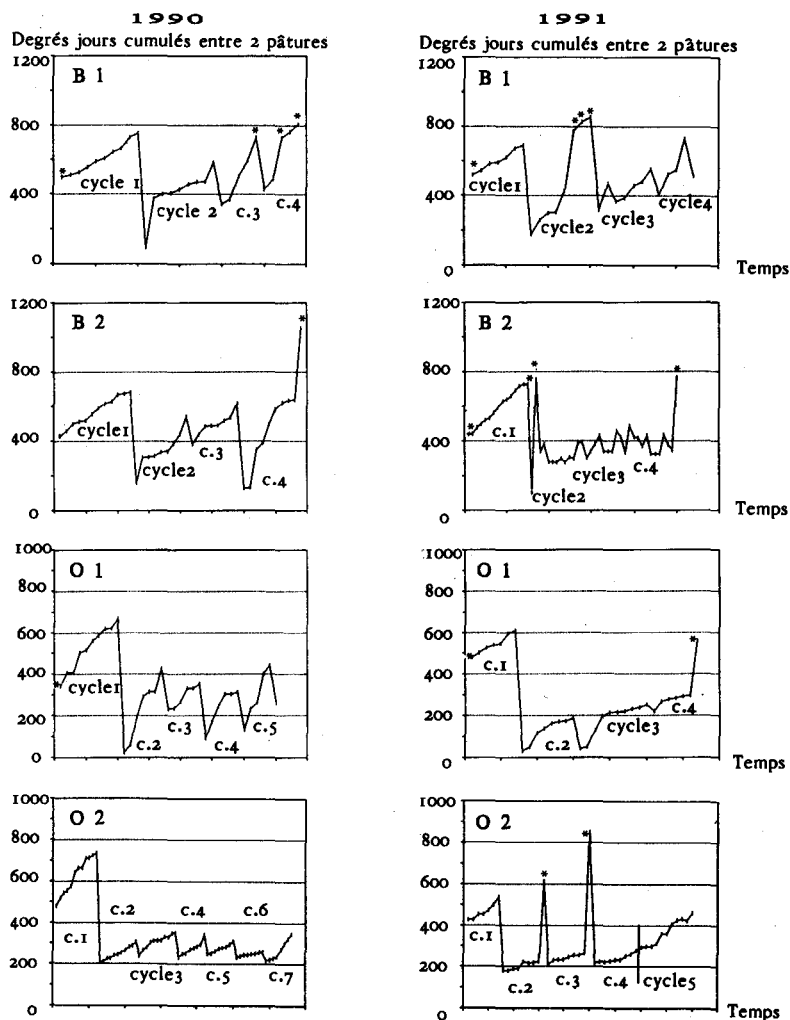


FIGURE 1 : Evolution des intervalles entre 2 défoliations au cours de la saison de pâturage (* : parcelles fauchées ou ensilées à la pousse précédente).

FIGURE 1 : Evolution of intervals between successive defoliations during the grazing season (* : grazed plots or plots cut for silage at the previous growth).

Pour chaque élevage et chaque année, on constate que les intervalles entre deux défoliations (exprimés en °jours) sont très variables entre parcelles et particulièrement élevés en fin de premier cycle (figure 1). Les parcelles où des valeurs très élevées sont observées correspondent souvent à des récoltes en ensilage ou en foin au

cycle précédent. Pour B1 en 1990, les intervalles sont en moyenne de 535°jours. Les 2 premiers cycles sont les plus longs (abscisses). Les cycles suivants se caractérisent par une diminution du nombre de parcelles pâturées. Le fait que l'on note une tendance à l'augmentation des durées exprimées en degrés-jours indique que la réduction de l'intervalle entre 2 défoliations ne compense pas l'accroissement des températures au cours du printemps. En 1991, on constate les mêmes tendances, cependant le nombre de degrés-jours est en moyenne plus faible (515). Pour B2, les valeurs moyennes sont respectivement de 485 et 450°jours en 1990 et 1991. Le nombre de parcelles est le même à chaque cycle de pâturage. L'intervalle entre 2 défoliations augmente après le premier cycle. Pour l'élevage O1, les intervalles moyens entre 2 pâturages sont de 337°jours en 1990 et seulement de 270 en 1991. Le nombre de cycles de pâturage passe de 5 à 4. L'élevage O2 est très caractéristique de par la régularité de la durée des cycles (336°jours en moyenne en 1990 et 325 en 1991), mais également par le nombre de parcelles entrant dans le circuit de pâturage à chaque cycle.

• Hauteur d'herbe à l'entrée et à la sortie du pâturage

Pour B1, la moyenne des hauteurs d'herbe à l'entrée est environ de 23 cm (figure 2). En 1991, les variations au cours de la saison sont plus importantes que celles observées en 1990. Les hauteurs d'herbe en sortie sont voisines de 12,8 cm. Elles sont assez régulières à l'exception du 7 mai 1990. Pour B2, la moyenne des hauteurs d'herbe en "entrée" est de 21 cm en 1990, avec des variations de 15 à 28 cm selon les dates. Les hauteurs d'herbe après pâturage sont plus élevées que celles de l'élevage B1 (14,7 cm en moyenne). Elles varient de 8 à 22 cm en 1990 et de 15 à 22 cm en 1991. L'élevage O1 se caractérise par des hauteurs d'herbe moyennes relativement basses en "entrée" (14 cm) comme en "sortie" (7,3 cm) de pâturage, quelle que soit l'année. Les "entrées" sont effectuées entre 8 et 22 cm en 1990 et entre 10 et 18 cm en 1991. Pour O2, les hauteurs d'herbe en "entrée" de parcelles au pâturage sont en moyenne de 16,8 cm. En "sortie", elles sont voisines de 11 et 15 cm respectivement en 1990 et en 1991.

La comparaison de l'ensemble de ces données entre les 4 élevages montre que les différences moyennes des hauteurs d'herbe avant et après pâturage sont les plus élevées pour B1 (9,6 cm), puis O1 (7,2) et B2 (6,8), enfin O2 (4,0).

• Estimation des disponibilités au niveau de la sole et du troupeau

Les volumes d'herbe moyens (m³/ha) disponibles au cours de la saison de pâturage sont similaires entre les 2 années pour un même élevage (tableau 3). En revanche, elles sont différentes entre élevages. Les valeurs les plus élevées sont observées pour les 2 élevages bovins, puis pour O2. Pour l'élevage O1, elles sont environ 40% inférieures à celles des élevages bovins.

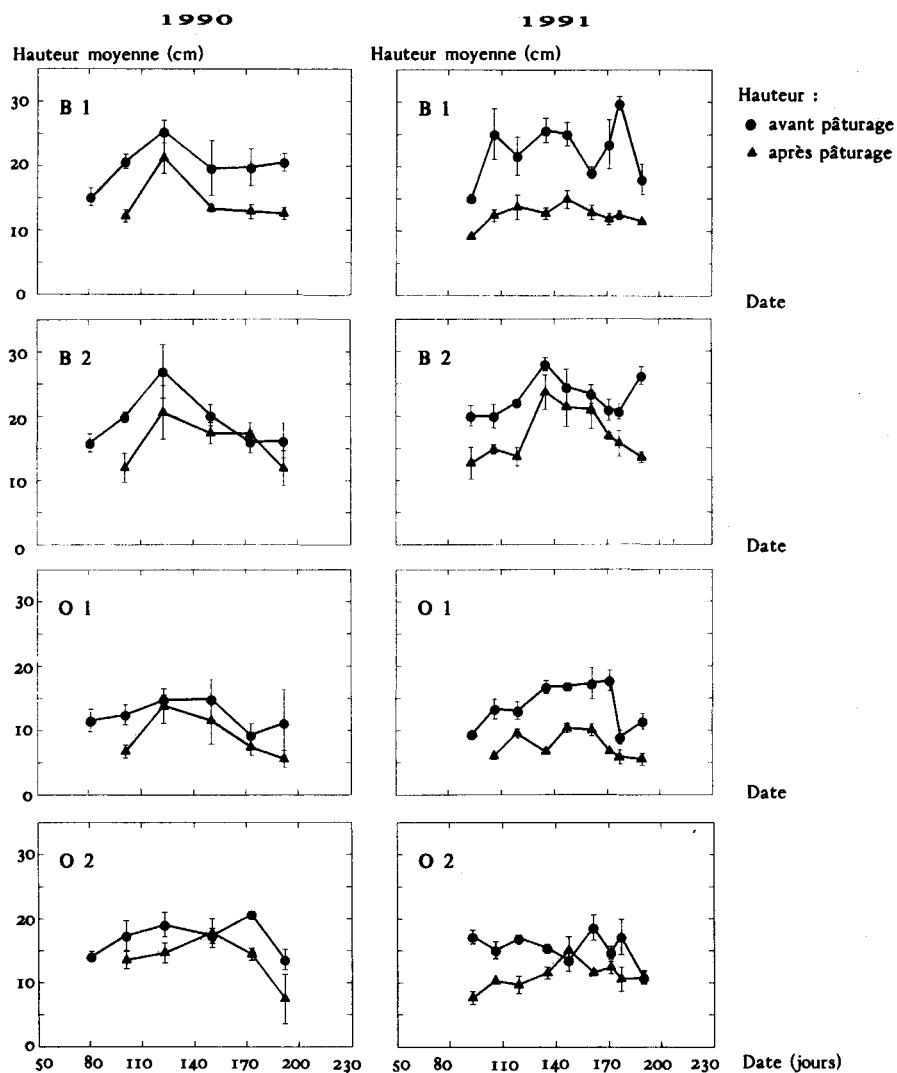


FIGURE 2 : Hauteur moyenne de l'herbe avant et après pâturage au cours de la saison (jours à compter du 1^{er} janvier) et écarts types correspondant aux mesures de 2 parcelles venant d'être ou allant être pâturées.

FIGURE 2 : Average herbage height before and after grazing during the grazing season (days from 1st January) and standard-errors corresponding to the measurements of 2 plots just grazed or going to be grazed.

Les volumes moyens disponibles par eq.v. sont plus élevés en 1991, pour O1 et surtout B2. Cependant, ils sont moins différents entre campagnes qu'entre élevages. Ils sont les plus faibles pour l'élevage O1 (moins de 170 m³/eq.v.) et les plus élevés pour l'élevage B2 (plus de 600 m³/eq.v.), les valeurs pour les élevages B1 et O2 étant intermédiaires.

En définitive, les élevages bovins ont des volumes par ha similaires alors qu'exprimées par eq.v., les valeurs varient du simple au double. Pour les élevages ovins, la différence par eq.v. est encore plus importante, mais on note un écart d'environ 50% quant aux volumes par hectare.

Exploitation	B1		B2		O1		O2	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
Volume (m ³ /ha)	1797	1653	1898	1873	1059	1011	1581	1326
- écart type	206	382	340	131	289	164	280	98
Volume (m ³ /équivalent vache)	366	336	596	841	156	167	423	311
- écart type	84	82	192	92	46	37	97	23

TABLEAU 3 : Volumes d'herbe disponibles au cours de la saison de pâturage dans les 4 élevages suivis (sommes des produits hauteur × surface par ha ou par équivalent vache) ; entre parenthèses, les écarts types calculés à partir des mesures à 6 et 5 dates, respectivement en 1990 et 1991.

TABLE 3 : Volumes of available herbage during the grazing season in the 4 monitored farms (sums of height × surface products per ha or per cow-equivalent) ; standard-errors, calculated in 1990 and 1991 from measurements at 6 and 5 dates respectively, are given in brackets.

• Estimation du prélèvement au pâturage

Les estimations de prélèvement au pâturage en terme d'énergie sont très variables selon les élevages, tout particulièrement lorsqu'elles sont exprimées par hectare (tableau 4). Pour les élevages bovins, les estimations par eq.v. sont les plus élevées pour l'année 1990. Les valeurs par hectare pour B1 sont environ 3 fois supérieures à

Exploitation	B1		B2		O1		O2	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
Energie prélevée (UF/eq.v.)	1208	998	975	737	321	546	533	436
Energie prélevée (UF/ha)	9141	5239	2964	1513	2871	4174	2182	1673

TABLEAU 4 : Estimation des quantités d'énergie prélevées au pâturage (par ha ou par équivalent vache, eq.v.).

TABLE 4 : Estimated amounts of energy taken in by grazing (per ha or per cow-equivalent, eq.v.).

celles de B2. Pour les élevages ovins, il n'y a pas de hiérarchie nette quant aux valeurs par eq.v. En revanche, une année donnée, les valeurs par hectare de l'élevage O1 sont supérieures à celles de l'élevage O2, et ce tout particulièrement en 1991.

Discussion

1. Evaluation de la conduite du pâturage à l'échelle de la parcelle

A cette échelle, les pratiques des éleveurs d'une même espèce animale diffèrent principalement par la hauteur d'herbe résiduelle ($B1 < B2$, $O1 < O2$) et peu par l'intervalle entre 2 défoliations. En revanche, cette dernière caractéristique est la plus petite pour les élevages ovins. Pour un intervalle donné entre 2 défoliations, les pertes potentielles par sénescence et litière sont a priori d'autant plus élevées que la hauteur d'herbe résiduelle est élevée. Le potentiel de production (estimé par les apports d'azote et la part des prairies à base de légumineuses, tableau 2) est a priori le plus élevé pour les élevages B1 puis O1. Ces estimations nous permettent de classer les élevages quant aux conséquences attendues des pratiques sur la croissance et les pertes par litière, ainsi qu'à leur résultante qui correspond en moyenne pour la campagne de pâturage à l'accumulation nette de biomasse ou à la quantité consommée.

Pour les élevages bovins, B1 cumule des pratiques favorables à la limitation des pertes par litière et surtout à l'expression d'un potentiel de croissance plus élevé. Pour les élevages ovins, il en est de même pour O1. Si l'on considère que les parcelles où les hauteurs ont été mesurées constituent un échantillon représentatif, le classement ainsi établi pour chacun des élevages bovin et ovin est cohérent avec les estimations de prélèvement au pâturage par hectare (tableau 4).

2. Evaluation de la conduite du pâturage à l'échelle de la sole pâturée et du troupeau

Pour un intervalle donné entre 2 défoliations, le volume d'herbe moyen par hectare, calculé sur l'ensemble des parcelles pâturées, résulte des variables ayant un effet sur l'accumulation de biomasse : effets attendus positifs (fertilisation et importance des légumineuses dans les couverts, hauteur d'herbe après pâturage) et négatifs (chargement corrigé des distributions de stocks). Les 2 élevages bovins ont des volumes similaires mais, pour B1, ils résultent vraisemblablement d'une croissance plus rapide en relation avec les apports d'azote, alors que pour B2, il s'agit avant tout d'un très faible chargement (tableau 2). Pour les élevages ovins, les mêmes remarques peuvent être faites, mais le volume supérieur pour O2 résulte vraisemblablement d'une hauteur d'herbe résiduelle bien plus élevée pour cet élevage.

Les fortes différences de volume par eq.v. observées entre les élevages résultent principalement des différences de chargement dans la mesure où les volumes par hectare et par type d'élevage sont relativement proches (B1-B2, 1990-1991 ; O1-O2, 1991). Ils fournissent une estimation du nombre de jours de pâturage possibles pour un troupeau de dimension donnée. C'est la raison pour laquelle nous avons comparé ces valeurs aux évaluations calculées a posteriori à partir du dépouillement du planning de pâturage de chaque exploitation. Les nombres de "Jours d'avance au pâturage" sont d'environ 15 jours pour les élevages bovins et 8 jours pour les élevages ovins. Pour B1 et O1, on constate une relation satisfaisante entre les 2 variables ($r^2 = 0,68$, $n = 20$). Afin d'évaluer la cohérence de cette relation, nous avons estimé les 2 variables dans la même unité. 10 "jours d'avance" (soit 150 kg de matière sèche si on considère que 1 eq.v. consomme 15 kg/jour) correspondent à environ 150 m³. D'après les résultats de DURU et BOSSUET (1992a), ce volume correspond à environ 225 kg d'herbe. On peut estimer que la quantité consommable est d'environ la moitié si les hauteurs avant et après pâture varient du simple au double. Sous réserve d'estimations plus précises, on peut donc considérer que les estimations de quantités d'herbe disponible par les 2 approches ne sont pas incohérentes pour ces 2 élevages. En revanche, pour O2 et B2, la relation entre les 2 critères est nettement moins bonne, et la pente de la relation très différente. Les valeurs de "nombre de jours d'avance" sont similaires entre les élevages 1 et 2 alors que les volumes par eq.v. sont double ou triple pour les élevages 2. Ces écarts peuvent s'expliquer par le taux de consommation de la ressource qui, nous l'avons vu, est très différent entre les 2 élevages d'une même espèce.

Dans la mesure où les volumes par eq.v. traduisent une disponibilité au pâturage, on s'attend à ce que les valeurs soient d'autant plus faibles que la part de la ration provenant des distributions à l'auge est élevée. C'est bien ce qui est observé lorsque l'on compare les élevages B1 et O1. En revanche, à quantités distribuées équivalentes (élevages ovins) ou différentes (plus élevée en B2 dans le cas des bovins), le volume d'herbe est bien supérieur pour O2 relativement à O1, de même que pour B2 relativement à B1. A moins que les structures de couverts soient très différentes entre élevages de telle sorte que les hauteurs traduisent mal les biomasses, ces résultats montrent que les pratiques des élevages B2 et O2 ne permettent pas de bien valoriser l'herbe disponible : l'éleveur est conduit ou bien à augmenter l'intervalle entre 2 défoliations, ou bien à réduire l'intensité de pâturage. C'est cette dernière pratique qui est observée.

Ces résultats montrent que les élevages B2 et O2 n'adaptent pas les distributions à l'auge aux disponibilités au pâturage. Il en résulte que le prélèvement de la ressource fourragère au pâturage n'est que très partiel. Tout se passe comme si le "programme" de ces élevages comportait une double rigidité, l'une concernant la surface affectée au pâturage, l'autre la quantité d'aliments à distribuer à l'auge. Leur stratégie

d'alimentation repose sur 2 contraintes. La première implique d'assurer la place pour le stockage du maïs ensilage. Ceci rend nécessaire la distribution d'ensilage tant que le stock n'est pas épuisé, même si la pousse de l'herbe suffit largement à l'alimentation du troupeau. La seconde correspond à l'exploitation de surfaces importantes (faible chargement) en ne faisant consommer qu'une partie du disponible, les refus et les tris étant acceptés. Bien que le broyage ou la fauche soient possibles, ces interventions sont souvent faites tardivement dans la saison.

De manière plus générale, ces résultats sont en accord avec les données expérimentales concernant l'effet du chargement sur les performances animales par ha (BÉRANGER, 1985 ; WHITE, 1987), tout particulièrement pour des troupeaux bovins laitiers (MAYNE et al., 1987 ; HODEN et al., 1991). Cependant, nous confirmons qu'il est insuffisant de ne considérer que le chargement, sans faire référence au taux d'utilisation de la ressource. En effet, le chargement instantané peut être faible mais la ressource bien valorisée ou inversement. Pour que le diagnostic puisse être assuré de manière satisfaisante, il importe donc de mettre au point un ensemble d'indicateurs commodes à utiliser au champ.

3. Quelques indicateurs pour la gestion du pâturage

Si l'objectif est de valoriser au mieux la ressource disponible, ces premiers résultats montrent d'ores et déjà que, pour la plupart des couverts utilisés, une hauteur d'herbe après pâturage (mesurée avec un sward-stick) inférieure à 12 cm pour les bovins et 10 cm pour les ovins constitue une référence. Des travaux expérimentaux sur des couverts à base de ray-grass anglais ont abouti à proposer des mesures comprises entre 4 et 9 cm (MAYNE et al., 1987 ; HODEN et al., 1991). Il est logique que ces valeurs soient inférieures puisque la hauteur est estimée avec un herbomètre à plateau. Ces références doivent être couplées au contrôle de l'intervalle entre 2 défoliations afin de maîtriser la sénescence et la qualité. A cet effet, l'établissement des caractéristiques morphogénétiques de plusieurs graminées montre que la durée de vie des feuilles, exprimée en somme de températures, est relativement constante pour une espèce donnée (DURU et al., 1993). En conséquence, le nombre de jours entre 2 exploitations successives d'une même parcelle devrait être plus court quand les températures augmentent, même si la quantité d'herbe est plus faible du fait de conditions de croissance (eau, azote) moins favorables. Ces recommandations s'éloignent des pratiques, souvent observées, concourant à l'allongement des temps de repos au cours de la saison.

Les pratiques permettant de respecter des seuils acceptables pour la hauteur d'herbe résiduelle et l'intervalle entre 2 défoliations seront très dépendantes du climat et des arrière-effets des exploitations précédentes. A cette fin, l'éleveur doit être à même de s'adapter par des décisions d'ajout ou de retrait de parcelles et de fertilisation. Il doit disposer d'indicateurs complémentaires qui ne peuvent pas s'appré-

hender uniquement au niveau de la parcelle. Le volume d'herbe par eq.v. nous semble correspondre à ce besoin. Un volume trop élevé conduira inéluctablement à augmenter l'intervalle entre 2 défoliations ou à réduire le taux de consommation de la ressource. L'objectif de volume par eq.v. (indicateur de trésorerie) dépendra alors de la stratégie de distribution de fourrages grossiers durant la période de pâturage. En conséquence, des systèmes de pâturage différant par la productivité des prairies auront les mêmes intervalles entre 2 défoliations et des hauteurs résiduelles peu différentes puisque ces 2 variables servent à contrôler l'efficacité de gestion du pâturage au niveau de la parcelle. Cependant, les volumes par hectare différeront car ils dépendront du niveau d'intensification, permis notamment par la fertilisation azotée. Les volumes par eq.v. seront par contre similaires si l'on choisit une base de mesure de hauteur d'herbe correspondant à la hauteur minimale de pâturage.

Conclusion

La comparaison d'élevages choisis pour leur différence quant à la conduite de pâturage (chargement, fertilisation azotée) a permis de montrer que les écarts de quantité d'énergie fournie par la pâture provenaient principalement de la hauteur d'herbe résiduelle et du potentiel de croissance permis par l'azote. Plus les hauteurs résiduelles sont importantes, plus les pertes par transformation du matériel sénescent en litière sont élevées. L'allongement des intervalles entre 2 défoliations ainsi qu'une croissance de l'herbe plus faible (fertilisation azotée) tendent à en renforcer les effets, tout du moins en valeur relative.

L'établissement de références à caractère opératoire pour ces 2 variables requiert des approfondissements. La hauteur d'herbe résiduelle est un moyen indirect pour estimer la quantité de feuilles qui permettent l'interception du rayonnement. L'objectif d'état de l'herbe (hauteur, longueur de feuille...) à atteindre en sortie de pâturage est un compromis entre des valeurs trop faibles qui limitent la croissance permise par le climat et des valeurs trop élevées qui entraîneront des pertes par sénescence (PARSONS, 1988).

Une bonne maîtrise du pâturage tournant ne peut toutefois pas se limiter au seul respect de variables d'état du peuplement à l'échelle de la parcelle. En effet, ces variables sont inadéquates pour décider des ajouts ou des retraits de parcelles. C'est pourquoi, nous avons proposé de considérer le volume d'herbe par eq.v. dans la mesure où toute exploitation partielle de la ressource ou toute augmentation de l'intervalle entre 2 défoliations au delà de certains seuils traduisent un excédent d'herbe au niveau de la sole. L'estimation régulière d'un volume au niveau de la sole serait alors un moyen d'aider au choix du nombre de parcelles. En définitive, c'est un ensemble de trois critères qu'il convient de considérer pour la maîtrise du

pâturage tournant. Dans le cas du pâturage continu, la mesure de hauteur qu'il est proposé de contrôler (HODGSON, 1985) correspond de fait à la fois à deux des trois mesures : hauteur d'herbe résiduelle et volume par eq.v. puisqu'une seule parcelle est utilisée. Mais, tout comme en pâturage tournant, il importe de s'adapter aux variations de croissance de l'herbe et d'établir des règles de décision permettant de maintenir une hauteur d'herbe donnée (HUTCHINGS et al., 1992), après pâturage dans notre situation.

Le présent travail réalisé chez des éleveurs gagnerait à être précisé, notamment de façon à interpréter plus rigoureusement les mesures de hauteur d'herbe tant du point de vue de l'interception du rayonnement que des pertes potentielles par transformation du matériel sénescé en litière. Il devra aussi être étendu à un nombre plus important de situations, de façon à disposer d'une large gamme de systèmes selon le niveau d'intrants (intensification) et le niveau de valorisation de la ressource offerte (maîtrise). Ces précisions permettraient de prolonger nos investigations dans des domaines aussi divers que la maîtrise des coûts de production (choix de stratégie d'alimentation) et l'utilisation de l'espace par l'élevage (gestion du territoire et lutte contre l'enfrichement).

Accepté pour publication, le 9 février 1994

Remerciements

Nous tenons à remercier J.L. FIORELLI pour les remarques qu'il nous a faites lors de la rédaction.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BÉRANGER C. (1985) : "Increasing production efficiency in plant animal systems", *Proc. XVth Intern. Grassl. Cong.*, Kyoto, 24-31 août, 98-103.
- BIRCHAM J.S. (1981) : *Herbage growth and utilisation under continuous stocking management*, Ph.D. thesis, University of Edinburgh.
- DURU M., BOSSUET L. (1992a) : "Estimation de la masse d'herbe par le "sward-stick". Premiers résultats", *Fourrages*, 131, 283-300.
- DURU M., BOSSUET L. (1992b) : "Gestion du pâturage tournant I- Bases écophysiologicals", "L'extensification en production fourragère", *Fourrages*, n° spécial, 122-123.
- DURU M., NOCQUET J., BOURGEOIS A. (1988a) : "Le système fourrager un concept opératoire ?", *Fourrages*, 115, 251-272.
- DURU M., PAPY F., SOLER L.G. (1988b) : "Le concept de modèle général et l'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole", *C. R. Acad. Agr. Fr.*, 74, 4, 81-93.

- DURU M., FIORELLI J.L., OSTY P.L. (1988c) : "Propositions pour le choix et la maîtrise du système fourrager. I. Notion de trésorerie fourragère", *Fourrages*, 113, 37-56.
- DURU M., GIBON A., OSTY P.L. (1990) : "De l'étude des pratiques à l'aide à la décision. L'exemple du système fourrager", *Actes du Séminaire du Département SAD*, St Maximin, 2-3 mars 1989, 159-179.
- DURU M., JUSTES E., LANGLET A., TIRILLY V. (1993) : "Comparaison des dynamiques d'apparition et de mortalité des organes de fétuque élevée, dactyle et luzerne (feuilles, talles et tiges)", *Agronomie*, 13, 237-252.
- FIORELLI J.L. (1992) : *Diagnostic de gestion des ressources fourragères. Le cas du pâturage tournant des vaches laitières dans 4 exploitations des Hautes-Vosges et à la station expérimentale de Mirecourt*, thèse, Institut National Agronomique de Paris-Grignon, 197 p.
- GILBERT J., MATHIEU A. (1989) : "Biotechnical indicators for practical herbage management", *Grassland systems approaches, some french research proposals, Workshop "Research on grassland systems"*, Ed. Capillon A., *XVIth Int. Grassl. Cong.*, Nice, France, 4-11 octobre, 137-146.
- GILLET M., HUGUET L., LE ROY A., POSNY P. (1980) : "Peut-on concilier pâture et plein emploi des graminées fourragères ? Nouvelle approche d'un vieux problème (II)", *Fourrages*, 81, 3-20.
- HODEN A., MICOL D., LIÉNARD G., MULLER A., PEYRAUD J.L. (1986) : "Interprétation des essais de pâturage avec des bovins : terminologie, modes de calcul, bilans annuels", *Bull. Tech. C.R.Z.V., Theix*, (63) 3-42.
- HODEN A., MULLER A., PEYRAUD J.L., DELABY L., FAVERDIN P. (1991) : "Pâturage pour vaches laitières. Effets du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié", *Productions animales*, 4 (3), 229-240.
- HODGSON J. (1985) : "The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures", *Proc. XVth Int. Grassl. Cong.*, Kyoto, 24-31 août, 63-67.
- HUTCHINGS N.J., BOLTON G.R., BARTHAM G.T. (1992) : "Decision rules for controlling the sward height of continuously grazed experimental pastures", *Grass and For. Sci.*, 47, 41-49.
- JARRIGE R. et al. (1988) : *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA Ed., 471 pp.
- LE DU Y.L.P., COMBELLAS J., HODGSON J., BAKER R.D. (1979) : "Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2 The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance", *Grass and For. Sci.*, 34, 249-260.
- LEMAIRE G. (1985) : *Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée pendant l'hiver et le printemps*, thèse de Doctorat d'Etat, Université de Caen.

- MATHIEU A. (1989) : "A view point on herbage systems in farms : management programme", *Grassland systems approaches, some french research proposals, Workshop "Research on grassland systems"*, Ed. Capillon A., *XVIIth Int. Grassl. Cong.*, Nice, France, 4-11 octobre, 129-136.
- MAYNE C.S., NEWBERRY R.D., WOODCOCK S.C.F., WILKINS R.J. (1987) : "Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows", *Grass and For. Sci.*, 42, 59-72.
- PARSONS A.J. (1985) : "New light on the grass sward and the grazing animal", *Span*, 28, (2), 47-49.
- PARSONS A.J. (1988) : "The effect of season and management on the growth of grass swards", *The Grass Crop*, Ed Jones M. B., Lazenby A., 129-178.
- PARSONS A.J., ROBSON M.J. (1980) : "Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). 1. Response of leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth", *Annals of Botany*, 46, 435-444.
- WHITE D.H. (1987) : "Stocking rate", *Ecosystems of the world. 17B. Managed Grasslands. Analytical studies*, Ed. Snaydon R.W., 91-100.

RÉSUMÉ

Pour étudier la conduite et la valorisation du pâturage tournant d'élevages laitiers, nous avons comparé 4 élevages (2 bovins et 2 ovins) très différents 2 à 2 quant au chargement et à la fertilisation azotée. Les estimations de quantité d'énergie fournie par la pâture sont plus élevées pour les élevages à fort chargement. Les valeurs les plus basses correspondent aux situations où la hauteur d'herbe résiduelle est la plus élevée et la croissance a priori la plus faible compte tenu des apports d'azote. Nous émettons l'hypothèse que les pertes par transformation du matériel vert et sénescent en litière entre 2 défoliations sont d'autant plus importantes que la hauteur d'herbe résiduelle est élevée. De plus, si la croissance est faible, le taux de perte s'accroît en valeur relative.

Ces premiers résultats nous permettent de discuter des modalités de gestion du pâturage tournant. La hauteur d'herbe résiduelle mesurée par un "sward stick" est un moyen indirect d'estimation de la quantité de feuilles potentiellement sénescentes pour un intervalle entre deux défoliations donné. Les hauteurs les plus basses (moins de 12 cm pour les bovins et de 10 cm pour les ovins) permettent de mieux valoriser l'herbe disponible que des valeurs plus élevées. Cependant, ces variables d'état du peuplement observables à l'échelle de la parcelle sont inadéquates pour décider des ajouts ou des retraits de parcelles. A cette fin, nous avons proposé de considérer le volume d'herbe par équivalent vache, calculé à partir de mesures de hauteur d'herbe sur l'ensemble des parcelles de la sole pâturée. L'estimation régulière d'un volume au niveau de la sole serait alors un indicateur permettant d'adapter la surface pâturée.

SUMMARY

Proposals for the choice and the control of forage systems. II- Management of rotational grazing in dairy farms.

In order to study rotational management in dairy farms, we compared pairwise 4 farms (2 with dairy cows and 2 with dairy ewes) differing in stocking rates and in nitrogen supplies. The estimated amounts of energy provided from grazing were highest in the farms with a high stocking rate. The lowest estimations came from cases where residual herbage was greatest and nitrogen supply smallest. We hypothesize that the losses from senescent leaves between two defoliations increased with residual plant height.

On the basis of these first results, the practices of management of rotational grazing are discussed. Residual sward height was an indirect means of estimating the amount of potentially senescent leaves. We showed that the lowest observed sward height (less than 12 cm for cows, and less than 10 cm for ewes) provided a better value from the available herbage than greater heights. However, these sward characteristics were inadequate for deciding which plots to add or to remove. To do this, we propose to consider the volume of available herbage per livestock unit (cow equivalent), calculated from sward height measurements taken on all the plots used for grazing. Regular estimations of volume could be a means of adapting the area allotted to grazing.