

INRA Prod. Anim.,
2000, 13 (5), 325-336

M. DURU

INRA, Agronomie, BP 27, 31326 Castanet
Tolosan Cedex

courriel : mduru@toulouse.inra.fr

Le volume d'herbe disponible par vache : un indicateur synthétique pour évaluer et conduire un pâturage tournant

Les conseils aux éleveurs pour la gestion du pâturage combinent souvent des références régionales de chargement par saison et système-type, et des recommandations à la parcelle, hauteur résiduelle par exemple. C'est alors à l'éleveur que revient la difficile tâche de concilier ces recommandations qui ne portent pas sur les mêmes échelles d'espace et de temps. Nous proposons un indicateur qui prend en compte l'ensemble de ces éléments de façon à évaluer une conduite de pâturage ou la préparer.

La place du pâturage dans les calendriers alimentaires peut être très variable selon les élevages au sein d'une même région. Il s'agit d'un choix de système qui peut être motivé par des considérations internes (caractéristiques des surfaces et des bâtiments) ou externes aux élevages (mesures réglementaires, filières) (Osty et Lardon 1999). Il n'en

reste pas moins que, quelle que soit la place du pâturage, il importe de concevoir une conduite adaptée. Cette conduite correspond toujours à un compromis entre la recherche d'une efficacité d'utilisation élevée (taux d'utilisation de l'herbe produite, Lemaire 1999) et des contraintes de mise en œuvre liées aux caractéristiques des surfaces, à l'organisation du travail ou à des considérations économiques, qui peuvent conduire à choisir une efficacité moindre.

Résumé

Gérer un système de pâturage nécessite de définir de manière cohérente trois types de règles. Les règles de planification s'appuient le plus souvent sur des référentiels régionaux (chargement par saison en fonction des apports d'azote). Les règles opératoires (hauteur d'herbe résiduelle, intervalle entre deux utilisations) sont issues d'expérimentations. Les règles d'adaptation ne sont généralement pas spécifiées précisément ; cependant des moyens d'adaptation sont proposés (ajout ou retrait de parcelles) ainsi que des indicateurs de déclenchement de ces adaptations (état de l'herbe par exemple). La difficulté de conduite d'un système de pâturage est de rendre cohérent ces trois ensembles de règles. Il s'agit par exemple de dimensionner la surface allouée par vache de façon à obtenir une hauteur d'herbe résiduelle permettant une efficacité agronomique élevée, tout en minimisant les adaptations à faire entre saisons et années.

A partir de suivis de pâturage dans trois réseaux d'élevage, nous montrons que le volume d'herbe disponible par équivalent vache - VHD - (somme des produits surface x hauteur de l'herbe des différentes parcelles, divisée par le nombre de vaches) est un indicateur permettant de relier les différentes règles de conduite du pâturage. En outre, les observations détaillées de la structure de la prairie pâturée pour différentes valeurs de VHD permettent de définir des seuils pour concilier les recommandations à l'échelle de la parcelle et la simplicité de conduite.

Pour des élevages bovins-lait, les recommandations établies de longue date s'appuient sur des résultats expérimentaux et des expertises locales. Pour le pâturage continu, les expérimentations ont permis de définir des hauteurs optimales qui permettent de maximiser l'efficacité d'utilisation (Le Du *et al* 1981). En pâturage tournant, de telles références sont basées sur la hauteur d'herbe résiduelle (Le Du *et al* 1979, Mayne *et al* 1987) et sont assorties de la définition d'un temps de repos optimal qui peut varier au cours de la saison de pâturage. Ces résultats expérimentaux sont traduits en termes de recommandations par les organismes de développement (Thébaud *et al* 1998). Une efficacité élevée d'utilisation de l'herbe produite nécessite d'adapter fréquemment et précisément le chargement au cours de la saison de pâturage

et chaque année, de façon à réduire le plus possible la surface allouée, sans toutefois pénaliser les quantités ingérées. A titre d'exemple, sur la base de cinq années d'expérimentation en Normandie, le chargement moyen par cycle de pâturage a varié du simple au double entre cycles successifs (Delaby et Peyraud 1998). Pour un troupeau de 50 vaches utilisant en moyenne 10 parcelles de 1 ha en plein printemps, un coefficient de variation de 15 % correspond à des écarts entre années pouvant atteindre 2 ha en plus ou en moins de cette surface moyenne au cours d'un cycle. Si les ajustements ne peuvent être faits au bon niveau et au bon moment pour les raisons évoquées ci-dessus, il s'ensuit une moindre efficacité du pâturage, voire une diminution des performances zootechniques lorsque cela entraîne une réduction de la quantité d'herbe ingérée ou de sa qualité. Dans un souci de simplification de la conduite, ou bien pour sécuriser l'alimentation sans avoir recours à la distribution de stock en cas de ralentissement de courte durée de la croissance de l'herbe, certains éleveurs préfèrent surdimensionner la sole pâturée (Duru *et al* 1988, Bossuet et Duru 1994). Une telle stratégie peut en outre être recherchée pour assurer le pâturage aux périodes présumées de ralentissement durable de la croissance de l'herbe. La création de report sur pied (Coléno et Duru 1998) suppose d'ajouter des parcelles et d'augmenter la durée entre deux utilisations d'une même parcelle (Wilkins 1995).

Les expertises locales ont comme objectif de fournir des références de dimensionnement du système de pâturage (date de mise à l'herbe, fertilisation azotée, chargement par petite région et système d'élevage (voir Delaveau *et al* 1999 par exemple). Ce dimensionnement est conçu de façon à ce que les règles de conduite préconisées à l'échelle de la parcelle puissent facilement être mises en œuvre. Il correspond à la définition à l'avance de grands équilibres entre l'offre de fourrage (combinaisons de fertilisation azotée et de surface allouée) et la demande (nombre de vaches) par saison pour tenir compte des variations de la demande et surtout de l'offre (climat). Ces référentiels étant supposés connus, il subsiste deux difficultés. Lorsqu'une efficacité maximale n'est pas recherchée, il est nécessaire de disposer de repères pour savoir si les règles mises en œuvre restent encore dans un domaine qualifiable de «bonne conduite agronomique». A notre connaissance, les références à ce sujet font défaut. La deuxième difficulté a trait à la conduite de pâturage. En effet, il n'y a pas de relation simple et explicite entre les recommandations « systèmes » établies à l'échelle du système de pâturage et à valeur locale (les référentiels de chargement) et les recommandations « parcelles » qui sont à valeur générale (hauteur d'herbe résiduelle par exemple). Autrement dit, le chargement optimal est difficile à définir. Il manque un indicateur qui assure un lien entre ces deux types de recommandations de façon à anticiper de quelques jours les ajouts ou retraits de parcelles (Parsons et Chapman 1998).

Nous proposons un tel indicateur, le volume d'herbe disponible (VHD), pour informer les deux types de règles. En s'appuyant sur des pratiques d'éleveurs (Duru *et al* 1988) et des résultats expérimentaux (Fiorelli 1992), le concept de trésorerie fourragère a d'abord été défini en termes de «jours de pâturage d'avance», puis quantifié en termes de VHD à partir du calcul des disponibilités par vache à l'échelle de la sole (Bossuet et Duru 1994), par des mesures de hauteur d'herbe selon des conventions rappelées plus loin. Notre objectif est d'analyser la signification de différences de VHD entre élevages ou de variations au cours de la saison de pâturage, de façon à aider aux choix de stratégies de pâturage et contrôler leur mise en œuvre.

Tout d'abord, nous synthétiserons les données moyennes de campagne de pâturage de printemps de trois dispositifs de suivis d'élevages déjà publiés (Duru *et al* 1997b, 1999a et 2000) pour montrer que le VHD permet de rendre compte aussi bien de l'effet de différentes combinaisons -chargement x nutrition azotée des prairies- que de différences de hauteur résiduelle après pâturage. Ensuite, à partir de l'analyse des variations de conduite observées en cours de campagne et de l'étude de la structure du couvert, nous montrerons la pertinence et les limites de l'indicateur VHD pour juger du dimensionnement de la sole (la prévision en début de campagne de la surface à allouer en fonction des apports d'azote) et des règles de conduite qui consistent à anticiper de quelques jours les affectations de parcelles.

1 / Définition du volume d'herbe disponible par vache (VHD)

Le volume d'herbe disponible par équivalent-vache (eqV) est calculé à partir des mesures de hauteur d'herbe (H en base 5, soit H=0 pour une hauteur de 5 cm) sur l'ensemble des parcelles affectées au pâturage. Soit, pour n parcelles de surface S :

$$\text{VHD} = \left(\sum_{i=1}^n H_i \times S_i \right) / \text{eqV}$$

A l'échelle de la sole pâturée, la masse d'herbe disponible par vache sur une parcelle est la résultante des flux de croissance, de consommation et de sénescence. Le flux de croissance est fonction du climat et de l'azote. La quantité d'azote disponible étant dépendante, outre de la fertilisation, du sol et de l'histoire culturale des parcelles (Duru *et al* 1997a), un indicateur intégrateur, le niveau de nutrition azotée de la prairie (N_i) peut être calculé à partir de la connaissance de la quantité de biomasse aérienne et de sa teneur en azote (Lemaire et Gastal 1997). Le flux de consommation dépend du chargement. Le flux de sénescence correspond à une fraction du flux de croissance et croît avec la quantité d'herbe résiduelle après pâturage (Parsons 1988). Il peut donc être exprimé en fonction des flux de croissance et de consommation (Duru *et al* 2000). Compte tenu des relations entre biomasse et hauteur

Le volume d'herbe disponible par vache est calculé à partir des mesures de hauteur d'herbe sur les parcelles destinées au pâturage.

d'herbe (Duru et Ducrocq 1998), la résultante de ces flux peut être exprimée soit en hauteur sur une parcelle, soit en volume pour l'ensemble des parcelles utilisées au pâturage. Pour des caractéristiques climatiques données, le volume d'herbe disponible par vache sera alors fonction de la nutrition azotée de la prairie et du chargement. Il caractérise le dimensionnement de la sole pâturée : des valeurs faibles ou élevées sont le signe respectivement d'un sous- ou d'un surdimensionnement de la surface allouée.

Pour des modes homogènes d'exploitation des parcelles, un VHD élevé se traduit par une hauteur résiduelle élevée après pâturage et/ou un intervalle long entre deux utilisations. Mais la relation entre ces variables de conduite et le volume d'herbe dépend de la surface d'herbe allouée par vache. En effet, 1 cm de hauteur supplémentaire sur l'ensemble des parcelles de la sole correspond à une avance par vache d'autant plus faible que le chargement est fort. Sous cette réserve et si la conduite des parcelles de la sole est homogène, le VHD renseigne sur les règles de conduite mises en œuvre parcelle par parcelle. En outre, le VHD est corrélé négativement à la digestibilité de l'herbe offerte (Duru *et al* 1997b, 1999a). En effet, au pâturage, la digestibilité dépend non seulement du temps de repousse, mais aussi de la longueur de la gaine (Duru et Ducrocq 2000), qui peut être modifiée par la hauteur de pâturage. Le VHD, en fournissant une vue d'ensemble de l'état de l'herbe de la sole pâturée à différents moments de la campagne, est un indicateur de la composante tactique du pâturage.

2 / Conduite de l'étude

2.1 / Les élevages

Pour chacune des trois études conduites dans le département de l'Aveyron, les caractéristiques du système fourrager et de la conduite des troupeaux ont été présentées précédemment (Duru *et al* 1997b, 1999a et 2000), et seules les données de conduite de pâturage sont résumées dans le tableau 1. La première étude, réalisée de 1992 à 1994 dans le Segala, concerne quatre élevages laitiers, deux bovins et deux ovins, qui tous utilisent du maïs durant la période hivernale. Pour chaque type de production, le choix des exploitations a été réalisé de façon à avoir des chargements moyens très différents au début de l'étude (Bossuet et Duru 1994). La deuxième étude (Ségala), réalisée en 1996, concerne 6 élevages viande produisant du veau ou du broutard. La troisième étude (région du Levezou, 1997) concerne cinq couples d'élevages bovin laitiers. Chacun des couples a été noté A, B, C, D et E ; le chiffre 1 indiquant, d'après les conseillers d'élevage, une bonne maîtrise du pâturage. L'alimentation hivernale est à base d'ensilage d'herbe et de foin, excepté pour les élevages D, pour lesquels les conditions pédoclimatiques permettent de cultiver du maïs utilisé en ensilage.

Du point de vue climatique, les températures moyennes journalières au printemps ont été de

9,2 ; 9,2 et 12,4°C respectivement en 1992, 1993 et 1994 ; 12°C (1996) et 11°C (1997) à 960 m d'altitude. L'année 1994 se singularise par un déficit hydrique en début et fin de printemps. Mais c'est en 1997 qu'il y a le plus de particularités : les températures sont élevées en début de période et la sécheresse est précoce. Globalement, les conditions de croissance ont été les plus favorables en 1996.

2.2 / Les mesures

La collecte de données et les mesures ont été effectuées durant la période de pâturage de printemps, de la fin de l'hiver à fin juin. La hauteur de l'herbe est mesurée avec une règle graduée (Bircham 1981, Duru et Bossuet 1992), de 6 à 11 fois (première étude) et à 4 dates (deuxième et troisième études) sur l'ensemble des parcelles affectées au pâturage, que la parcelle vienne d'être pâturée ou qu'elle n'ait pas été pâturée depuis plusieurs semaines. De l'ensemble de ces données il est possible d'extraire les mesures de hauteur d'herbe sur la parcelle qui vient d'être pâturée (hauteur sortie) et sur la parcelle qui va être pâturée (hauteur entrée). Des prélèvements de biomasse (4 répétitions de 0,25 m²) ont été effectués à 1 cm au-dessus du sol avec une mini-tondeuse, de façon à analyser la teneur en azote et la digestibilité de l'herbe offerte (NIRSystem 4500.TM, Lial, Aurillac). Pour la première étude, les mesures ont été effectuées sur tous les cycles de pâturage pour 3 parcelles, soit 3 à 5 fois par parcelle. Pour les deuxième et troisième études, cette mesure a été faite aux quatre dates sur les deux prochaines parcelles à pâturer, soit 8 données par élevage.

Pour la première étude, le dactyle est l'espèce dominante dans chacune des trois parcelles suivies (au moins 35 % en contribution spécifique) et 40 talles ont été prélevées avant et après chaque pâturage pour mesurer la longueur des limbes des différents rangs et la longueur de la gaine. S'il reste des limbes, la hauteur de la gaine est définie par l'insertion de la feuille ligulée la plus jeune.

2.3 / Le traitement des données

La conduite du pâturage a été analysée à partir de données brutes (temps de séjour sur une parcelle, intervalles entre deux pâturages successifs sur une même parcelle, date de mise à l'herbe) ou, le plus souvent, transformées selon les procédures décrites ci-dessous, à chaque date de mesure, puis globalement au printemps. La hauteur d'herbe est mesurée en base 0 puis convertie en base 5 cm pour estimer le volume d'herbe disponible par vache. Ce choix est justifié par le fait que des études détaillées ont montré que la variabilité de la biomasse pour une même hauteur est réduite lorsqu'on ne considère pas l'horizon proche du sol (Duru et Ducrocq 1998).

Les calendriers de pâturage et d'alimentation permettent de calculer un chargement (nombre d'équivalent vache divisé par la surfa-

ce pâturée au cours d'un cycle), ainsi que le chargement corrigé qui tient compte des distributions à l'auge, dont les valeurs ont été recueillies par enquête. Pour ce calcul, on considère que 7 brebis=1 équivalent vache et qu'un équivalent-vache ingère 15 kg de MS par jour. Le chargement est donc corrigé au prorata des quantités d'aliments distribués. Pour comparer les dates de mise à l'herbe dans les élevages situés à des altitudes différentes, ainsi que les durées de la période de transition, ces dates ont été exprimées en fonction du cumul de températures journalières (base 0) depuis le premier février, date qui correspond à un changement de physiologie de l'herbe (Parsons et Robson 1980). La valeur de 400 degrés-jours (dj) a été retenue.

Le niveau de nutrition azotée de l'herbe a été calculé, aux dates de prélèvement de biomasse, sur la base de la référence de Lemaire *et al* (1989), à partir de la teneur en azote et de la biomasse récoltée. $N_i = 100 N\% / 4,8 MS^{0,32}$ (MS en t/ha). Cet indice N_i peut varier de 20 (valeur minimale pour qu'il y ait croissance) à plus de 100 ; la valeur de 100 indiquant que la croissance n'a pas été limitée par la fourniture d'azote (Lemaire et Gastal 1997).

3 / Résultats et discussion

3.1 / Le dimensionnement du pâturage et sa conduite au printemps

a / Chargement, nutrition azotée des prairies et volume d'herbe disponible (tableau 1)

L'indice de nutrition azotée est très variable entre élevages, quelle que soit l'étude considérée : de moins de 60 (B1 et C1 dans l'étude 3) à plus de 90 (B1 dans l'étude 1). Compte tenu de la relation de proportionnalité entre croissance de l'herbe et indice de nutrition azotée (Bélanger *et al* 1992), de telles valeurs indiquent que 60 à 90 % du potentiel de croissance permis par le climat a été atteint.

Les chargements corrigés sont très variables entre élevages d'une même étude : de moins de 2,5 (élevages ovins certaines années, la moitié des élevages dans l'étude 3) à plus de 4,5 (élevage B1 étude 1 et deux élevages dans l'étude 2). Pour l'étude 3, où les différences d'altitude

Tableau 1. Caractérisation de la conduite de pâturage dans les trois études. B : bovin-lait, O : ovin-lait, Ve : veau de l'Aveyron, Br : brutard, dans l'étude 3, élevages A à E : bovin-lait.

Année	Altitude (m)	Date réf. ⁽¹⁾	Conduite de pâturage de la fin de l'hiver à l'été			Conduite de pâturage au printemps		Nombre de jours de pâturage jusqu'au 1/07		Analyse de l'herbe ⁽³⁾ offerte (%MS)	
			Chargement corrigé	N_i ⁽²⁾	VHD ⁽³⁾	Date mise à l'herbe	Transition ⁽³⁾	Plein pâturage	Avec la transition	Teneur en azote	Digestibilité
Etude 1											
B1	92	05/04	4,6	96	321	13/04	27	62	75	3,20	72
	93	07/04	4,6	90	271	05/04	29	70	84	2,85	65
	94	25/03	4,7	93	341	10/04	45	57	79	3,07	65
	94	05/04	2,8	80	614	02/04	28	73	87	2,63	62
B2	92	07/04	2,4	76	514	21/03	57	70	99	2,77	61
	93	25/03	3,8	87	384	22/03	42	77	98	3,08	61
	94	10/04	3,6	74	256	09/04	21	70	80	2,78	70
O1	92	12/04	3,2	84	298	31/03	14	82	89	2,98	61
	93	31/03	2,3	83	403	06/04	29	68	83	2,98	60
	94	05/04	2,3	77	600	10/04	18	70	79	2,80	64
O2	92	08/04	3,5	68	299	08/04	34	64	81	2,26	63
	93	27/03	2,6	76	644	10/04	29	64	79	2,94	66
	94										
Etude 2											
Ve1	96	20/04	5,1	81	206	13/04	4	74	76	3,03	71
Br1		20/04	2,6	80	648	11/04	4	76	78	2,42	67
Ve2		25/04	5,0	68	151	28/03	17	86	92	2,25	72
Br2		25/04	3,4	64	318	05/04	5	82	84	2,25	71
Ve3		20/04	3,8	63	345	16/04	6	70	73	2,45	69
Br3		20/04	4,3	68	294	13/004	5	73	76	2,70	71
Etude 3											
A1	97	21/03	2,4	81	565	12/04	13	70	77	2,63	68
A2		21/03	3,1	78	625	23/04	8	62	66	2,28	66
B1		28/03	3,5	83	470	21/04	19	58	68	2,71	68
B2		28/03	2,4	74	667	01/04	19	78	88	2,40	68
C1		28/03	3,7	78	372	28/04	25	50	62	2,57	70
C2		24/03	2,8	57	92	30/03	0	90	90	2,90	72
D1		20/03	2,3	76	578	06/04	25	61	83	2,49	69
D2		24/03	2,0	70	778	19/04	/		72	2,43	70
E1		17/03	3,1	79	339	15/04	11	69	74	2,61	68
E2		17/03	1,8	79	668	17/03	25	91	103	2,67	

⁽¹⁾ Date à laquelle la somme des températures moyennes journalières atteint 400 degrés-jours à compter du 1 février ; une correction est effectuée pour tenir compte de la différence d'altitude entre la station de mesures et l'élevage sur la base de 0,6°C par 100 m.

⁽²⁾ Niveau de nutrition en azote de la prairie (valeur moyenne des mesures aux différentes dates).

⁽³⁾ Valeur moyenne des mesures aux différentes dates.

entre élevages sont importantes, il n'y a pas d'effet de cette variable sur le chargement. Le chargement n'est corrélé significativement à l'indice de nutrition azotée de l'herbe que dans l'étude 1 ($P < 0,05$).

Les volumes d'herbe sont plus variables entre élevages que ne le sont les chargements et les indices de nutrition azotée. Parmi les élevages d'une même étude, les valeurs peuvent varier de 1 à 2 (étude 1) et jusqu'à 1 à 7 (étude 3). La prise en compte du VHD dans l'établissement des régressions montre que les variables nutrition azotée (N_i) et VHD sont respectivement corrélées positivement et négativement au chargement (tableau 2). Si on considère des valeurs moyennes des variables ($N_i = 80$, VHD = 300), on obtient des chargements similaires pour les études 1 et 3 (3,4) mais supérieurs pour l'étude 2 (4,6). Pour cette raison, nous n'avons fait figurer à titre d'exemple (figure 1) les relations entre chargement corrigé, nutrition azotée et VHD, que pour les élevages des études 1 et 3.

b / Intervalle entre deux utilisations et hauteur résiduelle

L'intervalle entre deux utilisations de la parcelle, de même que la hauteur résiduelle de l'herbe varient beaucoup entre élevages, bien qu'il s'agisse de moyennes sur tout (intervalle) ou partie (hauteur) des parcelles (figure 2). La date de mise à l'herbe doit être analysée en fonction des variations d'altitude pour une même étude. Pour la première, la mise à l'herbe est postérieure au seuil de 400 dj (B1), antérieure (B2) et variable pour les élevages ovins (cf tableau 1). Dans tous les cas, les transitions sont longues. Pour la deuxième étude, la mise à l'herbe se fait toujours avant le seuil de 400 dj et les transitions sont courtes. Pour la troisième étude, la mise à l'herbe a lieu après le seuil de 400dj et la durée de la transition est intermédiaire entre celles des études 1 et 2. Lorsqu'on tient compte des conditions de croissance de l'herbe au printemps, les élevages de l'étude 2 se caractérisent donc par

une contribution du pâturage plus grande que dans les élevages laitiers.

Le VHD est corrélé significativement à la hauteur d'herbe résiduelle ou à l'interaction avec l'intervalle moyen entre deux utilisations (tableau 2). Autrement dit, le VHD est d'autant plus élevé que la hauteur d'herbe résiduelle moyenne, ou son interaction avec l'intervalle entre deux utilisations est élevé. On note en outre que le coefficient de corrélation est plus élevé pour chacune des trois études lorsqu'on prend en compte le chargement (tableau 2).

c / Digestibilité et teneur en azote de l'herbe offerte

Au sein d'une même étude, les différences moyennes de digestibilité de l'herbe offerte

Figure 1. Relation entre le chargement corrigé et le niveau de nutrition en azote des prairies (données moyennes par campagne). Les droites correspondent à des courbes d'iso-volume. Ces courbes ont été ajustées à partir des données des études 1 et 3 ($n=22$, $r^2=0,68$, $se=0,46$).

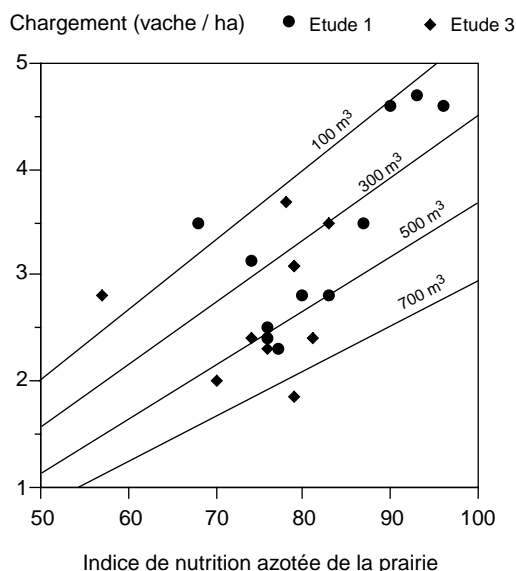
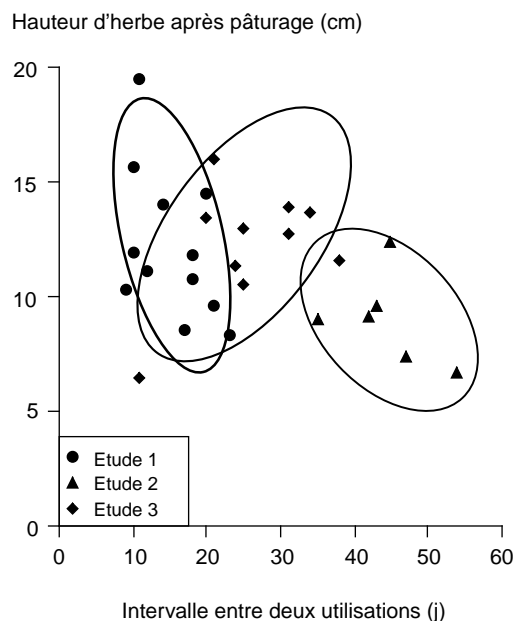


Tableau 2. Régressions entre le chargement et/ou le volume d'herbe et des variables de conduite du pâturage : hauteur d'herbe en sortie (hs), intervalle entre deux utilisations (Int), niveau de nutrition azotée (N_i) du pâturage, chargement (Ch), volume d'herbe disponible (VHD).

Etude (nb données)	Constante	Variables explicatives				
		N_i	VHD	$N_i \times VHD$	R^2	P
Chargement	1 (12) 2 (6) 3 (10)	-2,32	0,082			
		2,93	0,042	-0,00034	0,66	0,01
		0,37	0,048	-0,0026	0,91	0,05
VHD	1 (12) 2 (6) 3 (10)	63	28,6			
		-198	61,6		0,36	0,01
		54		1,4	0,66	0,05
VHD	1 (12) 2 (6) 3 (10)	243	25			
		370	43		0,67	0,01
		74	44	9	0,98	0,01

La conduite du pâturage varie beaucoup selon les élevages étudiés : chargement corrigé de 2 à 5, indice de nutrition azotée de l'herbe de 57 à 96.

Figure 2. Relation entre la hauteur résiduelle en sortie de pâturage et l'intervalle entre deux utilisations successives d'une même parcelle (données moyennes par campagne).



entre élevages atteignent respectivement 10, 5 et 6 points pour les 3 études (tableau 1). Pour l'étude 1, il y a un effet significatif de l'année : la digestibilité est moins élevée quand la température moyenne durant la période d'étude est plus élevée. Dans tous les cas, on note une diminution significative au cours de la période de pâturage en fonction de la date de mesure ($P < 0,001$; non montré). Les valeurs moyennes de digestibilité sont corrélées significativement à la hauteur d'herbe résiduelle après pâturage ($P < 0,001$) ainsi qu'au volume d'herbe offert par vache ($P < 0,05$), (tableau 3).

Dans les 3 études, la hauteur d'herbe après pâturage est plutôt élevée, ce qui n'est pas forcément un avantage puisque cela correspond, pour les graminées, à une proportion de gaines plus importante.

L'effet de la conduite du pâturage sur la digestibilité de l'herbe offerte a été observé dans de nombreuses expériences (Kristensen 1988, Hoogendoorn *et al* 1992). La diminution de la digestibilité résulte d'une plus grande proportion de matériel sénescé, mais aussi d'une moindre digestibilité des feuilles vertes. En effet, pour un niveau de nutrition azotée donné, la digestibilité des feuilles de graminées décroît avec la longueur de la gaine (Duru *et al* 1999b), cette dernière dépendant de la hauteur de défoliation. En outre, la diminution de la digestibilité observée au cours du printemps résulte d'une élévation de la température (Deinum et Dirven 1970, Wilson et Minson 1980).

Tableau 3. Expression de la digestibilité de l'herbe offerte en fonction du volume d'herbe disponible (VHD) et de la températures (données moyennes de la campagne).

Etude	1	2	3
Constante	90,5	73,3	70,7
VHD (m^3/eqV)		- 0,009	-0,007
Température ($^{\circ}C$)	-1,6		
Température x VHD	-0,0014		
R ²	0,46	0,89	0,38
P	0,05	0,01	0,01

INRA Productions Animales, décembre 2000

La teneur de l'herbe en azote varie de 2,2 à 3,2 % ; elle est peu corrélée à l'indice de nutrition azotée ($r^2=0,28$, $P < 0,01$). En revanche, le VHD, corrélé négativement à la teneur en azote, améliore la précision de la relation ($r^2=0,48$; $P < 0,001$). Cet effet s'explique par la dilution de l'azote dans la biomasse. En effet, une même teneur en azote se traduit par un indice d'autant plus élevé que la biomasse correspondante est faible, ce qui est le cas lorsque le VHD est bas.

3.2 / Variations des indicateurs d'état de la prairie au cours de la période d'étude

a / Volume d'herbe disponible par équivalent vache

Dans la première étude, les valeurs de VHD sont très élevées, surtout en début et fin de saison, et peuvent ponctuellement dépasser $1000 m^3$ par équivalent vache. Pour les élevages des études 2 et 3, on note une tendance à l'augmentation en cours de saison. La figure 3 montre, pour chacune des études, les valeurs de VHD pour deux conduites de pâturage contrastées (tableau 4). Toutes les valeurs sont alors comprises entre 100 et $200 m^3$ pour les élevages ayant les trajectoires les plus basses et supérieures à $400 m^3$ pour les autres. Pour les élevages ayant les trajectoires les plus élevées, les VHD sont relativement constants au cours de la saison, ce qui signifie que les volumes élevés n'ont pas joué de rôle tampon. Les évolutions du VHD en fonction du temps ne sont significativement différentes de zéro que pour 3 cas sur les 28 disponibles.

b / Hauteur résiduelle et intervalle entre deux utilisations

La hauteur résiduelle de l'herbe peut atteindre des valeurs très élevées à quelques dates dans l'étude 1. Pour le couple d'élevages représentant des conduites de pâturage contrastées, la hauteur résiduelle discrimine beaucoup mieux les deux élevages que les intervalles entre deux utilisations (figure 4).

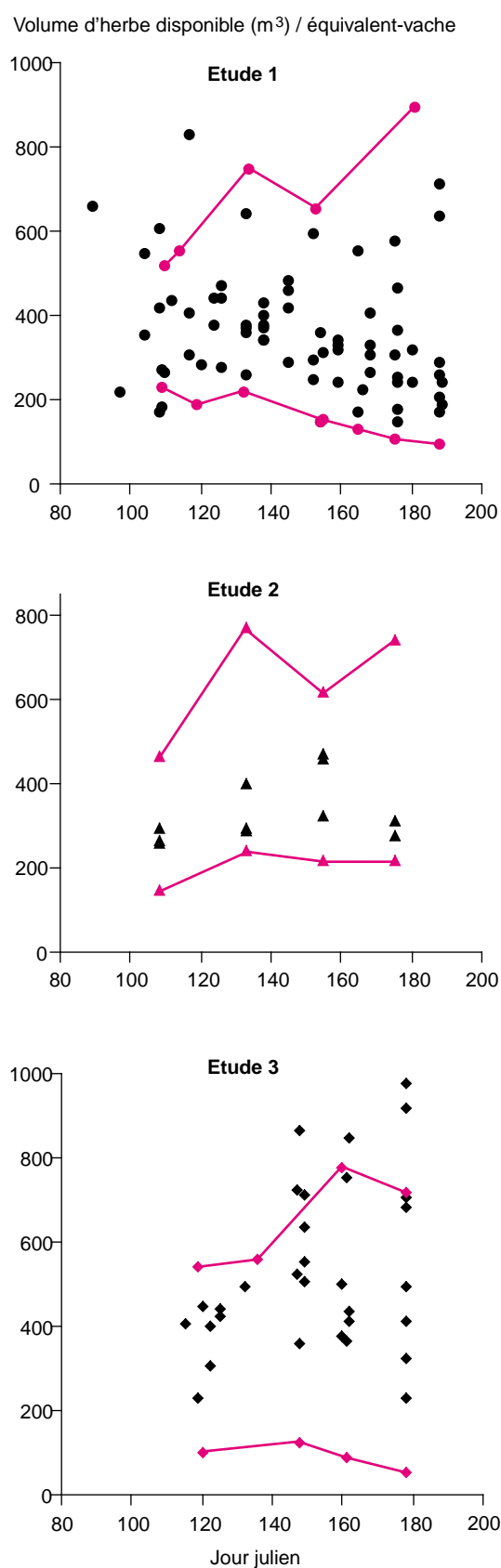
D'une manière générale, les hauteurs de l'herbe après pâturage sont très élevées : aucune valeur n'est inférieure à 7 cm pour les élevages de l'étude 1 et seulement moins du tiers des valeurs dans les deux autres études.

Au sein de chaque couple d'élevages, on confirme que, pour un niveau de nutrition azotée donné, un chargement corrigé élevé correspond à un VHD faible (cf tableau 4). En outre, lorsque les différences de VHD sont grandes, le chargement corrigé peut être plus élevé pour l'élevage ayant l'indice de nutrition azotée le plus bas, c'est-à-dire la croissance de l'herbe la plus faible.

c / Hauteur et structure du couvert

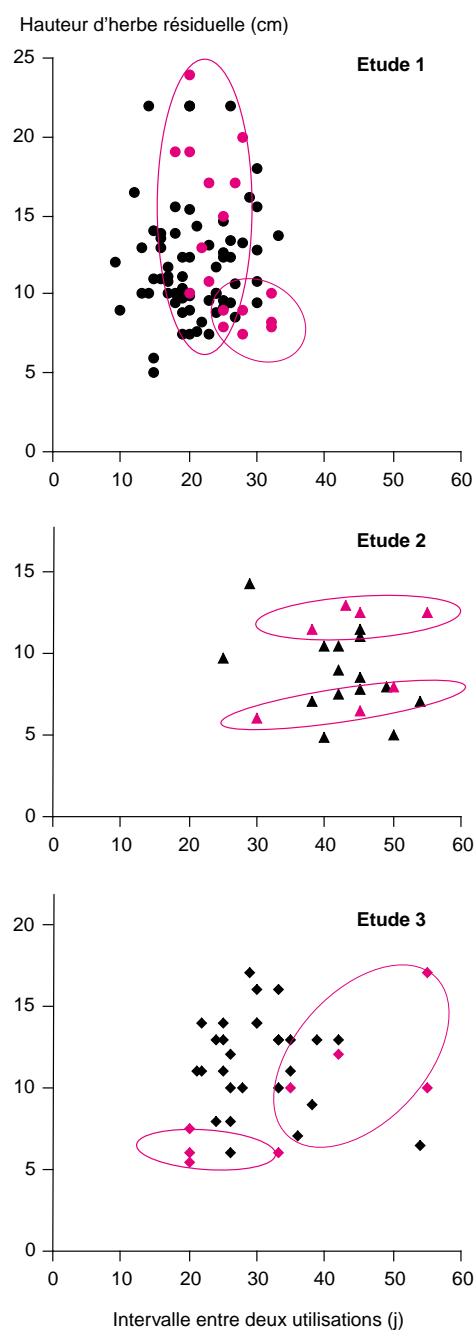
La morphologie de la feuille adulte la plus jeune (ratio longueur du limbe/longueur de la

Figure 3. Valeur du volume d'herbe disponible par équivalent vache en fonction de la date calendaire (jour julien). Les courbes représentent les évolutions observées en cours de campagne pour, dans chaque étude, deux élevages ayant des conduites contrastées (voir tableau 4).



gaine) juste avant pâturage est différente au printemps avant montaison (1,9) et pour les repousses végétatives (2,4) ($n = 26$ et 39 respectivement). Ces valeurs sont très proches de celles obtenues sur un couvert de dactyle soumis à différents régimes de fertilisation azotée et de défoliation mécanique (respectivement 1,8 et 2,6 en début de printemps puis pour les repousses végétatives, Duru et Ducrocq 2000). En outre, à même date de mesure, la longueur de la gaine est corrélée significativement à la hauteur totale du couvert ($P < 0,001$, $r^2 = 0,51$ et $0,97$ respectivement en 1993 et 1994). Ces résultats indiquent donc que toute augmenta-

Figure 4. Relation entre la hauteur d'herbe résiduelle et l'intervalle entre deux utilisations successives d'une même parcelle. Les ellipses représentent, pour chaque étude, les données de deux élevages ayant des conduites contrastées (symboles pleins), (voir tableau 4).



tion de hauteur du couvert se traduit par une augmentation de la longueur de la gaine qui représente de un peu moins (printemps) à un peu plus (été) du tiers de la longueur de la feuille. L'expression de la structure en termes de masses de gaines et de limbes plutôt que de longueur conduit à des conclusions similaires (Hernandez Garay et al 1999).

Hormis les cas de fauche de refus, la longueur de la gaine entre deux sorties consécutives de pâturage ne diminue significativement que dans 9 et 17 % des cas, respectivement en 1993 et 1994. La fréquence de ces diminutions est plus élevée lorsque l'on compare les longueurs avant et après pâturage : diminution dans 35 % (1993) et 26 % (1994) des cas (n=48 et 42), stabilité dans 46 et 55 % des cas et augmentation dans 17 et 19 % des cas. En outre, l'analyse de la distribution des rapports de hauteur de couvert après et avant pâturage montre que la classe la plus fréquente est comprise entre 0,5 et 0,7, ce qui signifie que 50 % à 70 % de la hauteur n'est pas prélevée. Le ratio n'est jamais inférieur à 0,3 (1993) et 0,4 (1994). Sachant que la gaine représente environ 30 % de la longueur de la feuille étendue, soit plus sur un couvert en place étant donné que les limbes ne sont pas étirés, nous concluons que le prélèvement de

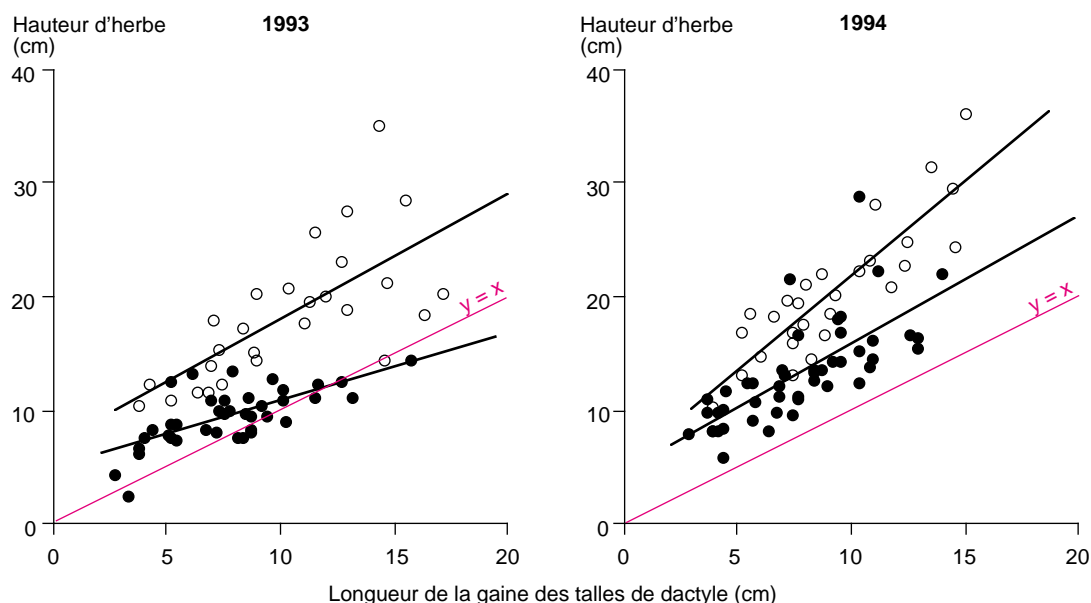
gaines a du être limité. Plusieurs auteurs (Armstrong *et al* 1995, Prache et Peyraud 1997) mentionnent l'effet barrière de la gaine, vraisemblablement du fait d'une plus grande difficulté de préhension par les animaux et d'une plus grande résistance au cisaillement. Le prélèvement d'une fraction des gaines est cependant nécessaire pour conserver un état de sortie pâturage comparable d'une date à l'autre. Momentanément, cette pratique entraîne une diminution des quantités ingérées relativement à un potentiel (McGilloway *et al* 1999), du fait d'une réduction de la préhensibilité, mais peut rester compatible avec les performances zootechniques visées. C'est d'ailleurs pourquoi les cultivars ayant un rapport limbe/ gaine élevé ont une meilleure ingestibilité (Hazard *et al* 1998).

En sortie de pâturage, les gaines de dactyle ont le plus souvent une taille inférieure ou égale à la hauteur d'herbe en 1993, ou bien toujours inférieure en 1994 (figure 5), mais les deux sont bien corrélées ($r^2=0,46$ et $0,96$ respectivement en 1993 et 1994). Tout se passe comme si l'intensité de pâturage avait un effet sur la longueur de la gaine. C'est ce qui est effectivement montré dans des expérimentations où l'on fait varier la hauteur de coupe : très rapidement, la longueur de la gaine

Tableau 4. Caractérisation de la conduite de pâturage de deux élevages par étude (données moyennes au cours de la saison de pâturage).

Etude Elevage	1		2		3	
	O2	O1	B1	B2	E2	C2
VHD (m ³ /eqV)	867	256	648	206	668	92
Nutrition azotée (indice)	77	74	80	64	79	57
Hauteur sortie de pâturage (cm)	16,3	10,1	12,4	6,7	13,7	6,5
Intervalle entre deux utilisations (j)	33	16	45	47	26	11
Chargement corrigé (eqV / ha)	2,3	4,0	2,6	3,4	1,8	2,8

Figure 5. Hauteur d'herbe avant et après pâturage en fonction de la longueur de la gaine des talles de dactyle, pour trois parcelles par élevage de l'étude 1 en 1993 et en 1994.



converge vers la hauteur de coupe tant pour le dactyle (M. Duru, non publié), que pour le ray-grass (Armstrong *et al* 1995).

Cet ensemble de résultats montre que l'augmentation du VHD correspond à une augmentation de la longueur de la gaine des graminées. Par conséquent, augmenter l'intervalle entre deux utilisations ou augmenter la hauteur résiduelle revient à augmenter la longueur de la gaine à la repousse suivante. En conséquence, la diminution du volume d'avance à une phase ultérieure nécessitera de pâturer plus ras et donc de consommer des gaines (sauf en cas de moindre croissance de l'herbe due au climat), ce qui risque de n'être pas compatible avec les performances zootechniques attendues. C'est aussi la raison pour laquelle lorsque les performances recherchées sont élevées, il est préconisé de réduire l'intensité de pâturage, quitte à faucher une partie de l'herbe résiduelle (McGilloway *et al* 1999), ou bien d'utiliser un deuxième troupeau pour créer les conditions favorables à une utilisation ultérieure (Mayne *et al* 1987).

4 / Discussion générale et conclusion

4.1 / Évaluation des conduites de pâturage avec le VHD

Les trois études montrent une grande variabilité des modes de conduite dans les élevages. Les systèmes d'élevage viande se singularisent, à climat comparable, uniquement par une mise à l'herbe plus précoce, pratique sans doute associée à la possibilité de prendre plus de risques lors de la transition de fin d'hiver qu'en production laitière. Les autres composantes de la conduite de pâturage présentent en revanche une variabilité similaire dans les trois études.

Nombre d'éleveurs laitiers tendent à décider la mise à l'herbe une fois le stock de maïs ensilage épuisé, plutôt qu'en fonction de l'état de l'herbe (Coléno 1999). Il en résulte souvent une mise à l'herbe tardive, et ce d'autant plus que la récolte en maïs à l'automne précédent a été bonne et que la pousse de l'herbe est rapide au printemps. Dans ces situations, les faibles efficacités d'utilisation de l'herbe produite sont paradoxalement observées les bonnes années du point de vue de la pousse de l'herbe (J.C. Moreau, comm. pers.). La maîtrise du VHD passe donc en premier lieu par un choix adapté de la date de mise à l'herbe. Pour un chargement donné, la retarder de quelques jours revient à augmenter la quantité d'herbe résiduelle sur l'ensemble des parcelles si l'intervalle entre deux pâturages successifs d'une même parcelle est maintenu constant. Par exemple un décalage de 10 jours augmente la biomasse résiduelle de 600 kg/ha pour une hypothèse de la croissance journalière de 60 kg/ha (soit 6 cm de hauteur

sur la base de 100 kg/cm). De même, l'intensification par l'azote, très variable selon les systèmes d'élevage, doit être raisonnée en fonction de la surface disponible et/ou allouée par vache, et ne pas être augmentée même si les marges d'intensification, estimées par l'écart à 100 du niveau moyen de nutrition azotée, sont parfois importantes. C'est pourquoi, lorsque les VHD sont très élevés, la fertilisation azotée pourrait être réduite sans pour autant diminuer les teneurs de l'herbe en MAT au point que ce soit limitant pour la production laitière (Delaby et Peyraud 1998).

Les hauteurs d'herbe considérées comme optimales dépendent de l'espèce végétale et de l'appareil de mesure. Parmi les graminées, certaines comme le ray-grass anglais pourront être pâturées plus ras que d'autres comme le dactyle sans pour autant affecter leur pérennité (P. Cruz et M. Duru, non publié). Les hauteurs d'herbe mesurées avec une règle graduée, cas des observations rapportées ici, sont en général plus élevées que celles mesurées avec un herbomètre à plateau, le couvert n'étant pas tassé dans le premier cas. D'après Mayne *et al* 1987, 6 cm mesuré à l'herbomètre à plateau correspondent à 8 cm mesuré à la règle graduée. Sachant que la hauteur résiduelle considérée comme optimale pour un ray-grass anglais au printemps est d'environ 5 cm (herbomètre à plateau), nous avons choisi une valeur de 7 cm pour un dactyle mesuré avec une règle graduée. Pour cette hauteur résiduelle et un intervalle entre deux utilisations de 30 jours, les VHD calculés d'après les équations du tableau 2, sont de 206, 250 et 230 m³ respectivement pour chacune des trois études. Les valeurs moyennes observées sont inférieures à 250 et 300 m³ respectivement pour 2 et 8 cas sur 28 (cf tableau 1). Cependant, les valeurs plus faibles ne conduisent pas pour autant à une moindre production laitière. Par exemple, l'élevage C2 (étude 3) a un VHD égal à 100m³ et des hauteurs moyennes résiduelles proches de la référence de 7 cm (6,2 cm), sans que la production laitière ne soit pénalisée (Duru *et al* 1999a).

Pour une hypothèse de masse volumique égale à 100 kg de MS/ha/cm de hauteur (Duru et Ducrocq 1998), soit 1 kg MS / m³, un VHD de 150m³ correspond à 150/15=10 jours de consommation d'avance, sur la base de 15 kg par vache. Les limites d'un tel mode de conduite tiennent à sa difficulté de mise en oeuvre au quotidien, surtout si le nombre de parcelles est élevé et si on veut que la durée de pâturage d'une parcelle soit d'au moins un jour. En effet, les quantités disponibles par parcelle rendent alors parfois difficile la possibilité d'assurer une journée de pâturage complète.

A l'opposé, un VHD élevé se traduit par des hauteurs d'herbe en sortie de pâturage beaucoup plus élevées que celle retenue comme hypothèse (cf tableau 2). Ainsi, dans les études présentées, le VHD est supérieur à 400m³ dans un cas sur deux. Un tel seuil confère a priori un niveau de sécurité élevé. En effet, avec la même hypothèse de masse volumique que précédem-

Le calcul du VHD permet mieux planifier le calendrier de pâturage.

ment, le nombre de jours de consommation d'avance est de 400/15, soit 26 jours, c'est-à-dire un supplément de 16 jours de consommation en comparaison de l'exemple précédent. Le volant de sécurité que constitue un volume élevé en début de printemps n'est cependant fonctionnel que s'il peut être facilement utilisé. Or une augmentation du VHD conduit à une augmentation de la quantité de gaines. Le supplément de volume obtenu ne présente donc pas la même valeur d'usage qu'un volume plus faible. Seule une fraction du supplément peut être considérée comme pâturable si l'on ne souhaite pas contraindre les animaux à consommer plus de gaines pour atteindre une faible hauteur de sortie à une date ultérieure. Autrement dit, réduire le VHD nécessite de diminuer fortement la hauteur du couvert, ce qui, dans de tels systèmes, n'est réaliste que par la fauche (McGilloway *et al* 1999). En effet, il a été montré que lorsque la hauteur de pâturage diminue au cours de la campagne, la part de gaines et de limbes morts dans l'ingéré augmente. Il s'ensuit une diminution des quantités ingérées (Prache et Peyraud 1997) et des performances zootechniques (Armstrong *et al* 1995) et une dégradation de la structure du couvert suite à la diminution du pourcentage de limbes et de la densité de talles (Fisher et Dowdesweel 1996). En outre, avec un tel mode de conduite, les limbes sont plus longs et moins digestibles (Duru et Ducrocq 2000). Un prélèvement partiel permet toutefois de préserver la qualité de l'ingéré, puisque la partie supérieure du limbe conserve une bonne digestibilité (Johnston *et al* 1993). Mais il en résulte une augmentation de la longueur des gaines à l'utilisation suivante. En d'autres termes, il est difficile de réduire de manière notable la longueur des gaines d'une sortie de pâturage à la suivante. La longueur de la gaine ne peut qu'être stable ou aller croissant au cours de la saison de pâturage de printemps, sauf à faucher les refus. Les recommandations issues des expérimentations vont d'ailleurs dans ce sens (Armstrong *et al* 1995). Constituer un stock d'herbe d'avance en début d'été pour le milieu de l'été permet d'augmenter la quantité de limbes offerte. L'accroissement de la quantité de gaines qui en résulte a moins d'incidences qu'au printemps : d'une part une partie de ces gaines peut être consommée si les vaches sont taries, d'autre part il n'y a pas d'utilisation « stratégique » du couvert avant l'automne.

En définitive, le VHD optimal en début et milieu de printemps est compris entre 100 et 250m³ par équivalent-vache (hauteur mesurée avec une règle graduée) selon la souplesse de conduite choisie ; il doit être plus élevé en fin de printemps si on souhaite constituer des stocks sur pied pour l'été. Ces valeurs montrent que nombre d'élevages suivis dans ces études se caractérisent par un excès d'herbe important qui ne confère aucun avantage pour la conduite du pâturage.

4.2 / Intérêt et limite du VHD pour la conduite et la planification

Le nombre de jours d'avance au pâturage, calculé à partir du VHD, est un indicateur déjà proposé pour décider d'interventions au cours de la période de pâturage (Thébaud *et al* 1998). Nous proposons d'étendre son utilisation tant pour la conduite que pour la planification.

Concernant la conduite de pâturage, le nombre de jours d'avance au pâturage est l'un des indicateurs proposés pour estimer si les conditions sont réunies afin de décider d'événements clefs comme la mise à l'herbe, l'ouverture et la fermeture du silo (Thébaud *et al* 1998). Ce nombre de jours d'avance, qui est une traduction du VHD, dépend de la stratégie de pâturage. Pour des stratégies-types établies en Bretagne, allant de 70 à 150 jours de pâturage seul (Thébaud *et al* 1998), certains repères sont communs comme la fermeture du silo au printemps dès qu'il y a 10 jours d'avance, ou l'ouverture en été dès que les valeurs sont inférieures à 10 jours. D'autres au contraire sont spécifiques à une stratégie. Par exemple, pour la stratégie « maxi-pâturage », il est recommandé de réaliser des stocks sur pied en visant de 25 à 50 jours d'avance avant la période présumée de déficit en eau. Les jours d'avance sont utilisés ici comme des indicateurs de déclenchement d'une activité (fermeture ou ouverture du silo) et pour des ajouts de parcelles afin de constituer des stocks sur pied. Nos résultats montrent que ce même indicateur, compte tenu de son aspect intégrateur, pourrait aussi être utilisé au cours du printemps pour anticiper de quelques jours les ajouts ou les retraits de parcelles.

La planification du pâturage en début de campagne se fait généralement à l'appui de l'expérience des années antérieures. Le VHD permet d'évaluer a posteriori la conduite du pâturage et de la situer dans un référentiel de façon à déterminer si les moyens mis en œuvre (surface, azote, aliments distribués) sont cohérents avec l'objectif. Mais il reste insuffisant pour comparer des systèmes entre eux pour peu que les conditions pédoclimatiques soient différentes, ou bien s'il est envisagé de changer de stratégie de pâturage. Dans ce cas, la simulation constitue un moyen plus performant pour traiter des questions de choix et de comparaison de systèmes (Cros *et al* 1999).

Remerciements

Nous remercions Luc Bossuet, Marie-Laure Chaurand, Hélène Ducrocq, Laurent Laval et Philippe Robelin pour leur participation à ces études, ainsi que Luc Delaby, Jean Foucras et Jean-Pierre Theau pour leurs remarques constructives effectuées sur une première version de ce texte.

Références

- Armstrong R.H., Robertson E., Hunter E.A., 1995. The effect of sward height and its direction of change on the herbage intake, diet selection and performance of weaned lambs grazing ryegrass swards. *Grass Forage Science*, 50, 389-398.
- Bélangier G., Gastal F., Lemaire G., 1992. Growth analysis of a tall fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. *Crop Science*, 32, 1371-1376.
- Bircham J.S., 1981. Herbage growth and utilisation under continuous stocking management. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh.
- Bossuet L., Duru M., 1994. Choix et maîtrise du système fourrager. II - Gestion du pâturage tournant en élevage laitier. *Fourrages*, 137, 25-42.
- Coléno F.C., 1999. Le pâturage des troupeaux laitiers en question : contribution d'une analyse des décisions des éleveurs. *Fourrages*, 157, 63-76.
- Coléno F.C., Duru M., 1998. Gestion de production en système d'élevage utilisateurs d'herbe : une approche par atelier. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 31, 45-61.
- Cros M.J., Duru M., Garcia F., Martin Clouaire R., 1999. A DSS for rotational grazing management: simulating both the biophysical and decision making processes. In : Hamilton, Oxley L., Scrimgeour F., Jakeman A. (eds), *Modelling the dynamics of natural, agricultural, tourism and socio-economic systems*, 759p. Ed. Modelling & Simulation Sty of Australia and New Zealand Inc., New Zealand.
- Deinum B., Dirven J.G., 1970. The effect of temperature on the digestibility of grasses. An analysis. *Forage Research*, 3, 1-17.
- Delaby L., Peyraud J.L., 1998. Effet d'une réduction simultanée de la fertilisation azotée et du chargement sur les performances des vaches laitières et la valorisation du pâturage. *Ann. Zootech.*, 47, 17-39.
- Delaveau A., Chapelle P., Perrot C., Tchakérian E., Véron J., 1999. La cohérence des techniques fait le résultat économique. Les enseignements de l'approche globale appliquée aux exploitations d'élevage. *Rencontres Recherches Ruminants*, 6, 3-10
- Duru M., Bossuet L., 1992. Estimation de la masse d'herbe par le «sward-stick». *Premiers résultats. Fourrages*, 131, 283-300.
- Duru M., Ducrocq, H., 1998. La hauteur du couvert prairial : un moyen d'estimation de la quantité d'herbe disponible. *Fourrages*, 154, 173-190.
- Duru M., Ducrocq H. 2000. Growth and senescence of the successive leaves on a cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. *Annals of Botany*, 85, 645-653.
- Duru M., Fiorelli J.L., Osty P.L. 1988. Proposition pour le choix et la maîtrise du système fourrager. I. Notion de trésorerie fourragère. *Fourrages*, 113, 37-56.
- Duru M., Lemaire G., Cruz P., 1997a. The nitrogen requirements of grasslands. In : G. Lemaire (ed), *Diagnosis on nitrogen status in crops*, 59-72. Springer Verlag.
- Duru M., Dalmières A., Foucras J., Laval L., 1997b. Le volume d'herbe disponible par animal : un indicateur pour le choix et le diagnostic de la conduite du pâturage. Application pour des élevages allaitants au printemps. *Fourrages*, 150, 209-223.
- Duru M., Chaurand M.C., Foucras J., Weber M., 1999a. Le volume d'herbe disponible par vache : un indicateur pour la conduite du pâturage tournant en élevages laitiers au printemps. *Fourrages*, 157, 47-62.
- Duru M., Feuillerac E., Ducrocq H. 1999b. In vitro digestibility response of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) to growth and defoliation: a simple model. *Journal of Agricultural Science*, 133, 379-388.
- Duru M., Ducrocq H., Bossuet L., 2000. Herbage volume per animal : a tool for rotational grazing management. *J. Range Management*, 53, 395-402.
- 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. *Doc. INA-PG*, 197p.
- Fisher G.E.J., Dowdesweel, A.M., 1996. The effects of regrowth and maintenance height on a grass sward with a high density of tillers. *Grass Forage Science*, 51, 464-468.
- Hazard L., De Moraes A., Betin M., Traineau R., Emile J.C., 1998. Perennial ryegrass cultivar effects on intake of grazing sheep and feeding value. *Ann. Zootech.*, 47, 117-125.
- Hernandez Garay A., Matthew C., Hodgson J., 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass Forage Science*, 54, 347-356.
- Hoogendoorn C.J., Holmes C.W., Chu A.C.P., 1992. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. II. Milk production in late spring/summer : effects of grazing intensity during the preceding spring period. *Grass Forage Science*, 47, 316-25.
- Johnston J.E., Singh A., Clark E.A., 1993. Sward height in grazing management: vertical profiles. *Forage quality*, 890-891.
- Kristensen E.S., 1988. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristics of intake by dairy cows as affected by grazing intensity. *Grass Forage Science*, 43, 239-251.
- Le Du Y.L.P., Combellas J., Hodgson J., 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2 The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance. *Grass Forage Science*, 34, 249-260.
- Le Du Y.L.P., Baker R.D., Newberry R.D., 1981. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. A. Effects of grazing severity under continuous stocking. *Grass Forage Science*, 36, 307-318.
- Lemaire G., 1999. Les flux de tissus foliaires au sein des peuplements prairiaux. *Eléments pour une conduite raisonnée du pâturage. Fourrages*, 159, 203-222.

- Lemaire G., Gastal F., 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In : G. Lemaire (ed), *Diagnosis of the nitrogen status in crops*, 3-44. Springer Verlag.
- Lemaire G., Gastal F., Salette J. 1989 Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In *Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice*, 179-180.
- Mayne C.S., Newberry R.D., Woodcock S.C., Wilkins R.J., 1987. Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows. *Grass Forage Science*, 59-72.
- McGilloway D.A., Cushnahan A., Laidlaw A.S., Kilpatrick D.J., 1999. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass Forage Science*, 54, 116-126.
- Osty P.L., Lardon S., 1999. Livestock rearing modes to characterise the long-term change in sheep farming in less-favoured areas. 5th Int. Livestock Farming Systems Symposium, Posieux (Fribourg, Switzerland), 19-20 August 1999, 3p, (in press).
- Parsons A.J., 1988. The effect of season and management on the grass growth of grass sward. In : *The grass crop*, 129-178. Chapman et Hall.
- Parsons A.J., Chapman D.F., 1998. Principles of grass growth and pasture utilization. In : *Grass for dairy cattle*. CABI Publishing, 282-309.
- Parsons A.J., Robson M.J., 1980. Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass. I. Response of leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. *Annals of Botany*, 46, 435-44.
- Prache S., Peyraud J.L., 1997. Préhensibilité de l'herbe pâturée. *INRA Productions Animales*, 10, 377-390.
- Thébault M., Dequin A., Follet D., Grasset M., Roger P., 1998. Dossier : 5 menus pour vaches laitières au pâturage : le pâturage au quotidien, du plan d'alimentation à la conduite de l'herbe + Guide pratique de l'éleveur. Chambres d'Agriculture - EDE de Bretagne, Institut de l'Élevage.
- Wilkins R., 1995. Optimisation of grass utilisation in high rainfall temperate conditions. In : M. Journet, E. Grenet, M.H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly (eds), *Recent developments in the nutrition of herbivores*, 363-380. INRA, Paris.
- Wilson J.R., Minson D.J., 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grassland*, 14, 253-7.

Abstract

Herbage volume available per cow: a tool to manage a rotational grazing system.

Managing a grazing system requires three types of decision rules. Planning rules (average stocking rate per season) are most often developed from regional references. Operational rules (residual sward height) come from experiments. Usually, adaptation rules are not accurately defined, but they are driving variables for adding or removing grazed plots. For the efficient management of a rotational grazing system, these three types of decision rules should be consistent in order to optimize the grazing efficiency. By grazing monitoring in three sets of farm enterprise, we show that the her-

bage volume available per animal unit (HVA : sum of the products : plot area*sward height) is an indicator making it possible to link up the different types of decision rules. Moreover, detailed observations on sward structure for different amounts of HVA enable us to define threshold of HVA could be used to reconcile plot recommendations and simplicity of grazing management.

DURU M., 2000. Le volume d'herbe disponible par vache : un indicateur synthétique pour évaluer et conduire un pâturage tournant. *INRA Prod. Anim.*, 13, 325-336.