

Le volume d'herbe disponible par vache : un indicateur pour la conduite du pâturage tournant en élevage laitier

M. Duru¹, M.C. Chaurand², J. Foucras², M. Weber²

Le chargement, la hauteur d'herbe résiduelle et l'intervalle entre deux utilisations sont les indicateurs couramment proposés pour planifier et conduire le pâturage tournant. Le "volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole pâturée" permet un diagnostic de conduite *a posteriori* et représente un outil de pilotage pour contrôler le bon déroulement d'une stratégie de pâturage préétablie.

RÉSUMÉ

Pour montrer l'intérêt et la pertinence du volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole pâturée, on a comparé les conduites de 10 pâturages tournant laitiers et analysé les relations entre chargement (consommation d'herbe), niveau de nutrition azotée (production d'herbe) et état de l'herbe (quantité d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole, quantité et digestibilité de l'herbe offerte). Le chargement dépend du niveau d'utilisation de l'herbe et des facteurs de sa croissance (nutrition azotée). Entre élevages, les différences de niveau d'utilisation de l'herbe (volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole) sont cohérentes avec les différences de hauteur d'herbe résiduelle après pâturage et de quantités d'herbe offerte par vache, à l'échelle de la parcelle. L'énergie fournie par le pâturage, très variable entre élevages, est la plus élevée quand le volume d'herbe disponible est faible ; de même pour la digestibilité de l'herbe offerte.

MOTS CLÉS

Chargement, diagnostic, digestibilité, gestion du pâturage, nutrition azotée, vache laitière.

KEY-WORDS

Dairy cow, diagnosis, digestibility, grazing management, nitrogen nutrition, stocking rate.

AUTEURS

1 : I.N.R.A. Agronomie, Chemin de Borde Rouge, BP 27, F-31326 Castanet Tolosan.

2 : Chambre d'agriculture de l'Aveyron, Carrefour de l'Agriculture, F-12000 Rodez

Introduction

■ La nécessité de disposer d'indicateurs pour conduire le pâturage

Le contexte économique incite à diminuer les coûts de production, notamment en augmentant la place du pâturage dans les systèmes laitiers. Malgré tout, la tendance lourde est le plus souvent à la stabilisation ou à la diminution de la contribution du pâturage à l'alimentation. Une hypothèse tient à la difficulté de mise en oeuvre des recommandations pour la conduite du pâturage. En effet, il est nécessaire d'une part de planifier à l'avance les surfaces nécessaires et d'autre part d'avoir une vue d'ensemble de l'état des parcelles pâturées, de façon à ce que les recommandations établies à l'échelle de la parcelle puissent effectivement être mises en oeuvre au moment voulu. Les modèles de croissance de l'herbe permettent de définir en début de saison un chargement approprié qui tient compte du niveau d'intensification par l'azote (COLENO, 1997 ; CROS *et al.*, 1997). En cours de saison, nous faisons l'hypothèse que l'indicateur "volume d'herbe disponible par vache", dont le principe de calcul et l'intérêt pour le diagnostic de la conduite du pâturage en élevages allaitants ont été montrés précédemment (DURU *et al.*, 1997), permet de guider les adaptations nécessaires.

■ De l'échelle de la parcelle à l'échelle de la sole pâturée

En pâturage continu, les recommandations opérationnelles en termes de hauteur d'herbe visent un taux élevé d'utilisation de la biomasse produite en jouant sur la production (azote, surface affectée, intervalle entre deux utilisations) et sur la consommation (effectif d'animaux le plus souvent). Les pertes de feuilles, qui dépendent de l'intensité et de la fréquence de pâturage d'une talle dans le cas des graminées, sont alors minimisées. Pour le pâturage tournant, les recommandations sont basées sur des quantités d'herbe résiduelles (LE DU *et al.*, 1979). Il a été en outre montré que les quantités ingérées dépendent de la digestibilité de l'herbe offerte, mais aussi de la quantité d'herbe offerte par animal sur une parcelle (PEYRAUD *et al.*, 1995). Pour cette dernière variable, il y a un optimum en dessous et au dessus duquel l'ingestion décroît. **Mais ces connaissances, établies à l'échelle de la parcelle, sont insuffisantes pour gérer une sole pâturée dans la mesure où elles ne permettent pas de connaître suffisamment longtemps à l'avance le nombre de parcelles nécessaires pour respecter ces recommandations sur chacune d'elle.** Les indicateurs permettant une prise de décision adaptée ne peuvent donc pas uniquement faire référence au couvert végétal d'une parcelle, mais doivent intégrer l'état des ressources de l'ensemble de la sole pâturée. L'objectif de cet article est de confirmer la validité d'une telle méthodologie, élaborée à partir d'autres observations.

■ Les moyens mis en oeuvre dans l'étude...

Rappelons que, pour définir un tel indicateur, nous avons retenu le principe de mesurer la hauteur d'herbe, non plus sur une parcelle comme en pâturage continu, mais sur l'ensemble des parcelles affectées au pâturage au cours d'une saison, de façon à calculer un volume d'herbe par animal (DURU *et al.*, 1988, 1990). Cet indicateur sera comparé à la hauteur d'herbe résiduelle et aux quantités d'herbe offerte par vache de façon à en montrer la cohérence. En second lieu, nous avons caractérisé le niveau de nutrition azotée du couvert pour évaluer la croissance de la prairie qui peut être très supérieure à l'accumulation nette d'herbe lorsque les intervalles entre deux utilisations sont longs ou la hauteur d'herbe résiduelle élevée. En outre, la croissance est parfois mal prédite par la seule prise en compte des apports d'engrais, puisque le niveau de nutrition azotée dépend, en plus de ces apports, d'un effet des caractéristiques du sol et de l'histoire culturale de la prairie (DURU *et al.*, 1997). En conséquence, la comparaison simultanée du niveau de nutrition azotée, du chargement (indicateur de la consommation) et du volume d'herbe disponible par animal doit permettre de réaliser un diagnostic de la conduite du pâturage, c'est-à-dire de porter un jugement sur l'adéquation entre la fertilisation azotée, la surface affectée et l'effectif animal de façon à atteindre les états de l'herbe recherchés.

Nous avons utilisé cette méthodologie pour comparer et interpréter des conduites de pâturage d'élevages laitiers dans le département de l'Aveyron, afin de confirmer l'intérêt et la validité de l'approche.

Matériel et méthodes

1. Les élevages

L'étude s'est déroulée dans le Lévezou, une petite région du département de l'Aveyron. Cinq couples d'élevages distants au maximum d'une vingtaine de km ont été choisis par la Chambre d'Agriculture¹. Chacun des couples a été noté A (exploitations A1 et A2), B, C, D et E, le chiffre 1 indiquant *a priori* que le pâturage est bien maîtrisé. L'altitude des exploitations varie de 650 à 980 m. Les effectifs de vaches au pâturage sont très variables d'un élevage à l'autre, mais assez homogènes au sein de chacun des couples constitués, excepté pour le couple B (tableau 1). Les vèlages sont regroupés à l'automne, excepté pour B2. L'alimentation hivernale est à base d'ensilage d'herbe et de foin, excepté pour les élevages D, où les conditions pédo-climatiques permettent de cultiver du maïs utilisé en ensilage.

(1) La Chambre d'Agriculture souhaitait confronter les résultats de cette approche et l'expertise des 5 conseillers d'élevage correspondants.

Caractéristiques des exploitations				Caractéristiques des parcelles pâturées					
Elevage	Altitude (m)	Vaches* (VL+VA)	SAU (ha)	Graminées dominantes**	Légumineuses (Importance)**	Surface moyenne (ha)	Gyrobroyage (% parcelle x cycle)	Apport N printemps (kg/ha)	Niveau nutrition N
A1	800	24(a)+7	42	dact, rg	2	1,6	10	130	80,6
A2	800	23(a)	51	dact, fêt	3	1,4	0	40	75,0
B1	980	60(a)	91	dact, rg	1	1,6	20	60	82,7
B2	980	34(p)+13	69	dact	3	1,8	0	40	74,0
C1	950	19(a)+15	55	dact, rg	1	0,9	20	70	78,0
C2	900	30(a)	46	rg	3	1,3	0	40	56,7
D1	750	40(a)	60	dact	2	1,1	20	120	76,0
D2	830	40(a)	60	dact	2	1,5	0	50	69,9
E1	650	37(a)	78	dact	2	1,4	0	100	79,5
E2	650	26(a)	48	dact	3	0,9	0	25	79,2

* Vaches Laitières en vêlage d'automne (a) ou de printemps (p) + Vaches Allaitantes
 ** Graminées dominantes : dactyle (dact), ray-grass (rg), fétuque élevée (fet). Importance des légumineuses : 1<18%, 2<28%, 3>28%

2. Recueil des données

La collecte de données et les mesures ont été effectuées durant la période de pâturage de printemps, de la fin d'hiver à la fin juin 1997. Elles peuvent être classées en fonction de leur fréquence et selon qu'elles concernent la totalité des composantes du système de pâturage ou un sous-ensemble.

La production laitière du lot de vaches traitées est connue tous les deux à trois jours. Les calendriers de pâturage et d'alimentation permettent de calculer un chargement apparent (nombre de vaches divisé par la surface 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.

Les mesures des hauteurs d'herbe ont été effectuées à 4 périodes sur l'ensemble des parcelles affectées au pâturage :

- à la fin avril, lorsque la mise à l'herbe est réalisée pour tous les troupeaux ;
- à la mi-mai, période où il risque d'y avoir des excès d'herbe ;
- au début juin quand les parcelles à faucher sont choisies ;
- à la fin juin.

La méthodologie de mesure de la hauteur d'herbe, pour calculer le volume disponible à l'échelle de la sole ou la quantité "hauteur d'herbe offerte à l'échelle de la parcelle", a été détaillée dans un article précédent (DURU *et al.*, 1997). En outre, 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 évaluer le niveau de nutrition azotée et la digestibilité de l'herbe offerte. Les prélèvements ne sont donc pas forcément effectués sur une même parcelle aux différentes dates. Il s'agit simplement d'un échantillonnage dans l'espace et dans le temps pour caractériser les états de l'herbe. On dispose ainsi de 8 données par élevage, ou 7 lorsque les observations n'avaient été réalisées

TABLEAU 1 : Caractéristiques des 10 élevages suivis et des prairies.

TABLE 1 : Characteristics of the 10 dairy herds studied and of the pastures.

que sur une seule parcelle à une date proche de l'utilisation. Après séchage à 80°C durant 48 h, les 4 échantillons d'une même date de prélèvement sur une parcelle donnée ont été regroupés pour déterminer la teneur en azote total et la digestibilité par la méthode NIRS (NIRSystem 4500.TM, Lial, Aurillac).

3. Climat

Un poste météorologique est situé dans la zone d'étude (Salles-Curan, 960 m). La période de printemps 1997 se caractérise par des températures supérieures à la moyenne d'environ 2°C aux mois de mars et avril. La pluviométrie a été particulièrement faible en début de printemps : elle a été de 56, 4 et 37 mm respectivement en février, mars et avril, soit des écarts à la moyenne mensuelle de 40, 65 et 80 mm. Pour tenir compte des différences d'altitude entre élevages, des températures corrigées ont été calculées sur la base d'une diminution de la température moyenne journalière de 0,6°C chaque fois que l'altitude augmente de 100 m.

4. 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 chacune des 4 périodes, puis globalement au printemps.

Le niveau de nutrition azotée (I_N) a été calculé sur la base de la référence de LEMAIRE *et al.* (1989), à partir de la teneur en azote et de la biomasse récoltée.

La hauteur d'herbe est mesurée en base 0 puis convertie en base 5 cm pour estimer le volume d'herbe disponible par vache (surface x hauteur moyenne / nombre de vaches). Cette base de calcul permet de se rapprocher de la végétation accessible au pâturage. Ce choix est aussi 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 (DUCROCQ, 1996). La quantité d'herbe offerte a été calculée en divisant la biomasse (cf. mesures précédentes) par le nombre de vaches et le nombre de jours de pâturage sur la parcelle.

L'intervalle entre deux utilisations est exprimé en degrés-jours (température moyenne journalière x nombre de jours). Pour la première utilisation, les températures sont initialisées au 1^{er} février.

Le chargement a été corrigé des distributions de fourrages grossiers, sur la base d'une ingestion de 15 kg de matière sèche (MS) par vache et par jour. Pour tenir compte des différences de dates de mise à l'herbe et de durée de la période de transition, on a calculé un nombre de jours de pâturage par ha, de la mise à l'herbe à la fin juin, en sommant les produits : nombre de vaches/ha x part estimée de la ration au pâturage x nombre de jours.

L'estimation de l'énergie apportée par le pâturage correspond à la différence entre d'une part l'énergie nécessaire pour assurer la production laitière (connue) et les besoins d'entretien (sur la base de 600 kg de poids vif) et d'autre part l'énergie apportée par les fourrages grossiers et les concentrés, dont les quantités sont recueillies par enquêtes et la valeur énergétique estimée par les tables de valeur alimentaire.

Résultats

1. Caractérisation de la conduite des prairies et des états de l'herbe

■ Nutrition azotée des prairies

Les quantités d'azote apportées durant la période de printemps varient de 25 à 130 kg/ha (tableau 1). Les prairies pâturées sont le plus souvent semées ou correspondent à des prairies permanentes pour les élevages du couple E. Les graminées dominantes sont le dactyle et le ray-grass anglais. Les prairies comportent un taux de légumineuses le plus fréquemment compris entre 15 et 30%, qui tend à être plus élevé lorsque l'apport d'azote est faible (tableau 1). Les parcelles sont gyrobroyées dans 10 à 20% des cas après pâturage dans 4 des 10 élevages, tous de type 1. Les niveaux moyens de nutrition azotée sont très variables, et sont significativement différents ($P < 0,05$) entre élevages. On observe en outre une diminution significative en fonction de la date de mesure ($P < 0,01$). Mis à part pour le couple E, ils sont plus élevés pour le type 1. Il n'y a pas de relation significative entre d'une part le niveau moyen de nutrition azotée des prairies, d'autre part l'apport d'azote et l'importance des légumineuses dans la prairie ($P > 0,05$).

TABLEAU 2 : Gestion du pâturage dans les 10 élevages suivis, au printemps et pour l'ensemble de la saison.

TABLE 2 : *Grazing management of the 10 dairy herds studied, in spring and during the whole season.*

Elevage	Gestion du pâturage au printemps			Caractérisation globale du pâturage			
	Date de mise à l'herbe	Transition (durée en jours)	Apport à l'auge (UF/l) durant la transition	Niveau nutrition N	Chargement apparent (vache/ha)	Chargement corrigé (vache/ha)	Volume d'herbe (m ³ /vache)
A1	12 avril	13	8,2	81	3,1	2,4	565
A2	23 avril	8	8,0	78	3,9	3,1	625
B1	21 avril	19	8,3	83	4,6	3,5	470
B2	1 ^{er} avril	19	9,9	74	3,0	2,4	667
C1	28 avril	25	9,1	78	4,5	3,7	372
C2	30 mars	0	0	57	3,2	2,8	92
D1	6 avril	25	8,1	76	3,6	2,3	578
D2	19 avril			70	5,6	2,0	778
E1	15 avril	11	10,1	79	3,7	3,1	339
E2	17 mars	55	8,3	79	2,4	1,8	668

Mise à l'herbe et rythme d'utilisation

Les dates de mise à l'herbe sont très variables, de même que la durée de la période de transition (tableau 2). La prise en compte des différences d'altitude, sur la base de sommes de températures, ne réduit pas cette variabilité. On peut distinguer 3 groupes de pratiques :

- une modalité médiane avec une mise à l'herbe vers 600 degrés-jours et une transition courte (A2, B1, E1), ou inexistante (C2) ;
- deux modalités dérivées, l'une avec mise à l'herbe plus précoce vers 500 degrés-jours (A1, D1) et l'autre plus tardive (C1), qui conduisent à une durée de transition plus longue ;
- une période de transition très longue (supérieure à 400 degrés-jours) avec mise à l'herbe très précoce (400 degrés-jours pour B2 et E2), ou au contraire médiane (D2).

Les intervalles moyens entre deux utilisations d'une même parcelle varient entre 11 et 38 jours (tableau 3). Les temps de séjours sont compris entre 2,7 et 5,7 jours, excepté pour l'élevage A2 où ils atteignent 17 jours mais, dans ce dernier cas, il s'agit d'un pâturage rationné. Les hauteurs d'herbe après pâturage sont significativement différentes entre élevages ($P < 0,01$) et augmentent au cours de la saison avec la date de mesure ($P < 0,001$).

Chargements et volume d'herbe

Les chargements apparents et corrigés varient du simple au double et sont significativement différents entre élevages ($P < 0,05$). Il y a une relation croissante étroite entre les chargements apparents et corrigés, excepté pour l'élevage D2 pour lequel le chargement corrigé est beaucoup plus faible que le chargement apparent en comparaison des autres élevages. Les volumes d'herbe disponibles par vache sont aussi significativement différents entre élevages ($P < 0,05$) et les écarts entre élevages sont plus grands qu'ils ne le sont pour les chargements.

Les volumes d'herbe disponibles par vache sont corrélés positivement aux hauteurs d'herbe moyenne après pâturage ($P < 0,01$). La

TABLEAU 3 : **Caractéristiques du pâturage à l'échelle de la parcelle dans les 10 élevages.**

TABLE 3 : *Pasture characteristics at plot level for the 10 dairy herds.*

	Intervalle entre 2 utilisations (jours)	Temps de séjour moyen sur une parcelle	Hauteur d'herbe après pâturage (cm)	Herbe offerte (kg MS/vache/jour)	Digestibilité de l'herbe offerte (% MS)
A1	20,3	3,0	13,5	108	67,6
A2	20,5	17,3*	15,9	non déterminé	66,2
B1	30,8	5,7	13,9	26	68,1
B2	38,3	4,4	11,6	94	68,1
C1	25,0	3,8	10,6	37	70,0
C2	11,4	3,4	6,5	15	72,0
D1	25,2	2,7	13,0	26	69,6
D2	31,3	3,3	12,8	39	69,0
E1	24,0	3,6	11,4	27	70,1
E2	34,1	4,3	13,7	29	68,2

* : parcelles conduites en pâturage rationné

quantité d'herbe offerte au pâturage est le critère qui varie le plus entre élevages (15 à 108 kg de matière sèche par vache et par jour). Cette variable augmente significativement ($P < 0,01$) en fonction des deux variables qui sont susceptibles d'influer sur les quantités d'herbe offerte : la surface moyenne d'une parcelle et le volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole. Autrement dit, les estimations de quantités d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole, ou bien à l'échelle de la parcelle, ne sont pas indépendantes.

Le chargement corrigé est corrélé positivement au niveau de nutrition azotée et à la date de mise à l'herbe, et négativement au volume d'herbe disponible par vache ($P < 0,01$). Autrement dit, pour une production d'herbe donnée, retarder la mise à l'herbe permet logiquement d'augmenter la charge, au moins au début de la période de pâturage. Le chargement du début de printemps (première date de mesure) est corrélé positivement à la date de mise à l'herbe ainsi qu'au volume d'herbe disponible ($P < 0,01$). Si l'on considère le nombre de journées pâturage à 100% de la ration (nombre de jours x nombre de vache/ha), outre les mêmes variables explicatives, l'altitude est retenue. L'effet positif de cette dernière variable peut être dû à une variabilité de la pluviométrie entre élevages, la station considérée n'étant pas forcément représentative de la zone d'étude. La représentation du nombre de journées pâturage en fonction du niveau de nutrition azotée moyen montre qu'une augmentation d'environ 50 jours de pâturage par ha correspond à un accroissement du niveau de nutrition azotée de 30 points, ou bien à une diminution du volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole de 300 m³ par vache (figure 1).

■ Digestibilité de l'herbe

La digestibilité de l'herbe offerte est moins variable entre élevages que ne l'est le niveau de nutrition azotée (tableaux 1 et 3). Mais on note aussi une diminution significative au cours de la période de pâturage en fonction de la date de mesure ($P < 0,001$). Les valeurs moyennes de

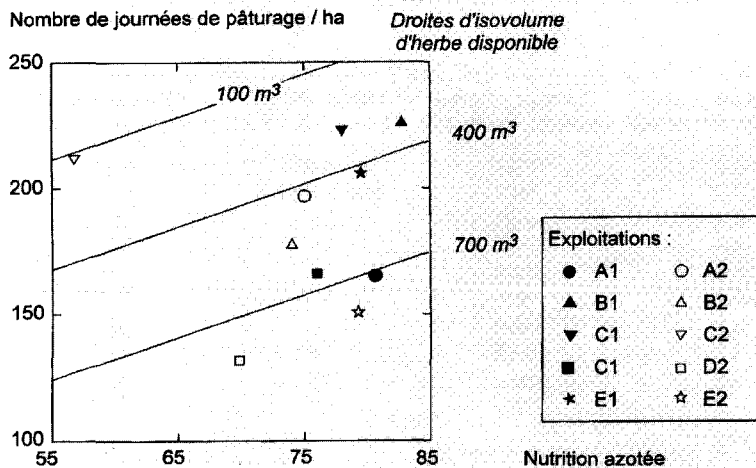


FIGURE 1 : Relation entre le nombre de jours de pâturage par ha (corrige pour correspondre à 100% de la ration) et le niveau de nutrition azotée de la prairie ; courbes d'isovolume d'herbe disponible par vache.

FIGURE 1 : Relationship between the number of grazing days per ha (adjusted to make it correspond to the whole diet) and the level of nitrogenous nutrition of the pasture ; lines of equal volumes of available herbage per cow.

TABLEAU 4 : Production laitière et estimation de l'énergie fournie par le pâturage dans les 10 élevages.

TABLE 4 : Milk production of the 10 dairy herds and estimated energy output during grazing.

	Lait produit (du 29 avril au 29 juin)		Energie fournie au pâturage		
	Production (kg/vache.jour)	Evolution quotidienne (kg/jour)	> mise à l'herbe (UF/jour)	> 29 avril (UF/jour)	> 29 avril (UF/ha)
A1	17,3	-0,09	6,6	6,0	1 440
A2	17,3	-0,02	7,7	8,2	2 542
B1	16,7	-0,06	7,1	7,8	2 730
B2	16,0	+0,06	4,5	5,8	1 392
C1	17,7	-0,11	5,1	5,1	1 887
C2	15,5	-0,08	9,8	9,3	2 604
D1	16,9	-0,09	6,0	5,7	1 311
D2	20,2	-0,06	4,9	4,9	980
E1	16,4	-0,11	9,7	10,1	3 131
E2	15,8	-0,12	7,4	8,5	1 530

digestibilité sont corrélées significativement à la hauteur d'herbe résiduelle après pâturage ($P < 0,001$), ainsi qu'au volume d'herbe offert par vache ($P < 0,05$).

2. Conduite du pâturage et production laitière

■ Production laitière

Les quantités de lait journalières produites par vache durant la période de pâturage varient de 15 à 20 kg. La production est décroissante au cours de la période, excepté pour l'élevage B2 pour lequel les vêlages ont lieu au printemps (tableau 4). Les estimations des quantités d'énergie fournies par l'herbe pâturée sont beaucoup plus variables que ne le sont les productions laitières. Elles varient du simple au double, que l'on compare les valeurs de la mise à l'herbe à la fin juin, ou bien de fin avril à fin juin pour avoir une base commune entre élevages (tableau 4). Sur une base de calcul décadaire pour les mois de mai et juin, on note une différence significative entre élevages pour la quantité de lait produite ($P < 0,05$) et pour l'estimation de l'apport énergétique par le pâturage ($P < 0,001$).

■ Fourniture énergétique du pâturage

L'estimation de la fourniture énergétique quotidienne par le pâturage est corrélée négativement au volume d'herbe disponible par vache, que ce soit pour la période allant de la mise à l'herbe à la fin juin ($r^2 = 0,68$; $P < 0,01$) ou bien de la fin avril à la fin juin ($r^2 = 0,59$; $P < 0,01$). Un ajustement quadratique améliore la variance expliquée ($r^2 = 0,75$ et $0,65$ pour les 2 périodes, figure 2). La prise en compte d'autres variables susceptibles d'avoir un effet sur l'énergie prélevée n'est significative que pour l'interaction entre volume disponible et hauteur résiduelle ($r^2 = 0,82$ et $0,73$; écart type = $0,86$ et $1,10$ respectivement pour les deux périodes). L'énergie prélevée diminue quand le volume disponible augmente, mais ce d'autant moins que la hauteur d'herbe résiduelle est élevée.

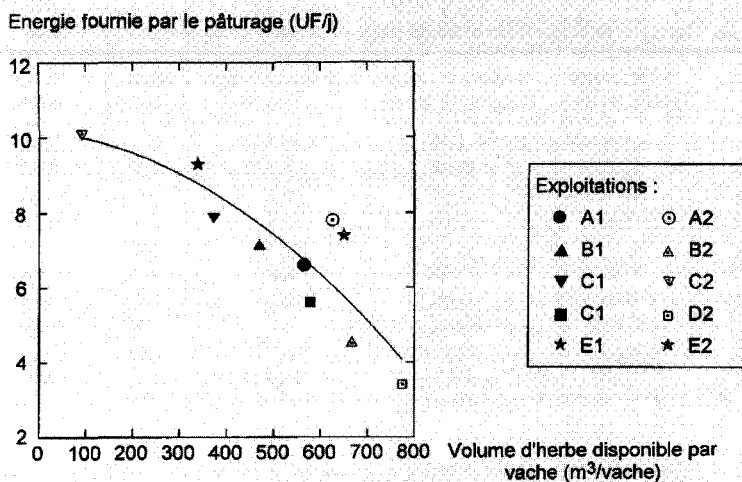


FIGURE 2 : Estimation de l'énergie prélevée au pâturage en fonction du volume d'herbe disponible par vache ; courbe ajustée.

FIGURE 2 : *Estimated energy ingested during grazing according to volume of available herbage per cow ; adjusted graph.*

Ramenées à l'hectare et à la période de pâturage étudiée, les estimations d'UF fournies par le pâturage varient considérablement entre élevages, sous l'effet des variations conjointes de chargement et de prélèvement quotidien (tableaux 2 et 4). Ces différences importantes proviennent du fait qu'excepté pour les élevages C1 et E2, les deux variables sont liées. De ce fait, la fourniture d'énergie par ha est significativement corrélée positivement au niveau de nutrition azotée et négativement au volume d'herbe disponible par vache ($P < 0,01$).

Discussion

1. Des règles de conduite du pâturage, souvent non optimales, qui ont pour effet de réduire la digestibilité de l'herbe offerte

Les conduites de pâturage ainsi que leur effet sur la valorisation énergétique de l'herbe pâturée sont très différentes selon les élevages. La comparaison des résultats au sein de chaque couple d'élevage montre que les conseillers d'élevage ont principalement privilégié l'intensification des prairies pour classer les élevages. Il est remarquable à cet égard de constater que, dans le couple C, l'élevage classé 2 est celui qui a le plus faible volume d'herbe disponible, mais aussi la contribution énergétique la plus élevée. Trois modalités de conduite sont décisives : la date de mise à l'herbe, la hauteur d'herbe résiduelle après pâturage et la quantité d'herbe offerte par vache.

■ Conduite du pâturage et quantité d'herbe

Comme nous n'avons pas observé de relation entre la date de mise à l'herbe et les caractéristiques climatiques, il semble bien que, dans le réseau étudié, le choix des pratiques résulte d'un libre arbitre de l'éleveur et n'est pas contraint par des caractéristiques du milieu (croissance de l'herbe, portance, éloignement des parcelles). Comme observé dans d'autres élevages, la mise à l'herbe semble plus pilotée par l'état des stocks que par la quantité d'herbe au pâturage (COLENO, 1997). L'éleveur C2 met à l'herbe très tôt, sans transition, faute de réserves en ensilage d'herbe. A l'opposé, l'éleveur D2 maintient un apport de stock élevé tout au long de la période de pâturage, parce qu'il a des réserves en maïs importantes qu'il considère comme simples à gérer.

Les hauteurs d'herbe résiduelle apparaissent élevées en regard des données et des recommandations issues de la littérature, excepté pour l'élevage C2. En situation de pâturage continu, lorsque la hauteur est mesurée avec le stick, les recommandations pour des vaches laitières pâturant du ray-grass anglais varient de 7 à 9 cm (LE DU *et al.*, 1981). En situation de pâturage tournant, la hauteur résiduelle recommandée avec un herbomètre à plateau est d'environ 6 cm (MAYNE *et al.*, 1977). Lorsque la graminée dominante est du dactyle, la hauteur résiduelle optimale est susceptible d'être supérieure à celle d'un ray-grass, compte tenu du plus grand développement vertical du dactyle. Il n'en reste pas moins que les valeurs observées restent élevées, comme déjà observé dans d'autres élevages laitiers (DURU, non publié).

Les quantités d'herbe offerte par vache et par jour sont bien plus élevées que les valeurs considérées comme optimales (COMBELLAS et HODGSON, 1979 ; PEYRAUD *et al.*, 1995), excepté pour l'élevage C2, et donc vraisemblablement pénalisantes pour les quantités ingérées.

■ Conduite du pâturage et digestibilité de l'herbe

Comme observé dans les études similaires, la conduite du pâturage a un effet sur la digestibilité de l'herbe offerte. Ainsi, nous avons montré précédemment que plus élevée est la biomasse résiduelle, plus faible est la digestibilité de l'herbe offerte (DUCROCQ et DURU, 1996). Ce résultat se vérifie aussi ici puisqu'une relation négative avec le volume d'herbe disponible par animal a été établie. Cette tendance a aussi été observée dans de nombreuses expériences (KRISTENSEN, 1988 ; HOOGENDOORN *et al.*, 1992 par exemple). Elle provient d'une plus grande proportion de matériel sénescant, 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 leur rang (WILSON, 1976). C'est pourquoi la digestibilité des feuilles continue à diminuer au cours d'une repousse, même une fois atteint un nombre de feuilles constant sur une talle (DUCROCQ et DURU, 1996). En outre, la diminution de la digestibilité observée au cours du printemps résulte d'une élévation de la température, comme cela a été montré dans de nombreuses études (DEINUM et DIRVEN, 1970 ; WILSON et MINSON, 1980).

2. Le volume d'herbe disponible par vache intègre, à l'échelle de la sole, les deux indicateurs que sont les quantités d'herbe à l'entrée et à la sortie de la parcelle

Le chargement net durant la période de pâturage de printemps dépend à la fois de la production d'herbe, estimée par le niveau de nutrition azotée, et de l'utilisation de l'herbe offerte dont le volume d'herbe disponible par vache constitue un indicateur. Ces mêmes variables ont déjà permis de rendre compte des différences de chargement pour deux autres réseaux d'élevages, allaitants (DURU *et al.*, 1997) ou laitiers (DURU, non publié). Dans le cas présent, le calcul du chargement tient compte des dates de mise à l'herbe, en raison des grandes différences observées.

Nous avons montré précédemment (DURU *et al.*, 1997) et confirmé ici que le volume d'herbe disponible par vache mesuré à l'échelle de la sole dépend entre autres de la hauteur d'herbe résiduelle. En outre, lorsque les parcelles sont de surface comparable, des valeurs élevées traduisent souvent des quantités d'herbe offerte par vache qui pénalisent l'ingestion. Ce sont les raisons pour lesquelles le volume d'herbe par vache, calculé à l'échelle de la sole, permet, tout comme la hauteur d'herbe résiduelle, de rendre compte de différences de chargement (pour peu que l'on tienne compte de la production par le biais du niveau de nutrition azotée), de digestibilité de l'herbe offerte et de production laitière. Dans ce dernier cas, l'estimation de l'énergie fournie par le pâturage est corrélée négativement avec le volume d'herbe disponible par vache, mais cet effet est d'autant plus marqué que la hauteur résiduelle est faible. Cet effet de la hauteur résiduelle peut résulter du fait que l'on observe généralement un gradient décroissant de la digestibilité du haut du couvert vers la base (JOHNSTON *et al.*, 1993). **Le volume d'herbe disponible par vache synthétise en fait deux composantes importantes de l'ingestion au pâturage, la digestibilité de l'herbe offerte et la quantité d'herbe allouée un jour donné**, qui elle aussi dépend du volume d'herbe disponible à l'échelle de la sole. C'est pourquoi, cet indicateur peut être substitué à la hauteur d'herbe résiduelle lorsqu'il offre des avantages que nous précisons ci-dessous.

3. Le volume d'herbe disponible par vache : une méthode d'évaluation de la conduite du pâturage

Les différences de chargement entre élevages peuvent être interprétées en termes de différences entre production et utilisation de l'herbe. Le volume d'herbe disponible par vache permet de réaliser plus facilement le diagnostic que la seule connaissance de caractéristiques établies à l'échelle parcellaire car il peut être mis en relation avec le chargement et le niveau de production des prairies permis par l'azote.

■ Adapter le chargement à la disponibilité en azote

Les niveaux de nutrition azotée, qui permettent de rendre compte de la production d'herbe, sont mal reliés aux apports d'azote et aux taux de légumineuses dans les prairies. Cette imprécision a déjà été observée par ailleurs soit au niveau d'expérimentations multilocales, soit au niveau d'enquêtes régionales. Elle provient du poids de l'histoire culturale et de spécificités du sol, difficilement accessibles (DURU *et al.*, 1996). Compte tenu de la relation de quasi-proportionnalité existant entre croissance et état nutritionnel (LEMAIRE et GASTAL, 1997), on peut déduire de ces données que la croissance des prairies échantillonnées correspond à une part variant de 55 à 85% du potentiel climatique.

Lorsque des volumes d'herbe par vache élevés sont observés en rapport avec des apports d'azote, comme c'est le cas pour A1 et D1, on peut s'interroger sur le bien-fondé d'une telle pratique. En effet, une part de l'accroissement de production permis par ces apports d'azote se retrouve en litière, puisque le supplément de production n'est pas consommé. La remarque n'est pas aussi fondée lorsque des volumes d'herbe par vache assez élevés sont obtenus sans intrants azotés (cas de B2 et E2, ainsi que A2 et D2). Les élevages où ces pertes sont les moins élevées peuvent nous servir à estimer les surfaces nécessaires au pâturage en fonction du niveau de nutrition azotée. Sachant que le chargement de l'élevage C2 est de 2,8 vaches/ha (tableau 2), pour un niveau de nutrition azotée de 57, on peut estimer le chargement potentiel à 5 vaches durant la période de pâturage. Cette valeur est peu inférieure à celle observée en Ségala à une altitude inférieure (600 m), avec des pratiques de fertilisation azotée permettant un niveau de nutrition azoté non limitant (DURU, non publié).

■ Choisir les sécurités du système fourrager

Un volume d'herbe disponible par vache élevé peut constituer une sécurité pour l'alimentation au pâturage et ainsi conférer une souplesse pour sa conduite. En effet, choisir délibérément un chargement faible par rapport à la croissance permise par le climat et la nutrition minérale est un moyen de se prémunir d'un risque conjoncturel de manque d'herbe du fait de caractéristiques défavorables du climat, sans faire appel à des ressources fourragères externes à la sole pâturée. Les comparaisons d'élevages, de même que des résultats expérimentaux, montrent que ce type de gestion n'est pas compatible avec une bonne valorisation du pâturage, du moins tant que l'on recherche une production laitière élevée avec peu ou pas d'apport de concentrés. C'est la raison pour laquelle un tel objectif nécessite une gestion du pâturage en flux tendu (COLENO et DURU, 1998). Les sécurités ne peuvent provenir que de la distribution de fourrages grossiers durant la période de transition, puis de l'allocation ou non de parcelles de provision en fonction des besoins.

Conclusion

Le volume d'herbe disponible par vache n'est pas seulement une méthode de diagnostic mais peut être un outil pour mieux anticiper les ajustements à réaliser en cours de campagne.

La méthodologie proposée a permis de dissocier les deux composantes du chargement, production et utilisation de l'herbe, et ainsi de suggérer des pistes pour interpréter les différences de chargement observées à dire d'expert entre troupeaux laitiers situés dans une même petite région. Il est apparu que les différences de chargement, de même que les différences de contribution du pâturage à la fourniture énergétique, étaient largement dépendantes de la conduite du pâturage. Le volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole permet un diagnostic *a posteriori* d'une conduite du pâturage, comme confirmé dans cette étude.

En outre, comme le volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole est corrélé aux variables dont dépendent la croissance nette (hauteur d'herbe résiduelle) et les quantités d'herbe ingérées (digestibilité de l'herbe offerte, quantité d'herbe offerte), il complète utilement les critères usuels observables à l'échelle de la parcelle, en permettant d'anticiper les décisions d'ajout ou de retrait de parcelles ou le niveau d'apport de fourrages conservés, plus facilement qu'à partir de l'observation d'une seule parcelle. En effet, compte tenu des variations saisonnières et interannuelles de la croissance de l'herbe, les recommandations usuelles en termes de hauteur d'herbe résiduelle nécessitent d'adapter le chargement soit en modifiant le nombre de parcelles affectées lors d'un cycle de pâturage, soit en faisant varier le niveau des distributions. C'est pourquoi, il y a nécessité d'estimer le plus à l'avance possible les risques de manque ou de dépassement d'herbe. Le calcul du volume d'herbe par vache permet plus aisément une telle appréciation que la seule observation de la hauteur d'herbe résiduelle puisqu'il tient compte de l'état de l'herbe de l'ensemble des parcelles candidates à un cycle de pâturage.

Accepté pour publication, le 8 juillet 1998.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COLENO F. (1997) : *Stratégies de gestion des systèmes fourragers en élevages laitiers : Etude empirique et modélisation*, thèse INA PG.
- COLENO F., DURU M. (1998) : "Gestion de production dans les systèmes d'élevage utilisateurs d'herbe", *Etudes et Recherches*, 31, 45-61.
- COMBELLAS J., HODGSON J. (1979) : "Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial", *Grass and Forage Sci.*, 34, 209-214.
- CROS M.J., DURU M., GARCIA F., MARTIN-CLOUAIRE R. (1977) : "Characterization and simulating a rotational grazing strategy", *EFITA, 1th Conf. for information technology in agriculture*, 15-18 juin, Copenhague.
- DEINUM B., DIRVEN J.G. (1970) : "The effect of temperature on the digestibility of grasses. An analysis", *Forage Res.*, 3, 1-17.
- DUCROCQ H. (1996) : *Croissance des prairies de graminées selon la fertilisation azotée, l'intensité et la fréquence de défoliation. Application pour l'évaluation et l'aide à la gestion du pâturage tournant*, thèse INA PG, 150 p.
- DUCROCQ H., DURU M. (1996) : "Effet de la conduite d'un pâturage tournant sur la digestibilité de l'herbe offerte", *Fourrages*, 145, 91-104.
- DURU M., FIORELLI J.L., OSTY P.L. (1988) : "Propositions pour le choix et la maîtrise du système fourrager. I. Notion de trésorerie fourragère", *Fourrages*, 113, 37-56.
- DURU M., FIORELLI J.L., MOREAU J.C., OSTY P.L. (1990) : "Les jours d'avance : un outil de prévision et de contrôle de la gestion des ressources fourragères en stock et au pâturage", *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 17, 115-125.
- DURU M., LEMAIRE G., CRUZ P. (1996) : "The nitrogen requirements of grasslands", *Diagnosis on nitrogen status in crops*, G. Lemaire ed, Springer Verlag.
- DURU M., DALMIÈRES A., FOUCRAS J., LAVAL L. (1997) : "Le volume d'herbe disponible par animal : un indicateur pour la conduite du pâturage. Application à des élevages allaitants", *Fourrages*, 150, 209-223.
- 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 pasture. 2- Milk production in late spring / summer : effects of grazing intensity during the preceding spring period", *Grass and Forage Sci.*, 47 (4), 316-325.
- JOHNSTON J.E., SINGH A., CLARK E.A. (1993) : "Sward height in grazing management : vertical profiles in forage quality", *Proc. XVIIth Int. Grass. Congr.*, 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 and Forage Sci.*, 43, 239-251.
- 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 Forage Sci.*, 34, 249-260.

- LE DU Y.L.P., BAKER R.D., NEWBERRY R.D. (1981) : "Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 3- Effects of grazing severity under continuous stocking", *Grass and Forage Sci.*, 36, 307-318.
- LEMAIRE G., GASTAL F. (1997) : "N uptake and distribution in plant canopies", *Diagnosis of the N nutrition status in crops*, Ed. G. Lemaire, Springer Verlag, Berlin.
- 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", *Proc. XVIth Int. Grassl. Congr.*, Nice, 179-180.
- MAYNE C.S., NEWBERRY R.D., WOODCOCK S.C.F., WILKINS R.J. (1977) : "Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows", *Grass and Forage Sci.*, 42, 59-72.
- PEYRAUD J.L., DELAGARDE R., DELABY L. (1995) : "Influence des conditions d'exploitations du pâturage et des caractéristiques animales sur les quantités ingérées par les vaches laitières : analyse et prédiction", *Renc. Rech. Ruminants*, 37-44.
- WILSON J.R. (1976) : "Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I -Development rate, chemical composition and dry matter digestibility", *Aust. J. Agric. Res.*, 27, 343-354.
- WILSON J.R., MINSON D.J. (1980) : "Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses", *Tropical Grassland*, 14, 253-257.

SUMMARY

The volume of available herbage per dairy cow : an indicator for setting up rules of grazing management for dairy cows

The aim of this study was to provide an aid to decision making for the management of a rotational grazing system. We compared the grazing management of 10 dairy herds in spring, analysing the relationships among the net stocking rate (indicator of herbage intake by grazing animals), the herbage nitrogen status (indicator of herbage growth) and the herbage characteristics (volume of available herbage per cow at the level of the whole grazing area, digestibility of the herbage offered). For a given herbage nitrogen status, the stocking rate could increase by 50% on the same dairy farm. It increased when the available volume of herbage per cow decreased. Moreover, the digestibility of the herbage on offer was low when the available volume per cow was large. We suggest to use this volume of available herbage to assess the agreement between the grazing rules and the animal outputs, in order to adjust the stocking rate to the variations in herbage growth on the one hand, and to the level of inputs such as nitrogenous fertilisers, on the other hand. Finally, the consequences were discussed of the volumes of available herbage per cow in terms of security of the feed budget.