

# La hauteur du couvert prairial : un moyen d'estimation de la quantité d'herbe disponible

M. Duru, H. Ducrocq\*

**La hauteur du couvert végétal est une méthode simple d'estimation de la quantité d'herbe. Néanmoins, les grandes variations de quantité parfois observées pour une même hauteur nécessitent de préciser l'effet des pratiques agricoles et du type de prairie sur les structures horizontales et verticales du couvert.**

## RÉSUMÉ

*Afin de préciser les facteurs de variation de la relation entre quantité d'herbe et hauteur du couvert, les données de 4 dispositifs de mesure concernant l'effet des modes d'exploitation sur des prairies variées ont été utilisées. Les mesures de hauteur d'herbe ont été réalisées au sward stick. La "densité" d'herbe diminue toujours de la base vers le haut du couvert ; elle est la plus variable dans l'horizon proche du sol (0-7 cm), en raison du mode d'implantation et de la densité de tiges. Pour les horizons supérieurs, la densité d'herbe est plus élevée lorsque la prairie est composée de plusieurs espèces. La méthode de mesure au sward stick est jugée acceptable pour gérer le pâturage. Mais on peut obtenir une relation plus stable : entre la quantité d'herbe disponible au dessus de 7 cm et hauteur de la végétation moins 7 cm, la quantité d'herbe disponible pour une hauteur donnée augmentant avec le nombre d'espèces.*

\* avec la collaboration de L. Sos

## MOTS CLÉS

Fertilisation azotée, herbomètre, méthode d'estimation, mode d'exploitation, prairie, production fourragère, structure de la végétation.

## KEY-WORDS

Estimation method, forage production, grassland, grassmeter, nitrogen fertilization, sward structure, type of management.

## AUTEURS

I.N.R.A. Agronomie, Chemin de Borde Rouge, BP27, F-31326 Castanet-Tolosan ;  
tél. : 05- 61-28-50-32 ; fax : 05- 61-73-55-37.

**L**a conduite du pâturage nécessite d'adapter le chargement de façon à maintenir un état de l'herbe compatible avec les objectifs de production zootechnique. En pâturage continu, il est recommandé des hauteurs d'herbe dont la valeur dépend de l'espèce animale (HODGSON, 1986 ; PARSONS, 1988). Les valeurs sont bien connues pour des prairies à base de ray-grass anglais recevant une forte fertilisation azotée. Pour d'autres pratiques de pâturage, comme le pâturage tournant, ces recommandations sont moins adaptées puisque, à une date donnée, les états de l'herbe sont différents selon les parcelles. En outre, la maximisation des performances tant pour les prairies que pour les animaux n'étant plus justifiée en élevage moins intensif, la fertilisation azotée et l'intensité d'utilisation de l'herbe offerte peuvent diminuer. Une méthodologie basée sur le volume d'herbe disponible par vache à l'échelle de la sole pâturée a été proposée (DURU *et al.*, 1997). Pour que cette méthodologie débouche sur la formulation de règles de conduite, il importe de s'assurer que la hauteur d'herbe est un bon estimateur de la quantité d'herbe disponible ou bien, dans le cas contraire, d'en connaître les facteurs de variation. Tel est l'objectif de ce travail.

## **Etudier la relation entre quantité et hauteur d'herbe...**

### **■ Sources de variabilité**

Quel que soit le mode de mesure de la hauteur du couvert, l'estimation de la quantité d'herbe est entachée d'une erreur. Ainsi, s'il est couramment admis que la hauteur d'herbe augmente avec la quantité d'herbe disponible, de nombreuses études montrent que cette relation varie selon la saison (BRERETON et CARTON, 1986 ; PRACHE *et al.*, 1989 ; MOULD, 1992), les modes d'exploitation (BRERETON et CARTON, 1986), ainsi que les types de prairies : prairies permanentes, temporaires, mono ou plurispécifiques (DURU et BOSSUET, 1992).

La variabilité de l'estimation de la quantité d'herbe à partir de la hauteur d'herbe dépend de la densité du couvert (GABRIÉLS et VAN DEN BERG, 1993). BIRCHAM et HODGSON (1984) ont montré qu'en pâturage continu, la quantité d'herbe est corrélée positivement à la densité de talles. De même, CARTON *et al.* (1988) trouvent qu'au printemps, la biomasse de feuilles pour une hauteur donnée du couvert est élevée pour les modes d'exploitation automnale, qui ont favorisé le tallage.

### **■ Approche adoptée**

Pour une hauteur donnée, la quantité d'herbe dépend à la fois de la structure horizontale (densité de couverture au sol) et de la structure verticale (répartition de la biomasse dans les différents horizons) de la prairie.

La structure horizontale est susceptible de varier en fonction du mode de semis, du type de prairie et des modes d'exploitation. Nous faisons l'hypothèse que la couverture du sol est plus élevée pour une prairie permanente que pour une prairie semée, ou lorsque les modes d'exploitation contribuent à l'augmentation de la densité de talles.

La structure verticale est susceptible quant à elle de dépendre du nombre d'espèces pour les prairies plurispécifiques et de la proportion des différents organes (limbe, gaine) pour les prairies monospécifiques de graminées en relation avec les modes d'exploitation. Pour les prairies plurispécifiques, nous faisons l'hypothèse que les organes des différentes espèces se répartissent de manière plus homogène dans les différents étages de la végétation que ceux des prairies monospécifiques. Pour ces dernières, la part des gaines dans la biomasse est susceptible de dépendre de la fréquence et de l'intensité de défoliation, un centimètre de gaine pesant plus qu'un centimètre de l'ensemble des limbes d'une même talle. C'est pourquoi des gaines longues relativement à la taille des limbes doivent contribuer à accroître la masse d'herbe pour une hauteur donnée.

## ■ Méthodes d'évaluation existantes

Pour estimer la quantité d'herbe à partir de la hauteur d'herbe, divers techniques et appareils de mesure sont disponibles : des méthodes simples, comme l'estimation visuelle (BAARS et DYSON, 1981), jusqu'à des mesures plus sophistiquées comme la mesure de capacité (HUTCHINGS *et al.*, 1990). Les plus utilisés sont la règle graduée (sward stick) et l'herbomètre à plateau, dont il existe différents types selon le poids, le diamètre et la matière du plateau. Le principe du stick est de mesurer la hauteur de l'horizon où les limbes sont présents, sans perturber le couvert, c'est à dire tel qu'il apparaît aux animaux (HODGSON, 1986). La surface de contact du curseur est petite (2 cm<sup>2</sup>). L'herbomètre à plateau consiste à mesurer une hauteur d'herbe compressée, sous un plateau d'une surface comprise entre 1 000 et 5 000 cm<sup>2</sup>, selon le type d'appareil. C'est pourquoi la hauteur de la surface d'un couvert dépend de l'appareil de mesure. Nous avons choisi d'utiliser le sward stick à des fins de vulgarisation auprès de conseillers voire d'éleveurs : d'une part, il nous semble plus facile d'établir des correspondances entre des évaluations à l'oeil et la mesure de la hauteur d'herbe avec le stick, plutôt qu'avec l'herbomètre à plateau, d'autre part, il est plus facile à transporter.

## Matériel et méthodes

### ■ Sites, couverts fourragers et traitements

Cette étude comprend 4 dispositifs. Les premier et quatrième dispositifs concernent une prairie de dactyle (cv. Lude) implantée à Auzeville près de Toulouse respectivement en 1991 et 1994 ; le second

Hauteur (cm)	Fréquence de coupe (semaines)	Dates de contrôle
3	1	23/06, 28/06, 06/07, 26/07
6	1	id.
3	2	20/07, 02/04
6	2	id.
12	2	id.
6	3	12/07, 02/08, 02/08
12	3	id.

TABLEAU 1 : Définition des traitements pour le dactyle du dispositif 1 (Auzeville, 1993).

TABLE 1 : Treatments to cocksfoot in Arrangement 1 (Auzeville, 1993).

et le troisième sont situés dans le département de l'Aveyron près de Baraqueville (altitude 600 m). Le second comprend 3 prairies temporaires utilisées en pâturage tournant par des animaux laitiers. Le troisième dispositif correspond à 4 prairies de natures différentes destinées à la fauche.

Le premier dispositif mis en place sur une repousse végétative comprend 7 traitements combinant diverses fréquences et hauteurs de coupe (tableau 1). A la mise en place de l'expérimentation, 150 kg N/ha ont été appliqués.

Le second correspond à trois prairies pâturées 3 à 5 fois au printemps. Il s'agit de prairies semées depuis plus de 5 ans et où le pourcentage de dactyle est supérieur à 45% (méthode de la baïonnette de DAGET et POISSONNET, 1971), les autres espèces associées étant souvent des graminées. Ces parcelles ont été étudiées en 1993 et en 1994.

Le troisième correspond à l'étude de 4 prairies régulièrement fertilisées combinant le nombre d'espèces (1 ou plusieurs espèces dominantes) et le type de prairie (prairies semées ou prairie permanente ; tableau 2). Cette étude a été réalisée pour la pousse de printemps, durant deux années consécutives (1993 et 1994), mais sur des prairies différentes. La composition botanique n'est donc pas la même d'une année à l'autre. En particulier, le ray-grass anglais est présent sur deux des parcelles en 1994, alors qu'en 1993, c'est le dactyle qui est dominant.

Le quatrième dispositif comprend deux repousses de printemps (1995 et 1997) et deux repousses d'été (1996 et 1997). Pour chacune d'elles, des pré-coups ont été effectués de façon à faire varier la den-

Prairie	Année	Espèce dominante*	Type	Implantation	Date de contrôle
ASpn*	1993	dac, pat, TB, dicot	PP	> 10 ans	20/04, 29/04, 06/05
ASpn	1994	RGa, divers	PP	> 25 ans	21/04, 28/04, 04/05
ASs10	1994	dac, fleole, fét, luz, TV	PT	1 an	21/04, 28/04, 04/05
ASs3	1993	dac, luz, TB	PT	2 ans	20/04, 29/04, 06/05
Msdc	1994	dac	PT	7 ans	21/04, 28/04, 04/05
Merg	1993	RGI	PT	3 ans	20/04, 29/04, 06/05
Mpn	1993	dac (+pat)	PP	> 10 ans	20/04, 29/04, 06/05
Mpn	1994	RGa	PP	> 25 ans	21/04, 28/04, 04/05

\* AS : association, M : monospécifique, PP : prairie permanente, PT : prairie temporaire, dac : dactyle, pat : pâturin, TB : trèfle blanc, TV : trèfle violet, fét : fétuque, luz : luzerne, RGa : ray-grass anglais, RGI : ray-gras d'Italie, dicot : dicotylédones (pissenlits...)

Tableau 2 : Caractéristiques des prairies du deuxième dispositif.

TABLE 2 : Characteristics of the pastures in Arrangement 2.

TABLEAU 3 : Traitements et contrôles pour le dactyle du dispositif 4.  
 TABLE 3 : Treatments and controls for cocksfoot in Arrangement 4.

Année	Cycle	Traitement*	Précoupes	Dates de contrôle
1995	1	D1 et D0 C1 et C0	23/11, 23/12	13/04, 26/04, 05/05 <i>id.</i>
1996	2	D1 et D0 C1 et C0	30/04, 14/05	20/06, 28/06, 04/07, 11/07, 18/07 <i>id.</i>
1997	1	D1 et D0 C1 et C0	04/11, 16/12	10/03, 17/03, 01/04, 14/04, 28/04 <i>id.</i>
1997	2	D1 et D0 C1 et C0	02/06	10/06, 17/06, 24/06, 01/07 <i>id.</i>

\* la lettre C indique que des précoupes ont été effectuées ;  
 le chiffre 1 signifie qu'il y a eu apport d'azote

sité de talles (tableau 3). En outre, deux niveaux d'apport d'azote (0 et 120 kg/ha) ont été effectués.

Les premier et troisième dispositifs comprennent 4 répétitions dans un dispositif en bloc.

### ■ Les contrôles

Pour chacun des dispositifs et chacun des traitements, 3 à 5 mesures espacées d'une à deux semaines ont été réalisées, ou bien ces mesures sont effectuées juste avant le pâturage dans le cas du deuxième dispositif. Les mesures communes à l'ensemble des dispositifs concernent, à raison de 4 répétitions par traitement ou prairie :

- la sélection d'une placette de 0,5 m x 0,5 m prise au hasard au sein des emplacements affectés à un traitement ou au sein d'une prairie ;

- la mesure de la hauteur de l'herbe sur le couvert en place à l'aide du sward stick (DURU et BOSSUET, 1992) dont on a automatisé la saisie (BOSSUET *et al.*, 1992) ; 15 mesures de hauteur sont effectuées par placette.

Pour le premier et le deuxième dispositif, la coupe de la placette est effectuée à l'aide d'une minitondeuse à environ 1 cm au dessus du sol. Pour les troisième et quatrième dispositifs, on a prélevé la végétation par strate de 7 cm de hauteur comptabilisée à partir de la surface du sol. Pour cela on utilise un cadre en U rigide disposé à la base du couvert sur lequel s'emboîtent d'autres cadres en PVC, amovibles. Tous sont distants de 7 cm. La végétation est prélevée parallèlement à la surface de chacun des cadres. Comme la hauteur d'herbe n'est jamais constituée d'un nombre entier de strates, et qu'il est difficile de prélever une strate inférieure à 5 - 7 cm, la hauteur de l'horizon supérieur est donc comprise entre 5 et 14 cm. Pour limiter le biais pouvant provenir du manipulateur, notamment pour la coupe réalisée au ras du sol, les coupes ont été réalisées par la même personne, excepté dans le deuxième dispositif.

Tous les échantillons sont ensuite séchés à 80°C durant 48 h.

Dispositif	Année	Cycle	Mesure de poids d'herbe par strate	Densité de talles	Longueur de la gaine
1	1993	cycle 2	non	oui	oui
2	1993 et 1994	3 à 4 cycles de pâturage	non		oui
3	1993	cycle 1	oui	non	non
	1994	cycle 1	oui	oui *	non
4	1995	cycle 1	oui	oui	oui
	1996	cycle 2	oui	oui	non
	1997	cycle 1	oui	oui	non
	1997	cycle 2	oui	oui	oui

\* : couverture du sol estimée visuellement après la coupe

TABLEAU 4 : Mesures complémentaires effectuées par dispositif.

TABLE 4 : Complementary measurements taken for each arrangement.

En complément de ces mesures de base, d'autres, propres à un ou plusieurs dispositifs ont été réalisées de façon à compléter l'interprétation des résultats (tableau 4). Pour les premier et deuxième dispositifs, la longueur de la gaine (distance entre le sol et la ligule du plus jeune limbe adulte) a été mesurée sur un échantillon de 20 talles prises au hasard sur chacun des traitements et des répétitions. En outre, pour le premier dispositif, on a estimé l'interception du rayonnement à l'aide d'un ceptomètre en mesurant le rayonnement incident (au dessus du couvert) et au ras du sol. Cette mesure est utilisée comme un indicateur de la surface de feuilles. En deuxième année, pour le second dispositif, la couverture de la surface du sol est contrôlée visuellement après la coupe. La proportion de la surface recouverte par des gaines ou feuilles est appréciée grâce à une grille de référence constituée de 9 carrés, chacun étant subdivisé en 100 cases, 10, 20,... 90% d'entre elles étant noircies. Pour les premiers et quatrièmes dispositifs, la densité de talles a été estimée à partir de la pesée de 50 talles prélevées au sein de chaque échantillon, ou de l'horizon de base. En outre, pour le premier cycle en 1995 et le deuxième cycle en 1997, la mesure de la longueur des gaines a été effectuée de la même manière que pour le premier dispositif.

## ■ Le traitement des données

La relation hauteur - quantité d'herbe est établie par régression orthogonale. Des analyses de variance permettent de tester l'effet de différents types de prairies (pâturées ou fauchées), ou bien de la fertilisation azotée et du numéro du cycle (à Auzeville) sur la densité de biomasse par horizon.

Pour chaque strate, la biomasse (en  $g/m^2$  de matière sèche) sert à calculer la masse volumique ou densité de biomasse : celle-ci correspond à la masse d'une unité de volume, c'est-à-dire au rapport entre la quantité d'herbe récoltée et la hauteur de la strate (soit 0,07 m ou entre 0,05 et 0,14 m pour l'horizon supérieur).

La répartition de la biomasse le long des différentes strates de la végétation est étudiée en relation avec le nombre d'espèces, ainsi que la densité de talles.

## Résultats

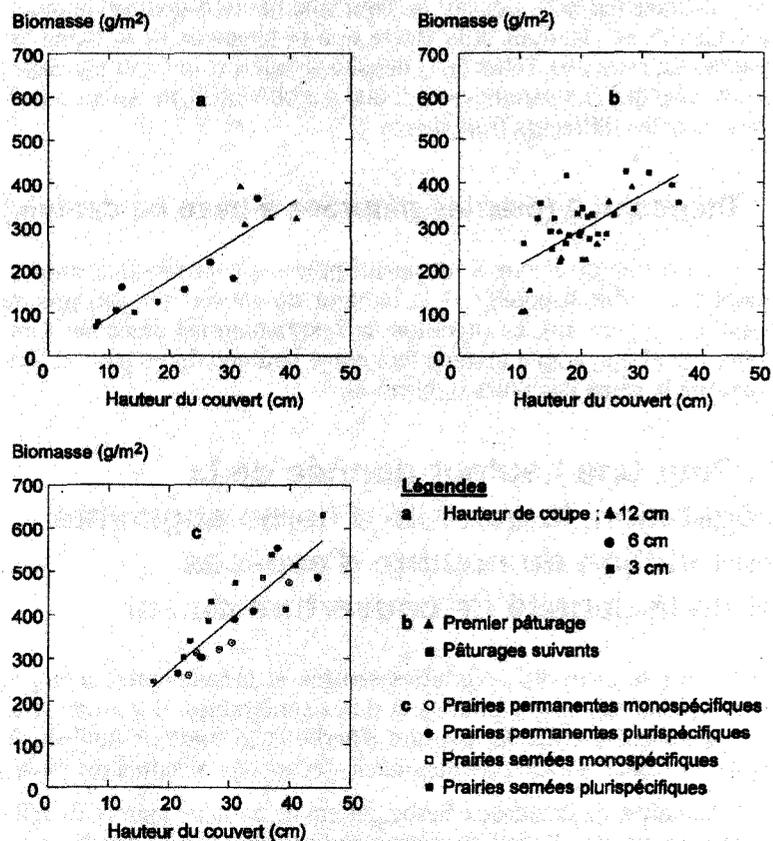
### 1. Pour une hauteur donnée de la végétation, la quantité d'herbe est d'autant plus élevée que la proportion de gaines est grande

#### ■ Dispositif 1 (dactyle)

La manipulation de la prairie par les rythmes et les hauteurs de coupe a permis de faire varier la hauteur du couvert et sa composition morphologique (figure 1). Pour une même hauteur du couvert, on observe des différences d'interception du rayonnement qui traduisent des différences de surface foliaire et des différences de longueur de gaine (non figurées). L'estimation de la quantité d'herbe par la hauteur est peu précise : l'écart type résiduel (etr) est de 52 g/m<sup>2</sup> (figure 1a). Si

FIGURE 1 : Relations entre la quantité et la hauteur de l'herbe pour différents couverts et mode d'exploitation : a) dactyle selon la hauteur de coupe, b) prairies pâturées de 3 élevages, c) 4 prairies, permanentes ou semées.

FIGURE 1 : Relationships between amount and height of herbage for different swards and management types : a) cocksfoot according to cutting height, b) pastures grazed by 3 different sets of animals, c) 4 pastures, permanent or sown.



Dispositif	Relation entre biomasse et hauteur					Autres variables ayant un effet significatif*						
	données	n	strates	constante	penne	r <sup>2</sup>	se	Variables		r <sup>2</sup>	se	
1		14		-1,4	8,8	0,78	52	+ gaine	- gaine x hauteur	0,94	27	
2		35		148	7,3	0,40	57	+ gaine x hauteur		0,45	47	
3	toutes	23	toutes	45,2	11,7	0,78	48	+ nb espèces	+ type prairie x date	0,84	41	
	toutes	23	S>1	-4,0	9,4	0,70	47	+ nb espèces	+ type prairie x date	0,84	36	
	1994	12	toutes	-62,8	15,2	0,84	44	+ nb espèces	+ nb espèces	0,88	38	
	1994		S=1					+ densité		0,31	22	
4	toutes	50	toutes	20,7	9,5	0,55	81	+ densité	+ azote	0,67	70	
	toutes	50	S=1					+ densité	+ azote	0,27	57	
	toutes	50	S>1	-34,0	7,5	0,88	26	+ densité	+ azote	0,90	24	
	1995+1997		S=1					+ densité	+ gaine	+ densité x gaine	0,70	55
	(cycle 2)	13	S>1	-17,0	7,1	0,79	34	+ densité x gaine		0,91	22	
3+4	toutes	73	toutes	2,0	11,2	0,61	83					
	toutes	73	S>1	-40,8	8,9	0,75	48	+ nb espèces		0,85	38	

\* hauteur : hauteur de la végétation, densité : densité de talles,

gaine : longueur de la gaine (dactyle), date : nombre de jours depuis le premier janvier, azote : fertilisation azotée

l'on tient compte de la longueur de la gaine, la précision de la relation est améliorée (etr=27 ; tableau 5). Pour une hauteur donnée, la quantité d'herbe est d'autant plus élevée que la longueur de la gaine est grande. En revanche, l'effet de la densité de talles n'apparaît pas significatif, bien que des variations de 2 000 à 3 000 talles/m<sup>2</sup> soient observées entre les différents traitements.

## Dispositif 2 (prairies pâturées à base de dactyle)

De même que pour le dispositif précédent, la relation entre la quantité d'herbe disponible et la hauteur du couvert est peu précise (etr=0,54 ; figure 1b). La précision de l'estimation est améliorée lorsqu'on prend en compte l'interaction entre hauteur du couvert et longueur de la gaine des talles (tableau 5).

## 2. Pour une hauteur donnée de la végétation, la quantité d'herbe augmente en fonction du nombre d'espèces et de la densité de couverture du sol

Dans le dispositif 3 (prairies semées et permanentes, mono et plurispécifiques), toutes prairies et dates confondues, il y a une relation significative entre la quantité d'herbe et la hauteur (tableau 5, figure 1c). Mais comme précédemment, l'écart type résiduel est élevé.

L'analyse de la masse d'herbe par cm de hauteur montre un effet du type de prairie. Ces valeurs sont significativement plus élevées pour

TABLEAU 5 : Paramètres de la relation entre biomasse (g/m<sup>2</sup>), hauteur (mm) et autres caractéristiques de la prairie.

TABLE 5 : Parameters of the relationship between biomass (g/m<sup>2</sup>), height (mm) and other pasture characteristics.

Dispositif 3	Type de prairie <sup>(1)</sup> (temporaire ou permanente)		Type de prairie <sup>(1)</sup> (mono ou plurispécifique)		Année
	Strate 1 Strate >1	* ns	ns **	*** ns	
Dispositif 4	Strate 1	***	***	***	***
	Strate >1	ns	***	ns	**

(1) : relations significatives aux seuils 0,001 (\*\*\*), 0,01 (\*\*), 0,05 (\*) ou non significative (ns)

TABLEAU 6 : Effet du type de prairie, du cycle et de l'année sur la masse d'herbe par cm de hauteur pour la strate proche du sol (strate 1 : 0-7 cm) ou pour les strates supérieures.

TABLE 6 : *Effect of pasture type, cycle and year on the amount of herbage per cm of height in the layer nearest to the soil (layer 1, 0-7 cm) or the other layers.*

FIGURE 2 : Relation entre la quantité d'herbe et la hauteur du couvert de 2 prairies (Ass3 et Mpn, cf. tableau 2) ; mesures réalisées à 3 dates consécutives, les différents points d'une même courbe correspondent aux valeurs cumulées des différents horizons de mesure du bas vers le haut du couvert.

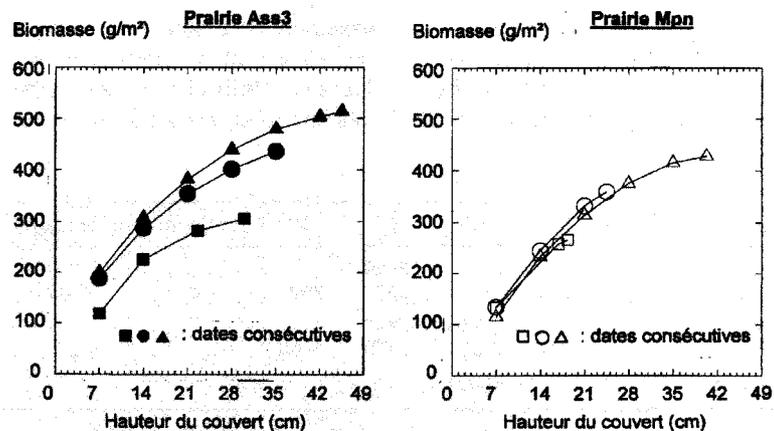
FIGURE 2 : *Relationship between amount of herbage and sward height in 2 pastures (Ass3 and Mpn, cf. table 2) ; measurements taken at 3 consecutive dates, the various points of a given graph corresponding to the cumulated values of the different layers from the bottom to the top of the sward.*

les prairies permanentes que pour les prairies semées aux deux dernières date de mesure (tableau 6). Par contre, pour les horizons supérieurs, la masse d'herbe par cm de hauteur est significativement plus élevée pour les prairies constituées d'un mélange d'espèces (tableau 6).

Les observations complémentaires réalisées en 1994, juste après chacune des coupes, montrent que la couverture du sol est très variable : elle est en moyenne de 48% pour les prairies semées alors qu'elle est de 86% pour les prairies permanentes. La prise en compte de cette variable est significative pour rendre compte des différences de poids de l'horizon proche du sol observées entre parcelles (tableau 5). C'est pourquoi, pour l'ensemble des données, il y a une diminution de l'écart type lorsqu'on tient compte du nombre d'espèces, ainsi que du type de prairie (permanente ou semée ; tableau 5).

La plus grande biomasse dans l'horizon proche du sol observée en 1994 (cf. effet année dans le tableau 6) provient vraisemblablement de la composition botanique. Les parcelles avec ray-grass anglais ont une quantité de biomasse significativement supérieure pour cet horizon ( $P > 0,01$ ).

L'analyse de l'accroissement de biomasse par horizon au cours d'une repousse permet de distinguer l'augmentation de poids qui résulte de l'addition d'une nouvelle strate (augmentation de hauteur



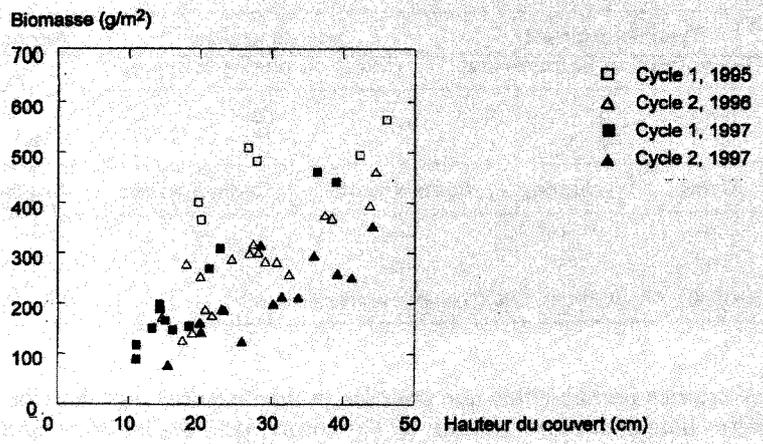


FIGURE 3 : Relation entre la biomasse et la hauteur du couvert de dactyle.

FIGURE 3 : Relationship between biomass and sward height in a cocksfoot ley.

du couvert) de celle résultant aussi d'une augmentation de poids des strates, en particulier les plus hautes (figure 2). Pour la série de données concernée, on observe qu'entre deux observations, l'augmentation de poids n'est due à une augmentation de hauteur que dans 4 cas sur 15. Le plus souvent, il s'agit donc d'une augmentation concomitante de hauteur et de poids des 2 ou 3 horizons les plus hauts.

### 3. Pour une hauteur donnée de la végétation, la quantité d'herbe dépend de la densité de talles et de la saison

Pour le dispositif 4 (dactyle), la relation entre la quantité d'herbe et la hauteur est beaucoup plus variable qu'elle ne l'était pour les prairies permanentes ou semées, bien qu'il s'agisse d'une même espèce (figure 3). L'écart type résiduel est élevé (tableau 5). Cette variabilité vient du fait qu'il y a un effet année, cycle et fertilisation azotée sur le poids de l'horizon proche du sol, ou sur le poids d'herbe par cm de hauteur pour les horizons supérieurs (tableau 6).

Pour les premiers cycles, l'accroissement de biomasse se fait par l'augmentation de hauteur (nombre d'horizons) et de poids par horizon, sauf entre les deux premières dates en 1995 et pour les traitements sans apport d'azote en 1997 (non figurés). Pour les repousses

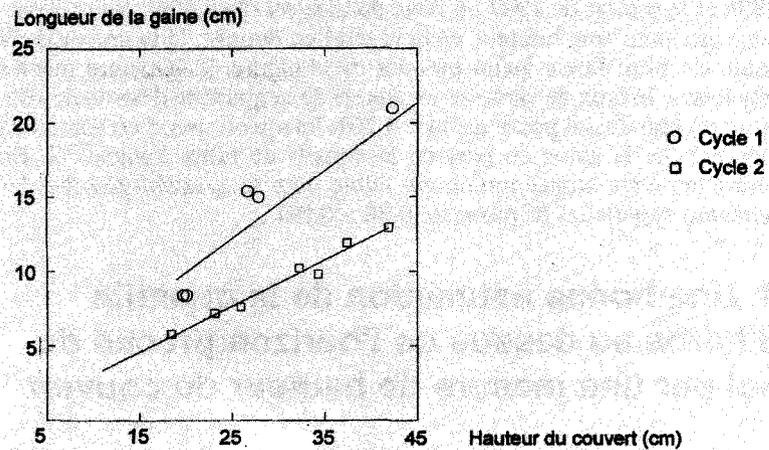
Année	Cycle	D1	D0	C1	C0	effet azote	effet coupe
1995	1	2416		2910			
1996	2	3206	2820	3827	2909	0,01	0,05
1997	1	2477	1934	2677	2122		
1997	2	1918	1533	2175	1468		
effet année			0,001				
effet cycle x année			0,01				

TABLEAU 7 : Effet des traitements (azote et coupe), de l'année et du cycle sur la densité de talles (nb talles/m<sup>2</sup>).

TABLE 7 : Effect of treatments (nitrogen and cuts) of year and of cycle on tiller density (number of tillers/m<sup>2</sup>).

FIGURE 4 : Relation entre la longueur de la gaine et la hauteur du couvert.

FIGURE 4 : Relationship between sheath length and sward height.



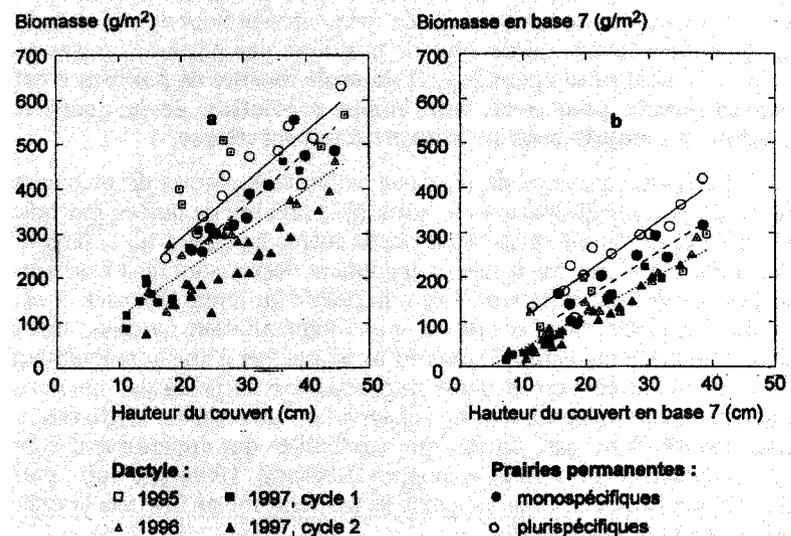
végétatives, l'accroissement de poids se fait par augmentation de hauteur et de poids pour les horizons inférieurs en 1996 et en 1997, sauf pour une des repousses sans apport d'azote en 1997, où il n'y a pas augmentation de quantité d'herbe entre les deux dates de mesure.

La densité de talles varie significativement en fonction de l'année, du cycle de croissance, de la fertilisation azotée et, dans une moindre mesure, du régime de coupe (tableau 7). C'est la raison pour laquelle la densité de talles ainsi que l'apport d'azote augmentent le taux de variance expliquée dans la relation hauteur totale - quantité d'herbe, et dans une moindre mesure celui de la relation hauteur en base supérieure à 7 cm - quantité d'herbe avec cette base 7 cm. De même, ces caractéristiques sont corrélées au poids d'herbe de l'horizon proche du sol.

Nous avons cherché à interpréter l'effet du numéro du cycle (tableau 6) à partir de la structure de la talle. Pour le premier cycle de

FIGURE 5 : Relation entre la biomasse et la hauteur du couvert a) en base 0, b) avec la base 7 cm pour les couverts de dactyle et les prairies permanentes mono ou plurispécifiques.

FIGURE 5 : Relationship between biomass and sward height a) with base 0 cm, b) with base 7 cm, for cocksfoot swards and permanent pastures with one or several constituents.



1995 et le second de 1997 où cette donnée est disponible, nous observons que pour une hauteur de la végétation donnée, la longueur de la gaine est plus élevée qu'au premier cycle (figure 4). Pour ces mêmes repousses, le taux de variance expliquée de la quantité d'herbe de l'horizon proche du sol passe de 44% à 70% lorsqu'on prend en compte la longueur de la gaine en plus de la densité de talles (tableau 5). En revanche, cette augmentation est faible pour la quantité d'herbe des horizons supérieurs ( $r^2$  passe de 0,88 à 0,91).

#### 4. Une bonne estimation de la quantité d'herbe au dessus de l'horizon proche du sol par une mesure de hauteur du couvert

Quels que soient le type de prairie, le régime de coupe et la fertilisation azotée, il apparaît (en faisant la synthèse des résultats des dispositifs 3 et 4) que la variabilité de hauteur pour une même quantité d'herbe est plus faible lorsqu'on considère les hauteurs et les quantités d'herbe en base supérieure à 7 cm (tableau 5, figure 5). Les données de la figure 5 montrent en outre que les prairies composées d'une association d'espèces ont une quantité d'herbe plus élevée pour une hauteur donnée que les prairies monospécifiques.

### Discussion

#### ■ La masse volumique de l'herbe décroît du sol à la surface du couvert

La masse volumique de l'herbe décroît toujours du sol à la surface du couvert (cf. figure 4 par exemple), mais la valeur correspondant à la strate la plus proche du sol, de même que le taux de décroissance dépendent beaucoup du type de prairie et des pratiques mises en oeuvre. C'est la raison pour laquelle **la seule mesure de hauteur n'est pas suffisante pour avoir une bonne prédiction de la quantité d'herbe, y compris pour un couvert monospécifique.**

Cette décroissance de la masse volumique résulte de plusieurs faits. En partant du bas vers le haut, (i) le nombre de limbes par talle diminue étant donné qu'ils n'ont pas la même longueur, (ii) la largeur des limbes diminue, (iii) il existe un gradient décroissant de masse surfacique de la base de la feuille vers la pointe du limbe (MAURICE *et al.*, 1992). En outre, nous avons vu que l'augmentation de poids entre deux observations résulte le plus souvent à la fois d'une augmentation de hauteur du couvert et d'une augmentation de poids des horizons inférieurs déjà présents lors de l'observation précédente. Cette évolution résulte d'une part du fait que les feuilles qui apparaissent sont généralement de plus en plus longues (DUCROCCQ, 1996) et d'autre part du fait que l'augmentation de poids se poursuit même une fois la taille adulte de la feuille atteinte.

Comme observé précédemment (DURU et BOSSUET, 1992), les masses volumiques les plus élevées sont presque toujours observées pour les prairies permanentes. De même, les relations établies entre hauteur et quantité d'herbe pour les prairies permanentes et temporaires sont cohérentes avec celles calculées antérieurement. L'acquis des dispositifs présentés est d'avoir mis en évidence les facteurs de variation de la relation hauteur - quantité d'herbe et identifié les caractéristiques du couvert importantes à considérer pour améliorer la prédiction. Ces résultats montrent en particulier la plasticité des prairies à base de graminées quant au rapport poids - hauteur. Pour être généralisées, les valeurs calculées doivent cependant tenir compte des différences interspécifiques. Ainsi, la stratification verticale d'une même quantité d'herbe est très différente selon l'habitat des espèces. Celles observées plus fréquemment dans les habitats fertiles ont généralement une densité de quantité d'herbe inférieure (ELBERSE et BERENDSE, 1993). Les spécificités des espèces peuvent ainsi être à l'origine des écarts de densité de quantité d'herbe observés entre les prairies composées d'espèces différentes.

### ■ Facteurs de variation de la masse volumique de l'horizon inférieur

Les résultats des dispositifs 3 et 4 montrent que la masse volumique varie le plus pour l'horizon le plus proche du sol (**par convention, 0-7 cm dans ces expériences**). Quatre principaux facteurs de variation ont été identifiés : le type de prairie (permanente ou semée), le régime de coupe, le numéro du cycle et la fertilisation azotée. Les caractéristiques de structure du couvert qui sont modifiées sont la densité de talles, ou vraisemblablement de tiges (dispositif 3), ainsi que le ratio hauteur du couvert - longueur de la gaine dans le cas du dactyle. Le type de prairie (permanente ou semée), le régime de coupe, de même que la fertilisation azotée ont un effet sur la densité de talles, conformément à ce qui est connu. Ainsi, BRERETON et CARTON (1986) montrent que la densité de la quantité d'herbe de l'horizon non consommé par les animaux est d'autant plus élevée que la densité de talles est importante. Le ratio hauteur du couvert - longueur de la gaine dépend du numéro de cycle et du temps écoulé depuis une utilisation. En effet, pour des repousses correspondant à un régime d'exploitation en fauche (dispositif 4), ou faisant suite à des coupes mimant différentes hauteurs de pâturage (dispositif 1), ou bien encore faisant suite à un pâturage (dispositif 2), nous avons mis en évidence une relation entre la hauteur du couvert et la longueur de la gaine de dactyle, dont les paramètres dépendent du numéro du cycle. D'après les droites d'ajustement tracées sur les figures 1, 2 et 3, les résultats sont cohérents entre les 3 dispositifs. Cette relation provient du fait que, pour les graminées, il existe une relation d'isométrie entre la longueur de la gaine et des limbes dont les paramètres dépendent de la saison : à longueur de gaine donnée, les limbes adultes sont plus courts pour la pousse de printemps, y compris pour les talles végétatives (DUCROCG, 1996). Ces résultats montrent en outre que la coupe augmente au moins à court terme le rapport gaine - limbe, de telle sorte que la part du compartiment le plus dense, à savoir les gaines,

est ainsi artificiellement augmentée. C'est la raison pour laquelle la masse volumique est la plus élevée pour des mesures faisant suite à une défoliation (dispositifs 1 et 2).

En conditions de pâturage, MAYNE *et al.* (1987) trouvent que pour un couvert de ray-grass, la proportion de la quantité d'herbe située à la base du couvert (horizon 0-6 cm) représente de 65 à 68% de la quantité d'herbe totale. JOHNSTON *et al.* (1993) ne trouvent qu'une proportion de 40% pour deux prairies plurispécifiques. Mais les couverts issus de ces deux types d'étude se différencient très probablement par la densité de talles, puisque les premières sont des prairies âgées de 10 ans, alors que les secondes sont en première année d'exploitation.

### ■ La masse volumique des horizons supérieurs est moins variable

La masse volumique des horizons supérieurs (au dessus de 7 cm) varie moins. **Elle dépend principalement du nombre d'espèces composant la prairie et, dans une moindre mesure, des autres variables ayant un effet sur la masse volumique de l'horizon proche du sol.** Les horizons supérieurs sont presque toujours composés de limbes verts puisque, sauf dans un cas, les gaines ne dépassent jamais deux horizons. Cette relative indépendance entre le poids de limbes verts et la densité du peuplement peut s'expliquer par le mécanisme d'homéostasie que met en jeu le couvert pour maintenir un indice foliaire élevé. GRANT *et al.* (1983) et KING *et al.* (1984) montrent que des couverts exploités à des hauteurs différentes présentent des quantités d'herbe verte équivalentes, soit par un accroissement de la densité de talles pour les couverts ras et une production par talle faible (forte intensité de pâturage), soit par une production par talle élevée mais une densité de talles faible pour les couverts les plus hauts. On peut en effet penser que lorsque la densité de talles est faible, notamment pour des couverts semés, le poids d'une talle est plus élevé que lorsque la densité de talles est importante. Mais la quantité d'herbe par unité de surface au moins au-dessus de l'horizon inférieur (au dessus de 5 à 10 cm) est alors similaire, quel que soit le type de prairie. Cette hypothèse, validée pour le dispositif 4, ne peut pas être vérifiée pour les couverts que nous avons étudiés en pâturage tournant.

### ■ Pour évaluer l'herbe offerte, éviter de prélever l'horizon inférieur

Si l'objectif est d'évaluer les disponibilités pour le pâturage, l'estimation de la quantité d'herbe peut se limiter à la mesure de hauteur. En effet, comme les performances des animaux diminuent lorsque la hauteur d'herbe du couvert décroît (HODGSON, 1981 ; PENNING *et al.*, 1986 et 1994), l'horizon proche du sol n'est généralement pas consommé. On peut alors faire l'impasse sur les facteurs de variation de la quantité d'herbe à ce niveau. MAYNE *et al.* (1987) définissent une hauteur d'herbe critique pour le ray-grass anglais, en deçà de laquelle les performances laitières des animaux chutent, qui correspond à une

hauteur de 60 mm (herbomètre à plateau) pour un pâturage tournant ou de 80 à 100 mm (hauteur de limbe déplié) (HODGSON, 1981). De même MOULD (1992) trouve que la végétation n'est pâturée que de façon marginale en dessous d'une hauteur de 60 mm. Pour des ovins, cette hauteur est plus réduite : elle est voisine de 50 mm. En fait, pour de faibles hauteurs d'herbe, les animaux ont de plus en plus de difficultés à prélever l'herbe.

De plus, les animaux évitent de pâturer en deçà de la hauteur d'insertion des limbes, du fait de la présence de tiges et pseudo-tiges en grande quantité (BARTHAM, 1981 ; BRERETON et CARTON, 1986). Ils prélèvent préférentiellement l'horizon feuillu, où la proportion de limbes verts est la plus élevée (KRISTENSEN, 1988). Par conséquent, l'évaluation de la quantité d'herbe offerte par des prélèvements de quantité d'herbe au niveau du sol n'est pas adéquate, et ce d'autant plus que la quantité d'herbe est très concentrée à la base du couvert (MAYNE *et al.*, 1987 ; JOHNSTON *et al.*, 1993). C'est pourquoi, **l'estimation de la quantité d'herbe offerte au-dessus d'une hauteur de 50 - 70 mm est plus adaptée**. Cette apparente simplification tient compte des modalités de prélèvement par les animaux. **De plus, l'estimation de la quantité d'herbe au-dessus de cette hauteur critique est plus fiable, puisque nous avons montré que la variabilité de la relation entre hauteur et quantité d'herbe résulte de la grande hétérogénéité de la quantité d'herbe présente dans l'horizon inférieur en relation avec la densité de couverture du sol.**

## Conclusion

Conformément aux résultats de nombreuses études, **l'estimation de la quantité d'herbe d'une prairie par la hauteur du couvert est peu précise**. Nous avons mis en évidence l'effet du type de prairie (permanente ou temporaire semée), ainsi que des modes d'exploitation et de la saison. Ces facteurs ont un effet sur la densité de quantité d'herbe en modifiant la structure horizontale de la prairie (densité de talles par exemple) et la structure verticale (longueur des gaines relativement aux limbes de graminées, nombre d'espèces associées par exemple). C'est pour les centimètres les plus proches du sol que la densité de quantité d'herbe est la plus variable. C'est pourquoi, **la mesure de hauteur au dessus de cet horizon inférieur est susceptible à elle seule de fournir une bonne estimation de la disponibilité en herbe pour le pâturage**, ces premiers cm n'étant en outre généralement pas consommés.

En conséquence, **l'estimation de la quantité d'herbe par la hauteur**, même si elle n'est pas très précise, **peut être considérée comme utile pour gérer le pâturage**, dans la mesure où c'est une composante de la préhensibilité de l'herbe (PRACHE et PEYRAUD, 1997), ou bien pour avoir une vue d'ensemble des quantités d'herbe par animal à l'échelle de la sole pâturée en vue de déterminer les surfaces à rajouter ou retirer dans le circuit de pâturage (DURU *et al.*, 1997).

Accepté pour publication, le 18 mai 1998.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAARS J.A., DYSON C.B. (1981) : "Visual estimates of available herbage on hill country sheep pastures", *N.Z. J. of Exp. Agric.*, (9), 157-160.
- BARTHAM G.T. (1981) : "Sward structure and the depth of the grazed horizon", *Grass and Forage Sci.*, 36, 130-131.
- BIRCHAM J.S., HODGSON J. (1984) : "The effects of change in herbage mass on rates of herbage growth and senescence in mixed sward", *Grass and Forage Sci.*, 39(2), 111-116.
- BOSSUET L., DURU M., FRANCH F. (1992) : "Automatisation du sward stick pour des mesures de hauteur de couverts végétaux au champs", *Fourrages*, 131, 301-305.
- BRERETON A.J., CARTON O.T. (1986) : "Analysis of the seasonal changes in the structure of a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) sward under different defoliation managements", *Irish J. of Agric. Res.*, 25, 97-109.
- CARTON O.T., BRERETON A.J., O'KEEFFE W.F., KEANE G.P. (1988) : "Effects of autumn closing date and grazing severity in a rotationally grazed sward during winter and spring. 2- Tissue turnover", *Irish J. of Agric. Res.*, 27, 151-165.
- DAGET P., POISSONNET P. (1971) : "Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critères d'application", *Ann. agron.*, 22, 1, 45-41.
- DUCCROQ 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 INAPG, 150 p.
- DURU M., DALMIÈRES A., FOUCHRAS J., LAVAL L. (1997) : "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., BOSSUET L. (1992) : "Estimation de la masse d'herbe par le "sward-stick". Premiers résultats", *Fourrages*, 131, 283-300.
- ELBERSE W.T., BERENDSE F. (1993) : "A comparative study of the growth and morphology of height grass species from habitats with different nutrient availabilities", *Functional Ecology*, 7, 223-229.
- GABRIELS P.C.J., VAN DEN BERG J.V. (1993) : "Calibration of two techniques for estimating herbage mass", *Grass and Forage Sci.*, 48, 329-335.
- GRANT S.A., BARTHAM G.T., TORVELL L., KING J., SMITH H.K. (1983) : "Sward management lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne* dominated swards", *Grass and Forage Sci.*, 38, 333-344.
- HODGSON J. (1981) : "Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs", *Grass and Forage Sci.*, 36, 49-57.
- HODGSON J. (1986) : "Grazing behaviour and herbage intake", *Grazing Occ. Symp. of the British Grassland Society*, ed J. Frame, 9, 51-64.
- HUTCHINGS N.J., PHILLIPS A.H., DOBSON R.C. (1990) : "An ultrasonic rangefinder for measuring the undisturbed surface height of continuously grazed grass sward", *Grass and Forage Sci.*, 45, 119-127.
- JOHNTSON J.E., SINGH A., CLARCK E.A. (1993) : "Sward height in grazing management : vertical profiles in forage quality", *Proc. of the XVII<sup>th</sup> Int. Grassl. Congr.*, 890-891.

- KING J., GRANT S.A., TORVEL L. (1984) : "Growth rate, senescence and phot synthesis of ryegrass swards cut to maintain a range of values for leaf area index", *Grass and Forage Sci.*, 39, 371-380.
- 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.
- MAURICE I., GASTAL F., DURAND J.L. (1997) : "Generation of form and associated mass deposition during leaf development in grasses : a kinematic approach for non-steady growth", *Annals of Botany*, 80, 673-683.
- MAYNE C.S., NEWBERRY R.D., WOODCOCK S.C.F., WILKINS R.J. (1987) : "Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows", *Grass and Forage Sci.*, 42(1), 59-72.
- MOULD F.L. (1992) : "Use of a modified rising-plate meter to assess changes in sward height and structure", *Norwegian J. of Agric. Sci.*, 6, 375-382.
- PARSONS A.J. (1988) : "The effects of season and management on the growth of grass swards", *The Grass Crop*, eds M.B. Jones and A. Lazenby, Chapman et Hall, 129-177.
- PENNING P.D., HOOPER G.E., TREATCHER T.T. (1986) : "The effect of herbage allowance on intake and performance of ewes suckling twin lambs", *Grass and Forage Sci.*, 41, 199-208.
- PENNING P.D., PARSONS A.J., ORR R.J., HOOPER G.E. (1994) : "Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing", *Grass and Forage Sci.*, 49, 476-486.
- PRACHE S., PEYRAUD J.L. (1997) : "Préhensibilité de l'herbe pâturée chez les bovins et les ovins", *INRA Prod. Anim.*, 10, 5, 377-390.
- PRACHE S., DUBY C., FROMENT A. (1989) : "Utilisation d'un herbomètre à plateau pour estimer l'herbe disponible sur une prairie de fétuque élevée pâturée en continu par des ovins", *XV<sup>e</sup> Int. Grassl. Congr.*, Nice, 1427-1428.

SUMMARY

**Sward height : a tool for measurement of available herbage**

It is possible to estimate the amount of available herbage in a pasture by measuring the height of the sward. In order to determine the factors responsible for the variations of this amount for a given sward height, we used the data from four measuring arrangements related to the effects of the conditions of management (frequency, intensity, date) on cocksfoot leys or on various other pastures types (leys or permanent pastures). Sward heights were measured with a sward stick.

The amount of herbage per cm of height reflects the 'density' of the sward ; it always decreases from bottom to top. Moreover it is in the layer nearest to the soil (7 cm in this study) that the variations are most sensitive to the conditions of management and to the types of pasture. These variations derive mostly from the pasture's establishment (permanent pastures or recently sown leys) and from the density of tillers. In the upper layers, herbage density is greater when the sward is constituted by a mixture of species.

When assessing the amounts of herbage available for grazing, it is reasonable to use this method, since the layers nearest to the soil, which are responsible for the largest variations in the relation height x biomass, are generally not eaten. A more stable relationship can then be obtained between the amount of available herbage (> 7 cm) and sward height ( $H - 7$  cm). The main factor for the variation in available herbage for a given height is then the number of species constituting the sward.