

Estimation de la masse d'herbe par le "sward-stick". Premiers résultats

M. Duru^{1,2}, L. Bossuet²

Pour gérer l'herbe au pâturage, il est entre autre nécessaire d'évaluer la masse d'herbe. Le plus souvent, c'est la hauteur de l'herbe qui est mesurée. Cet indicateur peut alors être utilisé pour bâtir des systèmes de pâturage (élaboration de règles de décision) et les gérer au jour le jour (DURU et al., 1988).

A cette fin, de nombreuses méthodes d'estimation de la masse d'herbe par la hauteur ont été développées et comparées (t'MANNETJE, 1978 ; FRAME, 1981). Elles vont de l'observation visuelle (BAARS et DYSON, 1980) jusqu'à l'utilisation d'appareil à ultrasons (HUTCHINGS et al., 1990).

Pour qu'une méthode présente un caractère opératoire à la fois pour la recherche et dans la pratique agricole, trois conditions sont importantes à prendre en compte :

— le caractère généralisable et la simplicité de la méthode, pour qu'elle soit accessible à un grand nombre d'utilisateur,

— la qualité de l'estimation et sa bonne reproductibilité, ce qui demande d'identifier les facteurs de variation de la relation hauteur-masse, puis de modéliser leur effet,

— son automatisation pour recueillir un grand nombre de données, notamment à des fins de recherche.

MOTS CLÉS

Biomasse, fertilisation, hauteur d'herbe, prairie, tallage, variabilité interspécifique.

KEY-WORDS

Bio-mass, fertilization, herbage height, intraspecific variability, pasture, tillering.

AUTEURS

I.N.R.A. (1 : Station d'Agronomie, 2 : URSAD), BP 27, F-31326 Castanet cedex.

La première condition nous a incité à choisir le stick plutôt que d'autres appareils plus encombrants ou plus sophistiqués et de ce fait moins aisés à utiliser. Son utilisation est usuelle en Grande-Bretagne pour conduire le pâturage continu. Nous avons recherché dans quelle mesure il pouvait fournir des informations fiables pour estimer la masse d'herbe en situation d'ensilage ou de fauche précoce et plus particulièrement de pâturage tournant.

Les études les plus nombreuses concernent l'herbomètre à plateau, et le plus souvent en situation de pâturage tournant. Il a été observé des relations entre la masse et la hauteur variables selon la saison (BRANSBY et al., 1977 ; PRACHE et al., 1989), le type de végétation (PEETERS, comm. pers.), la teneur en matière sèche (POWELL, 1974). De manière plus générale, les relations peuvent dépendre de caractéristiques de structure du peuplement, comme la hauteur et la densité de talles (GONZALEZ et al., 1990). Nous comparerons donc plusieurs types de peuplements pour identifier et évaluer les facteurs de variation de la relation hauteur-masse d'herbe.

La troisième condition nous a conduit à automatiser la saisie (BOSSUET et al., 1992). Mais nous avons recherché un système qui reproduise la même mesure que le stick manuel, de façon à ce que les mesures des deux appareils soient comparables sans effectuer de corrections, ce qui n'est pas le cas avec les mesures par ultrasons.

L'étalonnage des masses d'herbe avec le sward-stick n'a été réalisé qu'en situation de pâturage continu. C'est la raison pour laquelle nous l'avons testé sur des peuplements conduits différemment. Dans un premier temps, il s'agit de mesures en micro-parcelles où l'herbe est coupée à la microtondeuse. Dans la mesure où seule cette méthode a été utilisée, nous n'aurons pas la possibilité de comparer ces résultats à d'autres méthodes d'estimation de la hauteur.

Matériel et méthodes

• Dispositif expérimental

Nous avons utilisé deux principaux dispositifs, l'un comprend des graminées (fétuque élevée, variété Clarine, et dactyle, variété Lude), cultivées à Auzeville près de Toulouse, l'autre concerne des prairies permanentes situées dans la vallée de l'Aveyron et en Aubrac.

Les graminées ont été semées à l'automne 1988, pour les contrôles réalisés aux printemps 1989 et 1990, et à l'automne 1990, pour ceux effectués en deuxième repousse en 1991. Pour chaque espèce, 2 traitements ont été appliqués, l'un reçoit 120 kg d'azote (N1), l'autre non (N0). Pour les pousses de printemps, l'apport a eu lieu fin mars en 1989, juste après une coupe de nettoyage et mi-février en 1990. En 1991, 2 traitements supplémentaires avec apport d'azote se différencient par

des précoupes réalisées avant la date d'initialisation de façon à créer différents états du peuplement. Ces traitements sont dénommés "c" et "cc" selon que une ou deux précoupes sont réalisées. Dans tous les cas, les cultures ont été irriguées de façon à être conduites à l'ETM (EvapoTranspiration Maximum).

Le dispositif d'étude des prairies permanentes comprend 4 parcelles situées en Aubrac (900-1 000 m d'altitude) et dans la Vallée de l'Aveyron (600-800 m). Sur chacun des sites (AU pour l'Aubrac, VA pour la Vallée de l'Aveyron), on dispose de 2 parcelles différentes par leur niveau de nutrition minérale notamment en phosphore (S, "suffisant", pour le plus élevé et D, "déficient", pour le plus bas).

Niveau de nutrition minérale	Aubrac		Vallée de l'Aveyron	
	S	D	S	D
Analyse chimique de terre (0-10cm)				
pH	5,9	5,5	7,1	7,5
MO (%)	12,9	18,1	5,4	5,9
P ₂ O ₅ assimil.(%) méthode Dyer)	0,16	0,63	0,24	0,03(*)
K ₂ O échangeable (%)	0,29	0,46	0,15	0,16
Composition botanique				
Agrostis capillaris	X	X		
Anthoxantum odorantum		X	X	X
Arrhenaterum eliatum		X		
Bromus erectus			X	X
Cynosurus cristatus	X			X
Dactylis glomerata				
Festuca arundinacea	X		X	X
Festuca rubra		X		
Holcus lanatus	X			X
Lolium perenne	X		X	X
Poa trivialis	X		X	X
Trisetum flavescens				
Lathyrus pratensis				X
Lotus corniculatus				
Medicago lupulina				X
Trifolium pratense		X		X
Trifolium repens		X	X	
Cerastium fontanum		X		
Ranunculus acris	X			X
Taraxacum officinalis				X
* : méthode Joret-Hébert				

TABLEAU 1 : Caractérisation des prairies permanentes : sol et composition botanique (nombre de contacts par la méthode des points quadrats ; d'après G. BALENT, comm. pers.).

TABLE 1 : Characterization of permanent pastures : soil and botanical composition (point quadrat method ; after G. BALENT, personal communication).

Les principales caractéristiques du sol et de la végétation sont indiquées dans le tableau 1. La période d'étude va du départ en végétation jusqu'à ce que la hauteur de la végétation soit de 40 cm environ.

Les traitements de fertilisation sont l'apport ou non d'azote (150 kg mi-février en vallée et mi-mars en montagne), notés respectivement P0N1 et P0N0. Des apports de 60 kg de phosphore sous forme de superphosphate ont été réalisés avec ou sans apport d'azote (notés respectivement P1N1 et P1N0).

• Mesures réalisées

Les mesures de hauteur d'herbe et de biomasse ont été réalisées de manière différente selon le dispositif considéré.

Le dispositif d'étude des graminées en culture pure comporte à chaque date 3 répétitions de mesures de biomasse, chacune des placettes mesurant 0,5 m². Les mesures de hauteurs ont été réalisées en faisant 20 mesures sur 2 diagonales par répétition en 1989 et 1990 (soit 60 mesures par traitement), mais seulement 10 mesures en 1991. En 1991, toutes les données ont été saisies, alors que pour les deux autres années, nous ne disposons que des moyennes et écart-type par série de 20 mesures. Afin d'estimer le gain de précision apporté par une augmentation du nombre de mesures par placettes, nous avons procédé, sur deux traitements en 1991, à la comparaison de séries de 5, 10 et 15 mesures par répétitions. Les mesures ont été réalisées une fois par semaine après la coupe d'initialisation, soit au total 3 à 5 fois selon les années.

Pour le dispositif "prairie permanente", 4 placettes de 0,25 m² ont été prélevées pour les mesures de matière sèche. 30 mesures de hauteur ont été réalisées sur les placettes correspondantes, mais sans distinguer les répétitions. Les mesures ont été réalisées à 2 ou 3 dates espacées de 15 jours au printemps.

Dans tous les cas, les coupes d'herbe ont été effectuées à 2 cm de hauteur environ et les mesures de hauteur n'ont plus été réalisées au cas où une verse était observée.

Pour les deux dispositifs, on dispose des teneurs en matière sèche et d'un diagnostic du niveau de nutrition azoté ainsi que P et K pour les prairies permanentes, selon la méthode proposée par DURU (1992).

Sur le dispositif "graminées", nous disposons d'observations complémentaires pouvant aider à l'interprétation des relations entre biomasse et hauteur. Il s'agit d'une mesure de la densité de talles, de la masse surfacique des feuilles et de la hauteur d'insertion des feuilles sur la gaine. Ce dernier critère est estimé en mesurant la hauteur de la gaine de sa base à la plus jeune feuille ligulée. L'échantillonnage de talles a été réalisé de manière différente selon les années. En 1989 et 1991,

des lignes de talles ont été coupées puis, au laboratoire, nous avons choisi au hasard 40 talles. En 1990, 3 séries de 20 talles ont été baguées au champ en fonction de leur diamètre à la base des gaines.

• Traitement des données

Pour chaque dispositif, nous avons comparé à chaque date les moyennes des masses d'herbe et des hauteurs pour les différents traitements (test de Newman-Keuls). A partir de ces résultats, nous avons cherché à savoir si les traitements étaient discriminés de la même manière pour les deux variables.

La dimension du rapport masse d'herbe - hauteur est une masse volumique. Nous utiliserons ce mode d'expression pour comparer les traitements et les espèces.

Résultats

1. Prairies permanentes

• Caractérisation des traitements

prairies permanentes	P1N1	P1N0	P0N1	P0N0
VA.S	92	84	88	82
VA.D	94	84	87	73
AU.S	113	86	105	85
AU.D	109	75	98	80
Graminées	D N1	D N0	F N1	F N0
1989	100	80	95	75
1990	96	70	82	68
1991	94	72	92	74

TABLEAU 2 : Indices de nutrition azotée pour les différents traitements et parcelles (un indice de 100 indique un niveau de nutrition non limitant ; D : dactyle, F : fétuque élevée).

TABLE 2 : Nitrogen indices for the various plots and treatments (index 100 = non limiting nutrition level ; D = cocksfoot, F = tall fescue).

Prairies permanentes		P1N1	P1N0	PON1	PON0		
VA.S	d1	18,3	19,8	20,4	25,6		
	d2	21,4	19,7	20,2	20,7		
VA.D	d1	16,1	19,5	17,4	18,9		
	d2	16,3	16,6	16,3	18,5		
AU.S	d1	15,1	16,7	18	20,5		
	d2	18	20,8	19,2	24,4		
AU.D	d1	19	19,5	20,1	20,5		
	d2	13,4	14,2	14,4	15,9		
Graminées		DN1	DN0	FN1	FNO	DN1CC	FN1CC
1989	d1	16	20	20	23		
	d2	15	20	17	22		
	d3	14,9	18,5	17,1	23,2		
1990	d1	18	20	21	21		
	d2	29	35	27	29		
	d3	24	27	24	26		
	d4	24,5	30	24	25		
	d5	18,5	21	21,5	23,5		
1991	d1	15,5	17,5	19,5	26,5	22	22,5
	d2	16	17,5	18,5	25	17,5	21
	d3	16,5	19,5	15	19	18	20
	d4	12,5	14,5			16	

TABLEAU 3 : Teneur de l'herbe en matière sèche (%) aux différentes dates de mesure de la hauteur pour les prairies permanentes (VA.S, VA.D, AU.S, AU.D) et les prairies temporaires (D : dactyle, F : fétuque élevée).

TABLE 3 : *Herbage dry matter content (%) as the different dates of sward height measurement ; permanent pastures (VA.S, VA.D, AU.S, AU.D) and leys (D = cocksfoot, F = tall fescue).*

Les niveaux de nutrition azoté sont les plus élevés pour les traitements P1N1 et les plus bas en P0N0 (tableau 2). Pour chacun des traitements, les valeurs observées sur la parcelle AU.S sont toujours les plus élevées.

Les teneurs en matière sèche sont presque toujours les plus élevées pour les traitements P0N0 et les plus basses en P1N1 (tableau 3). A la première date de mesure, les différences entre les 4 parcelles sont inférieures à 20%. Mais à la deuxième date, les valeurs sont toujours supérieures pour les parcelles VA.S et AU.S.

• Relations entre la hauteur et la masse

Les relations masse - hauteur représentées figure 1 ne permettent pas de différencier les différents traitements de fertilisation.

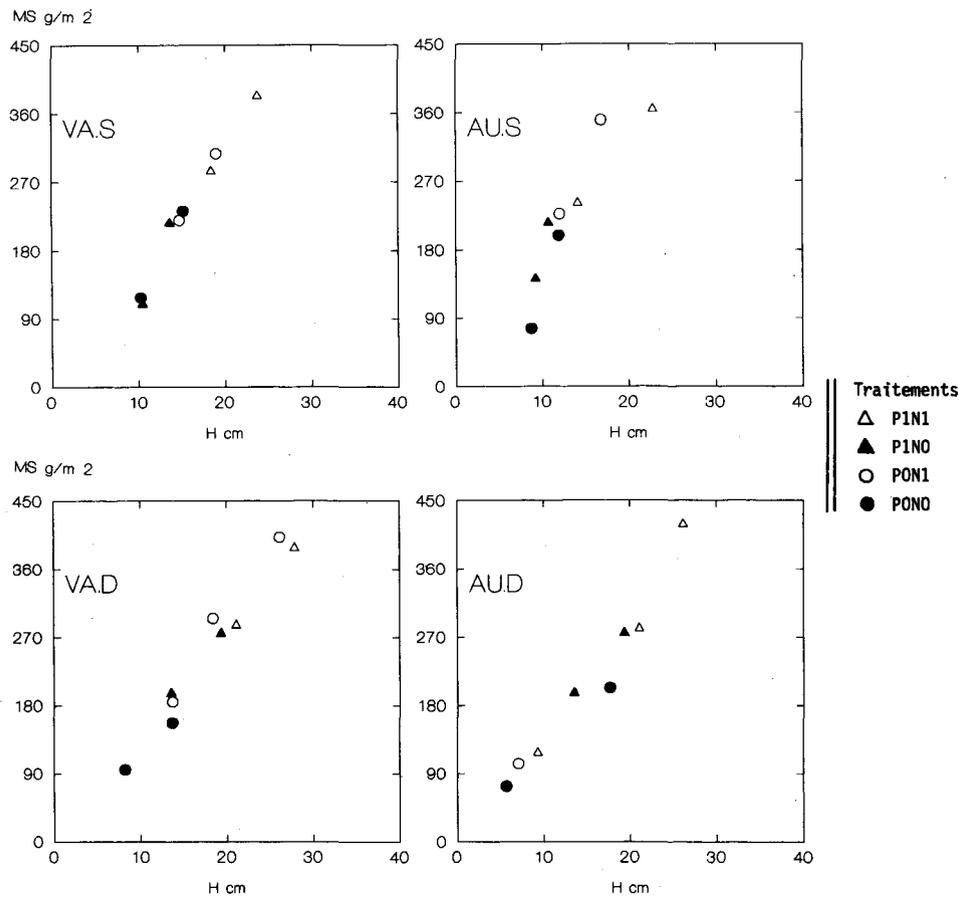


FIGURE 1 : Relations entre la hauteur et la masse d'herbe pour les prairies de la Vallée de l'Aveyron (VA) ou de l'Aubrac (AU), de type S ou D.

FIGURE 1 : Relationships between sward heights and herbage mass in pastures of the Aveyron valley (VA) or of Aubrac (AU), of types S or D.

Les coefficients de variation calculés à partir des 30 mesures de hauteur sont le plus souvent compris entre 20 et 30% (18 cas sur 36, tableau 4). Les tests de comparaison des moyennes de biomasse (4 répétitions par traitements et par date), ainsi que de hauteur (30 mesures par traitement et par date) montrent que les traitements sont discriminés presque toujours de la même manière pour les deux variables (tableau 4).

		Matière sèche			Hauteur		
		d1	d2	d3	d1	d2	d3
VA.S	P1N1	284a	383a	585a	18,2a(14)	23,8a(11)	36,7a(11)
	P0N1	220b	307a	439b	14,7b(14)	19,0b(17)	33,5b(16)
	P1N0	109c	216b	345c	10,5c(23)	13,6d(24)	26,1c(17)
	P0N0	118c	232b	360c	10,2c(21)	15,5c(23)	25,3c(16)
VA.D	P1N1	272a	403a		21,1a(14)	27,9a(12)	
	P0N1	185b	295b		13,7b(23)	18,4b(17)	
	P1N0	196b	275b		13,5b(31)	19,1b(19)	
	P0N0	95c	157c		8,2c(29)	13,7c(28)	
AU.S	P1N1	241a	364a		14,1a(25)	22,8a(25)	
	P0N1	227b	350a		11,9b(22)	16,8b(26)	
	P1N0	141c	215b		9,2c(27)	10,7c(24)	
	P0N1	76c	199c		8,7c(33)	11,9c(22)	
AU.D	P1N1	117a	419a		9,3a(31)	26,1b(23)	
	P0N1	80b	281b		7,1b(29)	21,1b(23)	
	P1N0	103a	287b		6,6b(30)	21,8b(24)	
	P0N0	73c	203b		5,7c(37)	17,6b(27)	

TABLEAU 4 : Comparaison des masses d'herbe (g/m^2 ; 4 répétitions) et des mesures de hauteur (cm ; 30 mesures par traitement) entre traitements (PiNj) aux différentes dates. A une même date, les données des différents traitements suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Newman-Keuls au seuil 5%) ; les coefficients de variation des mesures de hauteur sont indiqués entre parenthèses.

TABLE 4 : Comparisons of herbage mass (g/m^2 ; 4 replications) and sward height (cm ; 30 measurements per treatment) between treatments (PiNj) at different dates. Values for the different treatments that are followed by the same letter are not significantly different at probability level 5% (Newman-Keuls test) ; co-efficients of variation of heights are given in brackets.

Parcelle	n	STD	r ²	a	b
Prairies permanentes					
VA.S	12	34,2	0,94	15,2 (1,2)	-13,2
VA.D	9	21,8	0,96	15,8 (1,2)	-31,9
AU.S	8	43,2	0,83	18,9 (3,5)	-23,7
AU.D	8	29	0,95	15,0 (1,3)	-20,7
Σ	37	36,1	0,91	15,1 (0,8)	-6,4
Prairies temporaires					
D90	11	33,1	0,82	10,8 (1,7)	91,6
F90	10	17,9	0,93	8,8 (0,8)	95,6
D91	16	33,7	0,91	10,1 (0,8)	45,1
F91	12	62,6	0,80	11,9 (1,9)	62,6
Σ 1989-1990	49	3,9	0,78	8,8 (0,6)	103

TABLEAU 5 : Coefficients des ajustements entre la masse d'herbe et la hauteur ; STD : écart type résiduel, a : pente, b : ordonnée à l'origine.

TABLE 5 : Co-efficients of adjustments between herbage mass and sward height ; STD : residual standard deviation, a : slope, b : value on Y axis.

Les caractéristiques des ajustements statistiques montrent que les corrélations sont significatives ($p < 0,01$ en AU.S et $p < 0,001$ pour les trois autres parcelles (tableau 5). Le coefficient de pente est voisin pour les parcelles VA.S, VA.D et AU.D mais il est supérieur en AU.S.

2. Prairies temporaires

• Caractérisation des traitements

Les niveaux de nutrition azotés sont compris entre 82 et 100 pour les traitements N1 et 68 et 80 pour les traitements N0 (tableau 2).

Les teneurs en matière sèche sont toujours les plus élevées pour les traitements N0 et pour la fétuque (tableau 3). Toutefois, on remarque que les données recueillies en 1990 se singularisent par des teneurs plus élevées, notamment dans le cas du dactyle, de telle sorte que les valeurs sont peu inférieures (N1), voire supérieures (N0) à celles de la fétuque.

Les densités de talles sont peu différentes entre espèces et traitements en 1989, mais nettement supérieures pour la fétuque en 1990 (tableau 6). En 1991, les densités sont égales ou supérieures pour les deux traitements ayant subi une précoupe.

Les hauteurs d'insertion des feuilles sur la gaine des traitements N1 sont significativement supérieures pour le dactyle en 1989 et 1991 (tableau 6). Par contre, elles sont non significativement différentes entre traitements et espèces en 1990.

		D				F			
		N1	NO	N1c	N1cc	N1	NO	N1c	N1cc
talles	22/03/89	2947a	3257a			3260a	3554a		
	14/03/90	2986a	2432b			4088a	4080a		
	29/05/91	2703c	4252b	3998b	4611a	2957b	2380c	3473a	3185b
gaine	11/04/89	10,2a	6,9b			4,4c	7,6b		
	21/03/90	6a	5a			6a	5a		
	7/06/91	11a	no	11,7a	10,7a	6b	no	5,5b	3,5c

TABLEAU 6 : Densité de talles (par m^2) et hauteur d'insertion des feuilles sur la gaine (en cm de la base de la talle à la ligule la plus jeune) des peuplements de dactyle et de fétuque. Les données d'une même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

TABLE 6 : *Tiller density (per m^2) and sheath height (cm between soil and youngest ligule) for cocksfoot and tall fescue swards. Data of a line followed by the same letter are not significantly different.*

• Relations entre la hauteur et la masse

Les tests de comparaison de biomasse et de hauteurs montrent des résultats similaires quant à la discrimination des traitements, sauf pour quelques dates en 1991 (tableau 7).

		Matière sèche					Hauteur				
		d1	d2	d3	d4	d5	d1	d2	d3	d4	d5
1989	DN1	166a	280a	326a			8,6a	21,2a	29,7a		
	DNO	166a	227b	249b			8,3a	16,6b	21,3b		
	FN1	221a	345a				8,3a	21,1a			
	FNO	214a	338b				8,6a	17,6b			
1990	DN1	195a	254a	255a	255a	445a	10,1a(25)	15a(21)	10,2a(23)	17,2a(14)	28,5a(8)
	DNO	191a	191b	196b	196b	284b	8,9a(28)	9,6b(24)	8,6b(28)	12,2b(15)	17,6b(13)
	FN1	229a	239a	245a	287a	399a	12,2a(25)	16,8a(13)	16,4a(25)	25a(13)	32a(10)
	FNO	201b	182b	197b	224b	319b	11,3b(27)	11,5b(24)	11,3b(22)	16,5b(18)	26b(10)
1991	DN1	144b	220c	341a	475a		12,57b	21,2b	36,43a	42,7a	
	DNO	145b	262a	299b	377b		14,28ab	24,1a	34,8a	40,3a	
	DN1c	159ab	247b	336a	421a		16,57a	24,6a	39,2a	42,3a	
	DN1cc	173a	247b	331a	430a		13,77ab	22,0b	37,9a	42,4a	
	FN1	183b	279ab	392a			14,73b	23,25a			
	FNO	219b	280ab	309b			14,08b	25,73a		32,9a	
	FN1c	243a	348a	401a			18,67a	25,63a		27,6a	
	FN1cc	163b	214b	343b			12,30b	17,70b		22,6b	

TABLEAU 7 : Comparaison des masses d'herbe (g/m^2 ; 3 répétitions) et des mesures de hauteur (cm ; 10 mesures pour chacune des 3 répétitions) entre traitements aux différentes dates (à une même date, les données des différents traitements suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Newman-Keuls) ; les coefficients de variation des mesures de hauteur sont indiqués entre parenthèses.

TABLE 7 : Comparisons of herbage mass (g/m^2 ; 3 replications) and sward height (cm ; 10 data for each of 3 replications) between treatments at various dates of sampling (at a given date, data followed by the same letter are not significantly different (Newman-Keuls test) ; co-efficients of variation of sward heights are given in brackets.

Les caractéristiques des ajustements statistiques sont indiquées dans le tableau 5. On note que 80 à 93 % de la variance de la biomasse est expliquée par la hauteur. Les coefficients de pente varient selon les espèces et les années.

Les relations entre masse et hauteur sont représentées séparément pour la fétuque et le dactyle, les années 1989 et 1990 d'une part, 1991 d'autre part (figure 2). On remarque que, à hauteur égale, les masses sont supérieures en 1990 par rapport à 1989 pour le dactyle et inversement pour la fétuque élevée. Pour chaque espèce et année, on observe peu de différences entre traitements, sauf pour la fétuque en 1991 où les traitements ayant subi une précoupe ont tendance à avoir une biomasse plus élevée.

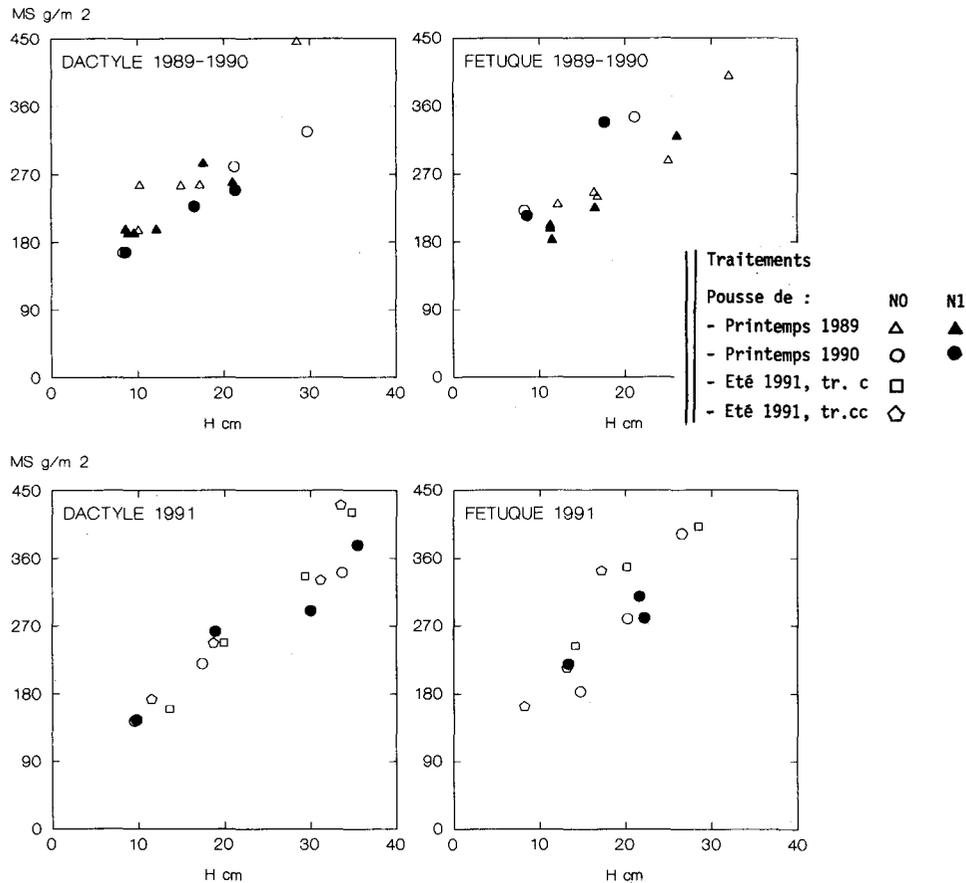


FIGURE 2 : Relations entre la hauteur et la masse d'herbe pour le dactyle et la fétuque élevée pour les pousses de printemps 1989 (triangles) et 1990 (ronds), et pour la pousse d'été 1991 (traitements c et cc).

FIGURE 2 : Relationships between sward heights and herbage mass in cocksfoot and tall fescue leys ; Spring growth 1989 (triangles) and 1990 (circles) and Summer regrowths (treatments c and cc).

• Variabilité spatiale et précision

La comparaison des moyennes et écart-types des hauteurs pour les 3 répétitions des traitements c et cc (données de 1991), selon que sur chaque placette 5, 10 ou 15 mesures sont réalisées, ne montre pas de différence significative (figure 3). Autrement dit, dans les conditions particulières d'étalonnage qui ont été testées, on ne peut considérer qu'il y ait un gain de précision. En considérant les quatre traite-

ments par espèces pour lesquels 10 mesures de hauteur ont été réalisées, les résultats précédents sont confirmés. Les coefficients de variation calculés à partir des moyennes des 3 répétitions sont toujours inférieurs à 6% (tableau 8). Appréhendés de cette manière, les peuplements apparaissent très homogènes. Par contre, les coefficients de variation calculés sur chaque série de 10 mesures sont très élevés, surtout à la première date de mesure. Ceci signifie que la hauteur observée sur de courtes distances (5 à 10 cm) est très variable. Le fait que les coefficients de variation soient les plus élevés aux premières dates découle du mode d'implantation en rangs, certaines mesures correspondant alors à du sol nu. La diminution de l'hétérogénéité observée par la suite correspond alors à la fermeture du couvert.

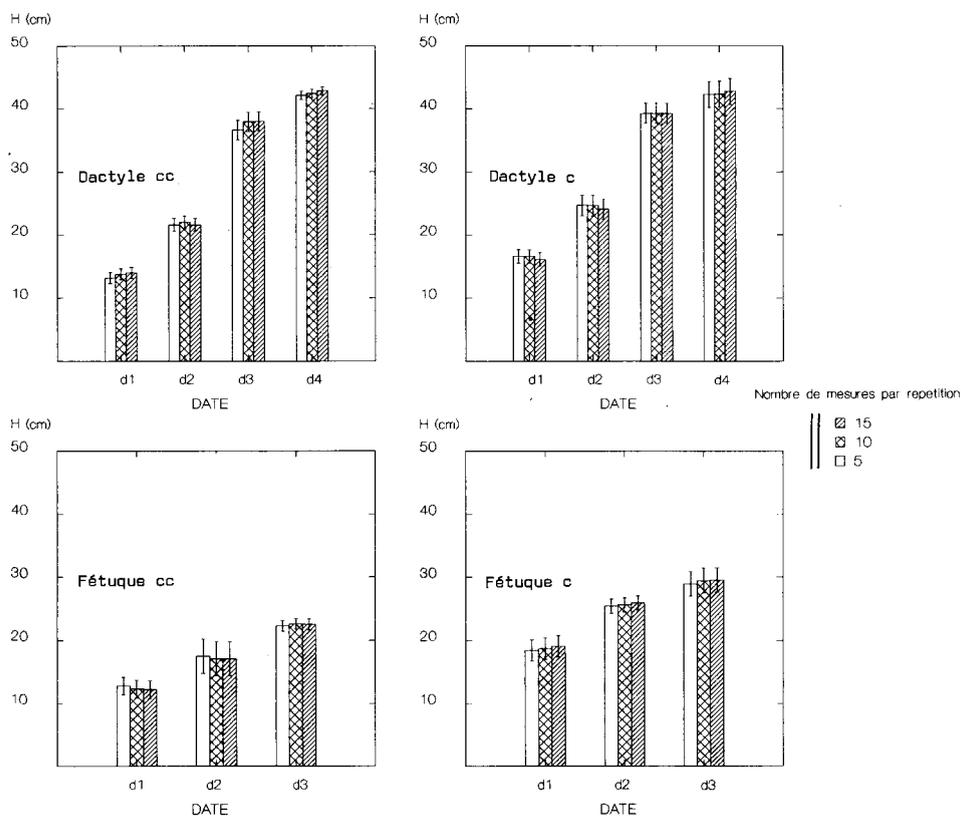


FIGURE 3 : Histogrammes des hauteurs moyennes et écart type de la moyenne, selon le nombre de mesures réalisées par répétitions, pour les traitements c et cc du dactyle et de la fétuque.

FIGURE 3 : Diagrams of means of sward heights and of standard deviations of means, according to number of measurements per replication ; cocksfoot and tall fescue, treatments c and cc.

Dates	Répétitions	DCC		DC		DN1		DNO	
		m	cv	m	cv	m	cv	m	cv
d1	R1	4,7	30	5,5	13	4,2	46	4,0	17
	R2	5,3	21	6,1	16	4,8	33	4,5	20
	R3	4,7	36	5,5	22	4,2	55	4,0	29
d2	R1	7,4	15	7,9	22	7,1	21	7,4	10
	R2	8,3	08	8,9	16	8,0	14	8,4	08
	R3	7,4	14	7,9	12	7,1	22	7,5	12
d3	R1	12,2	12	11,5	09	13,0	08	11,6	09
	R2	13,7	06	12,9	15	14,7	08	13,1	10
	R3	12,2	07	11,6	09	13,1	06	11,7	07
d4	R1	13,0	08	13,6	05	13,9	03	13,9	07
	R2	14,7	08	15,3	05	15,6	08	15,6	06
	R3	13,1	07	13,7	09	13,9	05	13,9	07
		FCC		FC		FN1		FNO	
		m	cv	m	cv	m	cv	m	cv
d1	R1	6,9	27	12,1	17	12,7	71	12,0	27
	R2	7,5	41	11,7	16	12,4	47	11,4	42
	R3	7,7	66	11,0	16	12,4	41	10,5	42
d2	R1	11,7	38	17,0	16	16,9	14	18,6	12
	R2	10,7	21	16,5	16	16,7	20	18,1	19
	R3	10,5	24	15,9	14	16,0	15	17,2	08
d3	R1	14,6	13	23,5	11	22,0	13	18,6	11
	R2	13,9	14	23,4	16	21,8	15	17,9	09
	R3	13,7	15	22,5	10	21,4	14	16,8	19

TABLEAU 8 : Moyennes et coefficients de variation des séries de 10 mesures de hauteur sur le dispositif graminées 1991.

TABLE 8 : Means and co-efficients of variation of the sets of 10 height measurements on the leys, 1991.

Discussion

1. Effet de la nutrition minérale

Tant pour les données des prairies permanentes que pour celles des prairies temporaires, nous n'avons pas observé d'effet de la nutrition sur la masse volumique puisque les points d'une même espèce et d'une même année peuvent être ajustés à une même droite alors que le champ de variation des indices de nutrition azoté est élevé. Ces résultats sont observés bien que les parcelles fertilisées aient une teneur en matière sèche (tableau 3) ainsi qu'une masse surfacique des feuilles (DURU non publié) le plus souvent significativement inférieures à celles des autres traitements.

On peut penser que d'autres caractéristiques du peuplement telles que la largeur des feuilles sont augmentées par la fertilisation.

2. Effet des espèces

Pour les prairies permanentes, la comparaison des courbes ajustées montre que les mesures de hauteur des parcelles AU.S et VA.S (pour la dernière date de mesure) correspondent à des masses d'herbe plus élevées que celles des deux autres parcelles. Cependant ces différences ne sont pas significatives compte tenu des écarts-type résiduels (tableau 5). Deux hypothèses peuvent être émises. L'une concerne la composition botanique, l'autre la teneur en MS. Les données du tableau 1 ne nous permettent pas de discriminer aisément les parcelles quant à la première hypothèse. Par contre, ces deux parcelles ont bien des teneurs en matière sèche plus élevées à la deuxième date de mesure. Cette caractéristique pourrait donc être à l'origine des différences de masse volumique observées entre parcelles.

Les pentes des ajustements concernant les prairies temporaires de graminées sont nettement inférieures à celles des prairies permanentes. Si les masses sont peu inférieures sur le dispositif "graminées" pour une hauteur de 10 cm, les écarts sont supérieurs à 1 t lorsque la hauteur d'herbe atteint 30 cm. Ces différences ne peuvent être imputées au numéro du cycle puisqu'on les observe aussi en 1990. En revanche, l'occupation verticale de l'espace n'est pas la même pour les deux types de prairies, tout particulièrement lors de la montaison des graminées. En effet, pour les prairies permanentes, la présence de plantes à port en rosette dans la strate la plus basse et de certaines dicotylédones, dans la strate la plus haute, peut conduire à un nombre de feuilles plus élevé pour chacune des strates. Dans le cas des prairies temporaires, on peut penser que le nombre de feuilles est moins élevé dans la strate située à proximité du sol. Sous réserve de vérification, cette hypothèse permettrait d'expliquer la plus faible masse volumique des prairies temporaires.

La comparaison de la fétuque et du dactyle montre un classement différent selon les années. Il importe donc de prendre en compte les caractéristiques structurales du peuplement (teneurs en matière sèche, densités de talles, hauteurs d'insertion des feuilles sur la gaine).

3. Effets des caractéristiques structurelles du peuplement

Les données de 1991 montrent que le traitement N1cc de la fétuque élevée a une masse volumique plus élevée que les autres. On ne peut imputer cette différence à la teneur en matière sèche puisque les valeurs sont intermédiaires à celles des traitements N1 et N0. Ce traitement se distingue par une hauteur d'insertion des feuilles sur la gaine significativement plus basse (tableau 7). Par ailleurs, c'est l'un des deux traitements ayant la densité de talles la plus élevée (tableau 6). Ces

deux caractéristiques de la structure du peuplement sont a priori à retenir pour expliquer les différences de masse volumique.

Le fait que le classement des années ne soit pas le même pour la fétuque et le dactyle en 1989 et 1990, et que les différences entre espèces soient significatives au moins pour la gamme de hauteur comprise entre 10 et 25 cm, montre que la connaissance de l'espèce est insuffisante et que d'autres critères doivent être pris en compte.

Pour les traitements N1 et N0, les différences de densités de talles entre espèces ne sont importantes qu'en 1990. La plus forte densité observée pour la fétuque pourrait être alors à l'origine de la masse volumique plus élevée cette année là.

L'analyse des autres caractéristiques structurelles des peuplements montre que les teneurs en matière sèche étaient les plus élevées en 1990, mais surtout que les écarts entre les deux espèces étaient le plus faible cette année là. C'est une des explications possibles. Les mesures de hauteur d'insertion des feuilles ne peuvent être comparées directement entre années. C'est la raison pour laquelle nous avons comparé le rapport des hauteurs entre les deux espèces (dactyle/fétuque). Pour les traitements N1 en 1989 et en 1991, ce rapport est voisin de 2 alors qu'il est proche de 1 en 1990. On remarque alors que les masses volumiques du dactyle sont voisines de celles de la fétuque l'année où le ratio est le plus faible. Cette interprétation conforte celle effectuée à partir des données de 1991. Pour les traitements N0, le ratio est par contre similaire en 1989 et 1990, alors que les masses volumiques de la fétuque sont les plus élevées. D'autres variables d'état du peuplement, comme la masse surfacique des feuilles seraient à prendre en compte.

Conclusion

Bien que les peuplements étudiés soient très différenciés, les principaux facteurs de variation de la relation hauteur - masse d'herbe ne sont pas, comme on aurait pu le penser a priori, la fertilisation et la nature des espèces. Ce sont plutôt des variables de structure du peuplement telles la teneur en matière sèche, la densité de talles, l'association d'espèces de ports très différents qui seraient à l'origine des différences observées. Sous réserve de confirmation, ce résultat constitue une limite sérieuse pour la généralisation des relations dans la mesure où les variables en question ne sont pas des caractéristiques stables du peuplement.

L'utilisation d'autres appareils de mesure tel que l'herbomètre, ne met pas à l'abri de telles variations, comme nous l'avons souligné en introduction. Pour des études où les champs de variation des masses et des hauteurs sont similaires aux nôtres, les écarts types résiduels des mesures avec un herbomètre sont du même

ordre de grandeur (FIORELLI et MATTHIEU, 1984 ; MICHEL, 1982 ; STOCKDALE, 1984 ; GONZALEZ et al., 1990).

Au sein d'une série de mesures, les coefficients de variations que nous avons observé le plus fréquemment sont compris entre 20 et 30%. Dans les publications citées ci-dessus, ils sont inférieurs ou égaux à ces valeurs. On peut s'étonner que les différences ne soient pas plus importantes. En effet, la surface de mesure d'un herbomètre à plateau varie de 1 000 à 5 000 cm², alors qu'elle n'est que de 2 cm² pour le sward-stick. Ceci signifie que la variabilité des hauteurs d'herbe aux deux échelles de mesure n'est pas très différente. Toutefois, d'autres étalonnages que celui réalisé restent à faire, notamment en travaillant en grande parcelle. Mais d'ores et déjà, on peut affirmer que le plus souvent le facteur limitant pour estimer la masse d'herbe ne sera pas le nombre de mesures de hauteur par unité de surface (surtout si la saisie est automatisée), mais l'interprétation de la mesure elle-même. C'est la raison pour laquelle le prolongement le plus important est de mieux préciser l'effet de la structure du peuplement qui de toute évidence devra être prise en compte par des observations complémentaires in situ, si l'on veut disposer de relations à valeur générale.

Accepté pour publication, le 12 septembre 1992

Remerciements

Nous remercions J.L. FIORELLI pour les remarques qu'il a bien voulu faire lors de la rédaction de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAARS J.A., DYSON C.B. (1981) : "Visual estimates of available herbage on hill country sheep pastures", *N.Z. J. of Experimental Agriculture*, (9), 157-160.
- BOSSUET L., DURU M., FRANCH F. (1992) : "Automatisation du "sward-stick" pour des mesures de hauteur de couverts végétaux au champ", *Fourrages*, 131.
- BRANSBY D. I., MATCHES A.G., KRAUSE G.F. (1977) : "Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials", *Agr. J.*, 69, 393-396.
- DURU M. (1992) : "Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps. I-Elaboration de références", *Agronomie*, 12, 219-233.
- DURU M., PAPY F., SOLER L.G. (1988) : "Le concept de modèle général et l'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole", *C. R. Acad. Agr. Fr.*, 74, 4, 81-93.
- FRAME J. (1981) : "Herbage mass", *Sward measurement handbook*, Ed Hodgson et al., 39-70.
- GONZALEZ M.A., HUSSEY M.A., CONRAD B.E. (1990) : "Plant height, disk and capacitance meters used to estimate bermudagrass herbage mass", *Agron. J.*, (82), 861-864.

- 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 For. Sci.*, 45, 119-127.
- t'MANNETJE L. (1978) : "Measuring quantity of herbage vegetation", *Measurement of grassland vegetation and animal production*, Bull. Commonwealth Bureau of pastures and Field crops, t'MANNETJE L. Ed., Hurley, Berkshire, England, 52, 63-95.
- MATTHIEU A., FIORELLI J.L. (1985) : "Utilisation d'un herbomètre pour l'évaluation du déroulement d'un pâturage et pour l'estimation de la production de matière sèche", *Fourrages*, 101, 3-30.
- MICHEL P. (1982) : "Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards", *Grass and for. sci.*, 37, 81-87.
- POWELL T.L. (1974) : "Evaluation of weighed disc meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture", *N.Z. J. of Exper. Agr.*, 2, 237-241.
- 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", *Proc. XVI^e Cong. Int. des Herbages*, Nice, 1427-1428.
- STOCKDALE C.R. (1984) : "Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cows. 2- The rising plate meter", *Australian J. of Agr. and An. Husb.*, 24 (126), 305-311.

RÉSUMÉ

La maîtrise de la conduite du pâturage peut être facilitée par l'estimation de la masse d'herbe. A cette fin, c'est souvent la hauteur qui est mesurée. Nous avons choisi le "sward-stick" pour sa commodité d'emploi et nous l'avons étalonné par des mesures en micro-parcelles. Les peuplements étudiés sont (au printemps) 4 prairies permanentes ayant reçu ou non une fertilisation N et P (P1N1, P1N0, P0N1, P0N0) et (au printemps et en été) des prairies temporaires de dactyle et de fétuque élevée avec ou sans apport d'azote (N1 et N0). Ces dernières sont semées en rang.

Pour les prairies permanentes, nous avons observé des relations entre masse d'herbe et hauteur similaires pour tous les traitements et parcelles. Pour les prairies temporaires, les coefficients des ajustements varient selon l'année et l'espèce. Ces différences ont été interprétées par des caractéristiques structurelles du peuplement telles que la teneur en matière sèche, la densité de talles et la hauteur d'insertion des feuilles sur la gaine. Dans tous les cas, la pente de la relation est la plus faible pour les prairies temporaires, même si l'on ne considère que les pousses de printemps. Nous interprétons ces différences par une moins bonne répartition des feuilles le long d'un gradient vertical pour ces prairies.

SUMMARY

Assessment of herbage mass by the sward-stick method. First results

The control of grazing management could be made easier by the assessment of herbage mass. To this end, the sward height is often used. We chose the sward-stick method because of its easy use and we calibrated it by measurements on micro-plots. The swards we studied were 4 permanent pastures (in Spring) with or without N and P dressings (P1N1, P1N0, P0N1, P0N0) and (in Spring

and Summer) leys (cocksfoot, tall fescue) with or without N dressings (N1, N0). The leys has been drilled in rows.

The relationships between herbage mass and sward height were similar for all plots and treatments in the permanent pastures. In the leys, the coefficients varied according to the species and the year. These differences were interpreted in terms of such structural characteristics of the canopy as dry matter content, tiller density and sheath height. In all cases, the slope of the relation (herbage mass-sward height) was lowest for the leys, even in the case of Spring growth. These differences were explained by a less regular distribution of leaves along a vertical axis.