

UTILISATION D'UN HERBOMÈTRE POUR L'INTERPRÉTATION DU DÉROULEMENT D'UN PÂTURAGE

*Possibilités d'estimation de la production de matière sèche
ou de caractérisation de l'état de l'herbe*

SI L'ON VEUT DÉPASSER L'ÉTABLISSEMENT DE NORMES DE CHARGEMENT AU PÂTURAGE ET PORTER UN DIAGNOSTIC SUR LES PRATIQUES DE GESTION DU PÂTURAGE, ON est rapidement conduit à observer le couvert végétal dans les parcelles, tout au long de l'année. L'objet de la recherche devient en effet d'identifier des suites de pratiques qui permettent le mieux possible de mettre à la disposition des animaux de l'herbe de qualité, en quantité suffisante et en évitant le gâchis.

Dans l'état actuel de nos connaissances, cette identification ne peut se faire que par des suivis de pâturages en vraie grandeur. L'expérimentation est alors extrêmement lourde et ne permet pas de tester une grande diversité de solutions. Nous nous sommes donc orientés vers des études en exploitation qui ont l'avantage de prendre en compte l'ensemble des contraintes qui jouent sur la conduite du pâturage.

Ces suivis de pâturage en exploitation nécessitent des moyens rapides d'évaluation, notamment au niveau du couvert végétal. Nous avons ainsi

été amenés à étudier les possibilités d'utilisation d'un outil très simple, « l'herbomètre », qui mesure la hauteur au-dessus du sol d'une plaque posée sur le couvert végétal. Cette méthode a l'avantage de tenir compte, en plus de la hauteur, de la densité de l'herbe et de sa « compressibilité » (BRANSBY et al.).

L'herbomètre a été utilisé pour estimer la production de matière sèche, principalement en Nouvelle Zélande et en Angleterre, et nous verrons, à partir d'une étude bibliographique, quelles en sont les possibilités d'emploi, compte tenu de nos objectifs.

Par ailleurs, il nous est apparu dans les exploitations que la gestion d'un pâturage était très liée à la gestion des hétérogénéités. Ces hétérogénéités peuvent exister à plusieurs échelles : entre les *parcelles*, il existe des différences de milieu, de flore, de conduite, actuelles et passées, de statut, de structure et d'éloignement ; il y a aussi généralement, à l'intérieur d'une parcelle, des *zones* qui diffèrent par le milieu, l'histoire et la flore ; enfin, à l'intérieur d'une zone, le pâturage par les animaux crée au sein du couvert végétal une hétérogénéité que l'on peut appeler *physionomique*, qui s'apprécie, à l'échelle de quelques dm^2 , par des différences de hauteur, de densité ou de couleur.

Cette *hétérogénéité physionomique* est très liée à l'interaction entre la conduite du pâturage une année donnée et la croissance et le développement de l'herbe. Sa caractérisation tout au long de la saison de pâturage est un élément important du diagnostic de la conduite.

L'estimation visuelle de cette hétérogénéité n'est pas aisée, surtout si l'on veut pouvoir réaliser des comparaisons entre dates et entre parcelles. En particulier, le pourcentage en surface des différents éléments physionomiques est difficile à déterminer à l'œil nu, d'autant plus qu'il s'agit d'éléments de hauteurs différentes.

L'herbomètre nous permet d'avoir une représentation de cette hétérogénéité, à condition d'étudier la répartition des hauteurs d'herbomètre obtenues sur toute la zone. Nous présentons un exemple de ce type d'utilisation pour l'interprétation d'un planning fourrager et d'une courbe laitière.

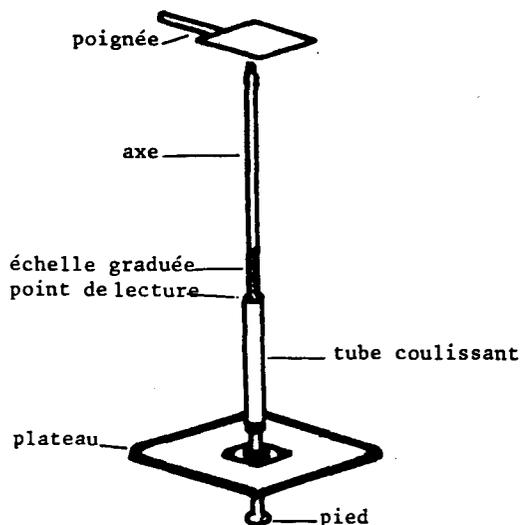
A. DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES DE L'APPAREIL

I. Principe de l'appareil et description

L'herbomètre est constitué par une plaque, généralement métallique, coulissant sur un axe. Cette plaque, posée ou lâchée d'une hauteur fixe sur le couvert végétal, se stabilise à une hauteur qui dépend de la résistance à l'écrasement de l'herbe ; c'est ce que nous appelons *la hauteur d'herbomètre*.

Plusieurs principes d'appareils existent : la plaque peut ne pas être solidaire de l'axe. Il faut alors, avec un mètre, mesurer trois hauteurs sous la plaque et en faire la moyenne. Quand le plateau est solidaire d'un tube qui coulisse sur l'axe, il lui reste toujours perpendiculaire. La lecture se fait directement sur l'axe gradué (figure 1). C'est généralement ce dernier type

FIGURE 1
SCHÉMA D'UN HERBOMÈTRE



qui est utilisé. PHILLIPS et CLARKE ont adapté un frein sur leur appareil, permettant d'avoir un temps de chute du plateau constant quelle que soit la hauteur de l'herbe.

II. Influence des caractéristiques du plateau

1) Taille et poids

La sensibilité de l'herbomètre dépend de l'interaction entre le poids par unité de surface du plateau et l'état du couvert végétal. Pour obtenir la plus grande sensibilité, il faut que le plateau soit d'autant plus léger que la densité du couvert est faible.

BRANSBY et al. ont comparé, sur une fétuque élevée dense, des plateaux de différentes densités. Il n'apparaît pas de différence entre eux pour la variance résiduelle de la régression (tableau I). De même, une différence de taille du plateau, à même densité, n'affecte pas la variance résiduelle.

TABLEAU I
VARIANCE RÉSIDUELLE DE LA RÉGRESSION LINÉAIRE
ENTRE MATIÈRE SÈCHE ET HAUTEUR D'HERBOMÈTRE
POUR DIFFÉRENTS PLATEAUX
 (D'après BRANSBY et al, 1977)

Taille du plateau (m ²)	Poids du plateau (kg)	Variance résiduelle) (% du rendement moyen)
0,2	1	7
0,2	2	7
0,2	3	7

2) Forme

Il existe des plateaux ronds ou carrés, mais il n'y a aucune raison de penser que la forme ait une influence sur les résultats. Une forme carrée est préférable si l'on veut étalonner l'appareil en récoltant la matière sèche qui se trouve sous le plateau.

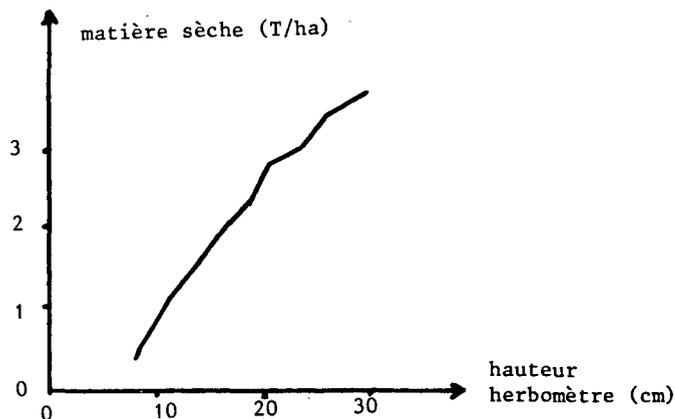
B. POSSIBILITÉS DE DÉTERMINATION DE LA PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE D'UNE PARCELLE À L'AIDE DE L'HERBOMÈTRE

Un grand nombre d'auteurs ont utilisé l'herbomètre pour estimer la production de matière sèche de parcelles de prairies. Il nous a paru intéressant de voir quelles ont été les conditions d'utilisation et les résultats obtenus. Par ailleurs, dans une expérimentation que nous avons réalisée au Domaine I.N.R.A.-S.A.D. de Mirecourt, nous avons calculé l'intervalle de confiance d'une telle estimation.

I. Forme et intensité de la liaison entre production de matière sèche et hauteur d'herbomètre (bibliographie)

Le meilleur ajustement est linéaire. BRANSBY et al. soulignent cependant que pour de très fortes valeurs, l'accroissement de la hauteur est moins que proportionnel à celui de la matière sèche (figure 2). Les auteurs

FIGURE 2
LIAISON ENTRE MATIÈRE SÈCHE
ET HAUTEUR D'HERBOMÈTRE
(D'après BRANSBY et al, 1977)



l'attribuent à la procédure d'utilisation : la planche est toujours lachée de la même hauteur, et arrive avec d'autant moins de force sur le couvert qu'il y a plus d'herbe.

L'intensité de la liaison est fortement dépendante des conditions d'utilisation de la prairie. CASTLE note une liaison plus forte dans des parcelles fauchées que dans celles pâturées.

Bien que les chargements au pâturage ne soient pas toujours cités, il semble que l'herbomètre soit généralement utilisé avec des forts chargements (POWELL cite des chargements de 4,1 et 5,6 vaches laitières/ha). VARTHA et MATCHES comparent, à même chargement global de 5 U.G.B./ha, un pâturage continu à un pâturage tournant à 2 ou 4 parcelles. Lorsque le chargement instantané est faible (cas d'une parcelle unique) ces auteurs obtiennent, au moins au printemps et en automne, des coefficients de corrélation non significatifs (tableau II).

TABLEAU II
COEFFICIENTS DE CORRÉLATION LINÉAIRE
ENTRE LA MATIÈRE SÈCHE DE L'HERBE ET LA HAUTEUR
D'HERBOMÈTRE
(D'après VARTHA et MATCHES, 1977)

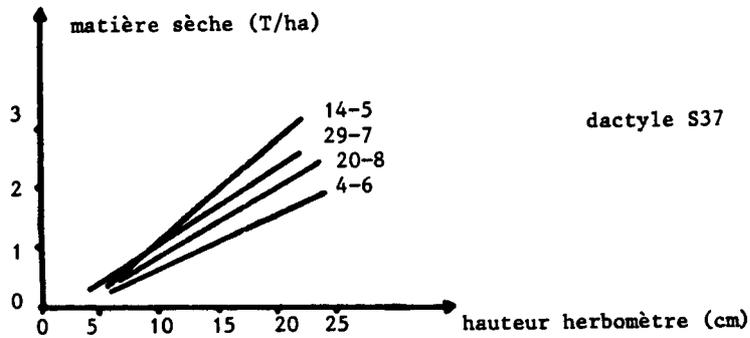
Printemps	
1 parcelle	0,40 (NS)
2 parcelles	0,92 **
4 parcelles	0,67 **
Eté	
1 parcelle	0,90 **
2 parcelles	0,91 **
4 parcelles	0,77 **
Automne	
1 parcelle	0,30 (NS)
2 parcelles	0,85 **
4 parcelles	0,59 *

** signif. à 1%
* signif. à 5%

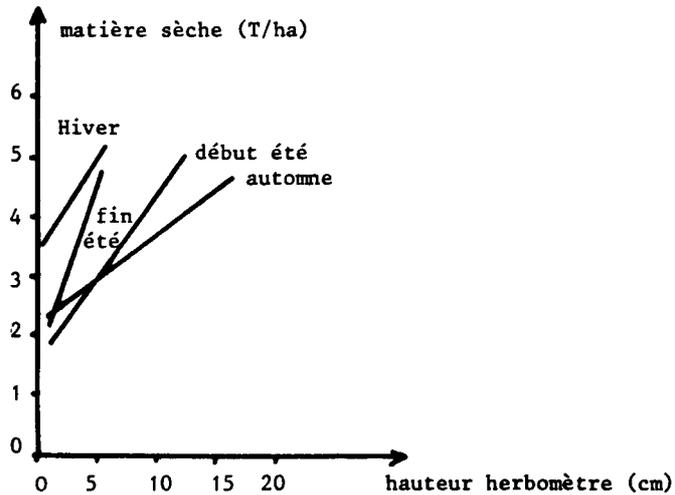
*Utilisation de
l'herbomètre*

FIGURE 3
RÉGRESSIONS LINÉAIRES ENTRE MATIÈRE SÈCHE
ET HAUTEUR D'HERBOMÈTRE POUR DIFFÉRENTES DATES
ET PÉRIODES D'OBSERVATION

A - SELON LA DATE D'OBSERVATION
 (D'après CASTLE, 1976)



B - SELON LA PÉRIODE D'OBSERVATION
 (D'après POWELL, 1974)



VANNIER, dans une étude réalisée par l'I.N.R.A.-S.A.D. et l'E.N.S.S.A.A., recense les conditions dans lesquelles l'utilisation de l'herbomètre pour l'estimation de la production de matière sèche devient peu fiable :

- présence de touffes d'herbe, comme des refus au pâturage ;
- présence d'épis, qui peuvent soit se plier, soit se coucher sous la planche ;
- présence importante de piétinement, qui rend la surface du sol très irrégulière.

Il apparaît donc que dès que l'on s'éloigne des conditions d'un pâturage intensif sans accidents, l'herbomètre est un outil peu fiable d'estimation de la matière sèche.

II. Facteurs de variation de la régression (bibliographie)

Lorsque l'on se trouve dans des conditions où la liaison entre « production de matière sèche » et « hauteur d'herbomètre » est forte, on constate que l'équation de la droite de régression varie selon un certain nombre de facteurs. Les principaux sont les suivants :

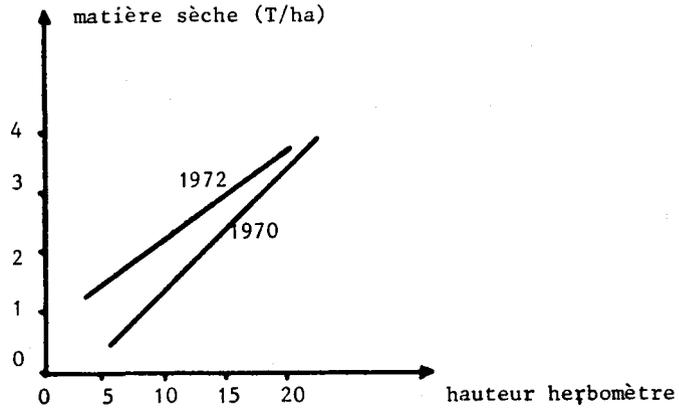
1) *Date d'observation*

Sur des cultivars purs de graminées, CASTLE obtient, quelle que soit l'espèce, des pentes plus faibles pour des mesures réalisées début juin, c'est-à-dire après l'apparition des tiges. On peut en effet penser que les tiges, moins flexibles que les feuilles, retiennent le plateau plus haut (figure 3A).

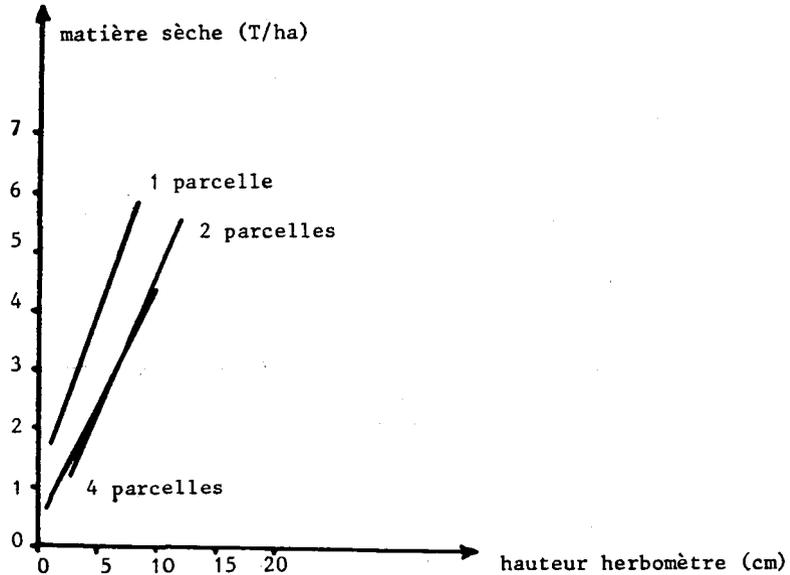
BRANSBY et al. retrouvent le même phénomène. POWELL et VARTHA et MATCHES établissent leurs corrélations pour toute une période, à partir de plusieurs dates d'observation. Il est alors difficile de relier les régressions à un stade physiologique de l'herbe. On constate cependant de fortes différences dans les équations selon la saison. Dans les deux cas, la pente est nettement plus forte en été qu'aux autres saisons (figure 3B). POWELL attribue une part de ces différences au pourcentage de matière sèche de l'herbe qui est plus élevé en été.

FIGURE 4
RÉGRESSIONS ENTRE MATIÈRE SÈCHE ET HAUTEUR
D'HERBOMÈTRE EN CONDITIONS DE PÂTURAGE

A - POUR DEUX ANNÉES DIFFÉRENTES
 (D'après CASTLE, 1976)



B - POUR DES PÂTURAGES À 1, 2 OU 4 PARCELLES,
 À MÊME CHARGEMENT GLOBAL, EN ÉTÉ
 (D'après VARTHA et MATCHES, 1977)

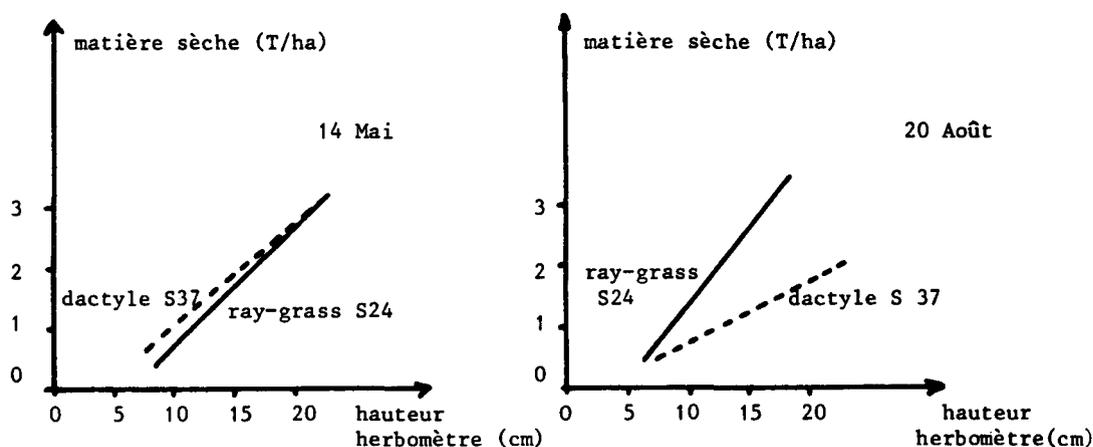


Le climat de l'année paraît aussi pouvoir modifier l'équation de la droite de régression : CASTLE obtient, pour un même type de pâturage, des droites différentes en 1970 et en 1972 (figure 4A).

2) Composition botanique du couvert

CASTLE compare des cultivars purs de ray-grass et de dactyle. En interaction avec la date d'observation, les différences dans les droites de régression sont plus ou moins importantes (figure 5).

FIGURE 5
RÉGRESSIONS LINÉAIRES ENTRE LA MATIÈRE SÈCHE
DE L'HERBE ET LA HAUTEUR D'HERBOMÈTRE
POUR DEUX ESPÈCES DE GRAMINÉES
 (D'après CASTLE, 1976)



12 POWELL, en Nouvelle Zélande note qu'une part des différences dues à la saison dans son expérimentation (figure 3B) sont en fait dues à une évolution des plantes dominantes dans ses parcelles de prairie permanente :

Utilisation de l'herbomètre

en hiver il y a une nette dominance de trèfle, en été un mélange graminées-trèfle. De même, PHILLIPS et CLARKE obtiennent des équations différentes selon la dominance trèfle ou graminées.

3) Quelques techniques

POWELL obtient des droites différentes, par l'ordonnée à l'origine, pour des parcelles irriguées ou non. Il attribue cela à la teneur en matière sèche de l'herbe.

VARTHA et MATCHES, dans l'expérience où ils comparent des pâturages à même chargement mais à nombre de parcelles différent, obtiennent en été une ordonnée à l'origine plus élevée dans le cas du pâturage continu (figure 4B).

III. Intervalle de confiance d'une estimation de production de matière sèche

Les informations contenues dans la bibliographie ne permettent pas de tester la différence statistique entre deux droites de régression, ni de calculer l'intervalle de confiance d'une estimation de la production de matière sèche à partir d'une hauteur d'herbomètre. Nous avons fait ces calculs à partir des données recueillies dans un essai en petites parcelles du Domaine expérimental de Mirecourt.

Les liaisons sont établies sur des repousses de printemps d'une prairie permanente derrière un déprimage (coupe avant le stade épi à 10 cm ; les repousses épient pour la plupart) ou un étêtage (coupe après le stade épi à 10 cm ; les repousses sont feuillues pour la plupart). Pour chacun de ces traitements, deux doses d'azote différentes sont apportées : pas d'azote (niveau 0) ou 100 unités en fin d'hiver plus 60 unités après la coupe (niveau 1). Des mesures de matière sèche réalisées sur des bandes de 10 m sur 10 cm sont corrélées avec la moyenne de 10 hauteurs d'herbomètre par parcelle, à raison d'une observation par semaine sur 5 répétitions avant l'apparition des épis. Les droites ont été comparées en commençant par les pentes, puis en testant les différences d'ordonnées à l'origine.

Il n'apparaît pas dans cet exemple de différences entre les pentes. Mais il existe une différence significative pour l'ordonnée à l'origine : le traitement été au niveau 1 d'azote se différencie des autres par une valeur plus élevée (tableau III).

TABLEAU III
RÉGRESSIONS LINÉAIRES ENTRE PRODUCTION
DE MATIÈRE SÈCHE ET HAUTEUR D'HERBOMÈTRE
 (Essai Mirecourt, 1983)

Traitement	nombre de points	r	Equation de la droite de régression
Déprimé-niveau N0	20	0,96**	MS= 1,51 H - 3,17 (1)
Déprimé-niveau N1	20	0,97**	
Etété-niveau N0	15	0,96**	
Etété-niveau N1	15	0,97**	MS= 1,25 H - 2,07 (2)

avec MS : matière sèche en kg/ha
 H : hauteur herbomètre en cm.

** significatif à 1%.

La figure 6 montre l'intervalle de confiance d'une estimation de la matière sèche à partir de la hauteur d'herbomètre, calculée sur l'équation (1).

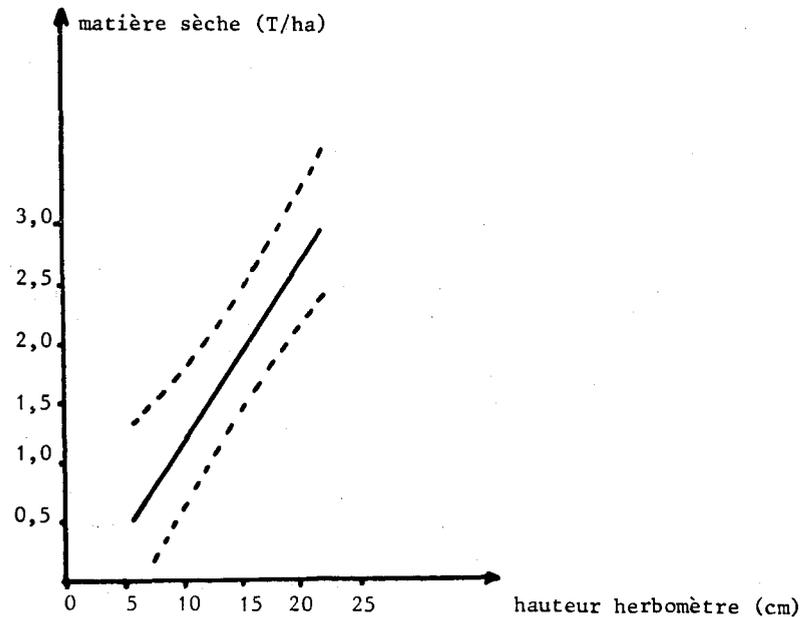
On peut constater que :

— Les tests statistiques confirment l'existence de différences significatives entre les droites de régression.

— Pendant une période très courte, qui se situe entre le stade épi à 10 cm et l'épiaison sur une même prairie, une différence de date de coupe d'une semaine, ou une différence de dose d'azote entraînent des droites d'étalonnage différentes. Cela rend difficile l'extrapolation à d'autres situations.

*Utilisation de
l'herbomètre*

FIGURE 6
INTERVALLE DE CONFIANCE D'UNE ESTIMATION
DE LA MATIÈRE SÈCHE À PARTIR
DE LA HAUTEUR D'HERBOMÈTRE



— Les valeurs très fortes des coefficients de corrélation sont dues en grande partie à l'étalement des mesures dans le temps. A une date donnée, l'estimation que l'on a de la production de matière sèche à partir de mesures à l'herbomètre reste très peu précise : elle est à une tonne près. Cela donne des estimations qui varient de plus ou moins 80 % pour 0,5 t M.S./ha, à plus ou moins 20 % pour 3 t/ha. Pour des prairies temporaires monospécifiques fauchées, on peut penser que cet intervalle de confiance sera réduit. Par contre, dans des prairies permanentes assez extensives pâturées, il est certainement plus élevé.

IV. Réalisation des mesures sur une parcelle pour l'estimation de la production de matière sèche (bibliographie)

Elle demande deux étapes : un étalonnage et un échantillonnage.

L'étalonnage se fait soit en coupant l'herbe qui se trouve sous le plateau, soit en associant un grand nombre de mesures d'herbomètre sur une parcelle à une mesure de la production de matière sèche de cette parcelle. BRANSBY et al. précisent que la droite d'étalonnage ne peut être construite que si l'on a une étendue suffisante de mesures : il faut au moins que les deux valeurs extrêmes de hauteur d'herbomètre diffèrent de 8 cm, avec le matériel utilisé (disque de densité de 10 kg/m²).

Lorsque l'on dispose d'une droite d'étalonnage, on trouve deux types d'échantillonnage. Le Milk Marketing Board, POWELL, CLAUZIER, VARTHA et MATCHES préconisent un échantillonnage systématique le long d'une diagonale de la parcelle, avec 20 ou 30 mesures par parcelles. POWELL précise que 5 mesures sont suffisantes si elles sont faites en des points représentatifs chacun d'un cinquième de la parcelle. Rien ne permet cependant de juger de cette représentativité, et l'auteur précise qu'elle requiert une compétence importante.

Lorsque l'on ne dispose pas de courbe-étalon, VARTHA et MATCHES utilisent l'herbomètre pour diminuer le nombre de prélèvements de matière sèche et conserver une bonne représentativité de la parcelle. Ces auteurs font 25 mesures d'herbomètre au hasard dans la parcelle, puis prélèvent 10 échantillons de matière sèche dans des endroits de la parcelle où la hauteur d'herbomètre correspond à la moyenne des 25 mesures.

V. Discussion

Certains auteurs ont comparé l'intensité des liaisons de la production de matière sèche avec la hauteur d'herbomètre ou avec des observations visuelles. VANNIER utilise une note qui prend en compte la hauteur de l'herbe et une estimation de la densité ; PHILLIPS et CLARKE prennent une estimation directe de la matière sèche, réalisée par des observateurs

compétents. Dans les deux cas, il s'avère que l'intensité de la liaison est de même ordre, sauf lorsque la quantité de matière sèche est très importante : on a alors une sous-estimation par l'observation. PHILLIPS et CLARKE soulignent cependant que l'herbomètre ne requiert pas de compétence particulière et qu'il est moins fatigant à utiliser.

Dans la plupart des cas cités dans la bibliographie, la liaison linéaire entre la production de matière sèche d'une parcelle et les hauteurs d'herbomètre est significative et élevée. Il s'agit de conditions particulières de pâturages très intensifs et homogènes. Dans l'Est de la France, les conditions climatiques rendent difficile l'ajustement entre la croissance de l'herbe et sa consommation par les animaux, et on observe souvent des situations très hétérogènes, notamment après l'épiaison. Les liaisons sont alors moins importantes. VANNIER rapporte dans cette région des coefficients de corrélation de l'ordre de 0,70. Dans ce cas, la précision que l'on a sur une estimation de la production de matière sèche à partir de la hauteur d'herbomètre est supérieure à une tonne. Cela nous semble interdire toute estimation de la quantité d'herbe au pâturage.

Même si l'on se trouve dans le cas d'une forte liaison, il apparaît que l'équation de la droite de régression est modifiée par certains facteurs, en particulier le stade de l'herbe, la composition botanique et la turgescence. Les différences sont surtout marquées pour les fortes valeurs, et ne sont pas négligeables : si l'on prend par exemple le cas cité par CASTLE en été (figure 6), à 18 cm de hauteur d'herbomètre correspond une production de 1,5 t M.S./ha pour du dactyle et de 3,3 t pour du ray-grass.

Cela signifie que, dans l'état actuel de nos connaissances, l'étalonnage est à refaire dans la plupart des situations, ce qui diminue nettement l'intérêt de l'herbomètre.

Pour les suivis de parcelles que nous réalisons, dans des conditions très variées, il nous paraît difficile d'utiliser cet outil pour estimer la production de matière sèche des pâtures. Par contre, il est utile pour pouvoir apprécier l'hétérogénéité de l'herbe dans les parcelles, en particulier pour les refus au pâturage. En effet, leur importance et leur surface sont très difficiles à apprécier visuellement. Un exemple d'une telle utilisation de l'herbomètre est donné dans la partie suivante.

C. UTILISATION DE L'HERBOMÈTRE POUR L'APPRÉCIATION DE LA MAÎTRISE DE L'HERBE EN CONDITION DE PÂTURAGE

I. Méthode employée

1) Recueil des données

L'objectif des mesures à l'herbomètre est d'obtenir, à l'intérieur d'une zone considérée comme homogène par son milieu, son histoire et l'aspect global du couvert végétal, *une représentation de l'hétérogénéité du couvert végétal créée par le pâturage*. Pour cela, nous travaillons sur les répartitions en histogramme des hauteurs d'herbomètre dans la zone.

Pour cerner le mieux possible l'évolution de l'hétérogénéité, il faudrait faire des observations à chaque entrée et à chaque sortie des animaux d'une parcelle dans un pâturage tournant, et à des intervalles rapprochés pour un pâturage libre. Cela s'avère impossible dès que l'on veut suivre plusieurs pâturages. Pour des raisons pratiques nous avons réalisé les mesures à pas de temps fixe, allant, selon la période et les possibilités de l'observateur, de 10 jours à 3 semaines. Les parcelles dans lesquelles les vaches vont entrer ou dont elles viennent de sortir sont étudiées.

Le nombre de parcelles utilisées dans un pâturage tournant est généralement élevé. Ce n'est pas la même parcelle qui est observée aux différentes dates, mais celle qui sera utilisée dans les prochains jours. Chaque histogramme représente donc une interaction entre la date d'observation et la parcelle.

Nous n'avons pas connaissance de méthode qui permette de déterminer le nombre de mesures à faire pour obtenir un histogramme représentant correctement la zone. Nous avons calculé ce nombre n , de manière à avoir une certaine précision sur la moyenne des hauteurs d'herbomètre :

$$n = t^2 (1 - \alpha/2) \frac{\hat{\sigma}^2}{L^2},$$

18 t étant la valeur de Student à $n-1$ degrés de liberté, au degré de confiance α près, et $\hat{\sigma}$ étant l'écart type estimé de l'échantillon. Pour des valeurs de n supérieures à 30, on peut remplacer la valeur de t par 2,

puisque la véritable valeur est comprise entre 2,04 (pour $n-1 = 30$) et 1,96 (pour $n-1 \rightarrow \infty$).

Un grand nombre de situations sur prairie permanente pâturée ont été prises en compte, en plaine ou en montagne et pour des niveaux différents d'intensification. Il apparaît que le nombre de mesures à réaliser dépend essentiellement du stade de développement des graminées. Pour une précision à 1 cm près (correspondant à la précision de la lecture), on obtient les résultats suivants :

- hors de la période de reproduction des graminées, avant la montaison, et lors des repousses feuillues sans présence d'épis : 25 à 30 mesures ;
- pendant la montaison :
 - * hauteur du couvert végétal très régulière : 25 à 30 mesures ;
 - * présence de touffes de hauteurs très différentes : 40 à 60 mesures ;
- après l'épiaison, et pendant tout le temps où il existe des épis dans la parcelle :
 - * hauteur du couvert végétal régulière, avec des épis disséminés sur toute la surface : 25 à 30 mesures ;
 - * présence de grosses touffes épiées de hauteurs irrégulières, et de parties rasées : 80 à 100 mesures ;

Les mesures doivent être réparties sur toute la zone et nous avons procédé par échantillonnage systématique, sur des points à distance fixe le long de transects. Le tracé des transects dépend de la forme de la zone, et il est difficile de donner des indications à ce sujet.

2) *Traitement des données*

Le traitement des données consiste à comparer, au cours de la saison de pâturage, les allures des histogrammes pour déterminer s'il existe des différences importantes, liées à des changements dans le temps ou dans l'espace.

Dès qu'il y a un nombre important d'histogrammes, la comparaison visuelle n'est pas facile. Nous nous sommes aidés, d'après une idée de

CARTERON, d'une analyse factorielle des correspondances (DAUDIN), en établissant le tableau de contingence suivant :

- en ligne, nous avons placé les différentes dates d'observation ;
- en colonne, les classes de hauteur d'herbomètre.

A chaque intersection d'une ligne et d'une colonne, on trouve le nombre de hauteurs d'herbomètre correspondant à la classe de hauteur, mesurées à la date donnée.

Cette analyse a l'avantage de permettre la comparaison des histogrammes, même lorsque le nombre total des mesures à chaque observation est différent.

En parallèle, nous étudions l'évolution de la moyenne et de l'étendue (différence entre la classe la plus élevée et la plus faible) en fonction du temps. C'est à partir d'un exemple que nous détaillons cette méthode.

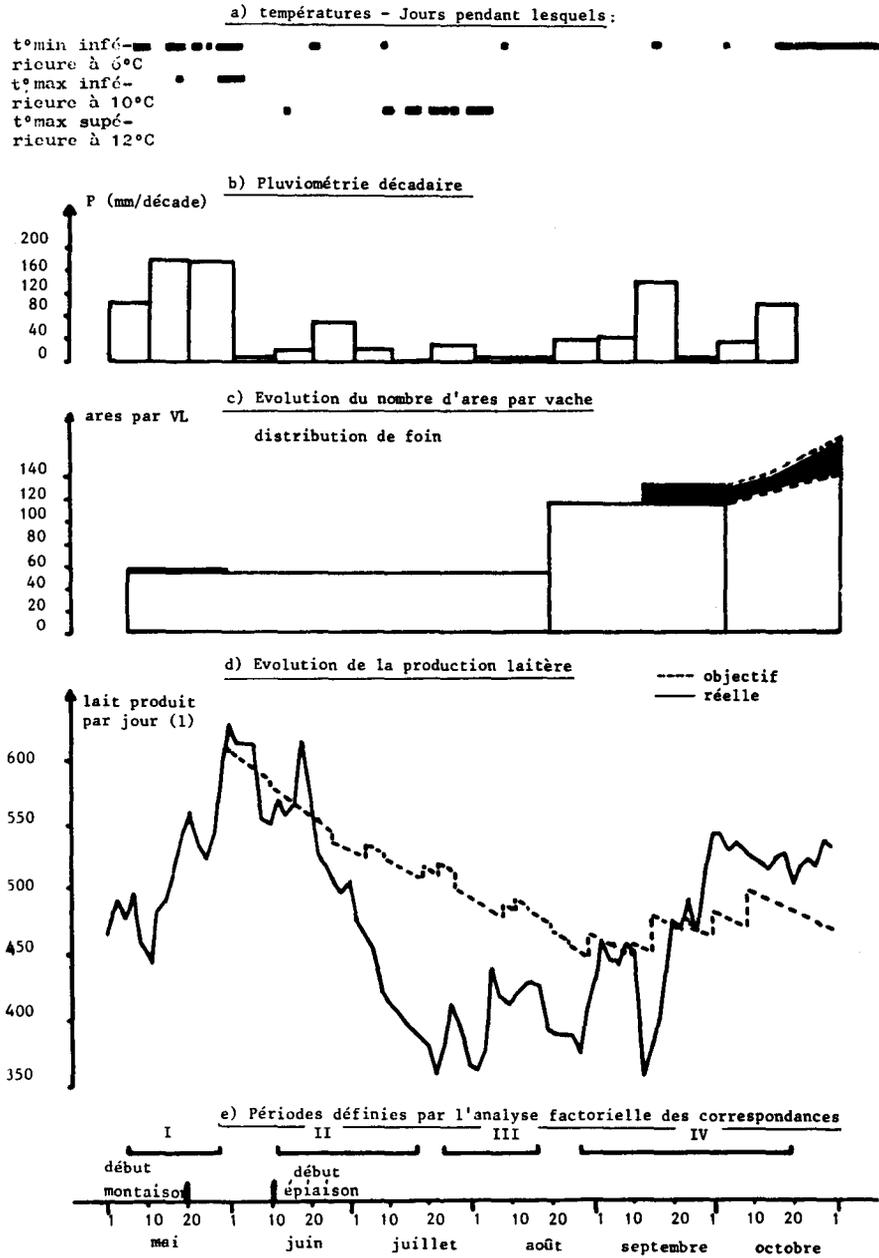
II. Exemple d'une utilisation de l'appréciation de l'hétérogénéité du couvert végétal par l'herbomètre pour l'interprétation d'une courbe laitière au pâturage

1) Présentation des données

Les données recueillies par J.L. FIORELLI représentent l'évolution de l'hétérogénéité des parcelles à l'entrée des vaches laitières dans les parcelles d'un pâturage tournant de la montagne vosgienne, en 1983.

L'évolution de la surface allouée par vache laitière est présentée sur la figure 7C. Une surface importante est utilisée au printemps, mais cela permet d'attendre jusqu'au 20 août avant l'adjonction de surfaces préalablement fauchées. A partir de cette date, les vaches pâturent sur la plupart des parcelles de l'exploitation pour consommer les repousses : la surface allouée est très élevée ; en octobre, la surface allouée par vache est impossible à déterminer. Du foin est apporté en transition au début de la saison et en complément du pâturage à partir de la mi-septembre. La complémentation en concentré VL18, de 100 kg par jour pour le troupeau, est constante sur toute la période de pâturage.

FIGURE 7
DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES ET DÉPOUILLEMENT
DU PÂTURAGE



On voit sur la figure 7D l'évolution de la courbe laitière. Pour nous aider à l'interpréter, nous avons construit une courbe laitière objectif de la manière suivante (LEBRUN) : à partir de la valeur la plus élevée observée sur la courbe réelle, on fait diminuer chaque mois la production de 10 %, en ajoutant 20 l lorsqu'une vache productrice est introduite dans le troupeau, et en retirant 5 l quand une vache est tarie.

Un certain nombre de variations de la courbe laitière peuvent être expliquées par une action directe du climat sur les animaux (REMOND et VERMOREL). L'observation des figures 7A et 7B et les évolutions semblables constatées pour d'autres troupeaux de la région nous permettent de constater que, dans ce cas particulier :

- la montée de la production à la sortie des animaux est inhabituellement lente ; cela est à relier aux très fortes pluies du mois de mai, en interaction avec les faibles températures ;
- des chutes ponctuelles de la production liées à l'association pluie-températures basses (du 11 au 14 mai, du 23 au 29 mai, et le 12 septembre), ou aux fortes chaleurs (le 8 juin, et du 21 juillet au 4 août, entrecoupé par un orage le 25 juillet).

Il nous reste à déterminer si les autres écarts entre les courbes laitières objectif et réelles sont liés à l'état de l'herbe présentée aux animaux.

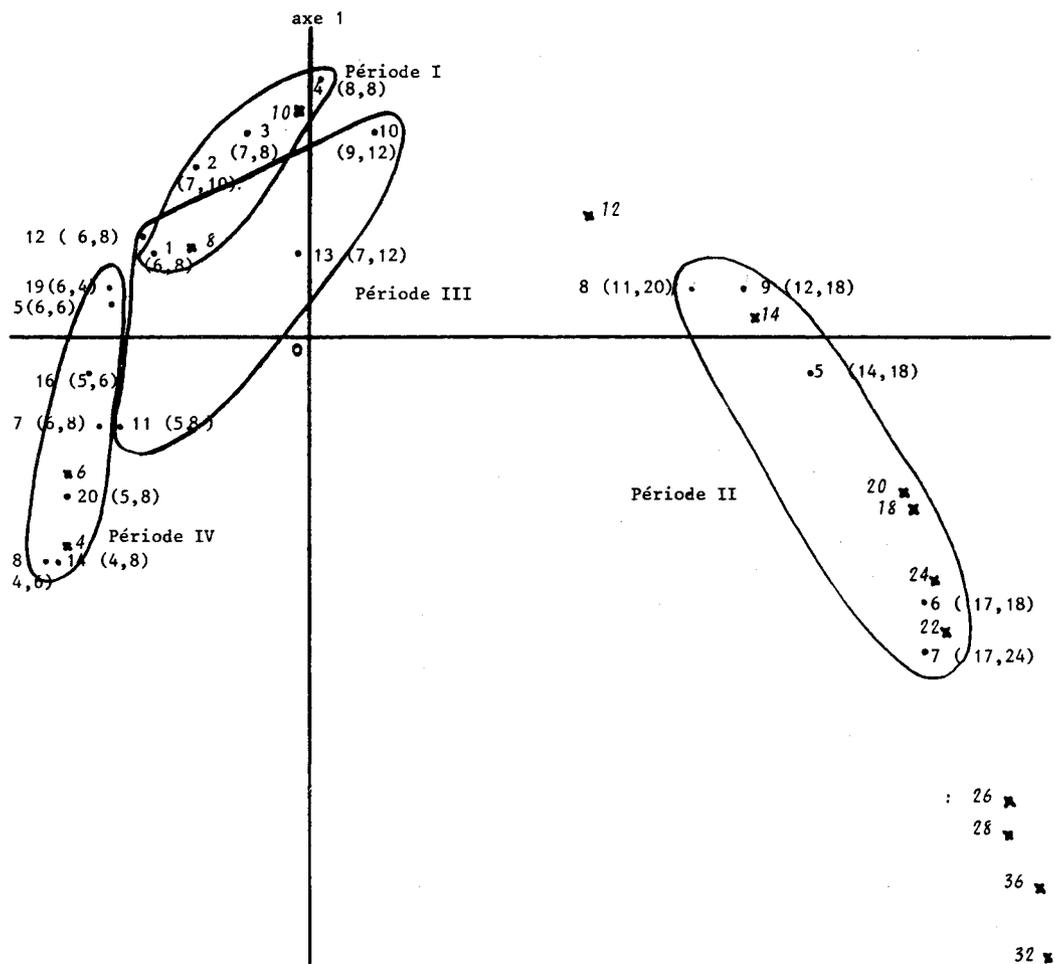
2) Évolution de l'hétérogénéité physiologique du couvert végétal pendant le pâturage

Une analyse factorielle des correspondances a été réalisée à partir d'un tableau présentant en ligne les dates d'observations faites sur la parcelle dans laquelle les animaux vont entrer et en colonne les classes de hauteurs d'herbomètre, regroupées par 2 cm.

Sur l'axe 1, qui représente 57,1 % de la variation, les classes sont ordonnées dans l'ordre croissant. Cet axe peut être interprété comme celui des hauteurs d'herbomètre croissantes.

L'axe 2 (17,2 % de la variation) est principalement déterminé par les classes 4 ; 6 et 28 cm, opposées à la classe 10 cm. Il représente une opposition entre les hauteurs moyennes et les extrêmes.

FIGURE 8
PROJECTION DU NUAGE DE POINTS
SUR LE PLAN CONSTITUÉ PAR LES DEUX PREMIERS AXES
DE L'A.F.C.



× 22 Classe de hauteurs d'herbomètre comprises entre 22 et 24 cm
 . 8 Huitième observation depuis le début de la saison
 (11,20) Hauteur moyenne : 11 cm - Etendue de l'histogramme = 20 cm

La figure 8 présente la répartition des points dans le plan déterminé par les deux premiers axes. Il est remarquable de constater que les points se regroupent dans le plan par séries chronologiques. Cela signifie que la forme des histogrammes se différencie beaucoup plus par rapport à la date (et donc à l'état physiologique de l'herbe) que par rapport aux caractéristiques des parcelles.

Cela nous permet de définir 4 périodes à l'intérieur desquelles la répartition de la hauteur d'herbomètre, et donc l'hétérogénéité physiologique, est semblable. La valeur moyenne qui représente l'abondance de l'herbe et l'étendue de l'histogramme, sont peu différentes à l'intérieur des périodes. Un histogramme-type est donné figure 9 pour chaque période.

Dans la période I (de la sortie des animaux au 29 mai = mi-montaison), le couvert végétal a une physiologie homogène et l'herbe est disponible en quantité assez importante. La quantité comme la qualité de l'herbe offerte aux animaux semble correcte.

La période II s'étend du 12 juin (épiaison) à la mi-juillet. Il y a beaucoup d'herbe et sa physiologie est hétérogène : l'étendue des histogrammes est très importante. Pendant toute cette période, on a par ailleurs noté la présence d'épis dans les parcelles.

Pour la période III (24 juillet au 17 août), l'herbe est moins abondante, mais la répartition physiologique reste assez hétérogène. Il y a des parcelles qui ne contiennent plus d'épis.

La période IV, du 28 août au 18 octobre, correspond à des couverts végétaux réguliers et à une quantité d'herbe faible.

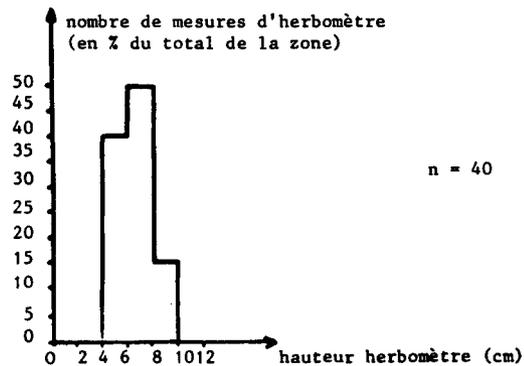
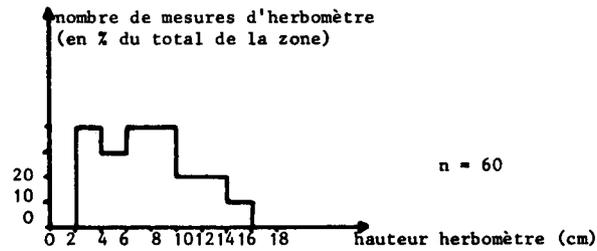
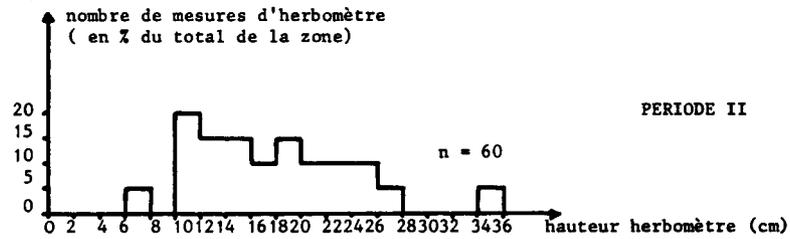
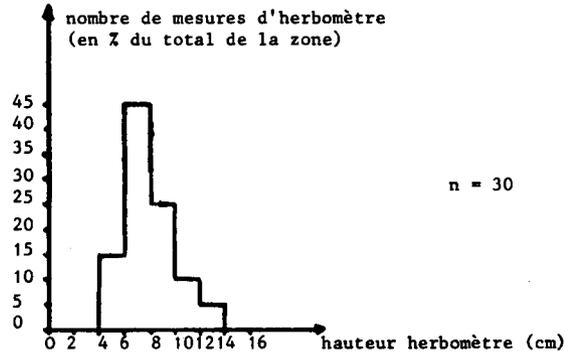
On peut conclure que les épis ont été peu maîtrisés dans ce pâturage, que la sécheresse de juillet et août, tempérée par des orages, n'a pas entraîné de pénurie, mais que l'agriculteur a manqué d'herbe en fin de saison.

3) Utilisation des résultats pour l'interprétation de la courbe laitière

On constate sur la figure 7 une bonne concordance entre les périodes et les grandes variations de la production laitière.

*Utilisation de
l'herbomètre*

FIGURE 9
HISTOGRAMMES - TYPES POUR CHAQUE PÉRIODE



La période II, définie précédemment, pendant laquelle l'herbe est très abondante et le couvert végétal de physionomie irrégulière, coïncide avec une décroissance rapide de la production laitière, conduisant, fin juillet, à un écart de 30 % avec la courbe objectif. La présence de tiges et d'épis entraîne à ce moment une diminution de la digestibilité et de l'ingestibilité de l'herbe (DEMARQUILLY). L'irrégularité du couvert amène la formation de nombreuses touffes de refus. Ce n'est pas la quantité, mais bien la qualité de l'herbe qui est à mettre en cause pendant cette période.

C'est au début de la quatrième période que la production laitière réelle rejoint l'objectif. Le couvert végétal lors de l'entrée des animaux est homogène et correspond dans la majorité des cas à des repousses de parcelles fauchées. L'herbe mise à la disposition des animaux est peu abondante, mais cette période correspond à une forte augmentation de la surface mise à la disposition des vaches, complétée par une distribution de foin.

L'observation d'une faible production laitière pendant la période I nous permet de poser des questions. Les couverts végétaux sont homogènes, il y a de l'herbe dans les parcelles qui devrait être de qualité correcte puisque l'on se situe avant le stade épi à 10 cm (DEMARQUILLY). L'hypothèse d'une influence directe du climat froid et surtout très pluvieux nous semble se confirmer. Mais on peut aussi se demander si la transition entre le régime hivernal et le pâturage a été correctement effectuée et si la complémentation abondante, avec un concentré très azoté, est bien équilibrée.

III. Discussion

Dans le cadre global d'un pâturage, nous cherchons à isoler l'influence de l'alimentation sur la production laitière. D'autres facteurs interviennent et dans des suivis en exploitation, nous ne pouvons pas tous les contrôler. Mais la méthode d'utilisation de l'herbomètre que nous proposons permet de dépasser le stade des hypothèses sur l'état de l'herbe ; la constatation d'une cohérence entre un événement observé sur la courbe laitière et un état du couvert végétal à l'entrée ou à la sortie des animaux dans la parcelle rend plus plausible la liaison entre les deux.

Nous travaillons à l'amélioration de cette méthode. Il nous paraît important de réaliser une description plus fine de la physionomie du couvert végétal, qui permettrait de mieux apprécier la qualité de l'herbe. Il s'agit d'identifier et de décrire les différents éléments, constitutifs de l'hétérogénéité physiologique. S'ils sont repérés lors des mesures à l'herbomètre, on dispose de la répartition des hauteurs sous le plateau pour chaque élément physiologique et de la proportion de recouvrement surfacique de chacun d'eux. L'hétérogénéité et ses causes sont mieux comprises. On peut aussi penser que la liaison entre matière sèche et hauteur d'herbomètre, et qualité nutritionnelle de l'herbe, sont beaucoup plus stables au niveau d'un élément physiologique que pour un couvert végétal. Nous continuons des études pour le vérifier.

La méthode que nous proposons peut aussi servir à la comparaison de l'utilisation de différents types de parcelles. En effet, il est aussi possible d'étudier l'évolution au cours du temps de l'hétérogénéité physiologique d'une parcelle, en liaison avec son mode de conduite. MICHEL a déjà fait une proposition dans ce sens.

REMERCIEMENTS

Cet article a été réalisé en liaison avec le Groupe de Recherche Informel sur les Fourrages (I.N.R.A.-S.A.D. Versailles-Dijon). Nous remercions particulièrement B. JEANNIN et P. MORLON pour leurs suggestions lors de la lecture du manuscrit.

Le traitement informatique a été réalisé au Centre I.N.R.A. de Dijon, avec l'aide de CARTERON.

Anne MATHIEU et J.L. FIORELLI,
I.N.R.A., Systèmes Agraires et Développement,
Versailles-Dijon.

LISTE DE MOTS-CLÉS

Herbomètre, hétérogénéité du couvert végétal, hétérogénéité spatiale, production de matière sèche, suivi de pâturage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRANSBY D.I., MATCHES A.G. et KRAUSE G.F. (1977) : « Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials », *Agron. J.*, 69, may-june, 393-396.
- CARTERON (1984) : *Communication personnelle*.
- CASTLE M.E. (1976) : « A simple disc instrument for estimating herbage yield », *J. Br. Grassland Soc.*, 31, 37-40.
- CLAUZIER A. (1976) : « Evaluation des pâtures », *Cultivar*, nov., 59.
- DAUDIN J.J. (1981) : *Analyse factorielle des correspondances*, doc. ronéo d'enseignement, Chaire de mathématique et informatique, I.N.A. Paris-Grignon.
- DEMARQUILLY C. (1981) : « Valeur alimentaire de l'herbe dans les conditions du pâturage », *Fourrages*, 85, 59-72.
- FIGORELLI J.L. (1983) : *Suivis de pâturages de vaches laitières dans la montagne vosgienne Sud* (données non publiées).
- LEBRUN V. (1982) : *Méthode rapide de construction d'une courbe laitière objectif au pâturage* (non publié).
- MICHEL P. (1982) : « Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards », *Grass and Forage Sc.*, 37, 81-87.
- MILK MARKETING BOARD : *The grass-meter, Note for user*.
- PHILLIPS D.S.M. et CLARKE S.E. (1971) : « The calibration of a weighted disc against pasture dry matter yield », *Proc. NZ Grassland Assoc.*, 33, 68-75.
- PIKE J. (1978) : *Measuring your grass*, Milk marketing board, spring, n 30.
- POWELL T.L. (1974) : « Evaluation of weighted disc meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture », *N.Z. Journal of Experimental Agriculture*, 2, 237-241.
- REMOND B. et VERMOREL M. (1982) : « Influence du climat et de la saison sur la production laitière au pâturage », *Action du climat sur l'animal au pâturage*, séminaire Theix, 31 mars-1^{er} avril 1982, Ed. I.N.R.A. Publ.
- RUEL P. (1975) : *Du pâturage libre au pâturage tournant. Mise en œuvre, méthodes d'observation et rentabilité du pâturage tournant*, mémoire I.N.R.A. - S.A.D. - E.N.S.S.A.A., Chaire de Productions Végétales.

- SCHOST A. (1977) : *Le pâturage tournant en Auxois-Morvan*, mémoire I.N.R.A. - S.A.D. - E.N.S.S.A.A., Chaire de Productions Végétales.
- VANNIER D. (1978) : *Estimation par des méthodes simples de la production d'herbe des prairies permanentes pâturées*, mémoire I.N.R.A. - S.A.D. - E.N.S.S.A.A., Chaire de Productions Végétales.
- VARTHA E.W. et MATCHES A.G. (1977) : « Use of a weighted disk measure as an aid in sampling the herbage yield on tall fescue pastures grazed by cattle », *Agron. J.*, 69, sept.-oct., 888-890.