

AGRONOMIE

# Indice foliaire, structure du peuplement de tiges et biomasse des repousses d'une luzerne irriguée

Michel DURU &amp; Alain LANGLET

avec la collaboration technique (\*) de Nicole BOSCH, L. SOS &amp; R. VIARD

I.N.R.A., Station d'Agronomie, Centre de Recherches de Toulouse, B.P. 27, F 31326 Castanet-Tolosan Cedex

## RÉSUMÉ

Des repousses de luzerne ont été observées durant 3 années entre juin et octobre, en conditions hydriques non limitantes. A sommes de températures et dates données, on observe des décalages importants de mise en place d'indice foliaire et, par la suite, de production de matière sèche (M.S.). Les retards observés ne se rattrapent pas. De même, une variabilité importante de la composition morphologique (rapport feuilles tiges  $f/t$ ) s'observe à des niveaux comparables de croissance en MS. Les variations du rapport  $f/t$  sont mises en relation avec les teneurs en azote et la digestibilité *in vitro* du fourrage.

Une approche morphogénétique (nombre et caractéristiques des tiges) au cours des repousses permet d'avancer l'hypothèse que ces variabilités sont dues aux effets des structures de peuplement en tout début de repousse.

Du fait des compétitions qui s'installent très tôt entre les jeunes tiges, un nombre important de bourgeons et de petites tiges ( $\leq 1$  cm) dans les premiers jours de la repousse ne compense pas l'avantage qui résulte d'une proportion plus importante de tiges présentant des états de croissance supérieurs, pour un nombre initial de tiges pourtant plus faible.

Cette différenciation de structure du peuplement est très précoce, mais son déterminisme reste à élucider.

**Mots clés additionnels :** *Croissance, température, rapport feuilles-tiges, azote, digestibilité, morphogénèse.*

## SUMMARY

*Leaf area index, canopy structure and biomass of irrigated alfalfa regrowths.*

Regrowths of alfalfa have been observed during 3 years from June to October without water stress. For given sums of degree-days and day of regrowth, we observed marked differences in leaf area index values and consequently for dry matter production. The differences observed at the beginning of the regrowth did not fall afterwards. In the same way, we observed great variability in the morphological composition (leaf/stem ratio :  $l/s$ ) corresponding to similar dry matter yield. Leaf/stem ratio differences were related to nitrogen content and *in vitro* digestibility of dry matter yield. Study of number and characteristics of stems during several regrowths suggests that this variability results from structure differences at the beginning of the regrowth. In relation with the early competition between young stems, large number of buds and small stems ( $\leq 1$  cm) did not balance advantages coming from a higher proportion of stems, with superior states of growth despite a lower initial number. This differentiation of stem population structure occurred early in the regrowth but its origin will be studied.

**Additional key words :** *Growth, temperature, leaf/stem ratio, nitrogen, digestibility, morphogenesis.*

## I. INTRODUCTION

La luzerne présente l'intérêt d'assurer de fortes productions de protéines en absence de fumure azotée minérale. La bonne utilisation de ces productions nécessite de connaître l'évolution de la croissance en MS et de la valeur alimentaire.

Pour rendre compte de la croissance, GOSSE *et al.* (1984) ont établi un modèle de type mécaniste où la quantité de matière sèche récoltable (MS) est fonction du rayonnement utile à la photosynthèse (PAR<sub>a</sub>) absorbé sur la durée de la repousse, soit  $MS = 1,76 \text{ PAR}_a$  (MS en  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ; PAR<sub>a</sub> en  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Le PAR<sub>a</sub> est calculé en fonction du rayonnement incident et de l'efficacité d'interception  $\epsilon_i$  du couvert de luzerne.  $\epsilon_i$  est définie par le rapport entre le rayonnement incident et le rayonnement absorbé. Pour la luzerne,  $\epsilon_i$  est indépendante du numéro de la repousse dans l'année (GOSSE *et al.*, 1982). L'évolution de l'indice

\*J. BONATI, J.-M. LALLIER, A. NIVAT, Françoise ROGER-ESTRADE, A. TRIAN, étudiants, ont également collaboré à ce travail.

foliaire au cours de la repousse reste donc la principale variable d'état du couvert qui détermine la valeur d' $\epsilon_i$ , et par suite celle de la matière sèche récoltable en fin de chaque repousse.

La composition morphologique du couvert de luzerne, définie par le rapport feuilles-tiges (f/t) influe sur les 2 composantes importantes de la valeur alimentaire : teneur en protéines et digestibilité (DEMARQUILLY, 1966 ; WILMAN & ALTIMIMI, 1984). La digestibilité varie selon le numéro des repousses et les années (DEMARQUILLY, 1966 ; CHRISTIAN *et al.*, 1970). En effet, si la digestibilité des feuilles est élevée et peu variable, celle des tiges est plus faible et diminue avec leur âge (DEMARQUILLY, 1966). La teneur en protéines dépend du niveau de matière sèche accumulée, corrigé d'une évolution du rapport f/t (LEMAIRE *et al.*, 1985). Les variations de composition morphologique au cours d'une repousse et entre repousses restent donc à expliciter pour interpréter les analyses de valeur alimentaire.

Après la présentation des résultats d'évolution d'indice foliaire et de composition morphologique au cours des différentes repousses, nous interpréterons les écarts observés par les différences de structure du peuplement de tiges. Moins complète qu'une approche démographique telle que celle proposée par BAZZAZ & HARPER (1977), cette analyse permet cependant une interprétation plus précise des effets des facteurs de l'environnement que les études de croissances de surfaces ou de poids (MAITRE *et al.*, 1985).

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. Culture

Nous avons utilisé la variété Magali, de type Provençale, semée en automne 1983, pour les observations de 1984 et 1985, puis en automne 1985 pour les observations de 1986.

Cette luzerne a été implantée à Auzeville, près de Toulouse, sur un sol profond de type limono-argileux. Le semis a été réalisé en rangs espacés de 17,5 cm. Les doses de semis sont de 20 kg/ha.

L'irrigation a été conduite de façon à assurer un niveau d'alimentation en eau proche de l'ETM, contrôlé par des mesures neutroniques d'humidité comparées aux mesures de référence d'évapotranspiration avec fêtuque élevée et au calcul des valeurs d'ETP par la formule de PENMANN.

### B. Morphologie d'un pied de luzerne

On peut distinguer plusieurs types de tiges de luzerne selon leur position sur le pied. Juste après une coupe, on observe d'une part des bourgeons néoformés au niveau du collet (plus ou moins développés en tiges) que nous avons appelé de type C, d'autre part des bourgeons se développant à l'aisselle des feuilles de la partie inférieure des tiges de la repousse précédente. Les tiges naissant ainsi entre 1 et 6 cm au-dessus du collet sont les tiges A, celles en position intermédiaire entre A et C ont été appelées I.

### C. Contrôles et mesures

Les observations réalisées concernent :

— la production de matière sèche aérienne à partir de prélèvements hebdomadaires par rang : 3 m  $\times$  4 rangs (2 m  $\times$  4 rangs en 1986) ; la coupe est réalisée à une hauteur de 6 cm environ ;

— l'indice foliaire, le rapport f/t, la masse surfacique des feuilles et la masse linéaire des tiges sur des échantillons provenant de 4 prélèvements de 0,5 m ;

— le nombre, le type et les caractéristiques des tiges d'une part par dénombrement exhaustif des tiges de 2 prélèvements destructeurs de 0,5 m (longueur en 1984, 1985, 1986, longueur et nombre de nœuds en 1984 et 1985), et d'autre part par un suivi hebdomadaire *in situ* de la longueur des tiges (1985 et 1986). Dans ce dernier cas, 30 tiges de type A et C par traitement (limitation du volume de travail) ont été choisies au hasard sur une longueur de rang d'environ 3 m ;

— l'analyse de la teneur en azote pour tous les échantillons (méthode KJELDAHL) et la digestibilité *in vitro* sur quelques échantillons (méthode AUFRERE, 1982) après séchage à 80 °C et broyage.

Toutes ces observations ont été réalisées entre fin mai et début octobre c'est-à-dire pour les 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> repousses en 1984 et 1985, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> en 1986. Les repousses n<sup>os</sup> 2 et 3 de 1984 et 1985 ont duré 6 semaines, celles de 1986, 5 semaines et les 4<sup>e</sup> repousses de 1984 et 1985, 7 semaines.

## III. RÉSULTATS

### A. Evolution de l'indice foliaire, conséquence pour la production de MS récoltable

En conditions hydriques non limitantes, il existe une relation linéaire, non spécifique du numéro de la repousse entre l'indice foliaire et le cumul des températures moyennes journalières ( $\Sigma\theta$ ) (GOSSE *et al.*, 1984).

Les résultats obtenus ici pour les 5 premières semaines de repousse, c'est-à-dire avant sénescence importante (fig. 1) montrent que cet ajustement général (IF = 0,0088  $\Sigma\theta$  - 0,183 ; r = 0,938) ne prend pas en compte des différences de vitesse de mise en place de l'IF en début de repousse. On note des variations importantes d'IF pour une même  $\Sigma\theta$ , les vitesses d'évolution étant cependant par la suite assez semblables comme le montrent les courbes d'allure croissante relativement parallèles. D'autres facteurs que la température régissent par conséquent l'installation de l'indice foliaire aux premiers jours de la repousse, l'une des hypothèses à tester se situe au niveau de la structure initiale du peuplement.

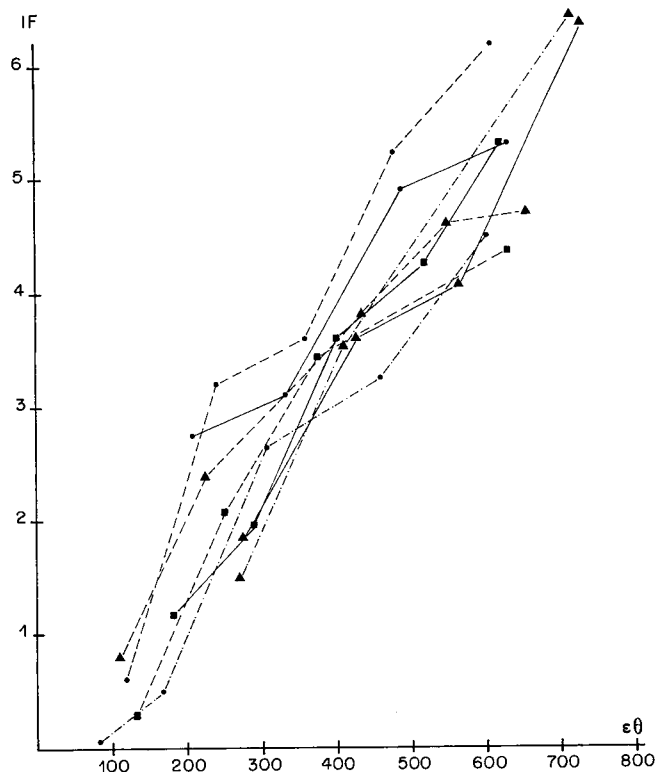


Figure 1  
 Relation entre indice foliaire (IF) et somme de températures cumulées depuis la coupe pour les 5 premières semaines de repousse (● R2, ▲ R3, ■ R4 ; — 1984, - - - 1985, —·— 1986).  
 Relationship between leaf area index and sums of degree days from last cut during first five weeks of regrowth (● R2, ▲ R3, ■ R4 ; — 1984, - - - 1985, —·— 1986).

Vis-à-vis de la quantité de MS récoltable à une date donnée, cette observation est importante. On peut en effet remarquer sur nos données que plus les valeurs de  $\Sigma\theta$  pour atteindre IF = 2 (valeur correspondant à  $\varepsilon_i = 80$  p. 100, GOSSE *et al.*, 1982) sont élevées, plus la matière sèche récoltable en fin de repousse, avant la baisse d'indice foliaire, est faible. C'est ainsi que les indices foliaires supérieurs observés en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> repousses (R2 et R3) de 1985 correspondent à des productions de 5,7 t et 4,4 t, à comparer aux productions de R2 et R3 1986 (3,8 et 4,2) après le même nombre de jours de repousse (35 jours).

L'observation de ces écarts de production en rapport avec les décalages de mise en place de l'indice foliaire laisse donc supposer qu'il n'y a pas de possibilités ultérieures de rattrapage. Cette interprétation est attestée d'une part par les vitesses comparables d'évolution des indices foliaires, d'autre part par le bon accord de nos mesures de production de MS avec celles calculées par le modèle de GOSSE *et al.* (1984). On note en effet une corrélation de 0,977 entre données calculées et données mesurées (29 couples). Nos observations rejoignent donc parfaitement les interprétations de GOSSE *et al.* (1986) concernant les effets de la vitesse de mise en place de l'indice foliaire sur les niveaux et variations de production observés pour différentes cultures.

## B. Composition morphologique, conséquences pour la qualité fourragère

D'une manière générale, le rapport f/t décroît avec le temps. LEMAIRE *et al.* (1985) ont mis en évidence une relation entre la valeur du rapport f/t et la croissance aérienne, avec des différences significatives selon les repousses : f/t est plus grand en périodes de jours courts, au printemps et l'automne. Nos données de 4<sup>e</sup> repousse (fin d'été-automne) confirment bien ces observations (fig. 2). Mais pour les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> repousses, la variabilité pour un même niveau d'accumulation de matière sèche reste importante : 0,2 point de f/t en moyenne. Cette variabilité se répercute sur la qualité du fourrage produit, à travers la digestibilité et la teneur en azote.

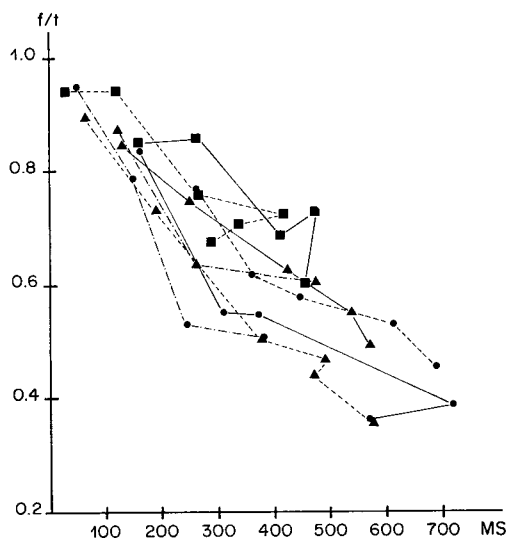


Figure 2  
 Relation entre le rapport feuilles-tiges et le degré de croissance ( $MS$  en  $g \cdot m^{-2}$ ) ( $f/t = 3.77 MS^{0.315}$ ,  $r = 0.79$ ,  $n = 39$ ) ; (● R2, ▲ R3, ■ R4 ; — 1984, - - - 1985, —·— 1986).  
 Relationship between leaf stem (l/s) ratio and dry matter yield ( $DM$   $g \cdot m^{-2}$ ) ( $l/s = 3.77 DM^{0.315}$ ,  $r = 0.79$ ,  $n = 39$ ) ; (● R2, ▲ R3, ■ R4 ; — 1984, - - - 1985, —·— 1986).

Pour la digestibilité (D), les analyses n'ont été réalisées que pour des repousses où les différences entre MS et f/t étaient les plus élevées conformément aux données de la figure 2 : R3 de 1983, R2 et R3 de 1985, R2 de 1986. Nous avons alors  $D = 45, 3 f/t + 41,3$  ( $r = 0,896$ ,  $n = 18$ ). Pour l'azote, nous avons  $N = 1,72 e^{1,23 f/t}$  ( $r = 0,854$ ,  $n = 38$ ). Ces résultats nous permettent de vérifier l'effet de la composition morphologique sur la qualité du fourrage.

Comme précédemment pour l'indice foliaire, nous discuterons l'hypothèse d'un effet de la structure initiale du peuplement sur la composition morphologique.

## C. Analyse de la morphogénèse du couvert

### 1. Emission et mortalité des tiges : prélèvements destructeurs

Les observations hebdomadaires du couvert de luzerne montrent qu'une partie des tiges observées en

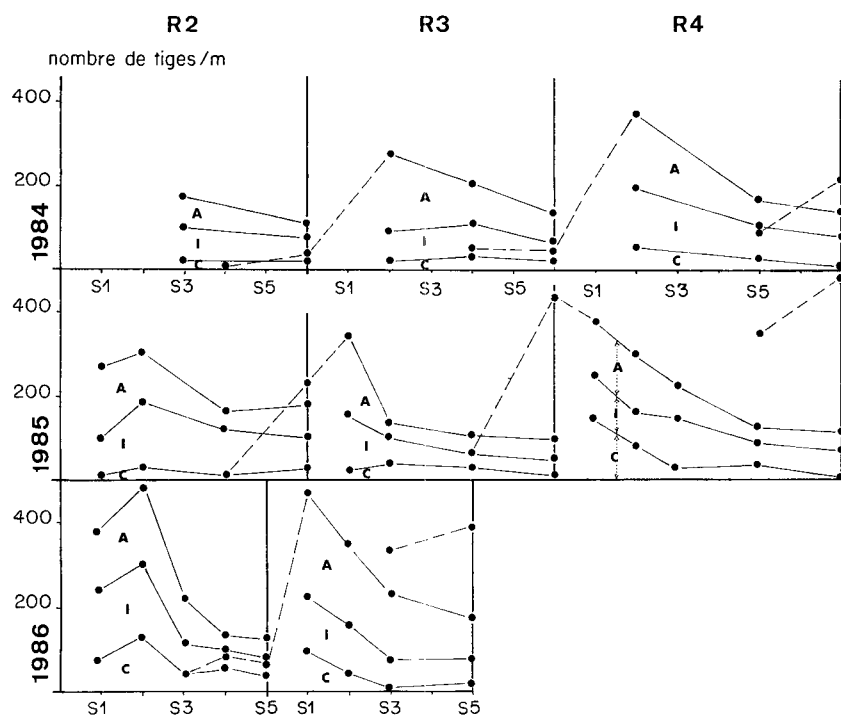


Figure 3

Evolution du nombre de tiges par mètre linéaire au cours des différentes repousses (Si : semaine n° i ; tiges G1 — tiges G2 --- A, I, C : types de tiges).

Number of stem evolution (per metre) during different regrowths (Si : week n° i. Stem G1 — stem G2 --- ; A, I, C : stems types).

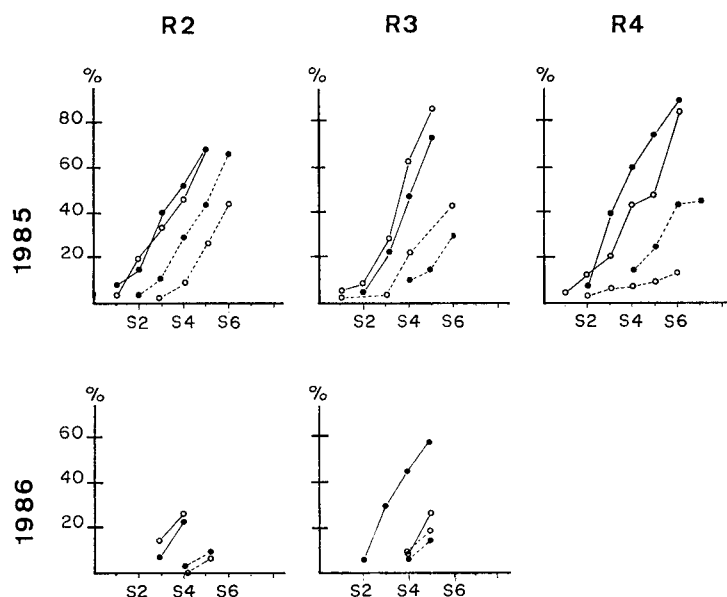


Figure 4

Evolution du nombre de tiges par mètre linéaire pour le suivi in situ. (● tiges A, ○ tiges C). Pourcentages cumulés de tiges mortes (---). Pourcentages cumulés des tiges dont la croissance s'est arrêtée y compris les tiges mortes (—).

Stems number evolution (per metre) for observations in situ. (● stems A, ○ stems C). Cumulated percentages of died stems (---). Cumulated percentages of stems which growth was stopped more died stems (—).

début de repousse R est déjà présente à la fin de la repousse R - 1, sous forme de bourgeons, développés ou non, principalement au niveau du collet. En suivant le déroulement d'une repousse, nous appellerons G1 les tiges présentes à son début, et G2 l'ensemble des bourgeons (ou leur développement en nouvelles tiges) apparaissant entre le milieu et la fin de la repousse.

Les observations de la figure 3 montrent que le nombre maximum de tiges est atteint en semaine 1 (S1) ou 2 (S2). Les tiges G2 ont été identifiées à partir des 3<sup>e</sup>

et 5<sup>e</sup> semaines de repousse. La période d'émission des tiges s'étale donc sur environ 4 semaines et est centrée plutôt avant la coupe. Pour toutes les repousses, on observe une diminution systématique et importante du nombre de tiges G1 entre le début et la fin de la repousse, quels que soient son numéro et l'année. Ces constats sont similaires aux observations de WOODWARD & SHEEHY (1979) et SIBMA & SPIERTZ (1986). On note peu de différences de mortalité pour chacun des 3 types de tiges identifiées.

## 2. Mortalité des tiges : observations *in situ*

Le suivi individuel de tiges *in situ* permet de classer les tiges selon :

— qu'elles sont en croissance active pendant toute la durée de repousse (accroissement de longueur entre 2 observations, ce qui concorde avec l'accroissement du nombre de nœuds) ;

— que la croissance s'est arrêtée à une date variable en cours de repousse (1) ;

— que la tige est sénescente et considérée comme morte (2).

Les données concernant le taux de mortalité (2) et le taux de tiges dont la croissance s'arrête en cours de repousse (1) + (2) sont présentées figure 4. On note un taux de mortalité bien plus élevé en 1985 qu'en 1986, les différences entre types de tiges étant peu importantes sauf pour R4 en 1985. Le taux de tiges dont la croissance s'arrête en cours de repousse est plus élevé que le taux de tiges mortes. Dans tous les cas, les arrêts de croissance sont observés tôt en début de repousse ce qui témoigne de compétitions très précoces.

Ces évaluations quantitatives ne peuvent pas être généralisées au niveau du peuplement à cause du mode d'échantillonnage des 30 tiges observées et des difficultés de baguage des tiges les plus petites en tout début de repousse. Deux observations viennent étayer cette remarque. D'une part, il y a un retard systématique de la mortalité des tiges dans les observations *in situ* par rapport aux prélèvements sur 0,5 m (fig. 3 et 4). D'autre part, on constate *a posteriori* une hauteur généralement plus importante des tiges baguées en comparaison de la population de tiges prélevée sur 0,5 m, surtout en 1986 (tabl. 1). On peut donc dire que, choisies plus hautes, les tiges baguées sont sans doute moins sensibles à la compétition pour la lumière. Enfin, ces variations dans les effectifs des tiges mortes ou en croissance arrêtée sont à rapprocher du décalage qui peut exister entre date de baguage (1<sup>er</sup> jour de S1) et les différences de nombre de tiges de S1 à S2 selon les repousses (fig. 3).

Malgré tout, ces observations suggèrent bien l'idée qu'à un moment donné, il existe des différences de classes de longueur de tiges selon les rythmes d'émission, d'arrêt de croissance ou de mortalité des tiges.

## 3. Etats de croissance et caractéristiques des tiges : structure du peuplement

Les observations précédentes montrent que la structure d'un peuplement de luzerne peut être définie à une date donnée par la distribution des états de croissance de ses tiges.

### a) Distribution des longueurs

Les histogrammes de la figure 5 font apparaître des différences importantes dans les proportions de petites et grandes tiges pour les semaines 1 et 2, différences qui opposent nettement les données de 1985 à celles de 1986. Les données disponibles sur les autres repousses ne permettent de comparer que les S2, mais on vérifie là aussi l'existence de différences particulièrement pour la classe 0-1 cm (tiges à l'état de bourgeons ou très faiblement développées). Pour les semaines suivantes (S4 de la fig. 5) on ne note pas de différences importantes de distribution des longueurs en relation avec les différences de structures initiales. Les données des autres repousses vont aussi dans ce sens.

### b) Croissance en épaisseur : masse linéaire

A défaut d'une distribution des diamètres des tiges, la masse par unité de longueur (MLIN) à une date donnée peut être un bon indicateur de la croissance en épaisseur car elle est la résultante à la fois de l'accroissement de la section des tiges et du poids par unité de longueur. La figure 6 montre une liaison inverse entre nombre de tiges (T) et MLIN, ce qui indique une compensation entre nombre et diamètre des tiges, c'est une observation classique de compétition entre organes.

## IV. DISCUSSION

### A. Origine des différences de structure du peuplement

#### 1. Origine des structures initiales en début de repousse

Comme une partie des tiges du début de la repousse est déjà présente juste avant la coupe (tiges G2), il est

TABLEAU 1

Moyenne des longueurs des tiges (cm) à la première semaine de repousse et écart-type  
(n : nombre variable selon les repousses).

Average stem length at the first week of regrowth and standard-deviation  
(n : number variable according to regrowths).

	Nombre observé	R2 85	R3 85	R4 85	R2 86	R3 86
Observations non destructives						
tiges A	(30)	3,4 ± 1,2	9,4 ± 3,0	2,9 ± 0,9	2,5 ± 1,1	2,0 ± 2,4
C	(30)	3,4 ± 1,2	6,7 ± 2,4	2,3 ± 1,2	2,1 ± 0,9	5,4 ± 2,6
Observations destructives						
tiges A	(n)	3,9 ± 4,5	4,1 ± 4,5	2,3 ± 2,1	1,7 ± 0,8	1,1 ± 0,4
I	(n)	7,9 ± 6,0	6,8 ± 5,3	1,5 ± 1,6	1,5 ± 1,2	1,3 ± 0,9
C	(n)	1,3	0,5	1,0 ± 1,2	1,1 ± 0,5	1,2 ± 0,7

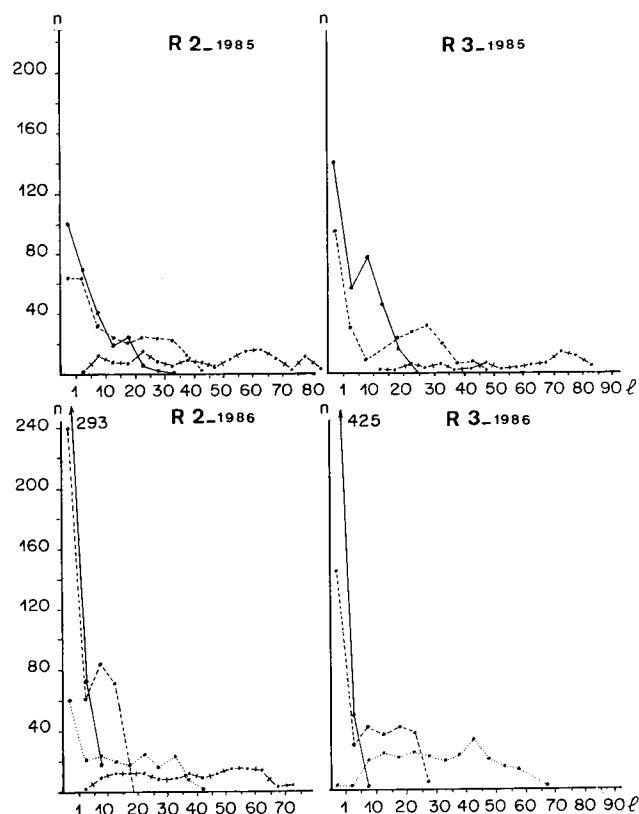


Figure 5  
 Histogrammes des longueurs de tiges au cours des repousses par classe de 5 cm (plus classe 0-1 cm).  
 — S1, - - - S2, ····· S3, + + + + S4.  
 Histogramms of length stems during regrowths per class of 5 cm (with 0-1 cm class).  
 — S1, - - - S2, ····· S3, + + + + S4.

logique de supposer que le nombre et les caractéristiques des bourgeons et tiges G2 déterminent en partie la structure initiale du peuplement dans les premiers jours après la coupe. Cependant, il ne nous est pas possible d'établir de telles relations sur les repousses disponibles (fig. 3). De plus, certains facteurs non analysés ici interviennent sans doute sur le nombre de bourgeons et les états de croissance des tiges entre l'observation des G2 et celle des G1 : niveau des réserves carbonées et azotées et rapidité de leur mobilisation, qualité du rayonnement qui peut modifier plus ou moins rapidement la levée de dormance des bourgeons juste avant ou après la coupe (JACQUES, 1987). Ces déterminismes physiologiques sont à approfondir, en relation également avec différentes modalités d'exploitation des couverts de luzerne (fréquence et hauteur de coupes).

2. Evolution de la structure du peuplement au cours de la repousse

On a vu précédemment qu'en S2 de repousse, l'émission des tiges G1 était terminée. La diminution du nombre de tiges entre S2 et les semaines suivantes correspond donc à un taux de mortalité. Aux dates où des niveaux de production comparables entre repousses sont atteints, ce taux est d'autant plus élevé que le nombre de tiges en S2 était important (fig. 7). Dans ce cas, un même niveau de production de MS est atteint à

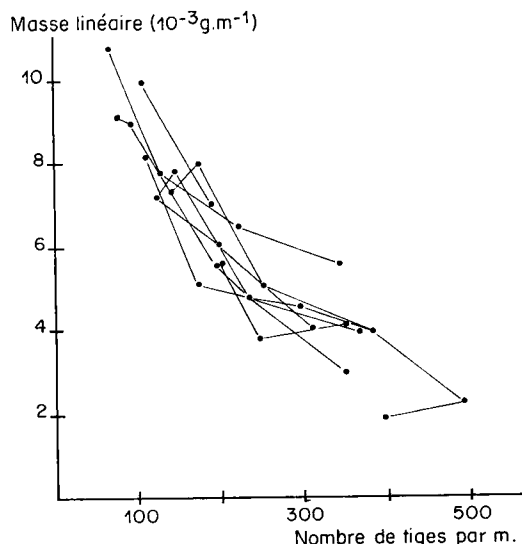


Figure 6  
 Relation entre masse linéaire ( $g \cdot m^{-1}$ ) et nombre de tiges par mètre de rang de luzerne (T) pour les différentes repousses ( $MLIN = 4.77 T^{0.87}$ ,  $r = 0.899$ ,  $n = 26$ ).  
 Relationship between mass specific of stem ( $g \cdot m^{-1}$ ) and stems number (number.  $-1$ ) per metre of row for different regrowths ( $MLIN = 4.77 T^{0.87}$ ,  $r = 0.899$ ,  $n = 26$ ).

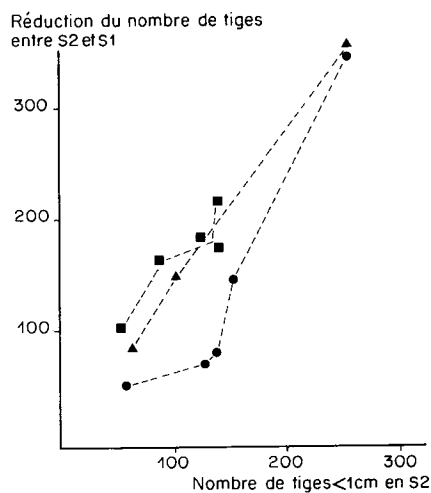


Figure 7  
 Réduction du nombre de tiges entre S2 et S1  
 Réduction du nombre de tiges entre la semaine 2 et la semaine  $i$  ( $i > 2$ ) en fonction du nombre de petites tiges et bourgeons en semaine 2 (classe 0-1 cm) pour différentes classes de biomasse aérienne : ● 250 à 260  $g \cdot m^{-2}$ , ▲ 340 à 380  $g \cdot m^{-2}$ , ■ 430 à 460  $g \cdot m^{-2}$ .  
 Decrease of stems number from week 2 to week  $i$  ( $i > 2$ ) in relation to buds and small stems number for week 2 (class 0-1 cm) and for different dry matter yield classes : ● 250-260  $g \cdot m^{-2}$ , ▲ 340-380  $g \cdot m^{-2}$ , ■ 430-460  $g \cdot m^{-2}$ .

une date plus tardive. On observe la même relation en considérant la diminution relative du nombre de tiges.

Les observations du suivi des tiges « in situ » indiquent une compétition précoce entre les tiges. En effet, la réduction du nombre de tiges se fait sur celles qui présentent précocement des états de croissance inférieurs avant même que n'apparaissent des signes visibles de dépérissement. Ainsi, en S2, les tiges dont la croissance s'est arrêtée en S5 ou qui sont mortes ont une longueur plus faible que la moyenne des longueurs de l'ensemble des tiges présentes en S2 (tabl. 2).

TABLEAU 2  
*Longueurs moyennes des tiges en S2.*  
*Mean length of stems in week 2.*

Repousse	Type de tige	Tiges présentes en S2	Tiges dont la croissance s'est arrêtée en S5 (ou avant) + tiges mortes	Tiges mortes en S5
R2 85	A	15,6	11,9	10,9
	C	17,2	15,8	15,4
R3 85	A	29,2	27,0	21,8
	C	26,1	21,9	23,5
R4 85	A	9,8	8,1	7,1
	C	15,2	10,6	4,7
R2 86	A	8,6	5,1	3,0
	C	11,3	6,2	3,2
R3 86	A	19,1	10,5	10,5
	C	9,7	6,6	3,2

Pour des graminées, plusieurs études ont mis l'accent sur l'effet de l'auto-ombrage entre talles sur la mortalité d'une partie d'entre elles (ONG *et al.*, 1978 ; ALBERDA & SIBMA, 1982). Il apparaît que les talles les plus petites, qui ne sont pas forcément les plus jeunes, ont la fréquence de mortalité la plus élevée (ONG, 1978). L'hypothèse de compétition pour la lumière invoquée dans un peuplement de graminées pour expliquer la dynamique du nombre de talles nous semble vraisemblable dans un peuplement de luzerne.

## B. Structure du peuplement et mise en place de l'indice foliaire

L'examen simultané de la figure 1 et des structures de peuplement montre bien que les repousses qui ont le plus de bourgeons et de tiges 0-1 cm en S1 et S2 sont celles pour lesquelles la somme de température est la plus élevée pour atteindre un même indice foliaire. Compte tenu des conditions climatiques des différentes repousses, ceci correspond à une durée de croissance plus importante. Les données dont nous disposons (fig. 1) montrent que la différenciation entre les repousses s'opère essentiellement avant la 2<sup>e</sup> semaine, puis qu'ensuite, les vitesses sont sensiblement comparables. Les raisons de cette différenciation renvoient à l'étude de l'origine des structures de peuplement, que la nature et la fréquence de nos observations ne permettent pas d'analyser.

On peut cependant conclure de nos observations qu'un nombre initial plus important de bourgeons et de petites tiges ne compense pas l'avantage que confère à certaines repousses une proportion plus importante de tiges d'états de croissance supérieurs (R2 et R3 en S1 et S2, 1985, fig. 5), même si dans ces derniers cas les effectifs totaux de tiges sont inférieurs.

## C. Structure du peuplement et composition morphologique

On a vu précédemment que l'interprétation de la variabilité de la composition morphologique sur le rapport f/t ne peut se faire qu'à des degrés comparables

de croissance en MS. Nous avons donc regroupé nos données en différentes classes de MS aussi homogènes que possible (fig. 8a, b, c, d).

Pour chacune des classes, le rapport f/t est d'autant plus faible que la longueur des tiges est importante et que leur nombre est faible. La MLIN, indicatrice, de la croissance en épaisseur y est également plus élevée du fait du nombre de tiges plus faible (fig. 6).

D'une autre façon, on peut donc dire que des peuplements à structures initiales différentes conduisent pour une même date de repousse à des MS et des qualités fourragères différentes. Ces 2 critères seront inférieurs pour les peuplements ayant beaucoup de bourgeons et de petites tiges aux premiers jours d'installation du couvert après la coupe.

## V. CONCLUSION

Lors d'une repousse de luzerne en conditions hydriques non limitantes, la phase d'émission des bourgeons et de début de leur croissance en tiges revêt une importance particulière. Cette phase concerne les premiers jours après la coupe, mais très probablement également la fin de la repousse précédente, à travers les conditions trophiques subies par les bourgeons formés à ce moment et leurs évolutions résultantes.

Pendant cette phase, les couverts de luzerne ne sont pas homogènes du point de vue de la structure de leur peuplement. Ces différences initiales d'états de croissance des tiges (nombre de nœuds ou longueur) correspondent aux proportions relatives de bourgeons et de petites tiges présentes en première semaine de repousse, mais leur déterminisme reste à élucider. Pour les peuplements où cette proportion est la plus importante, on observe des retards non rattrapables de mise en place d'indice foliaire et de MS qui sont dus à ces différences initiales. De plus, comme ces cas correspondent aussi aux situations où la compétition entre tiges entraîne les diminutions les plus importantes du nombre de tiges, on observe également un rapport f/t plus faible, indicateur d'une moindre digestibilité et valeur azotée de la biomasse aérienne.

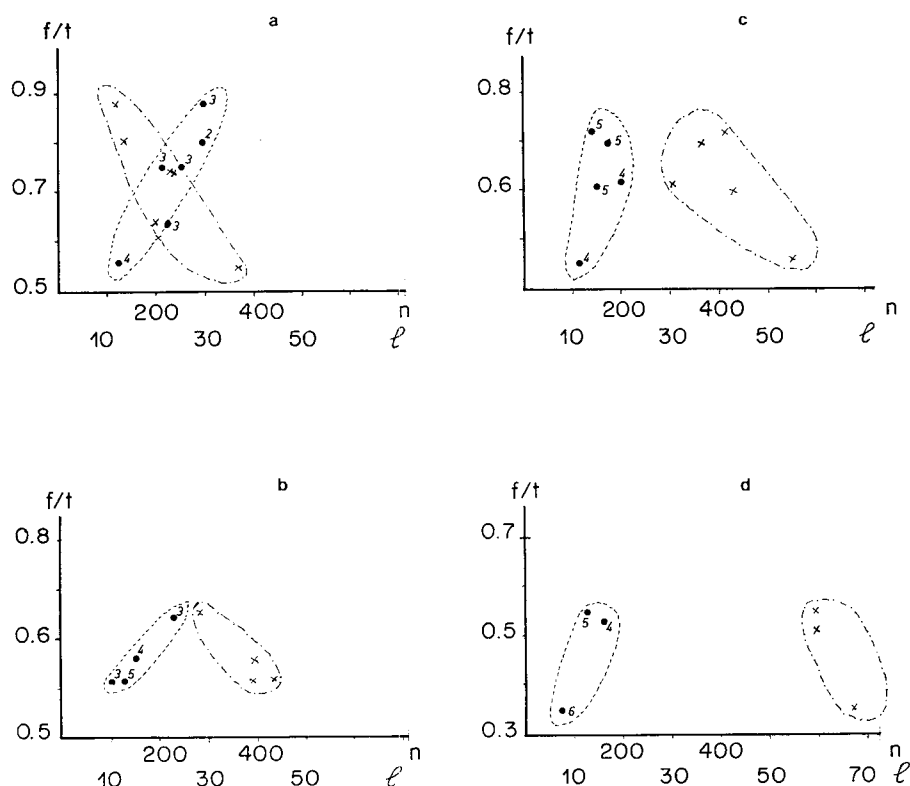


Figure 8

Relation entre le rapport feuilles-tiges et le nombre de tiges (● : n) d'une part et longueur moyenne (x : l) d'autre part pour différentes classes de biomasse aérienne (A : 250 à 260 g·m<sup>-2</sup>; B : 340 à 380 g·m<sup>-2</sup>; C : 430 à 460 g·m<sup>-2</sup>; D : 540 à 620 g·m<sup>-2</sup>). 2, 3, 4, 5 : numéro de la semaine de repousse. Relationship between leaf stem ratio and stems number (● : n), leaf stem ratio and stems length (x : l), for different dry matter yield classes : A : 250-260 g·m<sup>-2</sup>; B : 340-380 g·m<sup>-2</sup>; C : 430-460 g·m<sup>-2</sup>; D : 540-620 g·m<sup>-2</sup>. 2, 3, 4, 5, 6 : week of growth.

La comparaison de repousses de luzerne différant par la densité de semis sur un rang ou par l'écartement entre rangs montre souvent des résultats de croissance et de composition morphologique variables et parfois contradictoires entre années et saisons (BESSAC, 1967 ; PORTER & REYNOLDS, 1975 ; PALMER & WYNN-WILLIAMS, 1976). La démarche proposée ici devrait permettre d'interpréter plus facilement de tels écarts.

Plus généralement, ce sont les études d'hétérogénéité en début de croissance (ou d'installation de culture)

qu'il convient de développer. Qu'il s'agisse de talles de graminées fourragères (ONG *et al.*, 1978 ; SIMON & LEMAIRE, 1987) ou de pieds au sein d'un peuplement (cas du blé, MASLE & SEBILLOTTE, 1981), les compétitions précoces apparaissent déterminantes pour orienter les structures des peuplements et les conditions de croissance qui en résultent.

Reçu le 22 janvier 1988.  
Accepté le 10 mai 1988.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alberda Th., Sibma L., 1982. The influence of length of growing period, nitrogen fertilization and shading on tillering of perennial rye grass. *Neth. J. agric. Sci.*, 30, 127-135.
- Aufrère J., 1982. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Ann. Zootech.*, 31 (2), 111-130.
- Bazzaz F. A., Harper J. L., 1977. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytol.*, 78, 198-208.
- Bessac J. P., 1967. Influence de la densité et de l'écartement sur quelques caractéristiques quantitatives et qualitatives de la luzerne. *Fourrages*, 30, 13-21.
- Christian K. R., Jones D. B., Freer M., 1970. Digestibility and chemical composition of fractions of luzerne during spring and summer. *J. agric. Sci. camb.*, 75, 213-222.
- Demarquilly C., 1966. Valeur alimentaire de la luzerne. *Fourrages*, 26, 12-33.
- Gosse G., Chartier M., Varlet Grancher C., Bonhomme R., 1982. Interception du rayonnement utile à la photosynthèse chez la luzerne : variations et modélisation. *Agronomie*, 2 (6), 583-588.
- Gosse G., Chartier M., Lemaire G., 1984. Mise au point d'un modèle de prévision de production pour une culture de luzerne. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t 298, série III, n° 18, 541-544.
- Gosse G., Varlet Grancher C., Bonhomme R., Chartier M., Allirand J. M., Lemaire G., 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, 6 (1), 47-61.
- Jacques R., 1987. Importance de la qualité spectrale du rayonnement. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 73, 1, 15-24.
- Lemaire G., Cruz P., Gosse G., Chartier M., 1985. Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie*, 5 (8), 685-692.
- Maitre J. P., Assemat L., Jacquard P., 1985. Croissance du trèfle violet (*Trifolium pratense* L.) en association avec du raygrass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *italicum*). I. — Description de l'organisation morphologique du trèfle. *Agronomie*, 5 (3), 251-260.
- Masle J., Sebillotte M., 1981. Etude de l'hétérogénéité d'un peuple-



ment de blé d'hiver. I. — Notion de structure du peuplement. *Agronomie*, 1 (3), 207-216.

**Ong C. K.**, 1978. The physiology of tiller death in grasses. 1. The influence of tiller age, size and position. *J. Br. Grassl. Soc.*, 33, 197-203.

**Ong C. K., Marshall C., Sagar G. R.**, 1978. The physiology of tiller death in grasses. 2. Causes of tiller death in a grass sward. *J. br. Grassl. Soc.*, 33, 205-211.

**Palmer T. P., Wynn-Williams**, 1976. Relationships between density and yield of lucerne. *N.Z. J. exp. Agric.*, 4, 71-77.

**Porter T. K., Reynolds J. M.**, 1975. Relationship of alfalfa cultivar yields to specific leaf weight, plant density and chemical composition. *Agron. J.*, 67, 625-629.

**Sibma L., Spiertz J. H.**, 1986. Dry matter production and nitrogen utilization in cropping systems with grass, lucerne and maize. Comparison of crop characteristics, growth and production. *Neth. J. agric. Sci.*, 34, 25-35.

**Simon J.-C., Lemaire G.**, 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. *Grass Forage Sci.*, 42, 373-380.

**Wilman D., Altimimi M.**, 1984. The « in vitro » digestibility and chemical composition of plant parts in white clover, red clover and lucerne during primary growth. *J. Sci. Food Agric.*, 35, 133-138.

**Woodward F. I., Sheehy J. E.**, 1979. Microclimate, photosynthesis and growth of lucerne (*Medicago sativa* L.). II. Canopy structure and growth. *Ann. Bot.*, 44, 709-719.