



**HAL**  
open science

# VALEUR ALIMENTAIRE DE L'HERBE DES PRAIRIES TEMPORAIRES AUX STADES D'EXPLOITATION POUR LE PATURAGE. I. - COMPOSITION CHIMIQUE ET DIGESTIBILITÉ

C. Demarquilly, R. Jarrige, J.-M. Boisseau

► **To cite this version:**

C. Demarquilly, R. Jarrige, J.-M. Boisseau. VALEUR ALIMENTAIRE DE L'HERBE DES PRAIRIES TEMPORAIRES AUX STADES D'EXPLOITATION POUR LE PATURAGE. I. - COMPOSITION CHIMIQUE ET DIGESTIBILITÉ. *Annales de zootechnie*, 1964, 13 (4), pp.301-339. hal-00886828

**HAL Id: hal-00886828**

**<https://hal.science/hal-00886828>**

Submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## VALEUR ALIMENTAIRE DE L'HERBE DES PRAIRIES TEMPORAIRES AUX STADES D'EXPLOITATION POUR LE PATURAGE

### I. — COMPOSITION CHIMIQUE ET DIGESTIBILITÉ

C. DEMARQUILLY et R. JARRIGE

Avec la collaboration technique de J.-M. BOISSAU

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,  
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

---

### SOMMAIRE

Depuis 1958, une étude systématique de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages verts est poursuivie au C.N.R.Z. A titre d'introduction, on rapporte ici la composition et la digestibilité de 139 échantillons d'herbe de prairies temporaires récoltés au stade du pâturage : Ray-grass d'Italie, Ray-grass hybride, Ray-grass anglais, Fétuque des prés et Dactyle, associés à des quantités généralement faibles de Trèfle blanc ; Dactyle et Fétuque élevée associés à des proportions importantes et variables de Luzerne. L'herbe a été coupée chaque jour dans une partie réservée des prairies pâturées par les vaches laitières ; sa digestibilité a été mesurée chez le mouton (3 à 5 béliers) pendant des périodes qui ont été le plus souvent d'une semaine.

La digestibilité de la matière organique a varié de 65 à 85 p. 100, donc dans des limites très grandes pour des fourrages récoltés au stade où ils peuvent être normalement pâturés. Par ordre de digestibilité décroissante, on peut classer schématiquement les fourrages de la façon suivante : début du 1<sup>er</sup> cycle de croissance (avril), plantes issues directement du semis, repousses d'automne (5<sup>e</sup> cycle), repousses d'été (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles), fin du 1<sup>er</sup> cycle de croissance, deuxième cycle de croissance (juin).

Très élevée jusqu'au début-mai, la digestibilité des plantes du 1<sup>er</sup> cycle diminue ensuite d'environ 0,3 point par jour, indépendamment de l'année et de l'espèce. La digestibilité des plantes du 2<sup>e</sup> cycle dépend surtout du stade de développement auquel a été exploité le 1<sup>er</sup> cycle. Celle des plantes des 3<sup>e</sup> au 5<sup>e</sup> cycles semble diminuer lentement avec l'âge et dépendre dans une certaine mesure des facteurs climatiques. En moyenne, les fourrages à base de Ray-grass, anglais, hybride ou italien, ont été plus digestibles que les fourrages à base de Dactyle, associé ou non à de la Luzerne.

La teneur en matières azotées digestibles a été extrêmement variable, en gros de 50 à 200 g par kg de matière sèche ; elle peut être estimée de façon très précise dans tous les fourrages à partir de la teneur en matières azotées. La digestibilité de la matière organique ne peut être estimée de façon relativement satisfaisante que pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle, à partir de la teneur en cellulose brute ou de l'âge de la plante (nombre de jours depuis le 1<sup>er</sup> avril). Au contraire, la digestibilité des fourrages des autres cycles ne présente généralement pas de liaison significative ni avec les teneurs en cellulose brute et en matières azotées, ni avec le nombre de jours de croissance ; il en est évidemment de même pour la valeur énergétique exprimée en UF

---

## INTRODUCTION

Le coefficient de digestibilité est le facteur le plus important de la valeur énergétique nette des fourrages et semble bien être également un des principaux facteurs de la quantité de ces fourrages qui est consommée par l'animal (BLAXTER *et al.*, 1961). Il est donc intéressant de connaître les variations de la digestibilité des différents fourrages verts afin d'apprécier correctement la valeur de production de ceux-ci (JARRIGE et JOURNET, 1959) pour l'animal qui les consomme, tels quels ou après conservation. Cela est d'autant plus important que l'amélioration des techniques de production fourragère réalisée au cours des 20 dernières années, a conduit à utiliser une proportion croissante de prairies temporaires intensives, exploitées aussi bien pour le pâturage que pour la production de foin et d'ensilage. La recherche d'une production maximum de fourrage à l'hectare, d'un échelonnement de cette production au cours de toute la saison de croissance et d'un calendrier d'exploitation très précis, a conduit notamment à créer des prairies à base d'une seule graminée associée à une seule légumineuse, réparties en « chaînes de pâturage » recevant des fumures importantes ; les variétés utilisées ont été sélectionnées presque exclusivement d'après leurs caractères de production (précocité, rythme de croissance, quantité de matière verte produite...) et de résistance aux intempéries et aux ravageurs.

Pendant le même temps, nos connaissances sur la valeur alimentaire des espèces fourragères ou de leurs associations ont relativement peu progressé. Jusqu'à une date très récente on a, par exemple, plus ou moins implicitement admis que la digestibilité des principales espèces de graminées étaient sensiblement égale à stade morphologique équivalent, et qu'elle variait relativement peu aux stades où elles étaient pâturées (4 à 6 semaines). Ces conceptions reposaient en définitive respectivement sur les études de composition chimique de WILSON (1886) et de FAGAN (1924), et sur les classiques mesures de digestibilité d'herbe de prairie permanente effectuées par WOODMAN aux environs de 1930. Ce n'est qu'au cours des 10 dernières années qu'ont été publiés les résultats d'études systématiques de la digestibilité des espèces fourragères ou des associations simples ; elles ont été réalisées notamment en Norvège (HOMB, 1953), en Suède (KIVIMAE, 1959), aux Pays-Bas (DIJKSTRA et BRANDSMA, 1955 ; DIJKSTRA, 1957), en Grande-Bretagne (MINSON *et al.*, 1960) et aux U. S. A. (REID *et al.*, 1959).

Nous poursuivons depuis 1958 l'inventaire des variations de la digestibilité et de la valeur alimentaire des principales plantes et associations fourragères utilisées en France. Nous nous sommes d'abord limités à mesurer la digestibilité de l'herbe présente sur les prairies temporaires au moment où elle est pâturée par les vaches laitières. Dans la plupart des cas, nous avons également mesuré la quantité de cette herbe qui était consommée par les vaches la recevant à l'auge, et nous avons enregistré les variations journalières de la production laitière et de la composition du lait (DEMARQUILLY, 1963).

De cet ensemble de 139 échantillons d'herbe récoltés au cours de 5 années successives, nous rapportons ici la digestibilité et les teneurs en matières azotées,

TABLEAU I

*Caractéristiques et répartition des fourrages étudiés  
suivant les années et les cycles végétatifs*

| Nature du fourrage   | Station    | Année<br>du<br>semis | Année<br>de<br>l'étude | Nombre<br>d'échan-<br>tillons | Répartitions par cycles |           |         |         |         |
|--|------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|
|  |            |                      |                        |                               | 1                       | 2         | 3       | 4       | 5 et 6  |
| Ray-grass anglais<br><i>Primevère</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                      | Jouy       | 1957                 | 1958                   | 5                             | 3                       | 2         |         |         |         |
| Ray-grass anglais<br><i>Primevère</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                      | La Minière | 1957                 | 1958<br>1960           | 5<br>1                        | 3<br>1                  | 2         |         |         |         |
| Ray-grass hybride <i>Io</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                | Jouy       | 1958                 | 1960<br>1961           | 5<br>6                        | 3                       | 2<br>5    | 1       |         |         |
| Ray-grass hybride <i>Io</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                | Jouy       | 1960                 | 1960<br>1961<br>1962   | 6*<br>6<br>4                  | 1*<br>6<br>4            | 1*<br>1*  | 1*      | 1*      | 2*      |
| Ray-grass hybride <i>Io</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                | Jouy       | 1961                 | 1962                   | 1                             | 1                       |           |         |         |         |
| Ray-grass hybride <i>Io</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                | Jouy       | 1961                 | 1962                   | 1                             | 1                       |           |         |         |         |
| Ray-grass hybride <i>Io</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                | La Minière | 1960                 | 1960<br>1961<br>1962   | 5*<br>5<br>1                  |                         | 1*<br>1   | 1*<br>1 | 3*      |         |
| Ray-grass hybride <i>H<sub>1</sub></i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                     | Jouy       | 1961                 | 1962                   | 1                             | 1                       |           |         |         |         |
| Ray-grass d'Italie <i>Rina</i>   | Jouy       | 1958                 | 1958<br>1959           | 12*<br>6                      | 4*<br>2                 | 8*<br>3   | 1       |         |         |
| Fétuque des prés <i>Naiade</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                             | Jouy       | 1960                 | 1960<br>1962           | 4*<br>1                       | 1*<br>1                 | 1*<br>1*  | 1*      | 1*      |         |
| Fétuque des prés <i>Naiade</i> -<br>Fléole <i>Mainenon</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i> | La Minière | 1960                 | 1961                   | 3                             | 2                       | 1         |         |         |         |
| Fétuque des prés <i>Naiade</i> -<br>Fléole <i>Mainenon</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i> | La Minière | 1960                 | 1961                   | 2                             |                         | 1         | 1       |         |         |
| Ensemble « Ray-grass »<br>« Ray-grass » étudiés<br>pendant l'année<br>du semis           |            |                      |                        | 80<br>27*                     | 38<br>6*                | 28<br>11* | 7<br>3* | 5<br>5* | 2<br>2* |
| « Ray-grass » étudiés<br>après l'année du semis  |            |                      |                        | 53                            | 32                      | 17        | 4       |         |         |
| Dactyle <i>Prairial</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                    | Jouy       | 1957                 | 1958<br>1959<br>1960   | 5<br>5<br>7                   | 3<br>1                  | 2         |         | 3<br>1  | 2<br>2  |
| Dactyle <i>Prairial</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                    | Jouy       | 1959                 | 1960<br>1961           | 1<br>2                        |                         |           | 2       | 1       |         |
| Dactyle <i>Prairial</i><br>Trèfle blanc <i>Ladino</i>                                    | La Minière | 1957                 | 1958                   | 5                             | 3                       | 2         |         |         |         |

\* Fourrages étudiés pendant l'année du semis.

TABLEAU I (suite)

| Nature du fourrage             | Station    | Année<br>du<br>semis | Année<br>de<br>l'étude | Nombre<br>d'échan-<br>tillons | Répartition par cycles |    |   |    |        |
|--------------------------------|------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|----|---|----|--------|
|                                |            |                      |                        |                               | 1                      | 2  | 3 | 4  | 5 et 6 |
| Dactyle <i>S 37</i>            | Jouy       | 1957                 | 1959                   | 2                             |                        |    |   | 1  | 1      |
| Trèfle blanc <i>Ladino</i>     |            |                      | 1960                   | 1                             |                        |    |   |    | 1      |
| Dactyle <i>S 37</i>            | Jouy       | 1957                 | 1959                   | 1                             |                        |    |   |    | 1      |
| Trèfle blanc <i>Ladino</i>     |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>S 37</i>            | Jouy       | 1958                 | 1960                   | 4                             |                        | 1  |   | 1  | 2      |
| Trèfle blanc <i>Ladino</i>     |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>S 26</i>            | La Minière | 1956                 | 1960                   | 2                             | 1                      | 1  |   |    |        |
| Trèfle blanc <i>Ladino</i>     |            |                      | 1961                   | 1                             | 1                      |    |   |    |        |
| Dactyle <i>Floréal</i>         | La Minière | 1960                 | 1961                   | 1                             |                        | 1  |   |    |        |
| Trèfle blanc                   |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>S 143</i>           | La Minière | 1956                 | 1960                   | 1                             |                        | 1  |   |    |        |
| Luzerne du Poitou              |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>S 143</i>           | La Minière | 1956                 | 1960                   | 5                             | 1                      | 1  | 1 | 1  | 1      |
| Luzerne du Poitou              |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>Prairial</i>        | La Minière | 1956                 | 1960                   | 3                             | 1                      |    | 1 | 1  |        |
| Luzerne du Poitou              |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Dactyle <i>Prairial</i>        | La Minière | 1958                 | 1960                   | 4                             | 1                      | 1  | 1 | 1  |        |
| Luzerne du Poitou              |            |                      | 1961                   | 4                             | 2                      | 2  |   |    |        |
| Fétuque élevée <i>Kentucky</i> | La Minière | 1958                 | 1960                   | 5                             | 1                      | 1  | 1 | 1  | 1      |
| Luzerne du Poitou              |            |                      |                        |                               |                        |    |   |    |        |
| Ensemble « Dactyles »          |            |                      |                        | 59                            | 15                     | 15 | 7 | 11 | 11     |

matières cellulosiques et cendres ; les variations correspondantes de la quantité d'herbe consommée par les vaches laitières en stabulation, seront exposées dans une prochaine publication. Il s'agit là d'une introduction à des études plus systématiques des principaux facteurs de variations de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages sur pied.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Fourrages étudiés*

Pour alimenter les troupeaux de 40 vaches laitières à Jouy et de 80 vaches laitières à La Minière, nous avons disposé respectivement de 15 et de 25 ha de prairies temporaires réparties en « chaînes de pâturage ». Ces prairies temporaires comprenaient le plus souvent une seule Graminée associée à une Légumineuse : les Ray-grass, anglais, italien ou hybride, et les Fétuques des prés (celles-ci parfois semées en mélange avec de la Fléole) étaient associés à du Trèfle blanc, et les Dactyles ou les Fétuques élevées étaient associés soit à du Trèfle blanc, soit à de la Luzerne. Le tableau 1 donne les espèces et variétés utilisées de 1958 à 1962 dans les deux Stations de Jouy et de La Minière. Les prairies semées en sol nu au printemps ont été exploitées pendant 2 à 6 ans avant d'être retournées. Elles recevaient une fumure phospho-potassique chaque hiver (100 kg environ de P et de K) et 3 ou 4 épandages de 40 kg d'azote durant la période de pâturage (sauf les prairies à base de Luzerne), le premier avant le départ de la végétation au printemps, et les autres après les exploitations ultérieures.

Le Trèfle blanc a toujours disparu très rapidement des prairies de Jouy, mais il prenait le dessus sur les graminées autres que les Dactyles et les Fétuques élevées dans les prairies temporaires anciennes de La Minière après le 1<sup>er</sup> cycle de croissance. De plus à Jouy certaines prairies de Dactyle étaient envahies progressivement par de la Houlque laineuse et des Bromes.

Les prairies ont été pâturées à intervalles variant de 4 à 8 semaines, suivant les saisons et les conditions climatiques ; elles ont été parfois fauchées pour faire du foin et de l'ensilage, notamment au 1<sup>er</sup> cycle de croissance. C'est lors des exploitations par la pâture que nous avons mesuré la digestibilité de l'herbe.

Les essais se sont déroulés sous des conditions climatiques très différentes (tabl. 2) : en particulier l'année 1959 a été très sèche et l'année 1960 très humide.

TABLEAU 2

*Données météorologiques des années 1958 à 1962*  
(Station de La Minière)

|      | Mois      | Température moyenne (degré) | Durée d'ensoleillement (heures) | Pluie (mm) |
|------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|------------|
| 1958 | Avril     | 9,8                         | 158,40                          | 62,8       |
|      | Mai       | 16,0                        | 173,10                          | 55,4       |
|      | Juin      | 17,9                        | 178,40                          | 73,9       |
|      | Juillet   | 20,9                        | 202,50                          | 73,4       |
|      | Août      | 19,1                        | 127,40                          | 61,0       |
|      | Septembre | 23,0                        | 153,20                          | 32,7       |
|      | Octobre   | 11,9                        | 94,00                           | 72,7       |
| 1959 | Avril     | 9,8                         | 157,30                          | 79,3       |
|      | Mai       | 13,5                        | 229,30                          | 32,0       |
|      | Juin      | 16,9                        | 249,00                          | 37,0       |
|      | Juillet   | 20,5                        | 333,30                          | 13,5       |
|      | Août      | 18,7                        | 218,40                          | 33,7       |
|      | Septembre | 17,7                        | 195,30                          | 3,9        |
|      | Octobre   | 12,2                        | 173,30                          | 62,4       |
| 1960 | Avril     | 9,6                         | 105,10                          | 14,4       |
|      | Mai       | 15,0                        | 189,20                          | 19,8       |
|      | Juin      | 17,4                        | 115,40                          | 79,0       |
|      | Juillet   | 15,4                        | 108,00                          | 79,0       |
|      | Août      | 16,5                        | 140,20                          | 112,6      |
|      | Septembre | 12,5                        | 90,50                           | 74,2       |
|      | Octobre   | 11,3                        | 35,40                           | 121,2      |
| 1961 | Avril     | 11,9                        | 142,40                          | 46,5       |
|      | Mai       | 11,8                        | 200,30                          | 33,4       |
|      | Juin      | 15,7                        | 194,20                          | 58,0       |
|      | Juillet   | 16,9                        | 185,50                          | 53,5       |
|      | Août      | 17,5                        | 200,50                          | 4,1        |
|      | Septembre | 18,2                        | 167,20                          | 70,2       |
|      | Octobre   | 11,1                        | 101,10                          | 70,0       |
| 1962 | Avril     | 8,8                         | 160,50                          | 58,3       |
|      | Mai       | 11,0                        | 166,50                          | 34,1       |
|      | Juin      | 15,5                        | 281,10                          | 10,4       |

#### Méthodes

Dans chaque prairie nous avons délimité une bande qui n'était jamais pâturée. Durant le séjour des vaches sur la prairie, nous avons fauché chaque matin l'herbe nécessaire aux mesures de digesti

bilité qui ont été effectuées sur des lots de 3 à 5 moutons (*Texels* ou *Île-de-France* × *Texels*) maintenus en cages à métabolisme, et recevant 3 repas d'herbe verte chaque jour.

De 1958 à 1960, les moutons ont été alimentés à un niveau voisin de l'entretien. Devant les difficultés posées par ce mode d'alimentation, dues essentiellement à la variation d'un jour à l'autre de la teneur en matière sèche de l'herbe, les mesures ont été effectuées à partir de 1961 sur des moutons alimentés *ad libitum*, la quantité distribuée étant ajustée de façon que le pourcentage de refus soit de l'ordre de 10 p. 100 (5 à 15 p. 100). Nous avons vérifié que la digestibilité de l'herbe verte était peu affectée par la quantité consommée à condition que le pourcentage de refus soit de 10 p. 100. Depuis 1961, cette méthode nous a donc permis de mesurer « l'acceptabilité » du fourrage en même temps que sa digestibilité.

Entre chaque mesure les périodes de transition ont eu une durée variable. Au cours du 1<sup>er</sup> cycle de végétation, l'exploitation d'une même prairie a parfois duré plusieurs semaines ; dans ce cas, les mesures ont été continues et chaque période, allant du lundi au samedi, a été séparée de la suivante par un seul jour, le dimanche. À l'intérieur du même cycle et lors des cycles entièrement feuillus (3<sup>e</sup> au 5<sup>e</sup> cycles), quand les fourrages de 2 prairies exploitées successivement étaient de même nature, au même stade végétatif et sensiblement du même âge, la transition a été de 2 jours ; mais quand ces conditions n'étaient pas réalisées la transition a été de 3 ou 4 jours. Enfin quand nous sommes passés des fourrages du 1<sup>er</sup> cycle à ceux du 2<sup>e</sup> cycle, ou de ceux du 2<sup>e</sup> cycle à ceux du 3<sup>e</sup> cycle, la période de transition a été au moins d'une semaine.

La durée des périodes de mesure a été variable elle aussi puisqu'elle dépendait en partie du temps de séjour des vaches sur la prairie. On s'est cependant arrangé pour que cette durée ne soit pas inférieure à 5 jours, en commençant à alimenter les moutons un peu avant l'arrivée des vaches sur la prairie si cela était nécessaire. En outre, quand le temps de séjour des vaches sur la prairie dépassait 10 jours, les mesures de digestibilité ont été divisées en périodes d'une semaine.

Les échantillons représentatifs d'herbe, de fèces, et depuis 1961 de refus, correspondant à chaque période ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en matière organique, en matières azotées et en cellulose brute (WEENDE). À partir de ces analyses et du coefficient de la digestibilité de la matière sèche, nous avons calculé le coefficient de digestibilité des différents constituants de l'herbe effectivement consommée.

Au total nous avons mesuré la digestibilité de 139 fourrages dont la répartition suivant les espèces, les années et les cycles végétatifs, est donnée dans le tableau 1

## RÉSULTATS

Pour faciliter la présentation, nous avons réparti les 139 échantillons en deux catégories :

— La première comprend les fourrages exploités après l'année du semis et nous y avons distingué deux groupes :

● Celui des « Ray-Grass » comprenant les échantillons de Ray-grass anglais (11), de Ray-grass d'Italie (6) et de Ray-grass hybride (30), seuls ou associés à une petite quantité de Trèfle blanc ; nous lui avons rattaché les 6 échantillons de Fétuque des prés-Trèfle blanc et de Fétuque des prés-Fléole-Trèfle blanc, dont la digestibilité a été sensiblement égale à celle des Ray-grass à stade de développement ou âge semblables ;

● Celui des « Dactyles » comprenant les échantillons de Dactyle-Trèfle blanc (37) et de Dactyle-Luzerne (17), auxquels nous avons joint les 5 échantillons de Fétuque élevée-Luzerne qui ont eu une digestibilité voisine.

— La deuxième comprend les fourrages exploités l'année du semis, soit 12 échantillons de Ray-grass d'Italie, 11 échantillons de Ray-grass hybride-Trèfle blanc et 4 échantillons de Fétuque des prés-Trèfle blanc.

Les résultats obtenus (1) sont résumés dans le tableau 3 qui donne, pour chaque

(1) Les auteurs tiennent les résultats détaillés à la disposition des lecteurs.

TABLEAU 3

Valeurs moyennes et extrêmes de la teneur en matière sèche, de la composition chimique et de la digestibilité des fourrages, au cours des différents cycles végétatifs

I. — Fourrages exploités après l'année du semis

| N° du cycle | Nature du fourrage            | Dates extrêmes des mesures | Nombre d'échantillons | Teneur en matière sèche | Composition chimique |                  |                  | Coefficient de digestibilité |                  |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|
|             |                               |                            |                       |                         | Cendres              | Matières azotées | Cellulose brute  | Matière organique            | Cellulose brute  |
| 1           | « Ray-Grass »<br>« Dactyles » | 3,4-28,6                   | 32                    | 18,1 (14,6-23,1)        | 10,4 (7,5-14,3)      | 14,3 (7,8-23,8)  | 25,8 (18,6-33,3) | 78,5 (68,6-85,8)             | 78,8 (70,6-86,0) |
|             |                               | 18,4-9,6                   | 15                    | 20,7 (17,0-25,5)        | 9,4 (7,1-13,6)       | 12,1 (8,0-19,3)  | 30,1 (23,2-36,8) | 73,9 (66,7-79,4)             | 73,8 (69,3-79,2) |
| 2           | « Ray-Grass »<br>« Dactyles » | 25,5-11,8                  | 17                    | 22,7 (18,7-32,1)        | 10,6 (7,9-16,4)      | 12,8 (9,1-16,8)  | 28,3 (23,7-31,8) | 69,3 (66,3-75,7)             | 66,1 (58,2-75,3) |
|             |                               | 25,5-4,8                   | 15                    | 22,5 (17,6-29,0)        | 10,3 (8,4-14,4)      | 13,8 (10,3-17,5) | 31,2 (28,1-35,0) | 69,4 (64,9-76,7)             | 69,6 (63,2-75,5) |
| 3           | « Ray-Grass »<br>« Dactyles » | 29,6-22,9                  | 4                     | 25,4 (16,9-38,0)        | 11,8 (10,3-15,5)     | 15,3 (11,4-19,8) | 26,9 (26,1-28,1) | 73,1 (68,3-79,2)             | 71,4 (62,2-78,4) |
|             |                               | 6,7-14,9                   | 7                     | 21,1 (18,2-26,2)        | 14,1 (9,8-18,8)      | 18,1 (14,6-21,6) | 28,9 (26,6-31,9) | 69,8 (66,3-74,0)             | 69,7 (65,0-78,9) |
| 4           | « Dactyles »                  | 28,7-6,10                  | 11                    | 18,8 (12,8-24,8)        | 13,6 (10,0-17,5)     | 19,1 (15,8-22,2) | 28,9 (24,5-33,0) | 73,3 (67,0-79,5)             | 73,3 (58,4-81,9) |
|             |                               | 28,8-31,10                 | 11                    | 17,8 (13,3-26,4)        | 15,3 (11,1-20,0)     | 20,9 (17,3-26,0) | 24,7 (20,6-29,1) | 74,8 (70,9-80,9)             | 73,4 (61,5-79,8) |

II. — Fourrages exploités pendant l'année du semis

|   |               |            |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|---|---------------|------------|----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | « Ray-Grass » | 6,6-2,8    | 6  | 14,6 (13,1-15,8) | 12,4 (11,0-14,7) | 18,4 (15,2-23,8) | 25,2 (21,1-27,8) | 81,1 (78,0-83,3) | 80,0 (75,3-83,6) |
|   |               | 6,7-27,9   | 11 | 15,2 (12,8-19,2) | 14,6 (11,9-17,6) | 19,0 (17,1-23,6) | 26,0 (21,8-30,1) | 75,2 (67,0-82,6) | 75,9 (61,4-83,9) |
| 3 | « Ray-Grass » | 6,8-16,9   | 3  | 14,2 (13,6-14,9) | 15,5 (13,2-17,5) | 21,6 (21,1-22,1) | 24,1 (21,5-28,5) | 76,3 (73,2-78,4) | 74,9 (71,1-79,4) |
|   |               | 11,9-4,11  | 5  | 13,7 (12,5-15,0) | 17,7 (14,8-19,3) | 20,5 (18,8-23,0) | 22,1 (19,9-25,2) | 80,4 (75,9-83,4) | 80,3 (76,9-84,1) |
| 5 | « Ray-Grass » | 23,10-4,11 | 2  | 17,9 (17,2-18,6) | 19,6 (19,2-20,1) | 18,3 (18,2-18,5) | 21,1 (18,6-23,6) | 82,1 (81,7-82,5) | 75,8 (72,7-79,0) |

cycle de croissance, les valeurs moyennes et extrêmes de la digestibilité et de la teneur en certains constituants de ces 3 groupes de fourrages. Les teneurs en matières azotées, en cellulose brute et les coefficients de digestibilité de la matière organique de ces fourrages, sont présentés en fonction de la date dans les figures, 1, 2 et 4.

Au cours de l'exposé le terme de digestibilité du fourrage désignera le coefficient de digestibilité de la matière organique, et non celui de la matière sèche.

Dans toute les figures nous avons employé, pour distinguer les différentes espèces fourragères et les différents cycles de croissance : les symboles suivants,

|                  | 1 <sup>er</sup> cycle | 2 <sup>e</sup> cycle | 3 <sup>e</sup> cycle | 4 <sup>e</sup> cycle | 5 <sup>e</sup> cycle |
|------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ray-grass        | ●                     | ○                    | ◐                    | ◑                    | ◒                    |
| Fétuque des prés | ■                     | □                    | ◑                    | ◒                    | ◓                    |
| Dactyles         | ▼                     | ▽                    | ▽                    | ▽                    | ▽                    |

Quand les fourrages exploités pendant l'année du semis ont été traités séparément, nous avons employé les symboles respectifs de l'espèce à laquelle ils appartenaient, mais quand ils ont été traités avec les autres fourrages, les symboles adoptés ont été les suivants indépendamment des espèces :

| 1 <sup>er</sup> cycle | 2 <sup>e</sup> cycle | 3 <sup>e</sup> cycle | 4 <sup>e</sup> cycle | 5 <sup>e</sup> cycle |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ▲                     | △                    | △                    | △                    | △                    |

#### *Composition chimique et digestibilité des fourrages des différents cycles de croissance*

##### *Premier cycle.*

Nous avons étudié 47 échantillons de fourrages récoltés au cours du 1<sup>er</sup> cycle de croissance jusqu'à la pleine épiaison. Ils comprennent une forte proportion de Ray-grass hybride qui a été utilisé, en raison de sa précocité, pour fournir la première herbe pâturée par le troupeau de vaches laitières, alors que les prairies à base de Dactyle assez tardif et de Luzerne n'étaient pâturées qu'à partir du début mai. Le départ de la croissance a été cependant très variable d'une année à l'autre en raison des différences climatiques (tabl. 2) ; la mise à l'herbe du troupeau (effectuée sur des prairies dont l'herbe avait 10-15 cm de haut) a varié de la première semaine d'avril en 1960 à la dernière semaine d'avril en 1962.

Faible au début de la croissance (de l'ordre de 15 p. 100), la teneur en matière sèche a augmenté de façon assez irrégulière jusqu'à des valeurs de l'ordre de 25 p. 100 pour les fourrages récoltés à la fin mai. Compte tenu des décalages dus aux variations des conditions climatiques et aux différences de précocité entre les espèces fourragères, la composition de la matière sèche des fourrages utilisés a présenté l'évolution caractéristique, associée aux modifications morphologiques des graminées au cours du 1<sup>er</sup> cycle. La teneur en matières azotées (et en cendres) a diminué en même temps que la proportion de limbes ; la teneur en cellulose brute a augmenté avec la proportion de tiges, le coefficient de corrélation entre les deux teneurs étant de - 0,836. La teneur en cellulose brute a semblé suivre une loi sigmoïde et a augmenté de façon beaucoup plus rapide pendant les trois premières semaines de mai, correspondant approximativement à la montaison et à l'épiaison (fig. 1 A et 1 B). Pour

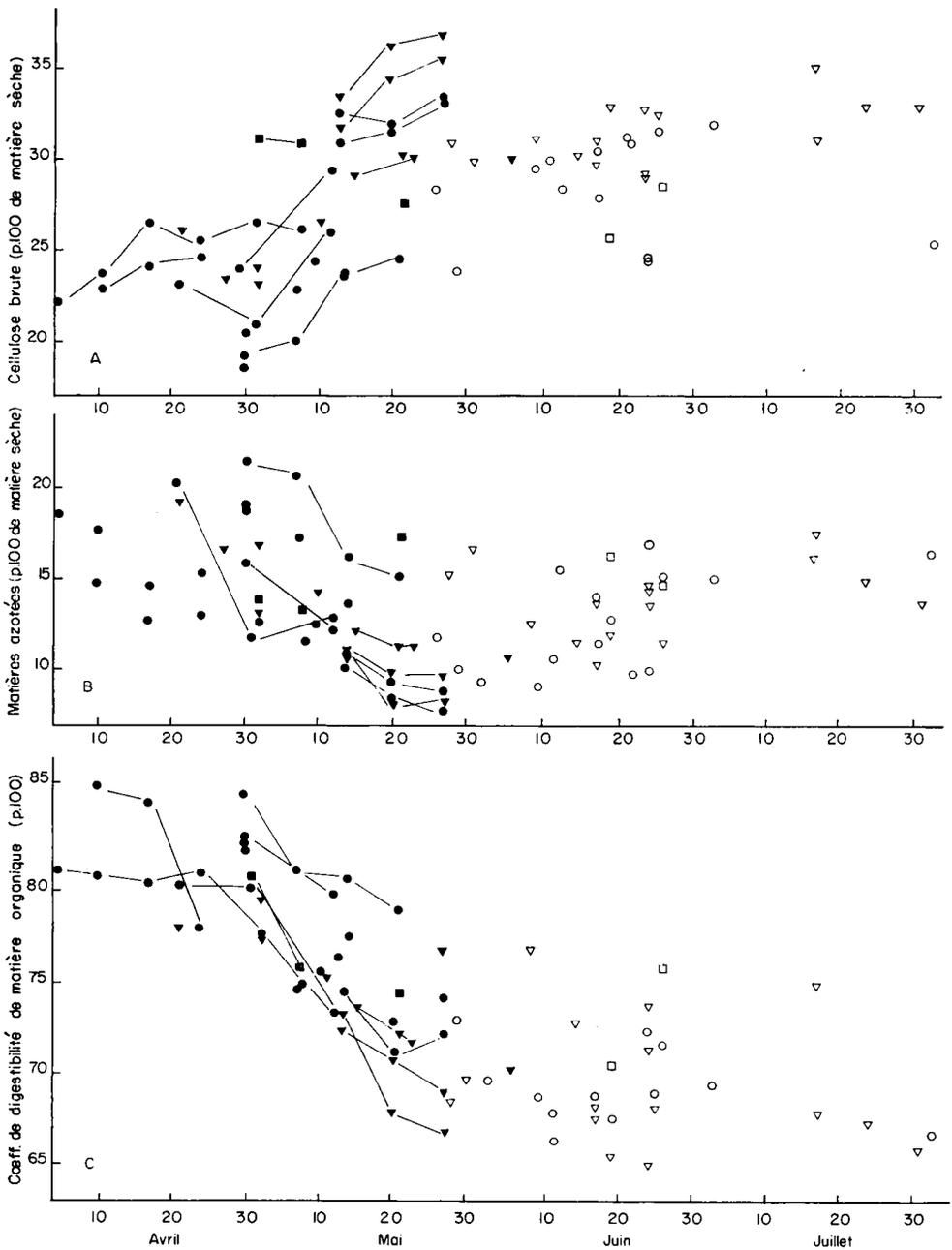


FIG. 1. — Variations avec la date d'exploitation, de la teneur en cellulose brute (A) de la teneur en matières azotées (B) et du coefficient de digestibilité de la matière organique (C) des fourrages des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation. (Pour la signification des symboles voir page 308).

exprimer de façon schématique cette évolution de la composition chimique avec l'âge, nous avons calculé les droites de régression entre les teneurs en cendres en matières azotées et cellulose brute et le nombre de jours compté à partir du 1<sup>er</sup> avril (tabl. 4).

TABLEAU 4

*Relation entre la composition chimique et l'âge des fourrages  
au cours du premier cycle de végétation*  
(l'âge est exprimé en nombre de jours écoulés depuis le 1<sup>er</sup> avril) (1958-1962)

| Nature du fourrage     | Constituant (y)<br>en p. 100 MS | Équations de régression          | Coefficient de<br>corrélation |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| « Ray-Grass »          | Cendres                         | $y = 14,21 - 0,104 x (\pm 1,19)$ | $r = - 0,777$                 |
|                        | Matières azotées                | $y = 19,10 - 0,131 x (\pm 3,09)$ | $r = - 0,502$                 |
|                        | Cellulose brute                 | $y = 19,86 + 0,162 x (\pm 3,60)$ | $r = + 0,536$                 |
| « Dactyles »           | Cendres                         | $y = 14,03 - 0,099 x (\pm 1,46)$ | $r = - 0,660$                 |
|                        | Matières azotées                | $y = 21,46 - 0,202 x (\pm 1,98)$ | $r = - 0,796$                 |
|                        | Cellulose brute                 | $y = 19,18 + 0,237 x (\pm 3,48)$ | $r = + 0,660$                 |
| Ensemble des fourrages | Cendres                         | $y = 14,16 - 0,103 x (\pm 1,27)$ | $r = - 0,756$                 |
|                        | Matières azotées                | $y = 19,87 - 0,158 x (\pm 2,88)$ | $r = - 0,616$                 |
|                        | Cellulose brute                 | $y = 18,89 + 0,209 x (\pm 3,77)$ | $r = + 0,623$                 |

Le coefficient de digestibilité de la matière organique a varié dans des limites très grandes au cours du 1<sup>er</sup> cycle, de 85,8 à 66, 7 p. 100 (fig. 1 C). Compte tenu des différences dans le départ de la croissance, on peut dire qu'il a évolué de façon relativement semblable pour les différentes prairies ; il a présenté des valeurs maximum au début de la croissance, qui se sont maintenues parfois jusqu'au début mai ; il a ensuite diminué à partir des premiers jours de mai, de façon relativement rapide et régulière (en moyenne de 3 points par semaine).

Cette évolution apparaît clairement sur la figure 1 C, lorsqu'on considère l'ensemble des fourrages de chacun des 2 groupes et, surtout, les échantillons des fourrages dont on a mesuré la digestibilité pendant plusieurs semaines successives ; c'est notamment le cas d'un Ray-Grass hybride 10, dont la digestibilité est demeurée sensiblement constante entre 80 et 81 p. 100 pendant les 4 semaines d'avril. Avec le nombre de jours ( $x$ ) écoulés depuis le 1<sup>er</sup> mai, la digestibilité ( $y$ ) a présenté une liaison relativement étroite dont voici les équations de régression pour les 2 groupes de fourrages :

$$\begin{aligned} \text{« Ray-Grass »} \quad & y = 81,35 - 0,328 x (\pm 2,76) \\ & r = - 0,705 \\ \text{« Dactyles »} \quad & y = 78,06 - 0,312 x (\pm 1,94) \\ & r = - 0,845 \end{aligned}$$

A une date donnée, on observe des variations assez importantes de la digestibilité avec les espèces, la précocité des variétés et l'année. En premier lieu, les Dactyles associés à de petites quantités de Trèfle blanc ou de Luzerne ont été généralement

un peu moins digestibles que les Ray-Grass ou la Fétuque des prés : la différence a été par exemple de 3,6 points en 1958 entre les 6 échantillons de Ray-grass anglais et les 6 échantillons de Dactyle de précocité voisine cultivés côte à côte et étudiés parallèlement entre le 12 et le 31 mai. Quant à l'influence des conditions climatiques, elle ressort clairement de la comparaison entre les années 1961 et 1962 où les conditions climatiques d'avril ont été tellement différentes qu'elles ont entraîné presque un mois de décalage dans la croissance et l'exploitation des prairies. Le Ray-grass hybride *Io* a eu, dans la première quinzaine de mai, une digestibilité de 6 à 8 points plus élevée en 1962 qu'en 1961 parce que sa croissance avait été retardée par le froid ; il était plus feuillu, contenait plus de matières azotées et moins de matières celluloses ; il a épié plus tard, de telle sorte qu'à stade de croissance équivalent les différences de digestibilité étaient très réduites.

#### *Deuxième cycle.*

Nous avons étudié 32 échantillons de fourrages récoltés au cours du 2<sup>e</sup> cycle de croissance, 17 du groupe des « Ray-Grass » et 15 du groupe des « Dactyles » (fig. 1). La grande majorité d'entre eux a été coupée au cours du mois de juin, plus précisément entre le 25 mai et le 7 juillet à un âge généralement compris entre 30 et 35 jours ; un échantillon de Ray-grass hybride, un de Dactyle et deux de Dactyle-Luzerne de 1961 ont été coupés à la fin juillet et au début août à un âge beaucoup plus avancé, allant jusqu'à 10 semaines.

La teneur en matière sèche de ces fourrages a été généralement plus élevée que celle des fourrages du 1<sup>er</sup> cycle et plus variable (de 17,6 à 32,1 p. 100). Au contraire, la composition de la matière sèche a varié dans des limites plus étroites qu'au 1<sup>er</sup> cycle ; la teneur en cellulose brute notamment, a été le plus souvent comprise entre 28 et 33 p. 100 et n'a pas présenté d'évolution très nette avec l'âge ni avec la date de récolte. Cependant, la teneur en matières azotées a eu tendance à être la plus faible dans les fourrages récoltés à la mi-juin et à augmenter ensuite. Cela doit être dû à l'influence de la date de la première exploitation : les repousses des plantes exploitées avant l'épiaison sont moins feuillues et plus pauvres en azote que les repousses des plantes exploitées plus tard au 1<sup>er</sup> cycle.

Ce sont ces fourrages du 2<sup>e</sup> cycle qui ont eu en moyenne la digestibilité la plus faible de tous ceux qui ont été utilisés. Elle a généralement été comprise entre 65 et 75 p. 100 et n'a pas présenté de liaison significative avec le nombre de jours de croissance ( $x$ ) : les coefficients de corrélation ont été respectivement de  $-0,230$ ,  $-0,587$  et  $-0,461$  pour le groupe des « Ray-grass », celui des « Dactyles » et l'ensemble des fourrages. A la différence du 1<sup>er</sup> cycle, le nombre de jours de croissance n'est plus un critère de l'âge physiologique ou de la composition morphologique de toutes les plantes du 2<sup>e</sup> cycle ; à âge égal, celles-ci peuvent notamment avoir une proportion de tiges très différente suivant le stade auquel a été effectuée la première coupe.

Ce fait apparaît nettement pour les échantillons de Ray-grass sur la figure 1 C, sur laquelle la digestibilité des repousses du 2<sup>e</sup> cycle est reportée en fonction de la date et peut être comparée aisément à celle des plantes du 1<sup>er</sup> cycle. La digestibilité des repousses, du Ray-grass d'Italie et du Ray-grass hybride plus spécialement, a diminué jusqu'au 15-20 juin presque dans le prolongement de l'évolution de la digestibilité des plantes du 1<sup>er</sup> cycle, puis elle a eu tendance à augmenter. Toutes ces repousses étaient d'âge comparable mais les premières étaient plus ou moins complé-

tement épiées alors que les secondes étaient de plus en plus feuillues parce qu'elles correspondaient à des plantes exploitées après la mi-mai. C'est également aux environs du 20 juin qu'on a noté les valeurs les plus faibles de la digestibilité du 2<sup>e</sup> cycle des Dactyles, mais le nombre d'échantillons de Dactyle pur (ne contenant que peu de Trèfle blanc) a été trop limité pour dégager nettement l'influence de la date de la première exploitation.

La composition morphologique et la présence de tiges ne doivent pas être les seules causes des variations et des valeurs généralement faibles de la digestibilité des fourrages du 2<sup>e</sup> cycle. A composition comparable (teneur en matières azotées ou en cellulose brute, ceux-ci sont nettement moins digestibles que les fourrages correspondants du 1<sup>er</sup> cycle ; ce doit être dû surtout au fait que leurs membranes (cellulose brute) sont moins digestibles que celles des plantes du 1<sup>er</sup> cycle.

#### *Du 3<sup>e</sup> au 6<sup>e</sup> cycle.*

Pendant les années 1958 à 1961, du mois de juillet au mois d'octobre, nous avons utilisé principalement deux types de fourrages :

— d'une part, les repousses des prairies établies les années précédentes, plus spécialement des prairies de Dactyle, Dactyle-Luzerne et Fétuque élevée-Luzerne qui ont une meilleure production que les prairies à base de Ray-Grass pendant les étés secs ;

— d'autre part, les fourrages produits par les prairies semées au printemps de la même année ; il se trouve que celles qui ont été étudiées étaient ensemencées en Ray-Grass hybride, Ray-Grass d'Italie ou Fétuque des prés.

Il paraît nécessaire d'exposer séparément les résultats obtenus pour ces deux catégories de fourrages en commençant par ceux de la première catégorie. Celle-ci comporte 33 fourrages, en majorité de Dactyle et de Dactyle-Luzerne : 11 ont été coupés au cours du 3<sup>e</sup> cycle entre le début-juillet et le début-septembre, 11 au cours du 4<sup>e</sup> cycle entre le début-août et le début-octobre et 11 au 5<sup>e</sup> cycle (ou 6<sup>e</sup>), entre la fin septembre et le début-novembre. Les répartitions des différents cycles dans le temps se recouvrant partiellement, nous avons reporté les valeurs de tous les échantillons en fonction de la date sur la même figure (fig. 2). Même pour un cycle donné, il existe de grandes différences entre échantillons dans la composition botanique (proportions respectives de Dactyle et de Luzerne), dans la date de fauche et, plus encore, dans les conditions de croissance.

La plupart des échantillons ont été fauchés au cours des années 1959 et 1960 dont les conditions climatiques estivales ont été extrêmement différentes, la première étant très sèche et la deuxième très humide (tabl. 2). Cela explique en majeure partie les grandes variations de la teneur en matière sèche (de 12, 8 à 26,4 p. 100, sans oublier une valeur de 38,0) : ainsi, les échantillons récoltés d'août à octobre sur les mêmes prairies de Dactyle-Trèfle blanc, ont eu des teneurs moyennes en matière sèche de l'ordre de 23 p. 100 en 1959 et de 14 p. 100 en 1960. Les teneurs moyennes en cendres des mêmes échantillons ont été de l'ordre de 12 p. 100 en 1959 et de 17 p. 100 en 1960 ; cette augmentation de la teneur apparente en cendres, en année humide (de même que celle observée en automne), doit être due au moins en partie au fait que les fourrages sont plus souillés de terre au cours des opérations de ramassage.

La teneur en matières azotées a eu tendance à augmenter avec l'avancement de la saison et le numéro du cycle : elle a été en moyenne de l'ordre de 17, 19 et 21 p. 100

pour les échantillons du 3<sup>e</sup>, du 4<sup>e</sup> et du 5<sup>e</sup> cycle respectivement (tabl. 3). La teneur en cellulose brute a varié sensiblement dans les mêmes limites au cours des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles, en gros de 25 à 33 p. 100, mais a été nettement plus faible dans les fourrages

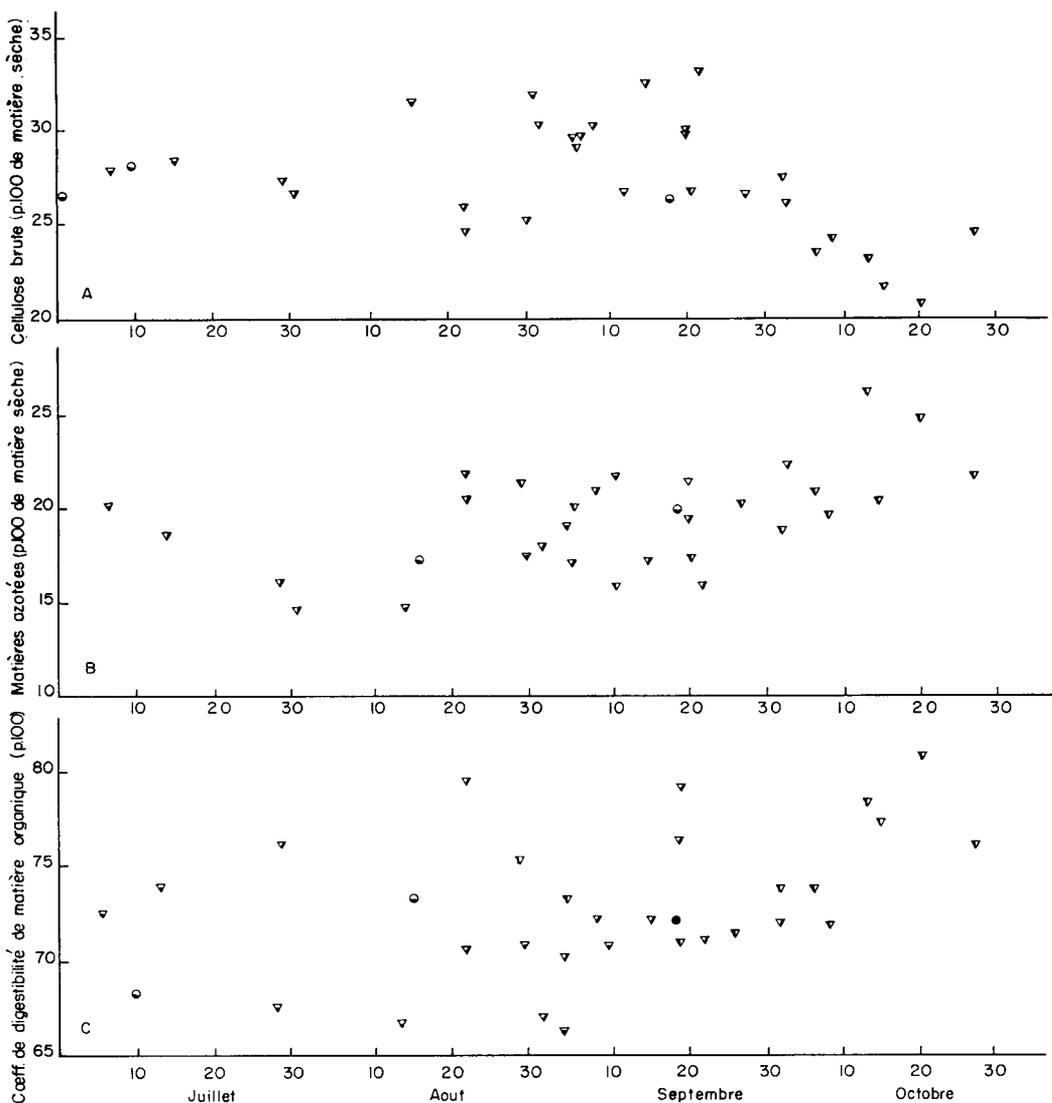


FIG. 2. — Variations avec la date d'exploitation, de la teneur en cellulose (A), de la teneur en matières azotées (B) et du coefficient de digestibilité de la matière organique (C) des fourrages des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles de végétation. (Pour la signification des symboles voir page 308).

du 5<sup>e</sup> cycle : moins de 25 p. 100 en moyenne. La plupart des fourrages coupés en octobre ont contenu moins de 25 p. 100 de cellulose brute et plus de 20 p. 100 de matières azotées.

L'examen de la figure 2 montre qu'à chacun des cycles ou des mois considérés,

la digestibilité des fourrages étudiés a varié dans des limites relativement larges. Elle a eu cependant tendance à augmenter avec le numéro du cycle et l'avancement de la saison, en même temps que son intervalle de variation se rétrécissait. Elle a présenté des valeurs moyennes de 71,0 p. 100, 73,3 p. 100 et 74,8 p. 100 respectivement pour les fourrages des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles (tabl. 3). Tous les fourrages coupés à partir de la mi-septembre (15 au total) ont eu une digestibilité supérieure à 70 p. 100, de 74,5 p. 100 en moyenne, au lieu de 71,8 p. 100 pour l'ensemble des 18 fourrages fauchés du début-juillet à la mi-septembre.

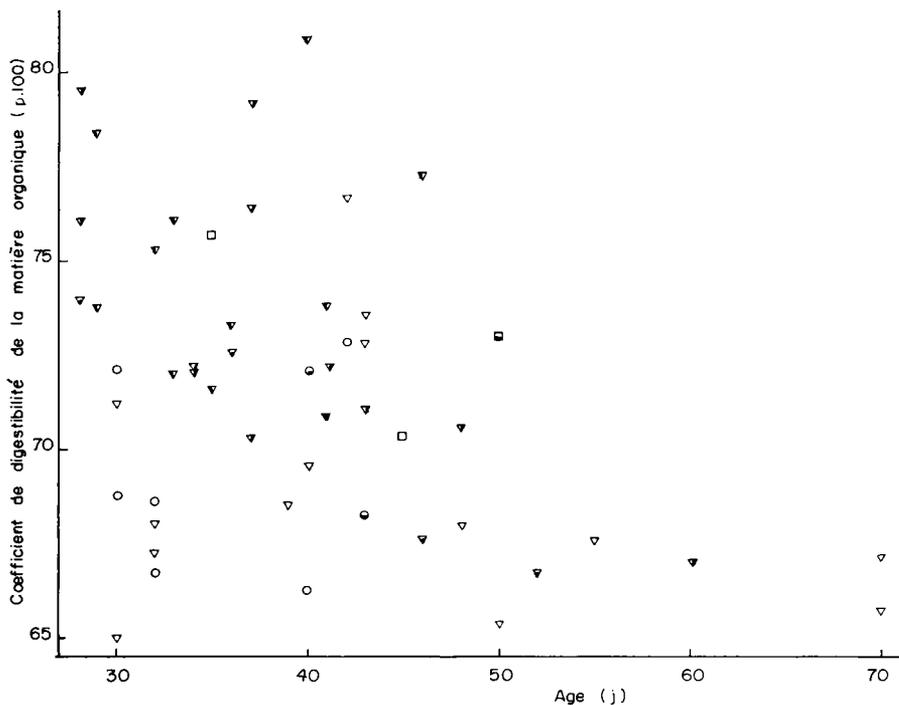


FIG. 3. — Relation entre le coefficient de digestibilité de la matière organique et l'âge des fourrages (en jours) des différents cycles de repousses (Pour la signification des symboles voir page 308)

Il est difficile de faire la part des nombreux facteurs qui peuvent expliquer les variations de la digestibilité des fourrages des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, d'autant plus que nous ne disposons que d'un échantillon hétérogène et insuffisant. Il semble bien que la digestibilité ait en moyenne diminué avec l'âge, mais de façon beaucoup plus limitée qu'au 1<sup>er</sup> cycle de végétation : en juillet et août, les fourrages les plus digestibles ont été ceux de 4 semaines et les moins digestibles ceux de 7 semaines (fig. 4). Cependant, la digestibilité des fourrages récoltés en septembre et octobre a été pratiquement indépendante de l'âge.

La digestibilité moyenne des repousses de Dactyle-Trèfle blanc a augmenté avec le nombre de cycles parce que ces repousses étaient de plus en plus riches en matières azotées et de plus en plus pauvres en membranes. Leur digestibilité a eu tendance à varier dans le même sens que la teneur en matières azotées, et en sens inverse de la teneur en cellulose brute, mais ces liaisons n'ont été étroites (tabl. 5

et 6) que pour les 9 échantillons du 5<sup>e</sup> cycle qui ont été récoltés surtout en octobre.

La digestibilité de repousses de Dactyle-Luzerne a eu tendance, elle aussi, à augmenter avec le nombre des cycles. Elle n'a présenté aucune liaison avec la teneur en cellulose brute (tabl. 6) et a eu tendance à augmenter avec la teneur en matières azotées, mais la liaison est restée assez lâche pour les 10 échantillons des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles.

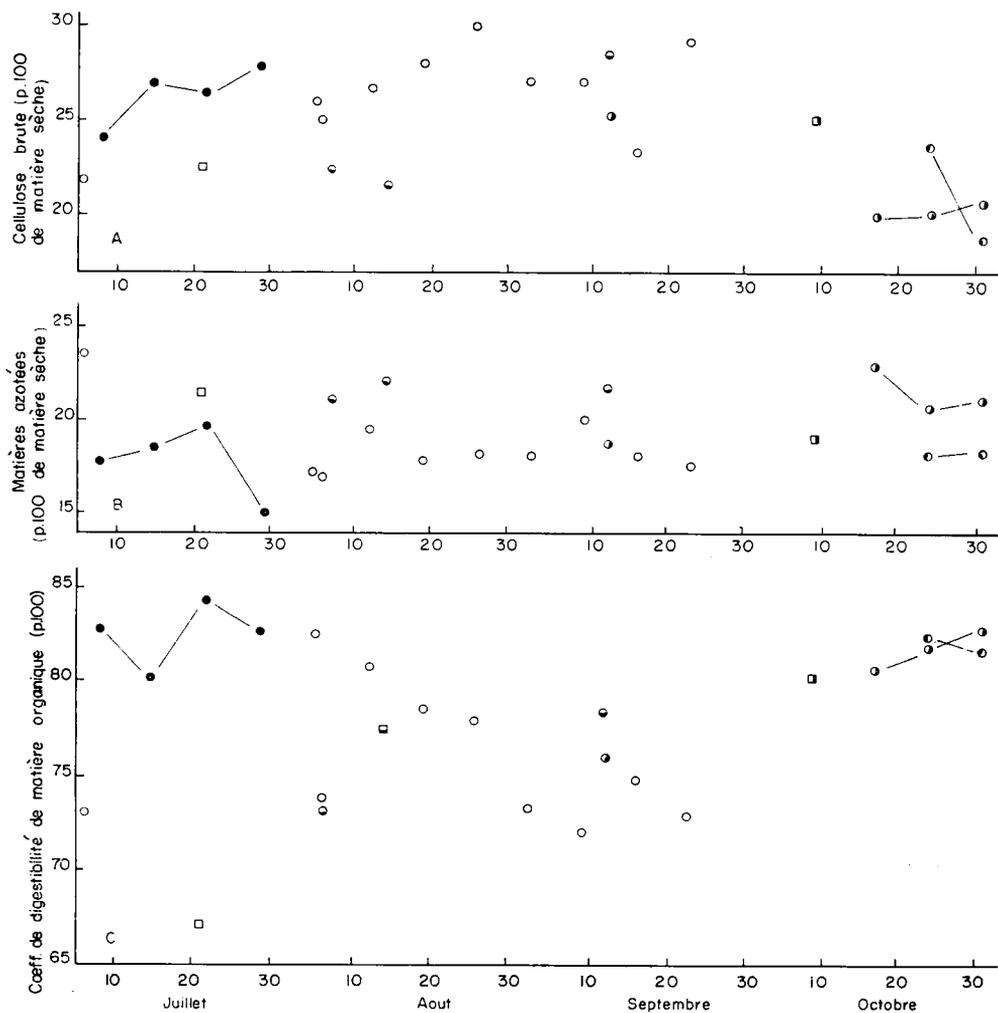


FIG. 4. — Variations avec la date d'exploitation, de la teneur en cellulose brute (A), de la teneur en matières azotées (B) et du coefficient de digestibilité de la matière organique (C) des fourrages exploités pendant l'année du semis. (Pour la signification des symboles voir page 308).

#### Prairies de l'année.

Nous avons étudié 27 fourrages fauchés à différents cycles sur les prairies ensencées au printemps (fig. 3) : une de Ray-grass d'Italie en 1958, deux de Ray-grass hybride en 1960 et une de Fétuque-Fléole également en 1960. Nous avons suivi l'évo-

lution de la digestibilité avec l'âge au cours de 3 ou 4 semaines successives sur le 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles du Ray-grass d'Italie et le 4<sup>e</sup> cycle du Ray-grass hybride.

Les deux années 1958 et 1960 ont été très pluvieuses, ce qui doit expliquer dans une certaine mesure, les faibles teneurs en matière sèche aux différents cycles (la plupart ont été comprises entre 12, 5 et 16,0 p. 100) et les fortes teneurs apparentes en cendres (15 à 20 p. 100) en octobre : les fourrages des prairies semés au printemps sont plus susceptibles que les autres d'être souillés par de la terre parce que le sol n'est pas entièrement recouvert. La teneur en matières azotées de ces fourrages a été assez élevée (15 à 24 p. 100) et n'a pas présenté d'évolution très nette. La teneur en cellulose brute a été plus variable et, notamment, plus faible dans les fourrages d'octobre ; pendant les mois d'été elle a été généralement moins élevée que dans les fourrages correspondants des autres prairies.

L'herbe de la première pousse n'a été exploitée que lorsqu'elle pouvait fournir un pâturage abondant (de l'ordre d'une tonne de matière sèche à l'hectare), soit environ 10 semaines après la levée. Elle a eu cependant une digestibilité très élevée qui n'a pas diminué sensiblement avec l'âge chez le Ray-grass d'Italie : 82,9, 80,2, 83,3, et 82,7 pendant 4 semaines consécutives. Les premières pousses après la levée semblent donc avoir une digestibilité du même ordre que l'herbe d'avril des prairies semées les années précédentes ; elles sont riches en constituants cytoplasmiques et ont des membranes très digestibles.

Les premières repousses (2<sup>e</sup> cycle) de Ray-grass hybride et de Fétuque des prés ont été nettement moins digestibles que les premières pousses, bien qu'elles n'aient pas contenu plus de cellulose brute. La digestibilité des repousses ultérieures (3<sup>e</sup> à 5<sup>e</sup> cycle) a augmenté régulièrement d'une exploitation à la suivante (tabl. 3, fig. 3) ; elle a présenté en octobre des valeurs supérieures à 80 p. 100 qui n'ont pas diminué avec le vieillissement de la plante, tout au moins pour le Ray-grass hybride étudié entre les âges de 5 et de 7 semaines. Les premières repousses du Ray-grass d'Italie ont eu une digestibilité très élevée qui a cependant diminué avec le vieillissement, mais cela se passait au mois d'août. Dans l'ensemble, les repousses de ces prairies de l'année ont été plus digestibles que celles des autres prairies : ce doit être dû d'abord au fait qu'il s'agit de fourrages à base de Ray-grass ou de Fétuque des prés, mais il est possible que ce soit dû en partie à la jeunesse même de la prairie comme semblent le confirmer des études en cours (sans oublier la pluviosité). Par ailleurs, lorsqu'on considère l'ensemble des 27 fourrages de ces prairies de l'année, on ne constate aucune espèce de liaison entre la digestibilité et, soit la teneur en matières azotées, soit la teneur en cellulose brute.

#### *Relations entre la digestibilité et la composition chimique de l'herbe offerte*

##### *Digestibilité des matières azotées.*

Comme on pouvait le prévoir, le coefficient de digestibilité apparent des matières azotées a été essentiellement fonction de la teneur en matières azotées du fourrage. Pour l'ensemble de nos 139 fourrages (fig. 5), la teneur en matières azotées digestibles ( $y$ ) a été liée à la teneur en matières azotées ( $x$ ) par l'équation de régression :

$$y = 0,954 x - 3,32 \quad (\pm 0,48)$$

$$r = 0,993$$

les deux variables étant exprimées en pourcentage de la matière sèche du fourrage.

La teneur en matières azotées non digestibles ( $z$ ) a été très peu variable et égale à  $4,06 \pm 0,45$  pour l'ensemble des fourrages. On peut donc calculer de façon simple et précise le pourcentage de matières azotées digestibles en soustrayant 4,0 du pourcentage de matières azotées. Cependant, la teneur en matières azotées non digestibles a présenté certaines variations d'amplitude très limitées mais relativement

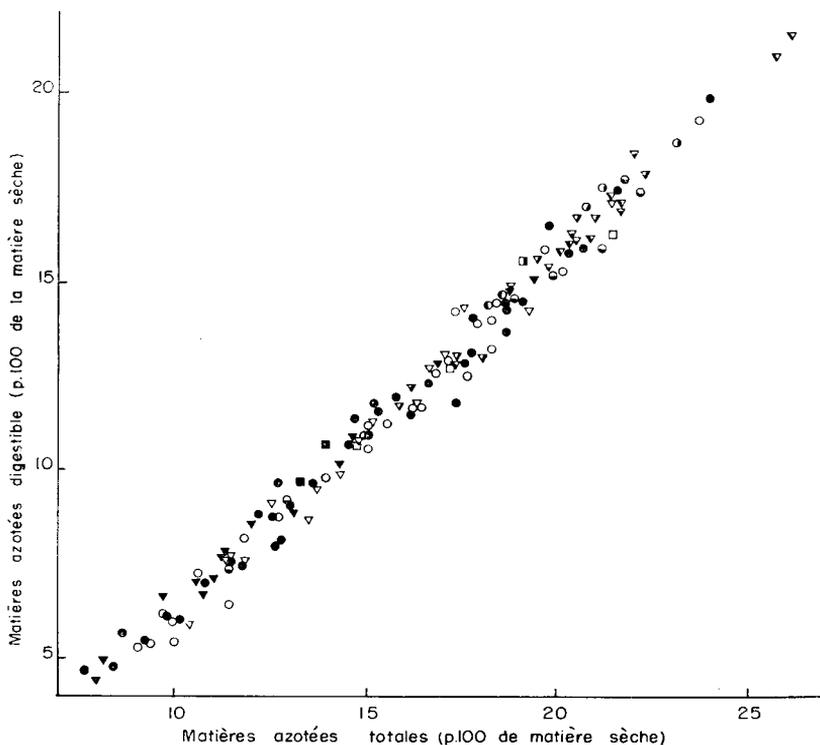


FIG. 5. — Relation entre la teneur en matières azotées digestibles et la teneur en matières azotées des fourrages des différents cycles de végétation (Pour la signification des symboles voir page 308)

systematiques : elle a été en moyenne de 3,84 pour le 1<sup>er</sup> cycle, 4,15 pour le 2<sup>e</sup> cycle, 4,19 pour le 3<sup>e</sup>, 4,05 pour le 4<sup>e</sup>, 4,31 pour le 5<sup>e</sup> et 4,10 pour les fourrages des prairies de l'année ; elle a varié dans le même sens que la teneur en matières azotées plus particulièrement au cours du 1<sup>er</sup> cycle, la relation de régression pour l'ensemble des 47 échantillons étant la suivante :

$$z = 0,093 x + 2,66 (\pm 0,42) r = 0,627$$

A teneur en matières azotées équivalente, les échantillons du 2<sup>e</sup> cycle ont contenu sensiblement plus de matières azotées non digestibles que ceux du 1<sup>er</sup> cycle.

#### *Digestibilité de la cellulose brute.*

Au cours du 1<sup>er</sup> cycle la digestibilité de la cellulose brute a eu tendance à diminuer quand la teneur en cellulose brute augmentait (fig. 6) ; ainsi elle a été supérieure

à 80 p. 100 pour les teneurs inférieures à 22-23 p. 100 et est tombée aux environs de 70 p. 100 pour les teneurs de l'ordre de 35 p. 100. En revanche, elle a varié presque indépendamment de la teneur pour les fourrages des différents cycles de repousses (fig. 6).

A teneur égale, la digestibilité de la cellulose brute a varié avec les cycles de croissance et aussi avec l'espèce: elle a d'abord été beaucoup plus faible dans les fourrages du 2<sup>e</sup> cycle que dans ceux du 1<sup>er</sup> cycle (de 64 à 72 p. 100 environ au lieu de 70 à 80 p. 100). En réalité, la digestibilité de la cellulose brute des fourrages du

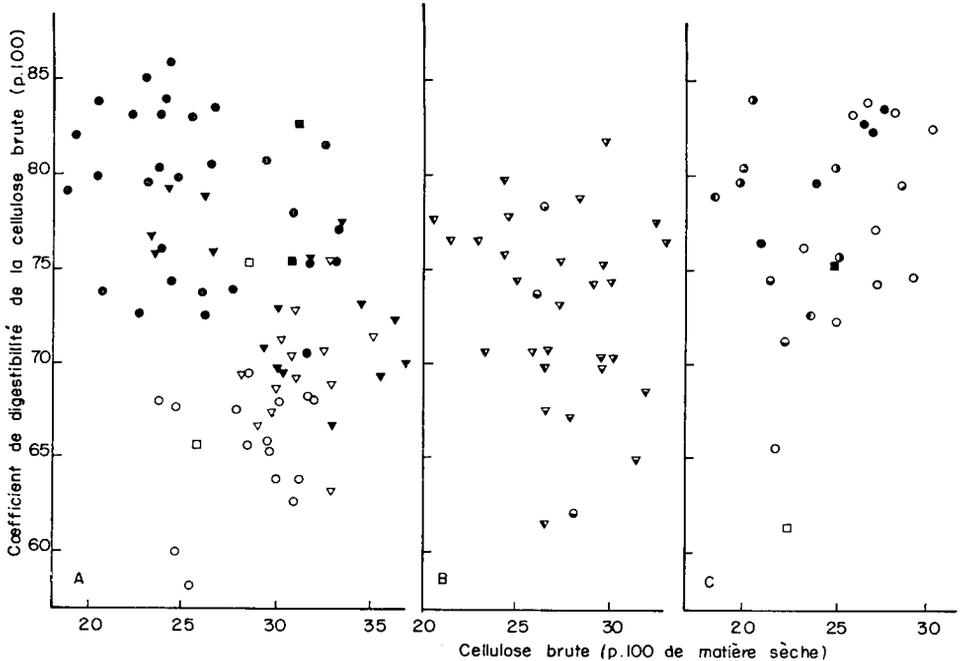


FIG. 6. — Relations entre le coefficient de digestibilité de la cellulose brute et la teneur en cellulose brute des fourrages : (A) 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation, (B) 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, (C) fourrages exploités l'année du semis. (Pour la signification des symboles voir page 308).

2<sup>e</sup> cycle, et aussi de nombreux fourrages du 1<sup>er</sup> cycle, semble dépendre beaucoup plus de la date de la coupe que de la teneur en cellulose brute (fig. 7) ; on pourrait presque dire que la cellulose brute des fourrages du 2<sup>e</sup> cycle a la digestibilité qu'aurait eu à la même date la cellulose brute des plantes correspondantes du 1<sup>er</sup> cycle. Toujours à teneur égale, la digestibilité de la cellulose brute des fourrages de Dactyle-Luzerne (et de Fétuque-Luzerne) a été plus faible que celle des fourrages de Dactyle (Trèfle blanc) et d'autres graminées. Ce doit être dû au fait que la cellulose brute des légumineuses contient plus de lignine que celle des graminées (NORMAN, 1935 ; ARMSTRONG *et al.*, 1950).

La teneur en cellulose brute digestible a varié en gros de 14 à 26 p. 100, donc de façon plus limitée que la teneur en cellulose brute (18 à 37 p. 100), et elle a augmenté en moyenne avec cette dernière (fig. 8). A teneur en cellulose brute donnée, elle a été le plus souvent maximum pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle et minimum pour ceux du 2<sup>e</sup> cycle ; elle a été généralement plus faible pour les Dactyle-Luzerne

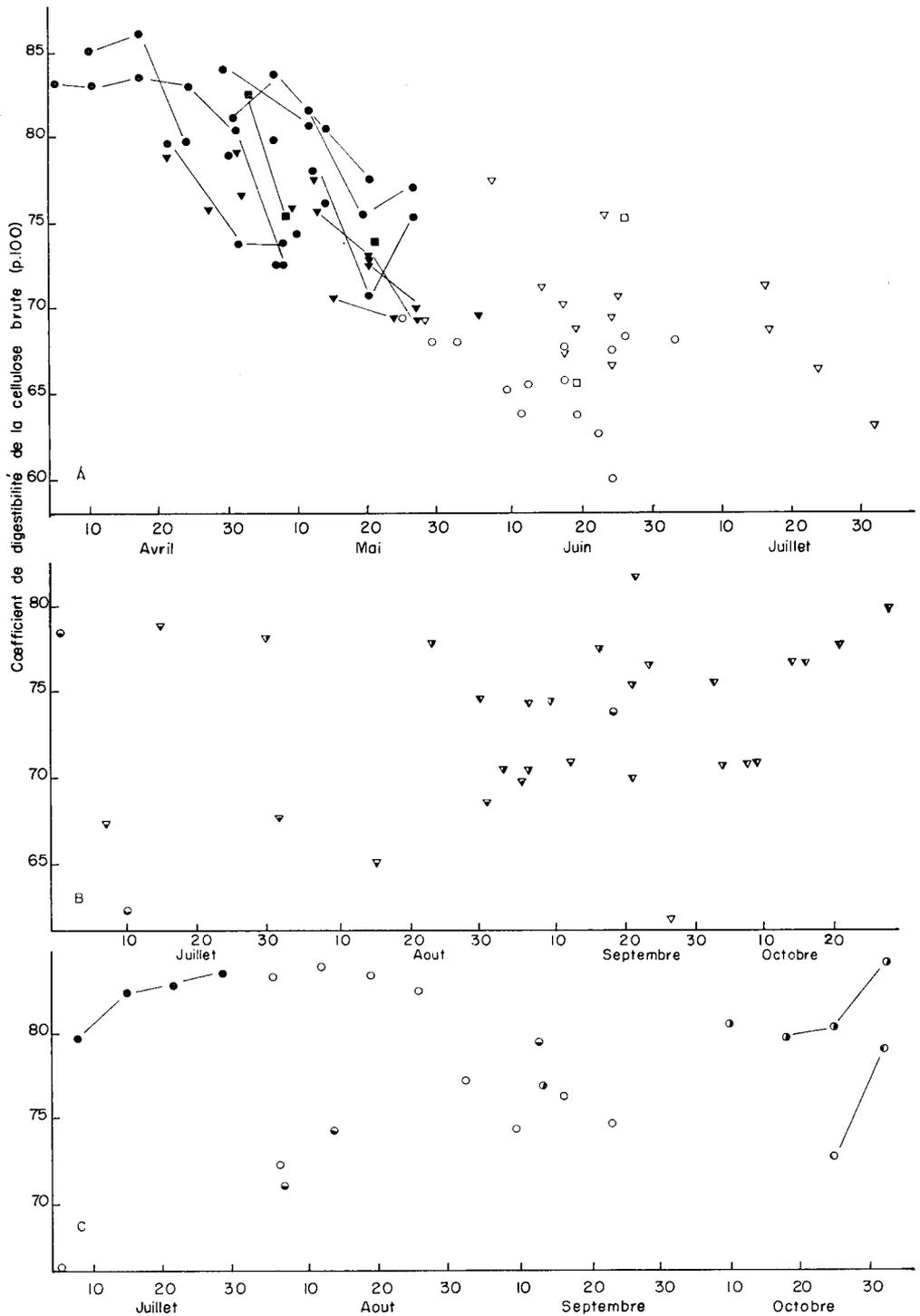


FIG. 7. — Variations avec la date d'exploitation, du coefficient de digestibilité de la cellulose brute des fourrages : (A) 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation, (B) 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, (C) fourrages exploités l'année du semis. (Pour la signification des symboles voir page 308).

que pour les Dactyles d'une part, pour les Dactyles que pour les Ray-grass d'autre part ; cette dernière différence a cependant été faible et appréciable seulement pour les teneurs en cellulose brute supérieure à 25 p. 100.

Pour les différentes classes de teneur en cellulose brute, il existe semble-t-il une teneur maximum en cellulose brute digestible, du même ordre pour les différentes catégories de fourrages à base de graminées ; elle serait ainsi de l'ordre de 16 p. 100, 23 p. 100 et 26 p. 100 respectivement pour des teneurs en cellulose brute de 20, 30 et 35 p. 100 (fig. 8). Si on avait reporté les fourrages exploités au-delà de l'épais, il apparaîtrait qu'une teneur de l'ordre de 26 p. 100 de cellulose brute digestible est bien un maximum pour les « Ray-grass » et les « Dactyles ». En effet, passé ce stade, la teneur en cellulose brute digestible a plutôt tendance à diminuer puisque la digestibilité de la cellulose brute diminue alors que la teneur en cellulose brute n'augmente que lentement.

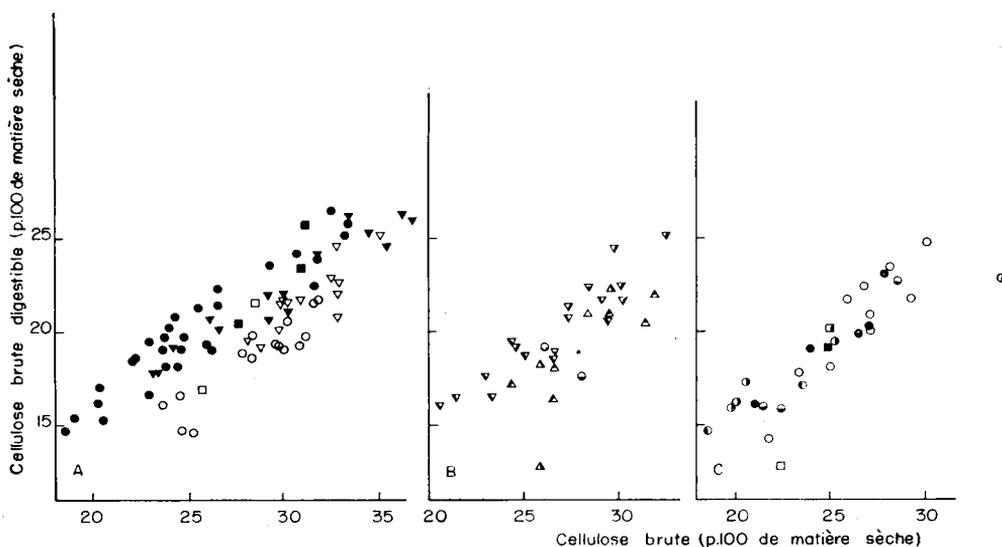


FIG. 8. — Relations entre les teneurs en cellulose brute digestible et en cellulose brute des fourrages : (A) 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation (B) 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles (C) fourrages exploités l'année du semis. (Pour la signification des symboles voir page 308).

### Digestibilité de la matière organique.

#### Relations avec la teneur en matière sèche.

En moyenne, au cours du 1<sup>er</sup> cycle, la digestibilité ( $y$ ) des fourrages d'une même prairie a diminué en même temps que la teneur en matière sèche ( $x$ ) augmentait. C'est pourquoi nous observons une corrélation négative entre les deux variables pour les « Ray-grass » et l'ensemble des échantillons (mais non pour les « Dactyles »), ce qui est en accord avec les résultats de REID *et al.* (1959) à *Cornell University* :

$$\text{Ensemble des échantillons } (n = 45) \quad y = 96,8 - 1,059 x (\pm 3,83)$$

$$r = -0,576$$

$$\text{« Ray grass » } (n = 32) \quad y = 96,1 - 0,969 x (\pm 3,43)$$

$$r = -0,514$$

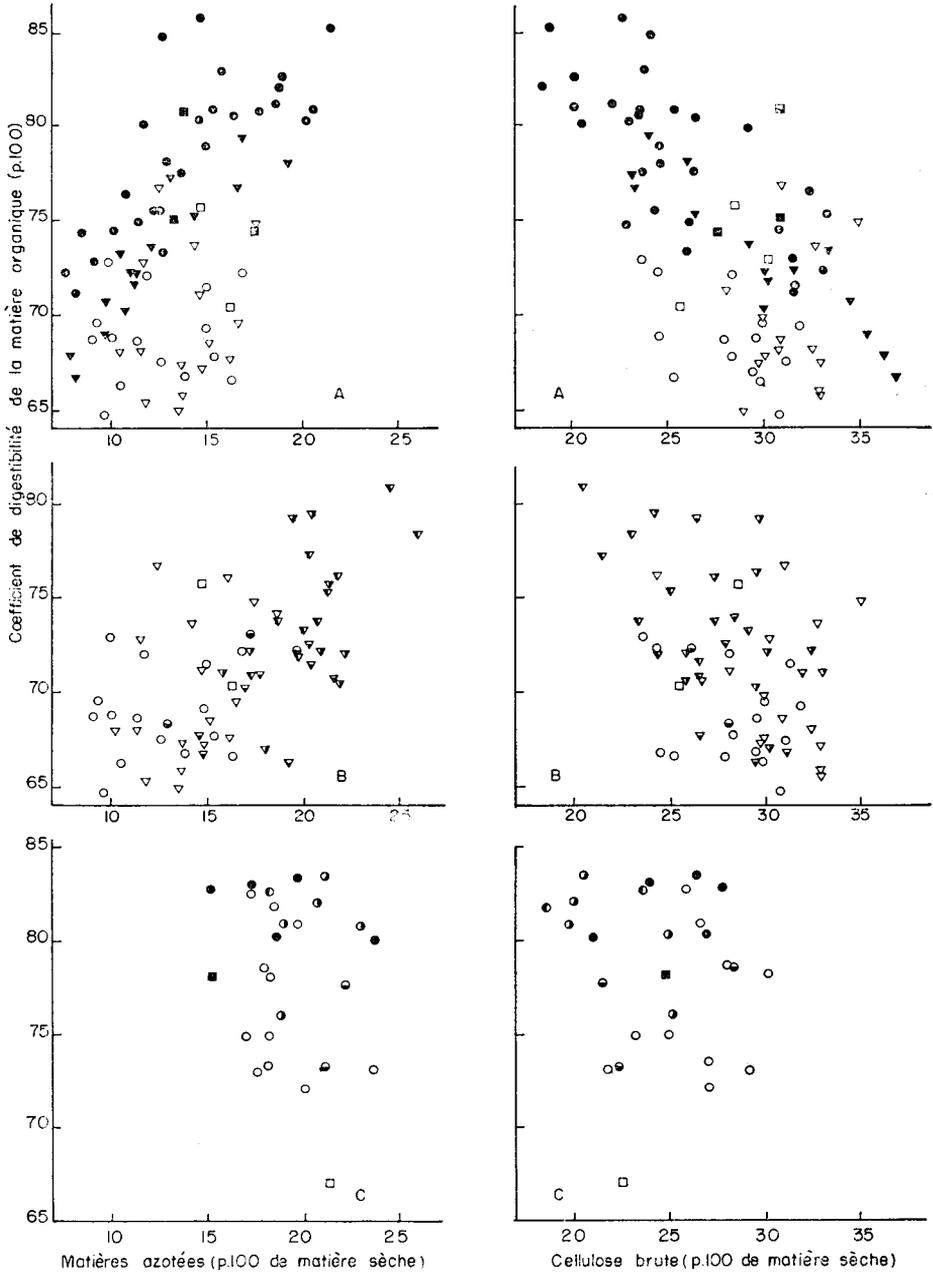


FIG. 9. — Relations entre le coefficient de digestibilité de la matière organique et les teneurs en matières azotées et en cellulose brute des fourrages : (A) 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation, (B) 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, (C) fourrages exploités l'année du semis.

(Pour la signification des symboles voir page 308, cependant dans les figures (B) les fourrages du 4<sup>e</sup> cycle sont représentés par des symboles  $\nabla \square$ )

En revanche, il n'apparaît plus de relation nette pour les fourrages des cycles suivants, pas plus que pour ceux exploités pendant l'année du semis. Cela est dû, en majeure partie, au fait que la teneur en matière sèche dépend alors essentiellement des conditions climatiques et que notre échantillonnage est très hétérogène à cet égard.

Il est possible que la relation entre la digestibilité et la teneur en matière sèche soit plus étroite pour certaines espèces ; c'est le cas pour nos échantillons de Dactyle-Luzerne et de Fétuque-Luzerne prélevés au cours des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles. Remarquons en outre, que tous les fourrages d'une digestibilité supérieure à 80 p. 100 (à l'exception d'un seul) ont eu une teneur en matière sèche inférieure à 19 p. 100.

*Relations avec la teneur en matières azotées.*

Au cours du 1<sup>er</sup> cycle, la digestibilité et la teneur en matières azotées ont en moyenne diminué en même temps que la proportion de limbes. C'est pourquoi elles ont présenté une relation assez étroite pour les différentes catégories et pour l'ensemble

TABLEAU 5

*Relation entre la digestibilité de la matière organique (y) et la teneur en matières azotées (x) du fourrage au cours des différents cycles de croissance*

| Numéro du cycle                          | Nature du fourrage     | Nombre d'échantillons | Équations de régression          | Coefficient de corrélation |
|--|------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1  | « Ray-Grass »          | 32                    | $y = 0,708 x + 68,34 (\pm 3,05)$ | + 0,648                    |
|  | « Dactyles »           | 15                    | $y = 1,063 x + 59,98 (\pm 1,56)$ | + 0,913                    |
|  | Ensemble des fourrages | 47                    | $y = 0,937 x + 63,93 (\pm 2,38)$ | + 0,729                    |
| 2  | « Ray-Grass »          | 17                    |                                  | + 0,225 NS                 |
|  | « Dactyles »           | 15                    |                                  | + 0,162 NS                 |
|  | Ensemble des fourrages | 32                    |                                  | + 0,187 NS                 |
| 3  | Ensemble des fourrages | 11                    |                                  | - 0,123 NS                 |
| 4  | « Dactyles »           | 11                    |                                  | + 0,188 NS                 |
| 5  | « Dactyles »           | 11                    | $y = 0,720 x + 59,44 (\pm 2,45)$ | + 0,611                    |
| 5<br>4 + 5<br>4 + 5 + 5<br>2 + 3 + 4 + 5 | Dactyle Trèfle blanc   | 9                     | $y = 0,961 x + 55,18 (\pm 1,53)$ | + 0,862                    |
|  |                        | 16                    | $y = 0,807 x + 58,76 (\pm 2,97)$ | + 0,604                    |
|  |                        | 19                    | $y = 0,775 x + 58,71 (\pm 2,93)$ | + 0,503                    |
|  |                        | 28                    | $y = 0,756 x + 58,92 (\pm 3,47)$ | + 0,656                    |
| 3 + 4 + 5<br>2 + 3 + 4 + 5               | Dactyle-Luzerne        | 10                    | $y = 0,577 x + 59,88 (\pm 1,85)$ | + 0,715                    |
|  |                        | 16                    | $y = 0,346 x + 65,15 (\pm 2,67)$ | + 0,432                    |

des fourrages (fig. 9, tabl. 5). En réalité, cette liaison est très lâche au début de la croissance parce que la teneur en azote varie de façon importante avec les conditions de la croissance (température, fertilisation), alors que la digestibilité est peu sensible à celles-ci : la teneur en matières azotées des 11 échantillons de Ray-grass

hybride ayant eu une digestibilité supérieure à 80 p. 100 a été comprise entre 11,8 et 21,4 p. 100. La relation entre la digestibilité et la teneur en matières azotées est devenue beaucoup plus étroite pour les fourrages contenant moins de 15 p. 100 de matières azotées. Par ailleurs elle a présenté des coefficients de corrélation, et aussi de régression, nettement plus élevés pour les fourrages à base de Dactyle que pour les « Ray-grass ».

La digestibilité des fourrages du 2<sup>e</sup> cycle n'a pas présenté de liaison significative avec la teneur en matières azotées, de même que celle des fourrages des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles lorsqu'on considère l'ensemble de ces fourrages ou le groupe des « Dactyles » (fig. 9, tabl. 5). Cependant, si on sépare ce dernier en échantillons de Dactyle-Trèfle blanc et en échantillons de Dactyle-Luzerne, on trouve pour chacune de ces deux catégories une liaison positive et significative entre la digestibilité et la teneur en matières azotées (tabl. 5) ; cette liaison n'est cependant étroite que pour les 9 échantillons de Dactyle-Trèfle blanc du 5<sup>e</sup> cycle.

Exception faite de ces fourrages de Dactyle du 5<sup>e</sup> cycle et de tous ceux du 1<sup>er</sup> cycle, la teneur en matières azotées ne permet généralement pas d'estimer de façon satisfaisante la digestibilité de nos fourrages. Cela n'est pas étonnant : d'abord, parce que la digestibilité du fourrage dépend beaucoup plus de la digestibilité des membranes que de la teneur en azote ; ensuite, parce que la digestibilité et la teneur en azote n'ont pas toujours les mêmes causes de variations : ainsi la teneur en azote dépend beaucoup des conditions climatiques et de la fertilisation, lesquelles n'ont qu'une action très limitée sur la digestibilité. Par suite, le rapport des matières azotées digestibles à la valeur énergétique (MAD/UF) varie dans des limites extrêmement grandes : en gros de 100 à 250 g pour les repousses et de 60 à 180 g pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle.

#### *Relations avec la teneur en cellulose brute.*

En général la digestibilité de la matière organique a varié en sens inverse de la teneur en cellulose brute, mais les relations ont été très différentes avec le cycle de croissance et, parfois, avec la nature du fourrage (fig. 9 ; tabl. 6).

C'est au 1<sup>er</sup> cycle que la liaison a été la plus étroite, ce qui tient avant tout au fait que lorsque la proportion de tiges augmente la digestibilité diminue et la teneur en cellulose brute augmente. Elle est particulièrement étroite dans le cas des « Dactyles » dont elle permet d'estimer la digestibilité de façon très satisfaisante ; elle l'est moins pour les « Ray-grass » dont elle permet cependant d'estimer la digestibilité avec une précision intermédiaire entre celle associée à l'estimation à partir de l'âge, et celle associée à l'estimation à partir de la teneur en matières azotées. A teneur en cellulose brute égale, les « Ray-grass » ont été par ailleurs plus digestibles que les « Dactyles », et les repousses, celles du 2<sup>e</sup> cycle notamment, ont été moins digestibles que les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle.

Le plus souvent il n'y a pas eu de liaison significative entre la digestibilité et la teneur en cellulose brute pour les différents groupes de repousses, ni pour les fourrages des prairies de l'année (tabl. 6 ; fig. 9). C'est notamment le cas pour les différents fourrages du 2<sup>e</sup> cycle, pour l'ensemble des fourrages du 3<sup>e</sup> cycle, pour le groupe des « Dactyles » au 4<sup>e</sup> cycle et pour les fourrages de Dactyle-Luzerne. Cependant, la digestibilité des fourrages de Dactyle-Trèfle blanc du 5<sup>e</sup> cycle a présenté une liaison

TABLEAU 6

*Relations entre la digestibilité de la matière organique (y)  
ou la teneur en matière organique indigestible (z)  
et la teneur en cellulose brute (x) du fourrage  
au cours des différents cycles de croissance*

| Numéro du cycle | Nature du fourrage     | Nombre d'échantillons | Digestibilité de la matière organique (y) et teneur en cellulose brute (x) | Teneur en matière organique indigestible (z) et teneur en cellulose brute (x) |
|-----------------|------------------------|-----------------------|--|---|
| 1               | « Ray-Grass »          | 32                    | $y = 95,04 - 0,643 x$<br>( $\pm 2,92$ )<br>$r = - 0,685$                   | $z = 0,645 x + 2,83$<br>( $\pm 2,63$ )<br>$r = + 0,722$                       |
|                 | « Dactyles »           | 15                    | $y = 95,77 - 0,760 x$<br>( $\pm 1,48$ )<br>$r = - 0,922$                   | $z = 0,774 x + 1,30$<br>( $\pm 1,35$ )<br>$r = - 0,936$                       |
|                 | Ensemble des fourrages | 47                    | $y = 98,22 - 0,793 x$<br>( $\pm 2,78$ )<br>$r = - 0,806$                   | $z = 0,780 x - 0,09$<br>( $\pm 2,48$ )<br>$r = + 0,832$                       |
| 2               | « Ray-Grass »          | 17                    | $r = - 0,306$ NS   | $z = 0,573 x + 10,94$<br>( $\pm 2,80$ )<br>$r = + 0,474$                      |
|                 | « Dactyles »           | 15                    | $r = + 0,156$ NS   | $r = - 0,276$ NS  |
|                 | Ensemble des fourrages | 32                    | $r = - 0,077$ NS   | $r = + 0,185$ NS  |
| 3               | Ensemble des fourrages | 10                    | $r = - 0,420$ NS   | $r = + 0,511$ NS  |
| 4               | « Dactyles »           | 11                    | $r = - 0,335$ NS   | $r = + 0,406$ NS  |
| 5               | « Dactyles »           | 11                    | $y = 97,39 - 0,911 x$<br>( $\pm 2,03$ )<br>$r = - 0,755$                   | $z = 0,701 x + 3,92$<br>( $\pm 1,93$ )<br>$r = + 0,681$                       |
| 5               | Dactyle-Trèfle blanc   | 9                     | $y = 96,88 - 0,869 x$<br>( $\pm 1,81$ )<br>$r = - 0,800$                   | $z = 0,622 x + 5,40$<br>( $\pm 1,79$ )<br>$r = + 0,695$                       |
| 4 + 5           |                        | 16                    | $y = 92,22 - 0,650 x$<br>( $\pm 2,82$ )<br>$r = - 0,656$                   | $z = 0,633 x + 4,60$<br>( $\pm 2,70$ )<br>$r = + 0,662$                       |
| 3 + 4 + 5       |                        | 19                    | $y = 93,53 - 0,719 x$<br>( $\pm 2,63$ )<br>$r = - 0,630$                   | $z = 0,671 x + 3,90$<br>( $\pm 2,79$ )<br>$r = + 0,646$                       |
| 2 + 3 + 4 + 5   |                        | 28                    | $y = 97,30 - 0,887 x$<br>( $\pm 3,46$ )<br>$r = - 0,660$                   | $z = 0,892 x - 1,90$<br>( $\pm 3,33$ )<br>$r = + 0,677$                       |
| 3 + 4 + 5       |                        | 10                    | $r = - 0,134$ NS   | $r = + 0,314$ NS  |
| 2 + 3 + 4 + 5   | Dactyle-Luzerne        | 16                    | $r = - 0,075$ NS   | $r = + 0,247$ NS  |

significativement négative avec la teneur en cellulose brute ( $r = -0,800$ ) ; par suite, il en a été de même pour les différents groupes de repousses du Dactyle-Trèfle blanc comportant ces plantes du 5<sup>e</sup> cycle (tabl. 6).

La teneur en matière organique apparemment non digestible ou ballast a varié, en moyenne, dans le même sens que la teneur en cellulose brute (tabl. 6) ; en valeur absolue, les coefficients de corrélation ont été du même ordre mais souvent légèrement plus élevés que ceux qui existaient entre la digestibilité de la matière organique et la teneur en cellulose brute. La liaison entre le ballast et la teneur en cellulose brute n'a été étroite que pour les plantes du 1<sup>er</sup> cycle et pour les échantillons de Dactyle-Trèfle blanc du 5<sup>e</sup> cycle.

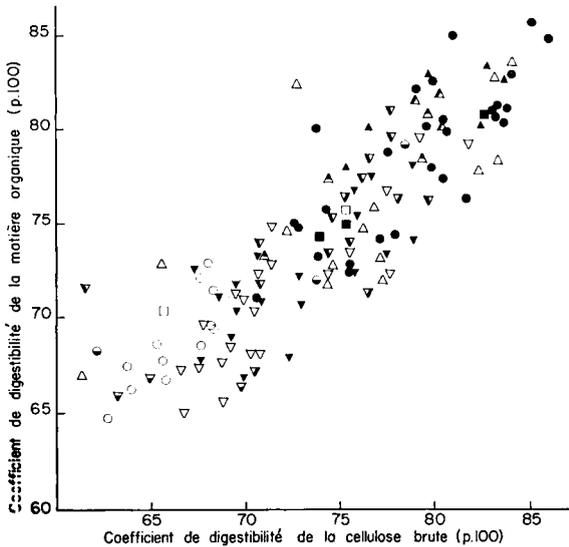


FIG. 10. — Relations entre le coefficient de digestibilité de la matière organique et le coefficient de digestibilité de la cellulose brute pour l'ensemble des fourrages, (Pour la signification des symboles voir page 308).

La teneur en cellulose brute ne permet d'estimer de façon réellement satisfaisante la digestibilité ou la teneur en ballast que pour les échantillons de Dactyle du 1<sup>er</sup> cycle ou du 5<sup>e</sup> cycle. Comparée à la teneur en matières azotées, elle est un critère un peu plus satisfaisant pour les plantes du 1<sup>er</sup> cycle, mais encore un peu plus mauvais pour les repousses.

#### *Relations avec la digestibilité de la cellulose brute.*

La digestibilité des fourrages a varié dans le même sens que la digestibilité de la cellulose brute (fig. 10) ; les relations entre ces deux variables sont en général significatives ou proches du seuil de signification 5 p. 100, sauf dans le cas des repousses de Dactyle-Luzerne (tabl. 7). Les variations de la digestibilité de la cellulose brute expliquent de 50 à 80 p. 100 des variations de la digestibilité des fourrages suivant leur nature et leur cycle de végétation. Malgré les différences importantes entre les équations de régression, pour une digestibilité donnée de la cellulose brute, la diges-

tibilité des différents groupes de fourrages est relativement voisine indépendamment de leur nature et de leur cycle de végétation ; cependant les « Ray-grass », notamment ceux exploités pendant l'année du semis, sont généralement un peu plus digestibles.

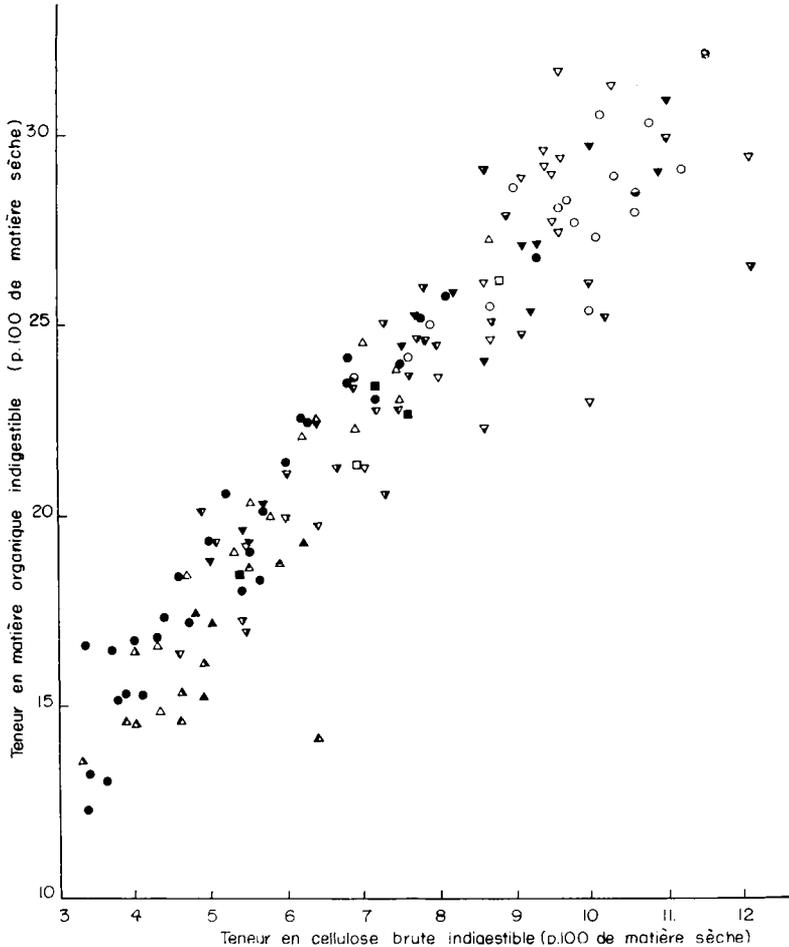


FIG. 11. — Relations entre la teneur en matière organique indigestible et la teneur en cellulose brute indigestible pour l'ensemble des fourrages. (Pour la signification des symboles voir page 308).

Le ballast est formé essentiellement par la fraction indigestible des membranes à laquelle vient s'ajouter la fraction apparemment non digestible des matières azotées (et des lipides) qui est surtout d'origine endogène. Il est donc logique qu'il présente une relation très étroite (fig. 11) avec la teneur en cellulose brute non digestible (les deux variables étant exprimées en pourcentage de la matière sèche du fourrage). Les liaisons entre ces deux variables ont été particulièrement étroites pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle et les repousses de Dactyle-Trèfle blanc ( $r = + 0,966$  et  $+ 0,961$  respectivement), elles ont été encore élevées pour les fourrages exploités pendant

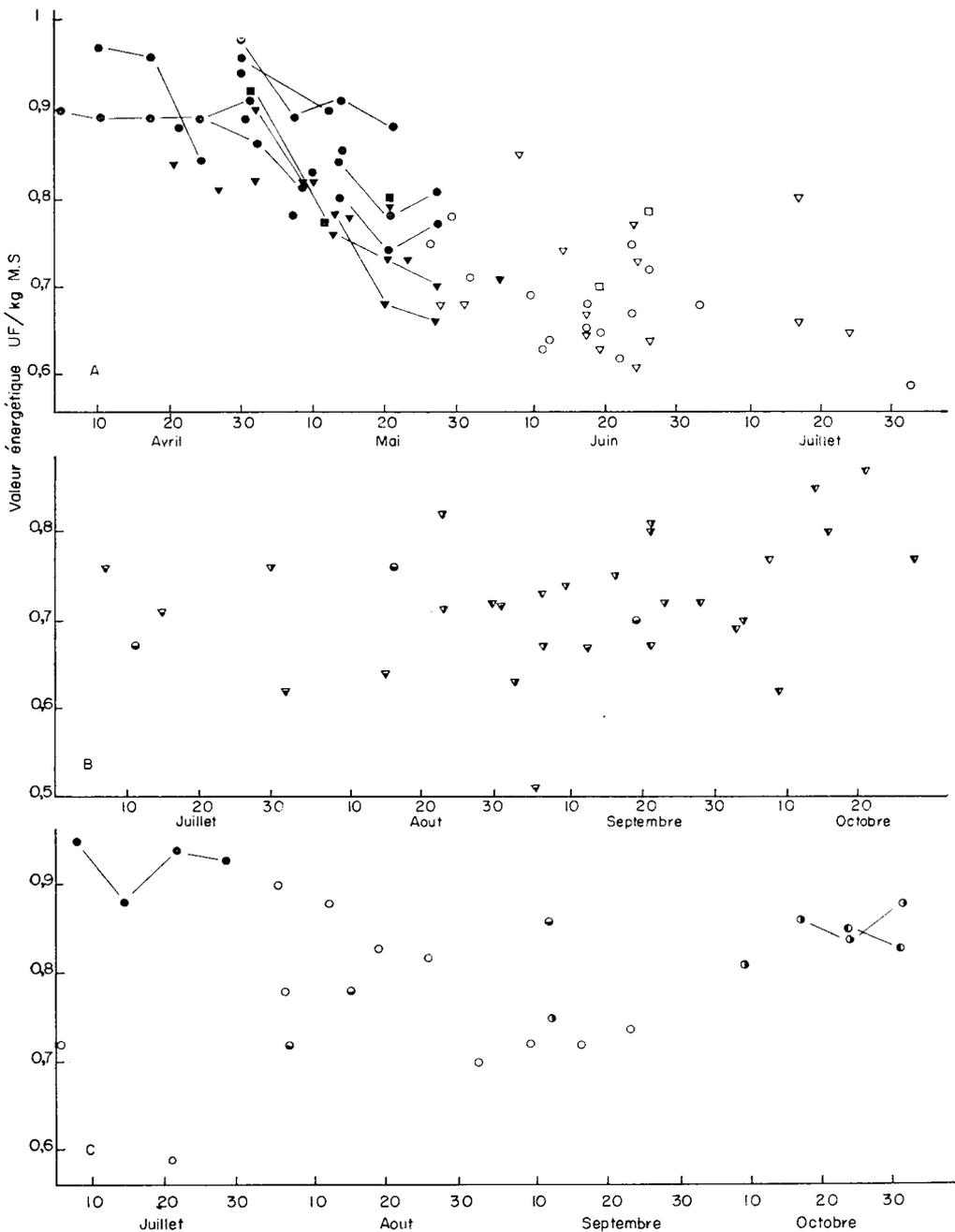


FIG. 12. — Variations avec la date d'exploitation, de la valeur énergétique du kg de matière sèche (UF/kg MS) des fourrages : (A) 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de végétation, (B) 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, (C) fourrages exploités pendant l'année du semis.  
(Pour la signification des symboles voir page 308).

TABLEAU 7

Relations entre la digestibilité de la matière organique ( $y$ )  
et la digestibilité de la cellulose brute ( $x_1$ ),  
et entre la teneur en matière organique indigestible ( $z$ )  
et la teneur en cellulose brute indigestible ( $x_2$ )  
des fourrages au cours des différents cycles de croissance

## I. — Fourrages exploités après l'année du semis

| Numéro du cycle | Nature du fourrage     | Nombre d'échantillons | Digestibilité de la matière organique ( $y$ ) et digestibilité de la cellulose brute ( $x_1$ ) | Teneur en matière organique indigestible ( $z$ ) et teneur en cellulose brute indigestible ( $x_2$ ) |
|-----------------|------------------------|-----------------------|--|--|
| 1               | « Ray-Grass »          | 32                    | $y = 0,770 x_1 + 17,75$<br>( $\pm 2,36$ )<br>$r = 0,808$                                       | $z = 2,327 x_2 + 6,57$<br>( $\pm 1,21$ )<br>$r = 0,952$  |
|                 | « Dactyles »           | 15                    | $y = 0,877 x_1 + 8,23$<br>( $\pm 2,25$ )<br>$r = 0,809$  | $z = 1,854 x_2 + 9,79$<br>( $\pm 0,44$ )<br>$r = 0,970$  |
|                 | Ensemble des fourrages | 47                    | $y = 0,874 x_1 + 9,19$<br>( $\pm 2,39$ )<br>$r = 0,861$  | $z = 2,124 x_2 + 7,67$<br>( $\pm 1,15$ )<br>$r = 0,966$  |
| 2               | « Ray-Grass »          | 17                    | $y = 0,570 x_1 + 31,62$<br>( $\pm 1,74$ )<br>$r = 0,783$                                       | $z = 1,789 x_2 + 10,25$<br>( $\pm 1,30$ )<br>$r = 0,868$   |
|                 | « Dactyles »           | 15                    | $y = 0,859 x_1 + 9,61$<br>( $\pm 2,00$ )<br>$r = 0,832$  | $z = 1,673 x_2 + 11,55$<br>( $\pm 2,37$ )<br>$r = 0,646$   |
|                 | Ensemble des fourrages | 32                    | $y = 0,557 x_1 + 31,66$<br>( $\pm 2,20$ )<br>$r = 0,717$                                       | $z = 1,763 x_2 + 10,59$<br>( $\pm 1,81$ )<br>$r = 0,764$   |
| 3               | Ensemble des fourrages | 10                    | $y = 0,553 x_1 + 32,08$<br>( $\pm 2,51$ )<br>$r = 0,766$                                       | $z = 1,713 x_2 + 12,68$<br>( $\pm 1,41$ )<br>$r = 0,912$   |
| 4               | « Dactyles »           | 11                    | $r = 0,568$ NS   | $z = 1,589 x_2 + 10,97$<br>( $\pm 2,55$ )<br>$r = 0,758$   |
| 5               | « Dactyles »           | 11                    | $y = 0,443 x_1 + 42,32$<br>( $\pm 2,13$ )<br>$r = 0,723$                                       | $z = 1,433 x_2 + 11,77$<br>( $\pm 1,17$ )<br>$r = 0,895$   |
| 5               | Dactyle-Trèfle blanc   | 9                     | $y = 0,698 x_1 + 21,13$<br>( $\pm 2,05$ )<br>$r = 0,735$                                       | $z = 1,819 x_2 + 9,48$<br>( $\pm 1,11$ )<br>$r = 0,895$  |
| 4 + 5           |                        | 16                    | $y = 0,778 x_1 + 15,88$<br>( $\pm 2,68$ )<br>$r = 0,695$                                       | $z = 2,633 x_2 + 4,49$<br>( $\pm 1,40$ )<br>$r = 0,922$  |
| 3 + 4 + 5       |                        | 19                    | $y = 0,824 x_1 + 12,03$<br>( $\pm 2,28$ )<br>$r = 0,740$                                       | $z = 2,592 x_2 + 4,78$<br>( $\pm 1,30$ )<br>$r = 0,935$  |
| 2 + 3 + 4 + 5   |                        | 28                    | $y = 0,922 x_1 + 4,502$<br>( $\pm 1,40$ )<br>$r = 8,55$  | $z = 2,567 x_2 + 4,84$<br>( $\pm 1,55$ )<br>$r = 0,961$  |
| 3 + 4 + 5       | Dactyle-Luzerne        | 10                    | $r = 0,384$ NS   | $z = 1,151 x_2 + 14,53$<br>( $\pm 1,71$ )<br>$r = 0,739$   |
| 2 + 3 + 4 + 5   |                        | 16                    | $y = 0,268 x_1 + 51,51$<br>( $\pm 2,51$ )<br>$r = 0,525$                                       | $z = 1,274 x_2 + 13,47$<br>( $\pm 1,72$ )<br>$r = 0,759$   |

TABLEAU 7 (suite)

II. — Fourrages exploités pendant l'année du semis

|                   |               |    |   |  |
|-------------------|---------------|----|---|--|
| 1                 |               | 6  |   | $z = 2,453 x_2 + 4,16$<br>( $\pm 0,93$ ) |
|                   |               |    | $r = 0,750^*$                             | $r = 0,846$                              |
| 2                 |               | 11 | $y = 0,526 x_1 + 35,34$<br>( $\pm 2,07$ ) | $z = 2,431 x_2 + 6,31$<br>( $\pm 0,42$ ) |
|                   |               |    | $r = 0,884$                               | $r = 0,956$                              |
| 3 + 4 + 5         | « Ray-Grass » | 10 |   | $z = 1,682 x_2 + 8,45$<br>( $\pm 2,19$ ) |
|                   |               |    | $r = 0,621^*$                             | $r = 0,659$                              |
| 2 + 3 + 4 + 5     |               | 21 | $y = 0,567 x_1 + 33,75$<br>( $\pm 2,79$ ) | $z = 2,435 x_2 + 5,53$<br>( $\pm 2,00$ ) |
|                   |               |    | $r = 0,772$                               | $r = 0,867$                              |
| 1 + 2 + 3 + 4 + 5 |               | 27 | $y = 0,596 x_1 + 31,96$<br>( $\pm 2,67$ ) | $z = 2,514 x_2 + 4,81$<br>( $\pm 1,89$ ) |
|                   |               |    | $r = 0,783$                               | $r = 0,867$                              |

7  $0,05 < P < 0,10$ .

l'année du semis ( $r = + 0,867$ ) et les repousses de Dactyle-Luzerne ( $r = + 0,759$ ) (tabl. 7).

Les liaisons sont plus étroites entre le ballast et la cellulose brute indigestible qu'entre la digestibilité des fourrages et la digestibilité de la cellulose brute, car il n'y a plus l'interférence des matières azotées et des autres constituants cytoplasmiques. Quand la teneur en cellulose brute indigestible augmente d'un point, la teneur en ballast augmente de 1,5 à 2,5 points suivant les cycles et les fourrages. A teneur égale en cellulose brute indigestible, la teneur en ballast est à peu près identique dans tous les fourrages (fig. 11) sauf, peut-être, dans les « Dactyle-Luzerne » où elle est un peu plus faible.

#### Valeur énergétique nette

La valeur énergétique nette exprimée en UF étant plus familière aux zootechniciens, aux éleveurs et aux économistes que le coefficient de digestibilité, nous l'avons calculée à partir de la teneur en matière organique digestible pour chacun de nos fourrages. Nous avons le choix entre plusieurs méthodes, même en appliquant les principes de KELLNER qui demeurent les plus utilisés et, encore, les plus sûrs dans l'état actuel de nos connaissances. Nous pouvions en effet calculer soit la valeur amidon de KELLNER, soit la valeur fourragère en NKF de BREIREM (1954) d'une part, et utiliser la « déduction cellulose brute » de KELLNER ou la « déduction ballast » de LEHMANN (1941) reprise par BREIREM (1954) d'autre part. De ces quatre combinaisons possibles nous en avons retenu deux qui nous semblaient les plus intéressantes à des titres divers.

D'une part nous avons calculé la valeur amidon suivant la méthode proposée par la Station de Hoorn aux Pays-Bas (DIJKSTRA, 1954). C'est une simplification de la méthode initiale de KELLNER qui est utilisée lorsqu'on ne dispose pas des teneurs

en matières protéiques digestibles et en matières grasses digestibles, deux fractions qui, telles qu'elles sont déterminées suivant la méthode d'analyse classique, n'ont qu'une signification très limitée. A partir des teneurs en matière organique digestible (M. O. D.), en matières azotées digestibles (M. A. D.) et en cellulose brute (C. B.), la valeur amidon ( $y$ ) est alors estimée par la relation :

$$y = \text{M.O.D.} - 0,06 \text{ M.A.D.} - k. \text{ C.B.}$$

Le coefficient  $k$  varie de 0,29 à 0,58 dans le même sens que la teneur en cellulose brute dans la matière verte. En multipliant cette valeur amidon par 1,43 facteur de conversion le plus souvent adopté (LEROY, 1949 — BREIREM, 1954), nous obtenons la valeur fourragère avec la correction cellulose brute.

D'autre part nous avons estimé la valeur énergétique en calories d'énergie nette pour l'engraissement (NKF) avec la correction de LEHMANN (cf. BREIREM, 1954). La valeur fourragère est alors déduite des teneurs en matière organique digestible (M.O.D.) et en matière organique non digestible ou «ballast» (M.O.N.D.) par la relation :

$$y = \frac{2,36 \text{ M. O. D.} - 1,20 \text{ M. O. N. D.}}{1,650}$$

Enfin, nous avons calculé la valeur fourragère non plus à partir des constituants digestibles mais à partir des teneurs en matière organique et cellulose brute du fourrage d'après les tables hollandaises du « Laboratoire d'Analyse des Sols et des Fourrages de Mariendaal ». Celles-ci sont bâties sur les relations de régression observées aux Pays-Bas entre la valeur amidon calculée à partir des résultats de digestibilité suivant la méthode de la Station de Hoorn, et la teneur en cellulose brute des fourrages.

Le tableau 8 donne pour chaque cycle des « Ray-grass » et des « Dactyles », les moyennes et les extrêmes de la valeur énergétique exprimée en UF par kg de matière sèche, calculés suivant les trois méthodes.

#### *Comparaison entre les différentes estimations de la valeur énergétique.*

1° Les valeurs énergétiques calculées à partir de la teneur en matière organique digestible par les deux méthodes décrites, sont en étroite corrélation mais ne sont identiques que pour les fourrages d'une digestibilité supérieure à 80 p. 100. Les valeurs calculées avec la « correction ballast » sont plus faibles que les valeurs calculées avec la « correction cellulose brute » pour les fourrages de digestibilité inférieure à 80 p. 100, et cela d'autant plus que la digestibilité est plus faible. Pour des fourrages dont la digestibilité est de 65 p. 100, la différence est de l'ordre de 0,06 UF par kg de matière sèche. La même divergence avait été constatée par HOMB (1953) pour des fourrages verts à base de fléole et de trèfle violet. La différence entre les deux estimations est donc à peu près nulle pour les fourrages exploités l'année du semis, faible pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle (0,02 à 0,03 UF), et maximum pour les repousses, notamment pour celles du 2<sup>e</sup> cycle (0,04 à 0,06 UF), (tabl. 8).

Ces différences variables avec le coefficient de digestibilité tiennent au fait que le ballast ne présente pas une liaison très étroite avec la teneur en cellulose brute (tabl. 6) ; ainsi, en fin de 1<sup>er</sup> cycle la teneur en ballast augmente plus rapidement

TABLEAU 8

Valeurs moyennes et extrêmes de la valeur énergétique des fourrages suivant les différents cycles végétatifs  
 I. — Fourrages exploités après le semis

| N° du cycle | Nature du fourrage | Dates extrêmes des mesures | Nombre d'échantillons | Unités fourragères par kg de matière sèche        |  |   | Unités fourragères par kg de matière verte (UF <sub>v</sub> /kg MV) |
|-------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|---|--|---|---|
|             |                    |                            |                       | Calculées à partir des résultats de digestibilité |  | Calculées à partir des tables hollandaises (UF <sub>T</sub> /kg MS) |   |
|             |                    |                            |                       | Avec la correction ballast (UF /kg MS)            | Avec la correction cellulose brute (UF <sub>cb</sub> /kg MS) |   |   |
| 1           | « Ray-Grass »      | 3.4-28.6                   | 32                    | 0,86 (0,77-0,98)                                  | 0,88 (0,78-0,99)   | 0,83 (0,63-1,02)  | 0,96 (0,80-1,12)  |
|             | « Dactyles »       | 14.1-9.6                   | 15                    | 0,77 (0,66-0,90)                                  | 0,80 (0,68-0,92)   | 0,71 (0,48-0,93)  | 0,84 (0,71-0,98)  |
| 2           | « Ray-Grass »      | 25.5-11.8                  | 17                    | 0,69 (0,59-0,79)                                  | 0,75 (0,67-0,83)   | 0,74 (0,61-0,87)  | 0,77 (0,68-0,90)  |
|             | « Dactyles »       | 25.5-4.8                   | 15                    | 0,69 (0,59-0,85)                                  | 0,73 (0,61-0,84)   | 0,67 (0,49-0,77)  | 0,77 (0,68-0,93)  |
| 3           | « Ray-Grass »      | 29.6-22.9                  | 4                     | 0,75 (0,67-0,87)                                  | 0,79 (0,73-0,89)   | 0,75 (0,70-0,82)  | 0,85 (0,75-0,98)  |
|             | « Dactyles »       | 6.7-14.9                   | 7                     | 0,67 (0,58-0,76)                                  | 0,71 (0,62-0,78)   | 0,67 (0,59-0,77)  | 0,76 (0,62-0,87)  |
| 4           | « Dactyles »       | 28.7-6.10                  | 11                    | 0,74 (0,63-0,82)                                  | 0,76 (0,69-0,83)   | 0,66 (0,56-0,79)  | 0,83 (0,72-0,99)  |
|             | « Dactyles »       | 28.8-31.10                 | 11                    | 0,75 (0,67-0,87)                                  | 0,79 (0,72-0,89)   | 0,74 (0,61-0,86)  | 0,88 (0,80-1,01)  |

II. — Fourrages exploités pendant l'année du semis

|   |               |            |    |                     |                     |                  |                     |                     |
|---|---------------|------------|----|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | « Ray-Grass » | 6.6-2.8    | 6  | 0,90 (0,83-0,95)    | 0,90 (0,86-0,94)    | 0,81 (0,76-0,89) | 1,02 (0,95-1,07)    | 0,13 (0,12-0,14)    |
| 2 | « Ray-Grass » | 6.7-27.9   | 11 | 0,76 (0,59-0,90)    | 0,80 (0,69-0,89)    | 0,76 (0,68-0,87) | 0,89 (0,76-1,06)    | 0,11 (0,09-0,18)    |
| 3 | « Ray-Grass » | 6.8-16.9   | 3  | 0,78 (0,72-0,84)    | 0,80 (0,77-0,84)    | 0,79 (0,72-0,83) | 0,92 (0,86-0,97)    | 0,11 (0,10-0,13)    |
| 4 | « Ray-Grass » | 11.9-4.11  | 5  | 0,83 (0,75-0,88)    | 0,83 (0,77-0,88)    | 0,74 (0,69-0,81) | 1,00 (0,91-1,08)    | 0,11 (0,10-0,13)    |
| 5 | « Ray-Grass » | 23.10-4.11 | 2  | 0,84 (0,83 et 0,85) | 0,85 (0,85 et 0,85) | 0,70 (0,65-0,76) | 1,05 (1,05 et 1,05) | 0,15 (0,14 et 0,16) |

que la teneur en cellulose brute. La « correction ballast » accentue beaucoup plus que la « correction cellulose brute » les différences entre les fourrages très digestibles et les fourrages peu digestibles, parce qu'elle fait intervenir pratiquement deux fois le coefficient de digestibilité. Pour des raisons exposés dans la discussion, nous retiendrons les valeurs énergétiques NKF calculées avec la « correction ballast ».

2<sup>o</sup> Nous pouvons comparer les valeurs calculées avec la « correction cellulose brute » et les valeurs estimées à partir de la composition chimique à l'aide des tables hollandaises, puisque les valeurs énergétiques de ces tables ont été calculées avec la « correction cellulose brute ». De cette comparaison il ressort deux faits principaux :

La liaison entre les deux valeurs est assez étroite pour les fourrages du premier cycle mais elle devient très lâche, ou même inexistante, pour les repousses et les fourrages exploités pendant l'année du semis. Cela pouvait être prévu puisque, en dehors du premier cycle de végétation, il n'existe pas de liaison étroite entre la digestibilité de la matière organique et la teneur en cellulose brute de nos fourrages (fig. 9).

Par ailleurs, les valeurs estimées à l'aide des tables hollandaises sont en moyenne assez proches des valeurs directes pour les fourrages des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles de croissance, mais elles sont systématiquement plus faibles pour les fourrages du 1<sup>er</sup> cycle et ceux des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> cycles, notamment pour les fourrages exploités pendant l'année du semis (tabl. 8). La sous-estimation a été accentuée pour les fourrages d'automne par la diminution préconisée par ces tables (0,03 et 0,09 UF respectivement après le 15 septembre et le 15 novembre), et qui n'est pas justifiée dans le cas de nos fourrages. On peut alors penser que les fourrages verts sur lesquels reposent les tables hollandaises étaient moins digestibles que les nôtres à teneur égale en cellulose brute, et cela pour diverses raisons : forte proportion de fourrages des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles de croissance, herbe de prairie permanente à flore complexe...

#### *Variations de la valeur énergétique.*

Calculée à partir des teneurs en matière organique digestible et en matière organique indigestible, la valeur énergétique du kg de matière sèche subit les mêmes variations que le coefficient de digestibilité (tabl. 8), mais ces variations sont amplifiées : en moyenne la valeur énergétique varie de 0,02 U F quand le coefficient de digestibilité varie de 1 point. Elle a notamment présenté des valeurs maximum (supérieures à 0,90 U F) au début du 1<sup>er</sup> cycle de croissance et pour les plantes directement issues du semis, et des valeurs minimum au 2<sup>e</sup> cycle. L'amplitude des variations pour des fourrages du même cycle a été importante : environ 0,30 U F au 1<sup>er</sup> cycle et 0,20 U F pour les suivants (fig. 12).

En moyenne la valeur énergétique du kg de matière verte a été relativement comparable pour les fourrages des différents cycles de croissance : 0,15, 0,15, 0,15, 0,14, et 0,13 U F respectivement pour les cycles successifs. Les différences entre cycles de la valeur énergétique de la matière sèche ont donc été sensiblement compensées par les variations en sens contraire de la teneur en matière sèche. Il n'en a pas été de même à l'intérieur de chacun des cycles : la valeur énergétique du kg de matière verte y a varié du simple au double dans le même sens, en moyenne, que la teneur en matière sèche. Elle est demeurée relativement plus faible et moins variable pour les fourrages exploités pendant l'année du semis dont la teneur en matière sèche a été constamment faible.

## DISCUSSION

Les données que nous venons d'exposer doivent être considérées comme une introduction à l'étude des variations de la digestibilité des fourrages. Elles résultent d'une collecte effectuée au cours de plusieurs années consécutives et non d'une étude planifiée. Elles sont donc très hétérogènes ; d'abord, les fourrages étudiés ne sont généralement pas d'espèces pures à l'exception du Ray-grass d'Italie et de certains Dactyles ; la proportion de Trèfle blanc accompagnant le Dactyle, le Ray-grass ou la Fétuque a été cependant assez faible dans l'ensemble ; au contraire, la proportion de Luzerne accompagnant le Dactyle ou la Fétuque élevée a été apparemment très variable et parfois importante dans les repousses ; les différentes prairies sont inégalement représentées surtout dans la répartition saisonnière ; enfin, les conditions de croissance ont été très variables avec les conditions climatiques très différentes suivant les années et, même avec le sol, puisque les fourrages ont été récoltés dans les deux Stations de Jouy et de La Minière dont les sols sont nettement différents.

De plus, pendant les quatre années au cours desquelles ces données ont été enregistrées, la méthode de mesure a varié. Jusqu'en 1960, les mesures ont été effectuées au niveau de l'entretien, mais il est apparu que cette méthode était assez artificielle pour les fourrages verts dans sa réalisation et dans son principe ; d'une part, il est très difficile de maintenir les animaux à un niveau voisin de l'entretien en raison de la brièveté des périodes préexpérimentales et des grandes variations de la teneur en matière sèche d'un jour à l'autre ; d'autre part, en limitant la consommation au niveau de l'entretien, on place l'animal dans des conditions très différentes de celles de l'animal au pâturage (tout au moins dans les conditions d'utilisation intensive) et on ne peut pas mesurer les variations de l'acceptabilité de l'herbe. En distribuant le fourrage presque *ad libitum* (refus limités à 10-15 p. 100) on place l'animal dans des conditions plus voisines de celles du pâturage et on obtient une estimation de l'acceptabilité qui n'est peut-être pas exacte en valeur absolue, mais qui permet de comparer les différents fourrages.

Il s'agit alors de savoir si la digestibilité mesurée à un niveau *ad libitum* n'est pas systématiquement plus faible que la valeur obtenue au niveau de l'entretien. Cette différence est nette pour les foins et d'autant plus accentuée qu'ils sont moins digestibles (BLAXTER, 1961) ; elle est, en revanche, beaucoup plus faible (RAYMOND et *al.*, 1959), voire nulle pour les fourrages verts (ANDERSEN et *al.*, 1959 ; HUTTON, 1962 ; DEMARQUILLY, résultats non publiés) ; dans ce dernier cas, la proportion de refus tolérée a une action beaucoup plus marquée que le niveau d'ingestion, tout au moins pour les fourrages qui ont des tiges. Nous pouvons donc admettre que les résultats obtenus à partir de 1961 à un niveau voisin de l'ingestion maximum, sont très comparables à ceux qui ont été obtenus de 1958 à 1960 à un niveau voisin de l'entretien.

La méthode de mesure utilisée soulève un autre problème ; est-ce que, pour un fourrage dont la composition et la digestibilité évoluent, la valeur obtenue sur une période de mesure limitée à une semaine représente réellement la digestibilité moyenne du fourrage au cours de la semaine (ou au milieu de la semaine) ? Elle est certaine-

ment très représentative dans le cas des fourrages feuillus des 3<sup>e</sup>-6<sup>e</sup> cycles de croissance dont la composition morphologique et la digestibilité évoluent relativement peu avec l'âge ; elle a fourni au contraire une estimation légèrement par excès dans le cas des plantes du 1<sup>er</sup> cycle à partir de l'épiaison, plantes dont la digestibilité diminue rapidement. De toute façon, la digestibilité ainsi mesurée est bien représentative de celle de l'herbe consommée par l'animal qui pâture.

Compte tenu des insuffisances et des incertitudes qui viennent d'être exposées, les résultats obtenus montrent que l'herbe qu'ont à consommer les animaux pâturent des prairies temporaires intensives, a une digestibilité et une valeur nutritive beaucoup plus variable qu'on ne le pensait généralement.

#### *Principales causes de variations de la digestibilité de l'herbe de pâturage*

Ces variations de la digestibilité de nos fourrages sont dues aux modifications de la composition morphologique et des caractéristiques physico-chimiques sous l'action de nombreux facteurs : âge et stade de développement, proportion des différentes espèces, numéro du cycle, saison et conditions climatiques. Elles traduisent avant tout les variations de la digestibilité des membranes comme le montre la relation étroite qui les lie dans tous les cas à la digestibilité de la cellulose brute (tabl. 7) ; JARRIGE et MINSON (1964) ont analysé de façon plus approfondie ces relations dans les cas du Ray-Grass S 24 et du Dactyle S 37.

#### *Age et composition morphologique.*

L'influence de l'âge ou du stade de développement est prépondérante au 1<sup>er</sup> cycle de croissance. Très élevée au début de la croissance, la digestibilité diminue ensuite de façon régulière et relativement semblable pour les différents fourrages étudiés. La diminution moyenne de 0,32 point par jour que nous avons enregistrée est comparable à celle observée dans différents autres pays de l'hémisphère nord : 0,47 pour les fourrages mixtes de Graminées (fléole) Légumineuses (trèfle violet) en Norvège (HOMB, 1953), 0,52 pour la Fléole et 0,33 pour le Trèfle violet en Suède (KIVIMAE, 1959), 0,48 pour un ensemble de fourrages de l'État de New York (REID et al., 1959), 0,30 pour un ensemble de fourrages de l'État du Delaware (RICHARDS et al., 1962), 0,39 pour un ensemble de fourrages du Maryland (KANE et al., 1959), 0,5 pour le Dactyle S 37 et les Ray-grass S 23 et S 24 en Angleterre (MINSON et al., 1960). Il est intéressant de noter que les fourrages récoltés à Hurley par ces derniers auteurs en 1958, ont eu une digestibilité très voisine des Ray-grass anglais et des Dactyles que nous avons étudiés à la même date ; de plus, le Ray-grass *Io* a conservé une digestibilité maximum pendant plusieurs semaines, jusqu'au début mai, comme l'ont fait les Ray-grass anglais et Dactyles de Hurley. Toutes les espèces fourragères ne présentent d'ailleurs pas un tel « plateau » : au cours d'études plus récentes nous n'en avons pas observé chez la Fléole et la Luzerne. L'évolution de la digestibilité au cours du 1<sup>er</sup> cycle est déterminée par les modifications de la composition morphologique de la plante et de la lignification des membranes ; elle a été récemment analysée et discutée par JARRIGE et MINSON (1964).

La composition morphologique des Graminées au 2<sup>e</sup> cycle de croissance dépend avant tout du stade de développement auquel a été effectuée la première exploitation et des conditions de celle-ci (hauteur). A âge égal, la proportion de tiges dans les

fourrages du 2<sup>e</sup> cycle que nous avons étudiés a donc pu varier de façon considérable, d'autant plus que les conditions de la première exploitation ont une action variable avec l'espèce, et même la variété, chez les Graminées. C'est pourquoi la digestibilité de cet ensemble de fourrages a eu simplement tendance à diminuer avec l'âge mais pas de façon significative ; il n'en reste pas moins qu'elle diminue pour une plante donnée mais moins rapidement qu'au 1<sup>er</sup> cycle (DEMARQUILLY, résultats non publiés). Par ailleurs, à composition chimique comparable, les plantes du 2<sup>e</sup> cycle ont une digestibilité plus faible que celle du 1<sup>er</sup> cycle, parce que leurs membranes sont plus lignifiées. HOMB (1953) avait lui aussi noté que la digestibilité des fourrages de Trèfle violet-Fléole ne présentait pas de liaison avec la teneur en cellulose brute au 2<sup>e</sup> cycle, tout au moins quand il traitait ensemble les échantillons d'années différentes.

Bien que très hétérogènes, nos données permettent de penser que la digestibilité des plantes récoltées en été, aux 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles de croissance, peut diminuer avec le vieillissement de la plante (fig. 3). Cette diminution est lente au cours du 3<sup>e</sup> cycle de croissance de la Luzerne où elle est due, comme précédemment, à l'augmentation de la proportion de tiges et de parties mortes ; elle est très lente chez les repousses des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles des Graminées (DEMARQUILLY, résultats non publiés). Elle peut intervenir chez les Graminées par suite d'une augmentation de la proportion des parties mortes et ensuite, d'un accroissement de la lignification des membranes. MINSON *et al.* (1960) constatent effectivement que les repousses d'été des Ray-grass S 23 et S 24 et du Dactyle S 27 âgées de 2 mois, sont moins digestibles que les repousses âgées d'un mois, mais la différence est très variable.

Ils constatent également que cette différence devient faible en automne, ce qui est en accord avec nos données sur les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> cycles ou sur les fourrages récoltés à partir de la mi-septembre. Il est probable que la composition et la digestibilité des parties vertes des plantes feuillues d'automne demeurent sensiblement constantes, indépendamment de l'âge, mais que la digestibilité de la plante entière peut diminuer par suite de l'accroissement des parties mortes.

#### *Espèces.*

Bien que nous n'ayions pas travaillé sur des espèces pures, nos données mettent en évidence des variations de digestibilité relativement systématiques avec la nature du pâturage et l'espèce fourragère. D'une part, l'herbe des prairies contenant une proportion importante de Luzerne est moins digestible que celle des prairies à base de Graminées ; d'autre part, les Ray-grass sont généralement plus digestibles que les Dactyles à la même date ou à nombre de jours de croissance égal. Ces observations partielles rejoignent les résultats plus complets de MINSON *et al.* (1960) à Hurley qui ont montré que, toutes conditions égales par ailleurs, les Ray-grass anglais S 23 et S 24 étaient plus digestibles que le Dactyle S 37, de 5 unités en moyenne. De même, il semblerait que les fourrages à base de Fétuque des prés (associée ou non à la Fléole) aient eu une digestibilité plus proche de celle des Ray-grass, que de celle des Dactyles, ce qui est en accord avec nos mesures plus systématiques (DEMARQUILLY, résultats non publiés).

Pour pouvoir tirer des conclusions de portée générale dans ce domaine, il faut comparer la digestibilité d'un nombre suffisant d'échantillons de ces différentes espèces, semées sans association, cultivées côte à côte et récoltées à des stades comparables au cours des différents cycles. Il faut aussi vérifier s'il n'y a pas de varia-

tions appréciables de digestibilité entre les variétés sélectionnées à l'intérieur de chaque espèce ; COOPER *et al.*, (1962) ont trouvé de telles différences *in vitro*, et montré qu'elles étaient relativement héréditaires.

En accord avec l'interprétation donnée par JARRIGE et MINSON (1964), nos fourrages à base de Dactyle ont été moins digestibles que ceux à base de Ray-grass parce qu'ils contenaient plus de membranes, celles-ci étant par ailleurs moins digestibles à teneur égale, notamment au cours du 1<sup>er</sup> cycle où seules les comparaisons peuvent être faites (tabl. 6).

#### *Saison et climat.*

L'influence des facteurs saisonniers et climatiques sur la digestibilité est, elle aussi, difficile à dégager de nos données ; pour la mettre en évidence, il faudrait en effet comparer des fourrages d'une même variété récoltés à stade morphologique équivalent au cours des différentes saisons et de plusieurs années consécutives.

Il apparaît cependant que les plantes ont, à composition chimique égale, une digestibilité plus élevée au 1<sup>er</sup> cycle qu'aux autres cycles parce que leurs membranes sont plus digestibles (fig. 9). Ce fait, en accord avec les données d'autres auteurs (MINSON *et al.*, 1960), est dû surtout à la faible lignification de ces membranes (JARRIGE et MINSON, 1964). La digestibilité des repousses augmente ensuite au cours des cycles successifs, parce que les fourrages sont de plus en plus feuillus et de plus en plus pauvres en membranes. Il semble également que la sécheresse puisse avoir diminué la digestibilité des plantes des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cycles récoltées en 1959 et 1961 : cette diminution demeure limitée si on la compare aux variations très importantes de la quantité d'herbe produite et de la teneur en matière sèche de cette herbe.

#### *Difficultés d'estimation de la valeur énergétique nette*

Calculée à partir de la teneur en matière organique digestible et avec la « correction ballast » la valeur énergétique nette de nos fourrages présente des variations encore plus importantes que leur coefficient de digestibilité : en gros de 0,60 à 0,95 U F par kg de matière sèche. Cela s'explique aisément puisque la méthode de calcul utilisée fait intervenir deux fois le coefficient de digestibilité, lorsque celui-ci varie d'un point, la valeur énergétique varie en gros de 0,02 U F par kg de matière sèche.

Nous avons choisi cette méthode de calcul, de préférence à la méthode de KELLNER avec la correction cellulose brute, pour plusieurs raisons de nature très différente :

— le coefficient de la « correction cellulose brute » de KELLNER varie avec la teneur en cellulose brute dans la matière verte suivant une loi très artificielle dont les bases expérimentales sont incertaines ; il dépend ainsi de la teneur en eau du fourrage dont nous avons vu les fortes variations avec les conditions climatiques, et il est plus faible pour l'herbe fraîche que pour la même herbe déshydratée ; ce dernier point est en contradiction avec les résultats de BLAXTER (1964) selon lesquels la valeur énergétique nette de l'herbe déshydratée est plus élevée que celle de l'herbe fraîche initiale ;

— dans son principe la « correction ballast » est en excellent accord avec les données récentes selon lesquelles le coefficient de transformation de l'énergie métabo-

lisable en énergie nette pour l'engraissement, varie dans le même sens que la teneur en énergie métabolisable (BLAXTER, 1961) et, par suite, que la teneur en matière organique digestible. Cela est dû, au moins en partie, aux modifications de la composition du mélange d'acides gras volatils produit dans le rumen, elles-mêmes associées aux modifications de la composition de la matière organique digestible que montrent bien nos résultats (tabl. 9) ;

TABLEAU 9

*Évolution de la composition de la matière organique digestible des fourrages à base de ray-grass et à base de dactyle au cours du 1<sup>er</sup> cycle de végétation (en p. 100)*

| Date                 | « Ray-Grass »                |                            |             | « Dactyles »                 |                            |             |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|
|                      | Matières azotées digestibles | Cellulose brute digestible | Indéterminé | Matières azotées digestibles | Cellulose brute digestible | Indéterminé |
| 15 Avril             | 18,0                         | 25,0                       | 57,0        | 21,0                         | 26,0                       | 55,0        |
| 1 <sup>er</sup> Mai  | 15,0                         | 28,0                       | 57,0        | 16,0                         | 29,0                       | 55,0        |
| 15 Mai               | 13,0                         | 30,0                       | 57,0        | 12,0                         | 33,0                       | 55,0        |
| 1 <sup>er</sup> Juin | 10,0                         | 35,0                       | 55,0        | 8,0                          | 38,0                       | 54,0        |

— la « correction ballast » est un moyen simple de calculer la valeur énergétique à partir de la teneur en matière organique digestible, sans avoir à déterminer la teneur en cellulose brute dont on connaît par ailleurs le caractère assez conventionnel.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est cependant pas possible d'affirmer que la méthode adoptée permet une meilleure estimation de la valeur énergétique réelle que la méthode de KELLNER, ni de connaître le degré de précision de cette estimation. En effet, la valeur énergétique nette n'a été effectivement mesurée que pour un très petit nombre de fourrages ; de plus, elle n'est pas absolue et varie avec différents facteurs, en particulier avec l'utilisation de l'énergie (entretien, engraissement, croissance, production laitière). En l'absence de ces données de référence, les estimations que nous avons calculées ne peuvent être qu'approximatives en valeur absolue, mais elles devraient être assez satisfaisantes en valeur relative.

Pour apprécier rapidement la valeur nutritive des fourrages, on estime le plus souvent leur coefficient de digestibilité ou leur valeur énergétique à partir de leur teneur en cellulose brute. Cette estimation est relativement bonne pour nos fourrages du 1<sup>er</sup> cycle de croissance, mais elle est incertaine pour la plupart des autres et parfois, même, sans aucun intérêt.

Cette situation a peut-être été aggravée par la façon dont nous avons calculé les relations entre la digestibilité et la teneur en cellulose brute. D'une part nous avons traité ensemble des échantillons relativement variables dans leur composition botanique (proportions variables de légumineuses), et récoltés au cours d'années différentes ; on obtiendrait peut-être une relation plus étroite pour des fourrages récoltés la même année (HOMB, 1953) surtout s'il s'agissait d'espèces pures. D'autre part, nous avons utilisé la teneur en cellulose brute du fourrage offert et non celle

du fourrage effectivement consommé ; cette méthode, qu'il serait long de discuter, introduit une différence appréciable pour les plantes à tiges, mais très faible pour les repousses feuillues ; elle n'explique donc certainement pas les différences en sens inverse observées entre ces plantes dans l'intensité de la liaison entre la digestibilité et la teneur en cellulose brute.

Les études plus systématiques qui sont en cours sur les différents cycles de croissance des principales espèces fourragères, devraient permettre de définir des relations un peu moins imprécises entre la digestibilité et la composition chimique (ou même, entre la digestibilité et l'âge ou le stade de croissance). En revanche, la digestibilité de l'azote et la teneur en matières azotées digestibles peuvent être déduites de façon précise de la teneur en azote ; elles présentent avec celle-ci des relations très semblables à celles observées par les autres auteurs (HOMB, 1953 ; KIVIMAE, 1959 ; HOLTER et REID, 1959 ; DIJKSTRA, 1954).

Aux variations de la composition et de la digestibilité est associée une part importante des variations de la quantité d'herbe consommée par les vaches laitières, lesquelles seront examinées dans la prochaine publication.

*Reçu pour publication en juillet 1964.*

## SUMMARY

### FEEDING VALUE OF HERBAGE FROM LEYS AT THE GRAZING STAGE.

#### I. CHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY

1. From 1958 to 1962 composition, digestibility and feeding value were studied of herbage from leys cut at stages when they were being grazed by a herd of dairy cows. Table 1 shows the characteristics of the pastures studied at the two stations of Jouy and La Minière, and table 2 the climatic conditions, which differed a great deal from year to year.

2. Herbage was cut each morning from a strip reserved for collection. It was given three times a day to from 3 to 5 mature wethers in metabolism crates. From 1958 to 1960 the amount offered corresponded fairly closely to maintenance requirement; thereafter, the wethers were given as much as they could eat, allowing 10 p. 100 refusals.

During the first growth cycle changes in digestibility of herbage from the same pasture were often studied during several weeks. For that each metabolic collection period lasted 6 days, separated from the next period by only one day, Sunday. In all other cases the collection periods lasted 5 to 10 days and the periods of transition were from 2 to 7 days, depending on how great the difference was between the successive samples according to the type, the number of the growth cycle, etc.

3. In this way digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and crude fibre was estimated in 139 samples. Average values and extremes are summarised in table 3, and individual values are presented in figures 1, 2, and 4.

112 forages were cut from pastures the years after they had been sown. The results have been considered in 2 groups: (a) the « ryegrass » group, perennial ryegrass with ladino clover, Italian ryegrass and hybrid ryegrass (47), with which have been included 6 samples of meadow fescue, and (b) the « cocksfoot » group (59), which was made up of cocksfoot with ladino clover (37) and cocksfoot with lucerne (17) with which have been included 5 samples of tall fescue with lucerne.

27 forages came from leys during the year of establishment and all belonged to the « ryegrass » group.

4. During the first growth cycle the contents of ash and crude protein diminished and that of crude fibre increased (figures 1 A and 1 B ; table 4).

Digestibility of organic matter was highest at the beginning of growth and was sometimes maintained for several weeks. From the first days of May it fell generally relatively quickly and regularly, by a little more than 0.3 percentage unit per day. On any one day there was wide variation in digestibility, depending on the species, the capacity of the variety for early growth and the year.

5. Composition of the dry matter of forages from the second cycle did not vary as much as that of the first cycle. On average these forages of the second cycle, particularly those from plots which had been used early in the first cycle, were poorer in crude protein, richest in crude fibre and were the least digestible (table 3) of all samples studied (fig. 1A and 1B). Their digestibility was not significantly related to the number of days growth and was less than that of corresponding plants of the first cycle with a comparable composition.

6. From the third to the sixth growth cycles the forages had more and more crude protein and ash and less and less crude fibre (table 3; fig. 2); on the other hand their dry matter content varied widely with climatic conditions. The digestibility of the organic matter of these forages ranged within fairly wide limits, from 66.3 to 80.9 p. 100. It tended to increase with the number of the cycle and with the progress of the season, without, however, reaching values as high as recorded at the beginning of the first growth cycle.

7. Forages cut the year they were sown, from leys in the course of being established, were characterised by a low dry matter content, partly because of abundant precipitation, and by relatively high contents of ash and crude protein and low crude fibre (fig. 4). Digestibility of plants coming directly from the seeds was high; it was comparable to that of corresponding forage harvested at the beginning of the first cycle in spring and diminished relatively little with age. The digestibility of organic matter of regrowth increased during successive cycles and, in general, was higher than that of regrowth of other herbage.

8. The digestibility of crude protein was essentially a function of the content of crude protein of the herbage (fig. 5). For all the forages taken together the content of digestible crude protein ( $y$ ) was related to the content of crude protein ( $x$ ) by the equation :

$$y = 0.954x - 3.32 (\pm 0.48), \quad r = + 0.993,$$

the values for  $x$  and  $y$  expressed as percentage of dry matter.

9. Digestibility of crude fibre had a tendency to become less when the content of crude fibre in forages of the first cycle increased, but for forages of the different cycles of regrowth it varied almost independently of the crude fibre content (fig. 6). In fact it seemed to depend much more on the date of cutting than on the crude fibre content for the forages of the first and second cycles (fig. 7).

The content of digestible crude fibre increased simultaneously with the content of crude fibre (fig. 8). At an equal crude fibre content it was highest for forages of the first cycle and lowest for forages of the second cycle and it was higher for the « ryegrass » group than for the « cocksfoot » group.

10. In some cases digestibility of organic matter was significantly related to the composition of the forage :

a) With dry matter content for the « ryegrass » group in the first cycle of vegetation,  $r = -0.514$ ,

b) With content of crude protein (fig. 9; table 5). The correlation was close during the first cycle of growth particularly,  $r = + 0.861$ , and much weaker, and not significant, for regrowths and for herbage used during the year when they were sown.

c) With the crude fibre content (fig. 9; table 6). The correlations were significant only for herbage of the first cycle of growth (particularly for the cocksfoot group,  $r = -0.922$ ) and for the regrowths of cocksfoot ladino clover considered together.

In fact the digestibility of the organic matter of our forages was essentially a function of the digestibility of the crude fibre (fig 10; table 7). At the same time, the content of ballast was essentially a function of the content of indigestible crude fibre (fig. 11; table 7).

11. Digestibility of herbage available to animals grazing leys in fact shows wide variation of which the principle causes are discussed. It is most often difficult to predict these variations from the chemical composition of the forage, or more specially from the contents of crude protein and crude fibre.

They can have a considerable effect on the production of individual animals, the more so since they are sometimes associated with variations in the amount eaten. This will be shown in the next publication.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSEN P. E., REID J. T., ANDERSON M. J., STROUD J. W., 1959. Influence of level of intake upon the apparent digestibility of forages and mixed diets by ruminants. *Anim. Sci.*, **18**, 1299-1307.
- ARMSTRONG D. G., COOK H., THOMAS B., 1950. The lignin and cellulose contents of certain grassland species at different stages of growth. *Agric. Sci.*, **40**, 93-99.

- BLAXTER K. L., 1961. The utilization of the energy of food by ruminants. In *2th Symposium on energy metabolism*, 211-225. E.A.A.P. Publ. n° 10.
- BLAXTER K. L., WAINMAN F. W., WILSON R. S., 1961. The regulation of food intake by sheep. *Animal Prod.*, **3**, 51-61.
- BLAXTER K. L., 1964. Utilization of the metabolizable energy of grass. *Proc. Nutr. Soc.*, **23**, 62-70.
- BREIREM K., 1954. Die Nettoenergie als Grundlage der Bewertung der Futtermittel, in : Nehring K., 100 Jahre Möckern. *Die Bewertung der Futtermittel und andere Probleme der Tiernahrung*. Berlin, Deutsche Akad. der Landwirtschaftswissenschaften, t II, 97-108.
- COOPER J. P., TILLEY J. M. A., RAYMOND W. F., TERRY R. A., 1962. Selection for digestibility in herbage grass. *Nature Lond.*, **195**, 1276-1277.
- DEMARQUILLY C., 1963. Influence de la nature du pâturage sur la production laitière et la composition du lait. *Ann. Zootech.*, **12**, 69-104.
- DIJKSTRA N. D., 1954. What has the state Agricultural Experiment Station at Hoorn contributed to research into the feeding value of roughage? *Netherl. J. Agric. Sci.*, **2**, 273-297.
- DIJKSTRA N. D., 1957. Research into the digestibility and feeding value of some grass species and grass of leys. *Versl. Landbouwk Onderz.*; **63**, (1).
- DIJKSTRA N. D., BRANDSMA S., 1955. Research into the digestibility and feeding value of fresh Lucerne. *Versl. Landbouwk Onderz.* **61**, (5).
- FAGAN T. W., 1924 cité par WATSON S. J., 1951. *Grassland and Grassland products*. Edward Arnold Ed.
- HOLTER J. A., REID J. T., 1959. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *J. Anim. Sci.*, **18**, 1339-1349.
- HOMB T., 1953. Chemical composition and digestibility of grassland crops. *Acta Agric. Scand.*, **3**, 1-32.
- HUTTON J. B., 1962. Studies on the nutritive value of New Zealand dairy pastures. II. Herbage intake and digestibility studies with dry cattle. *N. Z. J. Agric. Res.*, **5**, 409-424.
- JARRIGE R., JOURNET M., 1959. Production laitière et pâturage des prairies temporaires. *Bull. Tech. Inf.*, n° **145**, 697-720.
- JARRIGE R., MINSON D. J., 1964. Digestibilité des constituants du ray-grass anglais *S 24* et du dactyle *S 37*, plus spécialement des constituants glucidiques. *Ann. Zootech.*, **13**, 117-150.
- KANE E. A., MOORE L. A., 1959. Digestibility of Beltsville first cut forages as affected by date of harvesting. *J. Dairy Sci.*, **22**, 936 (Abstr.).
- KIVIMÄE A., 1959. Chemical composition and digestibility of some grassland crops. *Acta Agric. Scand.*, **9**, 5-142.
- LEHMANN F., 1941. Die Lehre vom Ballast. *Ztschr. Tierernährung Futtermittelk* **5**, 155-173. Traduction par A. Voisin, 1952. *Ann. Zootech.*, **1**, 97-120.
- LEROY A. M., 1949. Normes pour l'alimentation énergétique. *V<sup>e</sup> Congrès Intern. Zootech.*, Paris 3-10 novembre 1949. Rapports généraux, 7-37.
- MINSON D. J., RAYMOND W. F., HARRIS C. E., 1960. Studies in the digestibility of herbage. VIII. The digestibility of *S 37* cocksfoot, *S 23* rye-grass and *S 24* rye-grass. *J. Brit. Grassl. Soc.*, **15**, 174-180.
- NORMAN A. G., 1935. The composition of crude fibre. *J. Agric. Sci.*, **25**, 529-540.
- RAYMOND W. F., MINSON D. J., HARRIS C. E., 1959. Studies in the digestibility of herbage. VII. Further evidence on the effect of level of intake on the digestibility efficiency of sheep. *J. Brit. Grassl. Soc.*, **14**, 75-77.
- REID J. T., KENNEDY W. K., TURK K. L., SLACK S. T., TRIMBERGER G. W., MURPHY R. P., 1959. Effect of growth stage, chemical composition and physical properties upon the nutritive value of forages. *J. Dairy Sci.*, **42**, 567-571.
- RICHARDS C. R., HAENLEIN G. F. W., CALHOUN M. C., CONNOLLY J. D., WEAVER H. G., 1962. Date of cuts vs the combination of crude fiber and crude protein as estimators of forage quality. *J. Anim. Sci.*, **21**, 844-847.
- WILSON D. J., 1886, cité par WATSON S. J., 1951. *Grassland and Grassland products*. Edward Arnold Ed.
- WOODMAN H. E. et al., 1926. Nutritive value of pasture. *J. Agric. Sci.*, **16**, 205-274 ; **17**, 209-263 ; **18**, 266-297 ; **19**, 236-265 ; **21**, 207-33 ; **22**, 26-71 ; **22**, 852-873.