

LA COMPOSITION DES FÈCES DE MOUTON ET SES RELATIONS AVEC LA DIGESTIBILITÉ DU FOURRAGES

LES FECES SONT UN MELANGE DE LA FRACTION NON DIGEREE DE LA RATION AVEC DES CONSTITUANTS D'ORIGINE INTERNE : PRODUITS D'EXCRETION DE L'ORGANISME (sucrs digestifs, débris cellulaires...) et produits d'origine microbienne (cellules intactes ou en cours de dégradation et produits de leur activité).

L'observation microscopique des fèces du mouton non broyées montre que la fraction indigestible de la ration est essentiellement constituée de fragments de tissus lignifiés, sclérenchymes et tissu vasculaire (DRAPALA et al., 1946 - REGAL, 1960 - E. GRENET) ; il vient s'y ajouter des fragments d'épiderme incrusté de cutine lorsque le mouton consomme des graminées (B. HÉRCUS, 1960 - REGAL, 1960), mais non lorsqu'il consomme de la luzerne (E. GRENET) et des fragments de parenchymes lorsqu'il consomme des plantes jeunes et très feuillues. Quand la plante vieillit et que sa digestibilité diminue, la taille moyenne et le degré de lignification moyen de ces particules augmentent, ainsi que leur importance dans la matière sèche fécale (E. GRENET) (figure 1).

On peut admettre que les constituants membranaires des fèces représentent exactement les constituants membranaires indigestibles de la ration, puisque la proportion des membranes bactériennes semble être très faible chez les ruminants. La fraction organique non membranaire des fèces est essentiellement constituée par l'ensemble des produits d'origine interne mais elle contient aussi une certaine quantité de résidus cytoplasmiques de la ration qui n'ont pas

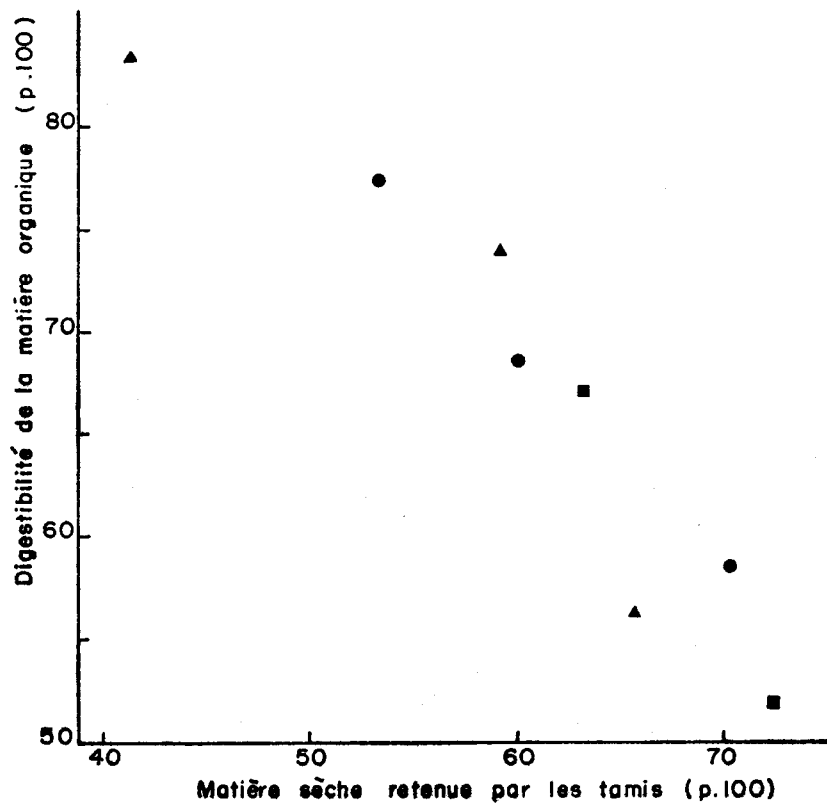


Figure 1

Relation entre la digestibilité de la plante et la proportion de la matière sèche fécale qui est retenue par les tamis de mailles supérieures à 0,10 mm (● luzerne, ▲ fétuque des prés, ■ féole)

été complètement digérés : il est difficile de mesurer l'importance de ces derniers qui doit être relativement faible mais variable.

Dans nos études sur la digestibilité comparée des constituants glucidiques des fourrages (JARRIGE et MINSON, 1964), nous avons analysé de façon relativement complète de nombreux échantillons de fèces de mouton. Nous rapportons ici les variations de la composition chimique et de certaines autres caractéristiques des fèces et leur liaison avec la composition et la digestibilité du fourrage consommé par le mouton.

VARIATIONS DE LA COMPOSITION DES FECES

Nous avons analysé au total 92 échantillons de fèces de mouton : ce sont les échantillons moyens préparés au cours des périodes de mesure de la digestibilité (8 à 12 jours) de fourrages verts et de foin récoltés à différents stades de croissance. Le tableau 1 donne les valeurs extrêmes de la digestibilité et de la teneur (en % de la matière organique) des différents constituants dans les fèces et dans les fourrages correspondants ; les valeurs moyennes ne sont pas reportées mais correspondent sensiblement à la moyenne des valeurs extrêmes.

Selon la méthode de fractionnement utilisée (JARRIGE, 1961 a), on détermine successivement les glucides solubles (eau), les « substances lipidiques » (éthanol benzène), les hémicelluloses (SO_4H_2 à 5 % pendant trois heures), la cellulose (SO_4H_2 à 72 % P/P) et la lignine corrigée (— 6,25 N). Il n'y a pratiquement pas de glucides solubles dans les fèces ; la somme des autres constituants représente de 81 à 87 % de la matière organique fécale (tableau 1) ; les constituants indéterminés sont donc en proportion faible et relativement constante et passent en bonne partie dans l'extrait aqueux.

Les fractions hémicellulose et cellulose de 25 des 92 échantillons ont été analysées après séparation chromatographique sur papier : les hémicelluloses sont constituées de xylanes ($64,2 \% \pm 12,0$), d'arabanes ($11,8 \% \pm 1,8$ %) et d'hexosanes hydrolysables, glucosanes et galactanes ($24,0 \% \pm 10,8$) ; la fraction cellulose est composée de la cellulose vraie ($92,6 \% \pm 1,3$) et de xylanes résiduels ($7,4 \% \pm 1,3$) ; la présence de traces d'autres sucres a été notée dans certains échantillons de légumineuses. La majeure partie des xylanes ($89,9 \% \pm 3,1$) et la totalité des arabanes passent dans la fraction hémicelluloses.

TABLEAU I
COMPOSITION CHIMIQUE DU FOURRAGE INGERE ET DES FECES PRODUITES
(en % de la matière organique)

| | | <i>Ray-Grass anglais</i> | <i>Dactyle</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Trèfle blanc</i> | <i>Foin de pré</i> |
|--|------------|------------------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|
| <i>Nombre d'échantillons</i> | | 30 | 32 | 8 | 7 | 15 |
| <i>Digestibilité de la matière organique</i> | | 60,2 - 85,2 | 50,6 - 78,5 | 60,8 - 80,9 | 68,0 - 80,6 | 49,4 - 69,3 |
| Cendres | { fourrage | 5,1 - 12,4 | 4,5 - 11,2 | 9,3 - 12,9 | 9,9 - 13,0 | 7,0 - 10,0 |
| | { fèces | 8,9 - 25,8 | 6,5 - 25,8 | 15,2 - 24,7 | 13,3 - 29,4 | 7,6 - 12,3 |
| Matières azotées (6,25 N) | { fourrage | 7,5 - 25,9 | 7,0 - 29,7 | 18,2 - 27,9 | 21,6 - 33,8 | 8,3 - 16,3 |
| | { fèces | 11,8 - 34,5 | 8,5 - 29,5 | 11,2 - 25,4 | 20,6 - 39,5 | 9,6 - 16,4 |
| Matières solubles dans l'eau | { fourrage | 29,1 - 42,2 | 19,9 - 36,7 | 29,5 - 46,3 | 32,5 - 37,2 | 19,6 - 28,8 |
| | { fèces | 12,3 - 19,5 | 7,0 - 20,8 | 7,8 - 16,2 | 10,8 - 16,9 | 7,2 - 14,0 |
| Matières solubles dans l'éthanol-benzène | { fourrage | 3,1 - 9,9 | 4,7 - 10,0 | 3,9 - 6,5 | 5,8 - 8,7 | 2,4 - 6,5 |
| | { fèces | 4,6 - 24,6 | 4,3 - 18,0 | 7,5 - 13,3 | 8,8 - 20,6 | 5,1 - 12,2 |
| Hémicelluloses | { fourrage | 12,0 - 21,2 | 12,5 - 23,0 | 11,8 - 14,1 | 10,8 - 15,7 | 18,0 - 21,8 |
| | { fèces | 9,8 - 23,9 | 11,7 - 23,1 | 13,7 - 18,2 | 8,9 - 16,7 | 18,0 - 23,0 |
| Cellulose | { fourrage | 15,5 - 26,0 | 15,4 - 31,5 | 15,2 - 25,5 | 13,9 - 21,4 | 21,7 - 29,5 |
| | { fèces | 4,3 - 26,1 | 6,8 - 30,1 | 12,0 - 26,4 | 5,8 - 17,3 | 19,4 - 28,2 |
| Lignine (corrigée) ... | { fourrage | 2,2 - 6,7 | 3,2 - 8,1 | 4,1 - 10,3 | 4,1 - 7,5 | 6,8 - 10,3 |
| | { fèces | 13,1 - 18,3 | 15,2 - 19,5 | 16,4 - 20,4 | 15,9 - 21,3 | 15,7 - 20,8 |
| Indéterminé | { fourrage | 12,1 - 21,4 | 15,4 - 21,6 | 24,7 - 29,6 | 21,7 - 24,4 | 23,6 - 26,5 |
| | { fèces | 12,7 - 19,0 | 14,0 - 18,5 | 16,3 - 19,3 | 14,5 - 20,7 | 14,3 - 19,0 |
| Lignocellulose | { fourrage | 23,0 - 37,2 | 24,7 - 42,8 | 26,4 - 42,8 | 25,6 - 35,3 | 33,3 - 44,4 |
| | { fèces | 31,2 - 48,4 | 35,6 - 52,6 | 34,0 - 54,0 | 34,4 - 46,1 | 42,0 - 52,7 |
| Cellulose brute | { fourrage | 17,8 - 33,6 | 17,4 - 38,8 | 19,2 - 40,6 | 17,1 - 27,4 | 29,7 - 40,6 |
| | { fèces | 14,7 - 34,9 | 16,5 - 37,3 | 33,7 - 56,1 | 20,0 - 31,3 | 31,5 - 44,2 |

Les teneurs en cendres, en matières extractibles par l'éthanol benzène, en hémicelluloses et en cellulose sont beaucoup plus variables dans les fèces que dans les fourrages correspondants : ainsi au cours du premier cycle de croissance du ray-grass anglais, la teneur en cellulose passe de 16 à 26 % dans le fourrage et de 4 à 26 % dans les fèces. La teneur en matières azotées des fèces présente, elle aussi, de grandes variations mais qui sont cependant moins amples que celles de la teneur en matières azotées des fourrages. La lignine présente sensiblement la même amplitude de variation (relativement étroite)

dans les fèces que dans les fourrages ; elle est un des constituants les plus stables des fèces : de 13,1 à 20,8 % avec une moyenne de 17,2 % \pm 1,6 pour l'ensemble des 92 échantillons. Les teneurs en arabanes et en hexosanes hydrolysables sont faibles, de 1 à 3 % et de 2 à 5 % respectivement pour les 25 échantillons étudiés ; la teneur en xylanes totaux est plus élevée et beaucoup plus variable : de 4 à 20 %.

La teneur de chacun des constituants membranaires dans les fèces dépend donc, globalement, de la teneur de la fraction indigestible du constituant dans le fourrage. La relation devient encore plus étroite, et commune à tous les échantillons, si on exprime cette dernière variable en % de la matière organique sans les glucides solubles, lesquels ne sont pas générateurs de fèces. Cela est bien montré par la figure 2, dans laquelle la teneur en constituants membranaires des fèces (hémicellulose + cellulose + lignine) est reportée en fonction de la teneur en constituants membranaires indigestibles du fourrage (hémicelluloses indigestibles + cellulose indigestible + lignine).

La teneur des constituants non membranaires dans les fèces varie avant tout, de façon passive, en sens inverse de la teneur des constituants membranaires. C'est pourquoi la teneur en azote des fèces est étroitement liée à la teneur en constituants membranaires indigestibles du fourrage (figure 3). Elle présente cependant une variation propre indépendante de la précédente : elle est plus élevée dans les fèces correspondant aux repousses feuillues, surtout d'automne, que dans les fèces correspondant aux plantes du premier cycle de digestibilité équivalente. Il ne nous semble pas possible de dire si cette augmentation est due à une diminution de la digestibilité vraie de l'azote du fourrage ou à une augmentation de l'excrétion d'azote endogène.

Les variations des proportions respectives des particules végétales non digérées et des constituants entraînent des variations de certaines caractéristiques physiques des fèces telles que leur « fibrosité ». Nous avons caractérisé celle-ci par la hauteur occupée par un poids de 5 g des fèces normalement broyées (et séchées à nouveau avant la mesure) dans un cylindre de 1,8 cm de diamètre sous le poids d'un piston en acier inoxydable (1 kg). Cet « indice de fibrosité » augmente quand la plante vieillit et que sa digestibilité diminue, par exemple de moins de 3 à plus de 9 au cours du premier cycle de croissance du ray-grass anglais. Il varie dans le même sens que la teneur en constituants membranaires des fèces (figure 4) ; la liaison est étroite lorsque le mouton consomme du ray-grass ou de la luzerne, mais elle ne l'est pas lorsqu'il consomme du dactyle récolté à la fin du premier cycle de croissance.

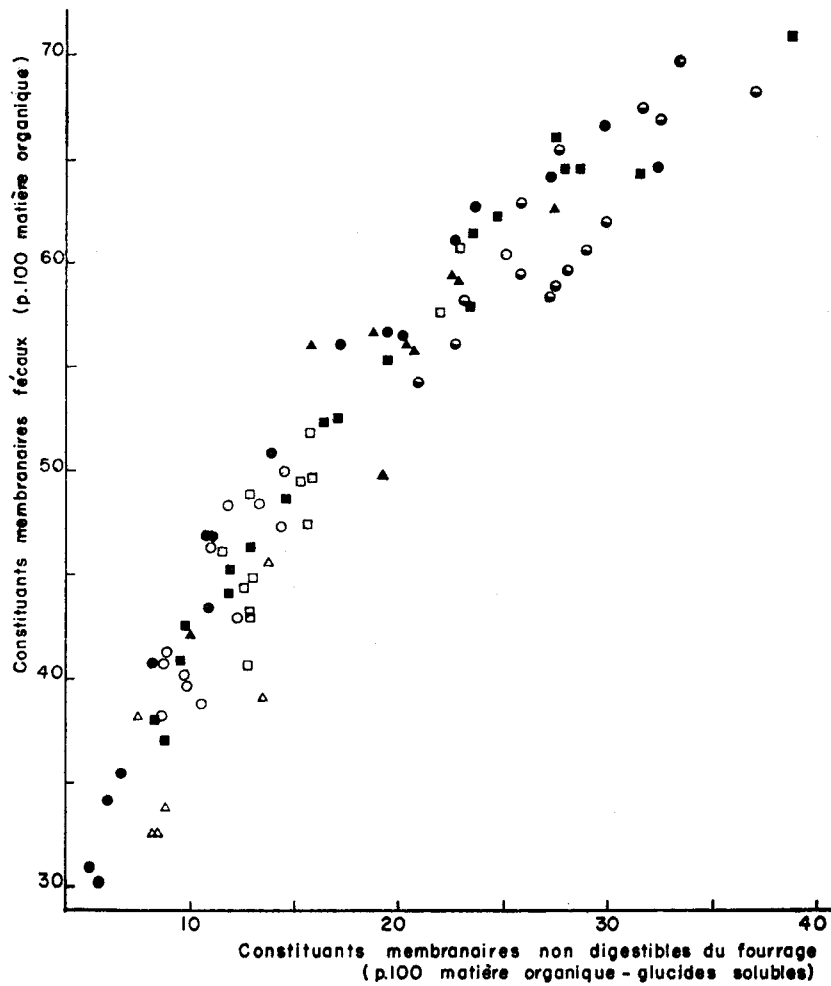


Figure 2

Relation entre la teneur en constituants membranaires de la matière organique fécale et la teneur en constituants membranaires indigestibles de la plante (% de la matière organique sans les glucides solubles)

[Ray-grass anglais 1^{er} cycle (●) et repousses (○); dactyle 1^{er} cycle (■) et repousses (□); luzerne (▲); trèfle blanc (△); foin (⊖)]

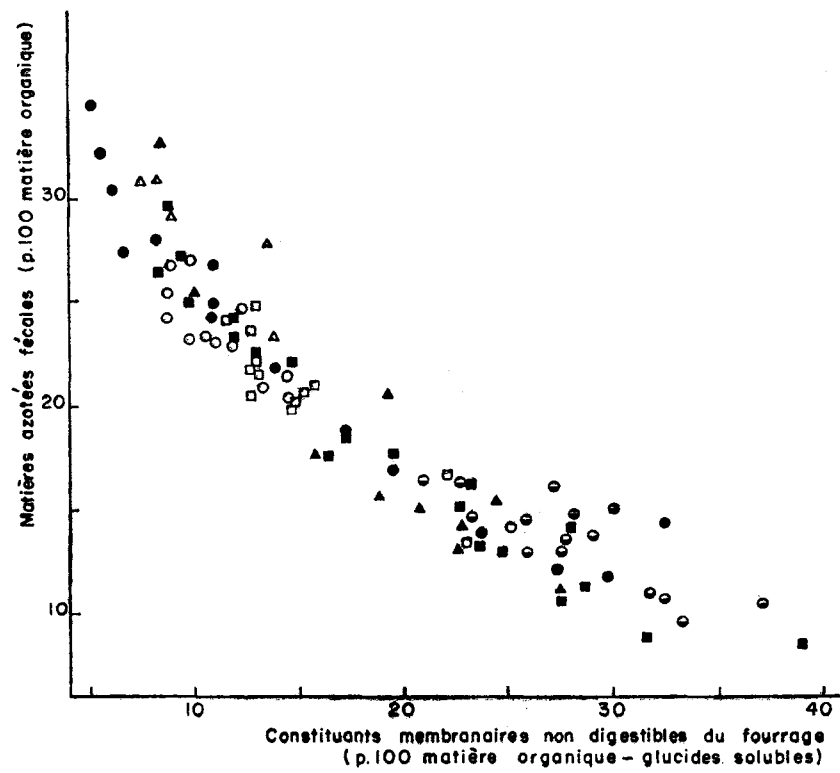


Figure 3

Relation entre la teneur en matières azotées de la matière organique fécale
et la teneur en constituants membranaires indigestibles de la plante
(% de la matière organique sans les glucides solubles)

[Ray-grass anglais 1^{er} cycle (●) et repousses (○); dactyle 1^{er} cycle (■)
et repousses (□); luzerne (▲); trèfle blanc (△); foins (⊖)]

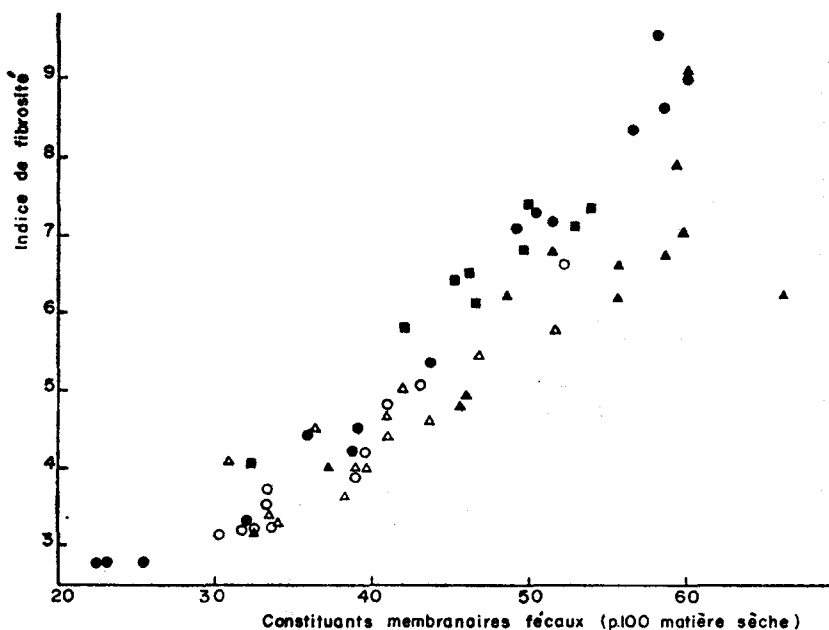


Figure 4

Relation entre l'indice de « fibrosité » et la teneur en constituants membranaires des fèces (% de la matière sèche)

ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE A PARTIR DE LA COMPOSITION DES FECES

La teneur en constituants membranaires indigestibles du fourrage détermine à la fois la digestibilité de la matière organique du fourrage (JARRIGE et MINSON, 1964) et la composition des fèces. La digestibilité des fourrages verts que nous avons étudiés (tableau 2) présente donc une liaison négative

Composition des

avec la teneur des différents constituants membranaires des fèces et une liaison positive avec la teneur des principales fractions non membranaires.

Elle peut être estimée à partir de ces teneurs avec une précision (que mesure l'erreur standard par rapport à la droite de régression) variable avec le constituant fécal et la catégorie de fourrage. La teneur en matières azotées permet une estimation plus précise que les teneurs en matières solubles dans l'eau ou dans le mélange alcool-benzène. Par ordre de précision décroissante, les critères membranaires fécaux se classent en général dans l'ordre suivant : lignocellulose, cellulose, somme hémicelluloses + cellulose + lignine, cellulose brute Weende, hémicellulose et lignine. La lignine n'est généralement pas un critère satisfaisant de la digestibilité pour diverses raisons, dont la principale est sa faible amplitude de variation. La lignocellulose (résidu de l'hydrolyse pendant trois heures par SO_4H_2 à 5 % de l'échantillon dégraissé par le mélange alcool benzène, JARRIGE, 1961 b) est un meilleur critère que la cellulose brute, surtout pour un ensemble de fourrages comprenant des légumineuses ; en effet, la teneur en cellulose brute des « fèces de luzerne » est beaucoup plus élevée que celle des « fèces de graminées » ayant les mêmes teneurs en cellulose ou en cellulose + lignine (la différence est alors de l'ordre de 10 points).

Les teneurs en matières azotées et en lignocellulose sont donc presque toujours de meilleurs critères de la digestibilité que les teneurs en constituants tels que la cellulose dont la détermination est beaucoup plus longue. La teneur en matières azotées est le critère le plus satisfaisant pour les repousses de graminées et pour les luzernes, mais la lignocellulose lui est supérieure pour les premiers cycles de graminées et pour les ensembles d'échantillons d'espèces ou de familles différentes. Il apparaît difficile d'améliorer l'estimation de la digestibilité en utilisant simultanément la teneur en matières azotées et la teneur en lignocellulose, ou plus généralement un critère non membranaire et un critère membranaire, puisque ceux-ci sont liés par une relation inverse très étroite.

Les fèces correspondant aux repousses de graminées contiennent plus d'azote que les fèces correspondant aux plantes du premier cycle de digestibilité égale, mais elles contiennent moins de matières solubles dans l'eau. C'est pourquoi la somme matières azotées + matières solubles dans l'eau donne une estimation de la digestibilité de l'ensemble des ray-grass ou des dactyles nettement plus précise que la teneur en matières azotées seule. Cette

TABLEAU II

PRECISION OBTENUE (6) DANS L'ESTIMATION DE LA
A PARTIR DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

| <i>Nature du fourrage</i> | <i>Nombre d'échan- tillons</i> | <i>Matières azotées</i> | <i>Matières solubles dans l'eau</i> | <i>Matières solubles dans l'éthanol-benzène</i> | <i>Hémicelluloses</i> |
|---------------------------------|--|-----------------------------|---|---|-----------------------|
| RAY-GRASS : | | | | | |
| 1 ^{er} cycle | 15 | 2,26 | 3,17 | 2,73 | 2,88 |
| repousses | 13 | 1,77 | 2,90 | 2,45 | 1,90 |
| ensemble | 28 | 2,00 | 3,55 | 3,13 | 2,60 |
| DACTYLE : | | | | | |
| 1 ^{er} cycle | 17 | 3,18 | 3,25 | 2,69 | 2,99 |
| repousses | 13 | 2,28 | n.s. | 2,57 | 2,55 |
| ensemble | 30 | 2,92 | 3,84 | 3,33 | 3,23 |
| RAY-GRASS + DACTYLE | 58 | 2,96 | 4,13 | 4,23 | 4,18 |
| LUZERNE | 8 | 2,17 | 3,17 | n.s. | n.s. |
| TREFLE BLANC | 7 | 1,71 | n.s. | 1,50 | 2,40 |
| LUZERNE + TREFLE BLANC | 15 | 2,91 | 4,95 | 4,07 | 4,65 |
| Ensemble des échantillons. | 73 | 3,05 | 4,36 | 4,21 | 4,91 |

correction élimine, au moins partiellement, les erreurs dues à la saison qui ont été observées par de nombreux auteurs (MINSON et KEMP, 1961, par exemple) ; elle réduit également, par le même mécanisme, les différences entre le ray-grass et le dactyle qui sont dues en bonne partie au fait que le ray-grass contient beaucoup plus de glucides solubles que le dactyle.

Voici en définitive les relations de régression obtenues pour 91 échantillons (28 ray-grass, 30 dactyle, 7 trèfle blanc et 8 luzerne du tableau 2, auxquels s'ajoutent 18 nouveaux échantillons de luzerne) entre la digestibilité de la matière organique et les teneurs en matières azotées et lignocellulose, en tenant compte ou non des matières solubles dans l'eau :

DIGESTIBILITE DE LA PLANTE (MATIERE ORGANIQUE)
DES FECES (% DE LA MATIERE ORGANIQUE)

| <i>Cellulose</i> | <i>Lignine</i> | <i>Hémicelluloses + cellulose + lignine</i> | <i>Ligno- cellulose</i> | <i>Cellulose brute</i> | <i>Matières azotées + Matières solubles dans l'eau</i> | <i>Matières solubles dans l'eau + Matières solubles dans l'éthanol-benzène</i> |
|------------------|----------------|---|-----------------------------|----------------------------|--|--|
| 1,88 | n.s. | 1,91 | 1,40 | 1,73 | 1,23 | 1,93 |
| 1,72 | n.s. | 2,15 | 2,56 | 2,56 | 1,57 | 2,67 |
| 2,31 | n.s. | 2,34 | 2,82 | 2,29 | 1,54 | 2,53 |
| 2,20 | n.s. | 1,82 | 1,34 | 1,71 | 2,35 | 2,59 |
| 2,57 | n.s. | 2,53 | 2,29 | n.s. | 1,92 | 2,16 |
| 2,75 | n.s. | 2,63 | 2,12 | 3,82 | 2,25 | 2,42 |
| 3,29 | 5,84 | 3,22 | 2,79 | 3,58 | 2,30 | 3,87 |
| 3,36 | 4,75 | 3,00 | 3,44 | 4,63 | 1,40 | 1,92 |
| 2,02 | n.s. | 2,50 | 1,19 | 3,07 | 2,14 | 2,29 |
| 3,29 | 5,60 | 3,34 | 1,57 | 4,23 | 2,22 | 2,84 |
| 3,29 | 5,81 | 3,33 | 2,80 | 4,76 | 2,27 | 3,74 |

$$y = 0,875 \text{ matières azotées} + 54,4 \dots\dots\dots \pm 3,06$$

$$y = 0,765 \text{ (matières azotées + extrait aqueux)} + 46,4 \dots\dots\dots \pm 2,31$$

$$y = 0,913 \text{ lignocellulose} + 110,7 \dots\dots\dots \pm 2,98$$

$$y = 0,685 \text{ (lignocellulose - extrait aqueux)} + 91,9 \dots\dots\dots \pm 2,66$$

La digestibilité des fourrages verts présente également une relation étroite avec certaines caractéristiques physiques des fèces, telle que la taille moyenne des particules (figure 1) et la « fibrosité » (figure 4). Les fèces correspondant aux repousses sont moins fibreuses que les fèces correspondant à des plantes du premier cycle de digestibilité égale, aussi bien

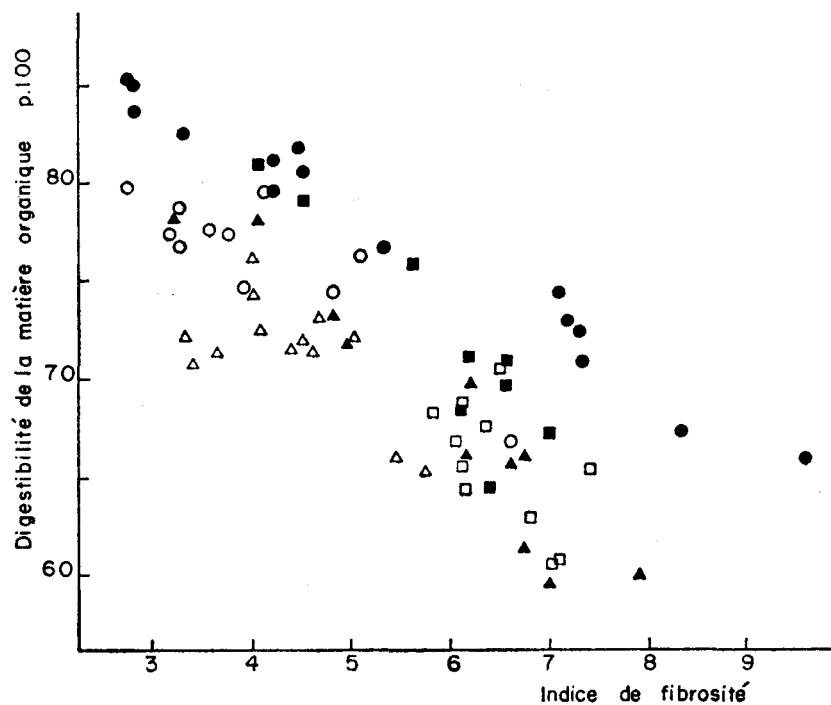


Figure 5

Relation entre la digestibilité de la plante et l'indice de « fibrosité » des fèces

pour les luzernes que pour les graminées. Ces différences, dites saisonnières, ne pourront être expliquées que par une meilleure connaissance de la fraction non membranaire des fèces et de la digestibilité réelle des constituants azotés et lipidiques des fourrages.

R. JARRIGE,
*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
 Centre National de Recherches Zootechniques,
 Jouy-en-Josas.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. DRAPALA W.J., RAYMOND L.C., CRAMPTON E.W., 1947. — *Sci. Agric.* 27, 43-61.
2. GRENET Elizabeth. — Résultats non publiés.
3. HERCUS, BARBARA H., 1960. — *Proc. 8th Grassl. Cong.* 443-447.
4. JARRIGE R., 1961 a. — *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 2, 223-250.
5. JARRIGE R., 1961 b. — *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 1, 421-447.
6. JARRIGE R., MINSON D.J., 1964. — *Ann. Zootech.* 13, 117-150.
7. MINSON D.J., KEMP C.D., 1961. — *J. Brit. Grassl. Soc.* 16, 76-79.
8. REGAL V., 1960. — *Proc. 8th Grassl. Cong.* 533-537.