

## UTILISATION DU CÉRIUM-141 COMME MARQUEUR DE LA PHASE SOLIDE DES CONTENUS DIGESTIFS CHEZ LE RUMINANT

### II. — COMPORTEMENT DU MARQUEUR AU NIVEAU DU DUODÉNUM ET AU NIVEAU DES FÈCES

C. PONCET

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,  
Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont (France)*

---

#### RÉSUMÉ

Sur des moutons porteurs d'une canule du rumen et d'une canule rééminente du duodénum, et recevant 2 fois par jour, une ration composée de foin (80 p. 100) et de sorgho (20 p. 100), nous avons comparé au niveau du duodénum et dans les fèces, la vitesse de passage du  $^{141}\text{Ce}$  à celle des particules colorées après l'ingestion d'un repas marqué. Puis, après une période d'adaptation où chaque repas était radioactif, nous avons mesuré, au niveau du duodénum et dans les fèces, les variations de concentration du  $^{141}\text{Ce}$  par rapport à la matière sèche et estimé à l'aide de ce marqueur, le coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche.

1. Les mesures au niveau du duodénum montrent que le temps de séjour du  $^{141}\text{Ce}$  dans le rumen est 15 p. 100 plus faible que celui des particules colorées. Ce résultat, ainsi que les fluctuations dans l'excrétion de ces 2 marqueurs, sont discutés à l'aide des observations sur le comportement du  $^{141}\text{Ce}$  dans le rumen. Après une période d'adaptation aux repas radioactifs (7 j), les variations de concentration du  $^{141}\text{Ce}$  dans le contenu duodénal sont faibles (coefficient de variation = 8,4 p. 100).

2. Le temps de rétention moyen d'un repas dans la totalité du tube digestif calculé à l'aide du  $^{141}\text{Ce}$  est 20 p. 100 plus faible que celui obtenu par comptage des particules colorées (32 heures contre 40 heures).

3. La totalité du cérium se retrouve dans les fèces.

4. Les variations de concentration en  $^{141}\text{Ce}$  des fèces sont inférieures à celles habituellement observées avec l'oxyde de chrome ou le polyéthylène glycol, ce qui permet d'estimer la digestibilité de la matière sèche d'une façon précise.

---

#### INTRODUCTION

L'utilisation des marqueurs pour les études de digestion suppose qu'ils ne sont pas digérés par l'animal et qu'ils migrent dans le tube digestif à la même vitesse que les différents constituants de la ration (FAICHNEY, 1972 ; MacRAE, 1974). La propriété des terres rares, de se fixer sur les particules solides (KYKER, 1961), et de

rester adsorbées au cours du transit gastro-intestinal (MILLER *et al.*, 1967; FRANÇOIS, COMPÈRE, RONDIA, 1968) a permis de penser que les principaux problèmes posés par l'emploi des marqueurs traditionnels (particules colorées, lignine, oxyde de chrome) devaient être résolus. En particulier, la variabilité journalière de la concentration du marqueur, par rapport à la matière sèche au niveau des fèces, devrait être considérablement réduite. Cependant, le passage des radiolanthanides au niveau du duodénum n'a fait l'objet d'aucune étude chez le Ruminant. C'est pourquoi, nous avons voulu préciser les possibilités d'emploi du  $^{141}\text{Ce}$ , soit comme marqueur permettant la mesure de la vitesse de transit du résidu indigestible des aliments, soit comme marqueur de digestibilité au niveau du duodénum et au niveau des fèces. Nous avons comparé le comportement du  $^{141}\text{Ce}$  à celui des particules colorées.

### MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Les mesures au niveau du duodénum et des fèces ont été effectuées sur les mêmes moutons. Les animaux étaient maintenus en cage à digestibilité et recevaient 600 g de foin et 150 g de sorgho par repas espacé de 8 heures. Pour les repas marqués, 100 g environ de foin radioactif, pesés exactement (soit 9 à 12  $\mu\text{Ci}$ ) et 20 g de foin coloré à la fuschine basique remplaçaient une quantité équivalente de foin normal. Ces repas étaient distribués en 2 fractions consécutives, la première contenant la totalité des aliments marqués.

TABLEAU I

*Protocole expérimental correspondant aux différents essais*

| Numéro de l'essai | Nombre et caractéristiques des animaux             | Mode opératoire  | Échantillonnage  |
|-------------------|--|--|--|
| 1                 | 1 mouton porteur d'une canule duodénale réentrante | Contenu duodéal prélevé, mesuré et réintroduit en continu, pendant 2 jours consécutifs. Mesures répétées 3 fois à 8 jours d'intervalle.                  | 1 échantillon prélevé par période de 15 à 60 minutes.  |
| 2                 | 1 mouton porteur d'une canule duodénale réentrante | Après une période d'adaptation de 10 jours <sup>(1)</sup> , prélèvement discontinu de contenu digestif, pendant 8 h, et pendant 3 journées consécutives. | 1 échantillon prélevé pendant 5 mn toutes les heures.  |
| 3                 | 4 moutons maintenus en cage à bilan                | Après l'ingestion d'un repas marqué, mesure de l'excrétion du Ce et des particules colorées pendant 8 jours.   | 2 à 6 prélèvements de fèces par jour.  |
| 4                 | 2 moutons maintenus en cage à bilan                | Après une période d'adaptation de 7 jours <sup>(1)</sup> , prélèvement de fèces pendant 3 à 4 jours.   | Prélèvement de fèces à intervalles de 3 heures (sauf pendant la nuit où les prélèvements ont été plus espacés)<br>- soit dans le bac à fèces ;<br>- soit dans le rectum.<br>Mesure de la digestibilité par collecte totale et à partir de la concentration du marqueur dans les fèces. |

<sup>(1)</sup> Les animaux ont reçu les marqueurs étudiés à chaque repas.

Quatre essais ont été réalisés pour mesurer successivement :

— Le transit du  $^{141}\text{Ce}$  et des particules colorées au niveau du duodénum après l'ingestion d'un seul repas marqué (essai n° 1).

— L'évolution de la concentration en  $^{141}\text{Ce}$  du contenu duodénal après l'ingestion quotidienne d'une quantité constante de radioactivité (essai n° 2).

— L'excrétion fécale du  $^{141}\text{Ce}$  et des particules colorées après ingestion d'un seul repas marqué (essai n° 3).

— Les variations de la concentration du  $^{141}\text{Ce}$  dans les fèces en fonction du temps et l'estimation de la digestibilité de la matière sèche chez des animaux recevant des quantités constantes de radioactivité (essai n° 4).

Le protocole expérimental utilisé pour les différents essais est défini au tableau 1. Sur tous les échantillons prélevés, nous avons déterminé leur teneur en matière sèche et leur radioactivité spécifique (PONCET, 1976).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### *Essai n° 1*

L'évolution de la radioactivité spécifique (RAS) et celle de la concentration en particules colorées du contenu duodénal présentent des différences importantes (fig. 1). Le  $^{141}\text{Ce}$  apparaît au niveau duodénal, 1 h à 1 h 30 après le début du repas marqué, et les particules colorées environ 2 heures à 2 h 30. Ce décalage dans le temps persiste pendant la 1<sup>re</sup> journée de mesure (fig. 2) : le temps de rétention moyen R (CASTLE, 1956) calculé pour cette période de 17 heures est de 10 heures pour les particules colorées, et 8 h 30 pour le  $^{141}\text{Ce}$ .

La RAS du contenu augmente rapidement et régulièrement après le repas marqué et atteint sa valeur maximale pendant la première journée avant le 2<sup>e</sup> repas (non marqué). Elle décroît ensuite régulièrement en présentant cependant un léger maximum, le deuxième jour au moment du repas du matin. L'évolution de la concentration en particules colorées est plus complexe. Elle augmente d'abord progressivement pendant les 6 premières heures suivant le repas marqué, puis brusquement au moment du repas du soir. Au cours de la 2<sup>e</sup> journée, le passage des particules colorées au niveau duodénal est important et s'effectue par vagues successives coïncidant avec l'arrivée d'aliments dans le rumen. Ainsi, l'excrétion du  $^{141}\text{Ce}$  est massive pendant les 10 premières heures suivant le repas marqué ; l'excrétion des particules colorées est plus tardive et plus variable dans le temps, principalement au moment du repas.

Il est probable que les premières traces de radioactivité apparaissant dans les contenus duodénaux soient fixées sur les fines particules du repas marqué sorties du rumen sans transformation, et sur les microorganismes qui ont très rapidement une radioactivité spécifique élevée. L'arrivée dans le rumen d'un repas non marqué provoque un ralentissement momentané de l'excrétion de la radioactivité (fig. 2) qui pourrait être le résultat du transfert d'une partie de la radioactivité du contenu de rumen sur les grosses particules ingérées (PONCET, 1976).

En conclusion, le  $^{141}\text{Ce}$  sort du rumen plus rapidement que les particules colorées probablement à cause de son affinité pour les fines particules du contenu. Il faut cependant être prudent et ne pas assimiler, surtout dans les premières heures après le repas marqué, l'excrétion de la radioactivité au début de l'excrétion de l'ensemble du repas.

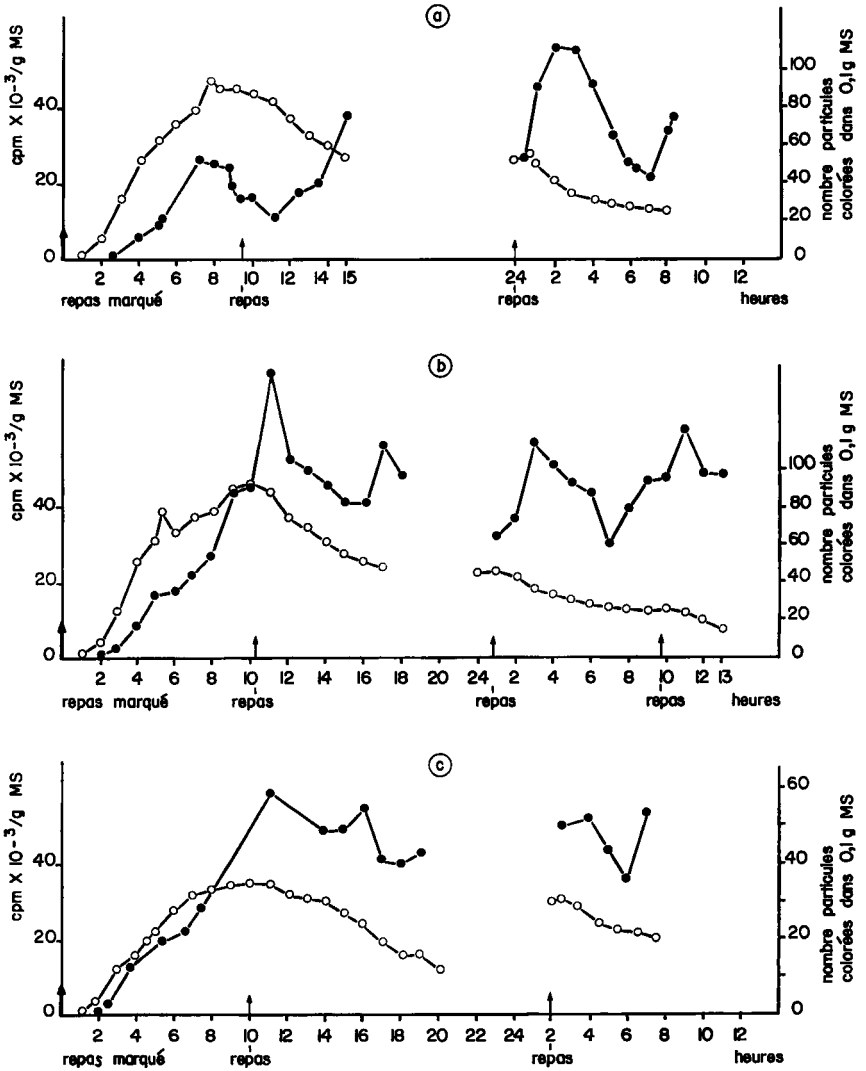


FIG. 1 a, b, c. — Évolution de la concentration en cérium-141 (○—○) et en particules colorées (●—●) du contenu duodénal, après un repas marqué (résultats de 3 mesures a, b, c)

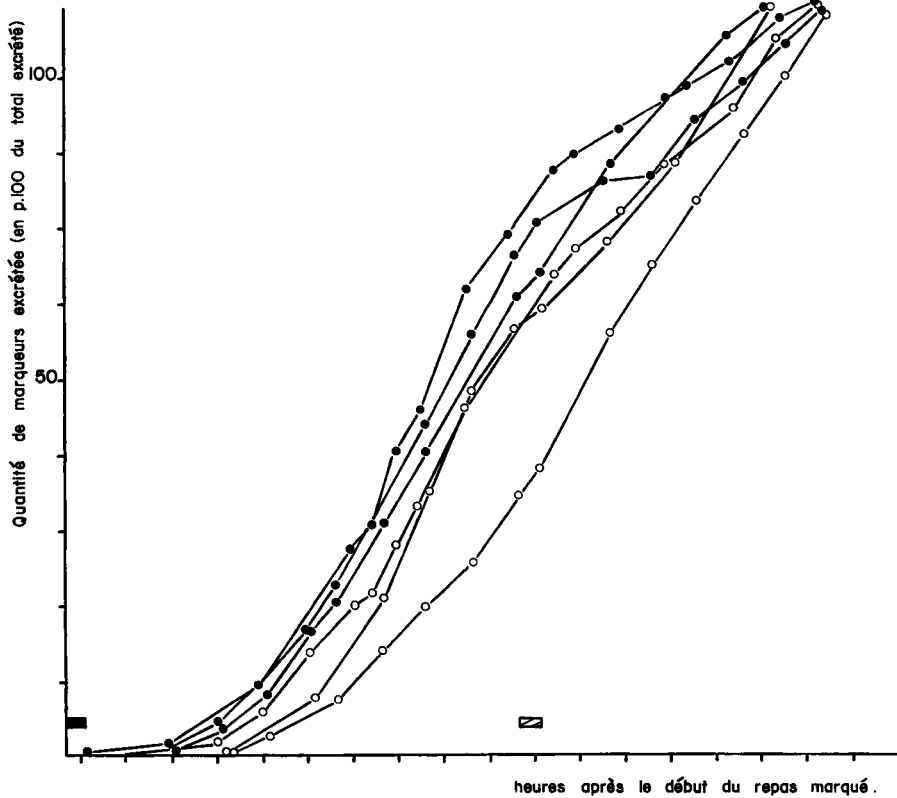


FIG. 2. — Comparaison de la vitesse de passage du cérium-141 ●—● et des particules colorées ○—○ au niveau du duodénum, après l'ingestion du repas marqué (marque noire)  
(résultat de 3 cinétiques effectuées sur le même animal)  
(repas non marqué : marque grisée)

### Essai n° 2

Par rapport à la RAS moyenne, calculée sur les trois périodes de prélèvement de 8 heures, la RAS du contenu a présenté des variations liées au rythme des repas et comparables d'un jour à l'autre (fig. 3) ; supérieure à la valeur moyenne pendant la période correspondant au repas du matin, la RAS décroît ensuite pour atteindre

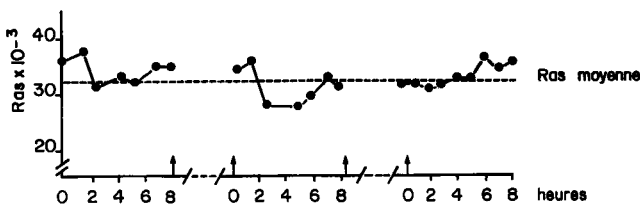


FIG. 3. — Variation de la radioactivité spécifique du contenu duodénal en fonction du temps  
(↑ = heure de distribution du repas marqué)

un plateau situé en dessous de la valeur moyenne. La RAS s'accroît à nouveau pendant les 2 heures qui précèdent le repas du soir. Le coefficient de variation de la RAS des contenus de duodénum (8,37 p. 100) est comparable bien que légèrement supérieur au coefficient de variation de la RAS dans les fèces (voir plus loin). Le coefficient de variation des quantités de radioactivité ingérées par repas, pendant la période correspondante, a été très faible (0,33 p. 100) et ne peut être un facteur important de variation de la RAS dans le contenu duodénal.

Comparativement, le comportement de l'oxyde de chrome au niveau du duodénum est moins satisfaisant. En utilisant ce marqueur imprégné sur du papier, et distribué deux fois par jour, MacRAE et ARMSTRONG (1969) ont obtenu pour des prélèvements espacés de 90 mn, des coefficients de variation de la concentration du marqueur par rapport à la matière sèche, plus élevés que ceux que nous avons observés (12 p. 100 à 20 p. 100 selon le type de ration). MacRAE et ULYATT (1972) obtiennent également, sur une série de 12 prélèvements effectués pendant 24 heures, une variation de concentration en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  importante (coefficient de variation = 27 p. 100). Par contre, au cours de la même étude, les variations de concentrations du ruthénium-103, marqueur dont les propriétés sont semblables à celles du  $^{141}\text{Ce}$ , ont été très faibles (de l'ordre de 3 p. 100).

L'essai que nous avons effectué serait à répéter sur plusieurs animaux et sur des périodes de 24 heures consécutives de façon à définir, en fonction du rythme de passage de la radioactivité, la fréquence minimale et l'heure des prélèvements ponctuels à effectuer pour avoir une bonne estimation de la RAS moyenne. A partir de nos résultats, il semblerait souhaitable d'éviter de prélever le contenu digestif à la suite du repas du matin et dans l'heure qui précède le repas du soir ; la RAS moyenne calculée avec les valeurs de RAS obtenues 2 heures et 6 heures après la distribution du repas du matin est très proche de la valeur moyenne obtenue à partir des prélèvements effectués toutes les heures.

### Essai n° 3

Nous avons calculé le taux de récupération du cérium, et le temps de rétention moyen dans les différents compartiments du tube digestif du Mouton, à partir des courbes cumulées, suivant la méthode de BALCH (1950) et de CASTLE (1956) (tabl. 2).

Les quantités de  $^{141}\text{Ce}$  retrouvées dans les fèces au bout de 200 heures sont très proches des quantités ingérées ( $100,2 \pm 5,0$  p. 100). Ces résultats de bilan correspondent à ceux obtenus généralement chez le Mouton pour d'autres marqueurs de la phase solide du contenu digestif tels que l'oxyde de chrome (MacRAE et ARMSTRONG, 1969 ; NICHOLSON et SUTTON, 1969 ; FAICHNEY, 1972). Cependant, chez le Bovin, il semble que le taux de récupération soit, dans certains cas, moins élevé que chez le Mouton (FAICHNEY et DAVIES, 1972 ; DAVIES *et al.*, 1967).

Le temps moyen de rétention du  $^{141}\text{Ce}$  dans le tube digestif, exprimé par le coefficient de rétention (R), est généralement inférieur de 20 à 30 p. 100 à celui des particules colorées. Le  $^{141}\text{Ce}$  transite donc en général plus vite que les particules colorées. En effet, la radioactivité peut être décelée dans les fèces 7 à 9 heures après le début du repas marqué — résultat en accord avec les observations de MILLER *et al.* (1967) — alors que les premières particules colorées n'apparaissent que 10 à 14 heures après le début de ce repas. Pour que 5 p. 100 du marqueur soient excrétés, il faut attendre

10 à 12 heures dans le cas du  $^{141}\text{Ce}$ , 13 à 19 heures dans le cas des particules colorées, durée qui représente selon BALCH (1950), le temps de séjour du marqueur dans le feuillet, la caillette et les intestins. De même, les temps de séjour du  $^{141}\text{Ce}$  dans l'ensemble rumen-réseau (temps : 80 — 5 p. 100) sont de 12 à 23 p. 100 inférieurs à ceux des particules colorées, résultats qui complètent les observations faites sur le transit du  $^{141}\text{Ce}$  au niveau du duodénum. Ainsi, le temps de séjour du  $^{141}\text{Ce}$  serait plus faible que celui des particules colorées, à la fois dans le rumen + réseau et dans le reste du tube digestif.

TABLEAU 2

*Temps de rétention (heures) comparés du  $^{141}\text{Ce}$  et des particules colorées dans différents compartiments du tube digestif du mouton ; Quantités de  $^{141}\text{Ce}$  retrouvées dans les fèces (p. 100 de l'ingéré)*

| Animal n°                | R                      |                   | Temps<br>5 p. 100      |                   | Temps<br>80 p. 100     |                   | Temps<br>(80-5 p. 100) |                   | Temps<br>95 p. 100     |                   | Bilan<br>p. 100 Ce<br>retrouvé |
|--------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|
|                          | Particules<br>colorées | $^{141}\text{Ce}$ | Particules<br>colorées | $^{141}\text{Ce}$ | Particules<br>colorées | $^{141}\text{Ce}$ | Particules<br>colorées | $^{141}\text{Ce}$ | Particules<br>colorées | $^{141}\text{Ce}$ |                                |
| CZ07 .....               | 45,0                   | 29,6              | 16,5                   | 12,0              | 68,0                   | 41,5              | 51,5                   | 29,5              | 102,0                  | 65,0              | 105,6                          |
| CZ07 répé-<br>tition ... | 41,8                   | 31,5              | 16                     | 12,0              | 59,2                   | 45,5              | 43,2                   | 33,3              | 83,2                   | 63,2              | 101,2                          |
| 7295 .....               | 44,6                   | 33,6              | 18,8                   | 13,2              | 60,3                   | 47,2              | 42,0                   | 33,5              | 39,6                   | 66,4              | 96,0                           |
| 8610 .....               | 35,7                   | 29,1              | 13,0                   | 9,5               | 50,0                   | 42,0              | 37,0                   | 32,5              | 77,0                   | 62,0              | 104,1                          |
| 8876 .....               | 34,8                   | 38,3              | 12,0                   | 21,0              | 48,0                   | 50,0              | 36,0                   | 29,0              | 72,0                   | 72,0              | 93,7                           |
| Moyenne et<br>écart-type | 40,4<br>± 4,8          | 32,4<br>± 3,7     | 15,3<br>± 2,7          | 13,5<br>± 4,4     | 57,1<br>± 8,2          | 45,2<br>± 3,6     | 41,9<br>± 6,2          | 31,6<br>± 2,1     | 54,8<br>± 12,9         | 65,7<br>± 3,9     | 100,2<br>± 5,0                 |

Ces résultats pourraient nous permettre de juger de la valeur du cérium comme indicateur de la vitesse de transit, si la technique de mesure par les particules colorées était une méthode satisfaisante. Or, on sait (BALCH et CAMPLING, 1965), que les particules colorées donnent une estimation relative et non absolue du temps de rétention de tous les résidus provenant d'un repas donné ; le temps de rétention calculé par cette technique représente seulement le temps de rétention d'une certaine catégorie de résidus indigestibles, ceux effectivement retenus sur le filtre au moment du dosage, et ELLIS et HUSTON (1967) ont montré que les résultats obtenus sont des estimations par excès du temps de rétention des résidus d'un repas marqué.

Cependant, l'emploi du cérium n'est pas sans poser de problème. ELLIS et HUSTON (1968) ont montré que le  $^{141}\text{Ce}$  est excrété plus rapidement que les résidus des particules colorées grossières sur lesquelles il était fixé dans le repas, bien qu'il y ait des relations entre l'excrétion du  $^{141}\text{Ce}$  et l'excrétion des résidus de ces particules colorées de taille supérieure à 0,25 mm ; si le support du  $^{141}\text{Ce}$  est constitué de petites particules, il transite à la même vitesse que celles-ci.

MILLER *et al.* (1967), après avoir observé que les vitesses d'excrétion du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,

des particules colorées, du  $^{144}\text{Ce}$  et du  $^{141}\text{Ce}$  étaient comparables (bien que légèrement supérieures pour le cérium), soulignent les difficultés d'emploi du cérium comme indicateur de la vitesse de transit du fait des possibilités de transfert de ce marqueur, d'une particule alimentaire sur une autre, lorsque le support initial a été digéré. Ce « marquage secondaire » peut avoir deux conséquences opposées selon que le nouveau support est constitué par des fines particules (microorganismes ou résidus de particules alimentaires) ou par des particules alimentaires de taille relativement grossière. Dans le premier cas, le temps de séjour du marqueur est diminué, et peut être inférieur au temps de séjour moyen des résidus du repas marqué, dans la mesure où les microorganismes peuvent se charger d'une part importante de la radioactivité ingérée ; dans le deuxième cas, le transfert du cérium sur de grosses particules ralentit sa vitesse de transit. ELLIS et HUSTON (1968) pensent que, du fait de cette propriété intrinsèque du cérium, le transit des particules alimentaires radioactives est en grande partie déterminé par le transit d'une plus grande masse de particules provenant de plusieurs repas.

#### *Essai n° 4*

Nous avons constaté qu'il existe un cycle journalier d'excrétion du  $^{141}\text{Ce}$ , les valeurs de la RAS les plus élevées se situant régulièrement entre le repas du matin et celui du soir. Il est probable que ce soit le résultat de la distribution irrégulière des repas au cours des 24 heures, puisque MILLER *et al.* (1967) n'observent pas de rythme particulier dans l'excrétion journalière du cérium distribué aux animaux de façon plus régulière.

Pour une variation très réduite des quantités de radioactivité ingérées par repas (coefficient de variation = 5,8 p. 100 et 3,1 p. 100), les coefficients de variation de la RAS des fèces entre périodes de collecte de 3 heures sont faibles (6,8 p. 100 et 2,9 p. 100) ; ceci est un critère de qualité du marqueur dans la mesure où la variation des concentrations du marqueur dans les fèces est à attribuer à la dissociation de son transit de celui de la phase étudiée du contenu digestif (CORBETT, GREENHALGH et FLORENCE, 1959).

Les coefficients de variation de la RAS des échantillons prélevés dans le rectum (tabl. 3) sont sensiblement plus élevés que ceux des prélèvements obtenus par collecte totale. Cependant, les RAS moyennes, calculées pour toute la période de collecte, sont identiques. ELLIS (1968), utilisant le dysprosium sur 2 moutons, a obtenu des coefficients de variation de la RAS des fèces récoltées toutes les 4 heures (coefficient de variation = 3,4 et 8,7 p. 100) comparables à nos valeurs. GARNER, JONES, EKMAN (1960), MILLER *et al.* (1967), HUSTON et ELLIS (1968), TERASHIMA, ITOH, MATSUMOTO (1969), observent que le cérium est excrété plus régulièrement que l'oxyde de chrome, ou que le polyéthylène glycol. Cette qualité des terres rares a été testée chez le Rat, mais il semble que les modalités de distribution du marqueur aient plus d'influence sur la régularité de l'excrétion chez le monogastrique (LUCKEY *et al.*, 1975) que chez le Ruminant. Ainsi, l'excrétion régulière du cérium dans les fèces permet d'estimer, sans risques d'erreurs importantes, la concentration moyenne du marqueur, et par suite, la digestibilité de la matière sèche, à partir d'un nombre limité de prélèvements. Les valeurs du CUD de la matière sèche, obtenues par la méthode conventionnelle et par les méthodes indirectes utilisant le marqueur, ne laissent pas paraître de différences importantes et systématiques (tabl. 4). Les estimations indirectes du CUD,



TABLEAU 3

*Coefficient de variation de la RAS des fèces prélevées toutes les trois heures dans le bac de collecte ou directement dans le rectum*

| Animal n° | Nombre de jours d'adaptation | Nombre de jours de collecte | Coefficient de variation des quantités de radio-activité ingérées par repas | Coefficient de variation de la RAS des fèces |                         | RAS moyenne (cpm/g MS)              |                         |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|---|--|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
|           |                              |                             |   | Collecte totale toutes les 3 heures          | Prélèvement dans rectum | Collecte totale toutes les 3 heures | Prélèvement dans rectum |
| 7295      | 6                            | 4                           | 5,8   | 6,77   | 8,56                    | 115 018                             | 118 099                 |
| 8376      | 8                            | 3                           | 3,1   | 2,89   | 7,27                    | 224 835                             | 221 519                 |

TABLEAU 4

*Coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche mesuré par collecte totale et calculé au moyen du  $^{141}\text{Ce}$*

| Mouton n° | CUD mesuré par collecte totale | CUD calculé à partir de la RAS d'échantillons de fèces composés de diverses façons |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------|--------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           |                                | (1)  | (2)             | (3)             | (4)             | (5)             | (6)             |
| 7295      | 78,1                           | 79,8<br>(+ 2)  | 80,3<br>(2,9)   | 80,8<br>(+ 3,4) | 81,0<br>(+ 3,7) | 80,2<br>(+ 2,7) | 80,9<br>(+ 3,6) |
| 8376      | 74,2                           | 74,2<br>(0)  | 73,6<br>(- 0,8) | 73,6<br>(- 0,8) | 73,6<br>(- 0,8) | 74,5<br>(+ 0,4) | 73,3<br>(- 1,2) |

Les chiffres entre parenthèses représentent le p. 100 d'écart à la valeur du CUD mesuré par collecte totale.

(1) Échantillon moyen de fèces constitué par une partie aliquote de la quantité totale de fèces excrétée pendant la période de mesure.

(2) Échantillon moyen de fèces constitué en rassemblant les quantités de fèces prélevées dans le rectum sur toute la période de mesure.

(3) Échantillon moyen de fèces constitué en rassemblant la totalité des fèces excrétées pendant 2 heures chaque jour de mesure, de 12 heures à 14 heures.

(4) Échantillon moyen de fèces rassemblant les prélèvements dans le rectum effectués à 14 heures.

(5) Échantillon moyen de fèces rassemblant la totalité des fèces excrétées pendant les deux heures précédant chacun des deux repas journaliers.

(6) Échantillon moyen de fèces rassemblant les échantillons de fèces prélevés dans le rectum au moment des repas (2 fois par jour).

effectuées à partir des prélèvements dans le rectum, s'écartent davantage de la valeur obtenue par collecte totale, que celles effectuées à partir des prélèvements dans le bac à fèces. Cependant, ces écarts ne sont pas importants. Le fait de réduire le nombre de prélèvements dans le rectum à deux par jour (tabl. 3), ou même à un seul (tabl. 3), n'entraîne pas dans les deux cas étudiés de différences importantes des valeurs de CUD par rapport aux valeurs obtenues en prélevant 4 à 6 fois par jour, ce qui est en accord avec les résultats de OLBRICH *et al.* (1971).

## CONCLUSION

L'adsorption du  $^{141}\text{Ce}$  sur les aliments, lorsque ceux-ci sont plongés dans une solution contenant ce radionucléide à de très faibles concentrations, et la persistance de cette fixation pendant toute la durée du transit digestif, confèrent au  $^{141}\text{Ce}$  les qualités d'un bon marqueur de la phase solide pour des mesures de digestibilité ou des bilans dans le tube digestif. Par contre, sa propriété de migrer dans les contenus de rumen d'une particule digérée sur une autre particule, probablement par l'intermédiaire des microorganismes et de se fixer en quantités importantes sur ces derniers, très tôt après l'ingestion d'un repas marqué, font que ce marqueur transite plus vite que les résidus indigestibles d'un repas composé essentiellement de foin.

*Reçu pour publication en février 1976.*

## SUMMARY

### USE OF $^{141}\text{Ce}$ AS A PARTICULATE DIGESTA FLOW MARKER IN RUMINANTS.

#### II. BEHAVIOR OF THE MARKER AT THE DUODENUM AND IN THE FECES

A ration of 600 g chopped hay and 150 g ground sorghum is given twice daily to sheep fitted with a rumen cannula and a duodenal reentrant canula.  $^{141}\text{Ce}$  flow rate at the duodenum and in the feces is compared (table 1) to flow rate of stained hay particles after ingestion of a single labelled meal. After an adaptation period during which both daily meals are labelled, variations in  $^{141}\text{Ce}$  concentration are then measured in the duodenal and fecal dry matter. The marker is used to estimate dry matter digestibility indirectly.

1. Duodenal data show that the mean retention time of  $^{141}\text{Ce}$  in the rumen is about 15 p. 100 less than that of stained particles, probably because of its affinity for fine particles. The meal after the radioactive one momentarily depresses  $^{141}\text{Ce}$  excretion rate while it accelerates that of the stained particles.

2. After a 7-day period of adaptation to the radioactive meals, the variations in specific radioactivity (RAS) of duodenal contents observed on one animal for 3 days are low (fig. 3) (coefficient of variation = 8.37 p. 100).

3. Mean retention time in the whole gastro-intestinal tract of a meal of 600 g chopped hay 150 g ground sorghum is  $40.4 \pm 3.8$  h or  $32.4 \pm 3.7$  h, depending on whether stained particles or  $^{141}\text{Ce}$  is used. All the  $^{141}\text{Ce}$  ingested is recovered in the feces. Mean recovery of  $^{141}\text{Ce}$  in the feces excreted during 200 hours after dosage is  $100.2 \pm 5.0$  p. 100.

4. After a period of adaptation where all meals are radioactive, feces of 2 sheep are sampled either by total collection or directly in the rectum for 3 or 4 days. Variations in  $^{141}\text{Ce}$  concentration are low (table 3) (coefficient of variation : 6.77 p. 100 and 2.89 p. 100 for total collection samples ; 8.56 p. 100 and 7.27 p. 100 for rectal samples). Dry matter digestibility does not differ whether calculated from total collection or by the indirect method using  $^{141}\text{Ce}$ .

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALCH C. C., 1950. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. I. The rate of passage of food through the digestive tract. *Brit. J. Nutr.*, **4**, 361-388.
- BALCH C. C., CAMPLING R. C., 1965. In: R. W. DOUGHERTY *et al.*, *Physiology of digestion in the ruminant*, p. 108. Butterworths, London.
- CASTLE E. J., 1956. The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. I. Studies on adult animals fed on hay and concentrates. *Brit. J. Nutr.*, **10**, 15-23.
- CORBETT J. L., GREENHALGH J. F. D., FLORENCE E., 1959. Distribution chromium sesquioxide and polyethyleneglycol in the reticulo-rumen of cattle. *Brit. J. Nutr.*, **13**, 337-345.
- ELLIS W. C., 1968. Dysprosium as an indigestible marker and its determination by radioactivation analysis. *J. Agric. Food. Chem.*, **16**, 220-224.
- ELLIS W. C., HUSTON J. E., 1967. Caution concerning the stained particule technique for determining gastro-intestinal retention time of dietary particles. *J. Dairy Sci.*, **50**, 1996-1999.
- ELLIS W. C., HUSTON J. E., 1968.  $^{144}\text{Ce}$ - $^{144}\text{Pr}$  as a particulate digesta flow marker in ruminants. *J. Nutr.*, **95**, 67-78.
- FAICHNEY G. J., 1972. An assessment of chromic oxide as an indigestible marker for digestion studies in sheep. *J. Agric. Sci., Camb.*, **70**, 493-499.
- FAICHNEY G. J., DAVIES, H. LLOYD., 1972. The effect of formaldehyde treatment of peanut meal on the performance of calves. *Aust. J. Agric. Res.*, **23**, 167-175.
- FRANÇOIS E., COMPERE R., RONDIA G., 1968. Étude comparée de la vitesse de passage des aliments et des résidus alimentaires non digérés dans le tractus digestif du rat et du mouton. *Bull. Rech. Agronom. Gemboux*, **3**, 655-688.
- GARNER R. J., JONES H. G., EKMAN L., 1960. Fission products and the dairy cow. I. The fate of orally administered cérium-144. *J. Agric. Sci.*, **55**, 107-108.
- HUSTON J. E., ELLIS W. C., 1968. An evaluation of certain properties of radiocérium as an indigestible marker. *J. Agric. Food. Chem.*, **16**, 225-230.
- KYKER G. C., 1961. In: C. L. COMAR, F. BRONNER, *Mineral metabolism*, vol. 2, part B. p. 499-541. Academic Press, New York.
- LUCKEY T. D., KOTB A., VOGT J. R., HUTCHESON D. P., 1975. Feasibility studies in rats fed heavy metals as multiple nutrient markers. *J. Nutr.*, **105**, 660-669.
- MACRAE J. C., ARMSTRONG D. G., 1969. Studies on intestinal digestion in the sheep. I. The use of chromic oxide as an indigestible marker. *Br. J. Nutr.*, **23**, 15-25.
- MACRAE J. C., ULYATT M. J., 1972. Comparison of spot and continuous sampling for estimating duodenal digesta flow in sheep. *N. Z. Jl. Agric. Res.*, **15**, 98-106.
- MACRAE J. C., 1974. The use of intestinal markers to measure digestive function in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, **33**, 147-154.
- MILLER J. K., PERRY S. C., CHANDLER P. T., CRAGLE R. G., 1967. Evaluation of radiocérium as a non absorbed reference material for determining gastro-intestinal sites of nutrient absorption and excretion in cattle. *J. Dairy Sci.*, **50**, 355-361.
- NICHOLSON J. W. G., SUTTON J. D., 1969. The effect of diet composition and level of feeding on digestion in the stomach and intestines of sheep. *Br. J. Nutr.*, **23**, 585-601.
- OFFER N. W., EVANS R. A., AXFORD R. F. E., 1972. The diurnal flow of markers administered by a variety of methods to sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, **31**, 40 A.
- OLBRICH S. E., MARTZ F. A., VOGT J. R., HILDERBRAND E. S., 1971. Use of neutron activation analysis in the determination of digestibility with cérium as an inert marker. *J. Anim. Sci.*, **33**, 899-902.
- PONCET C., 1976. Utilisation du cérium-141 comme marqueur de la phase solide des contenus digestifs chez le Ruminant. I. Conditions de fixation sur les aliments et comportement dans le contenu de rumen *in vivo*. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 731-739.
- TERASHIMA Y., ITOH H., MATSUMOTO T., 1969. Emploi du cérium-144 marqueur dans les études de digestibilité chez les ruminants (Jap). *Jap. J. Zootech. Sci.*, **40**, 55-60.