

Article original

**Simulation *in vitro* des fermentations cœcales
du lapin en fermenteur à flux semi-continu.
III. Effet de la quantité de matière sèche introduite
quotidiennement dans le fermenteur
et reproductibilité de la méthode**

D Adjiri ¹, M Bouillier-Oudot ¹, F Lebas ^{2*}, M Candau ¹

¹ *École nationale supérieure agronomique de Toulouse, laboratoire de zootechnie
et de productions animales, 145, avenue de Muret, 31076 Toulouse cedex;*

² *INRA, station de recherches cynicoles, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan cedex, France*

(Reçu le 23 juin 1993 ; accepté le 22 novembre 1994)

Résumé — Trois fermenteurs de type «Rusitec» d'une capacité de 1 l ont été conduits dans des conditions expérimentales identiques. Dans le premier fermenteur, nous avons introduit 15 g de matière sèche (MS) par jour, dans le deuxième, 40 g de MS/jour et, dans le troisième, 60 g de MS/jour. Le substrat de fermentation était un aliment pour lapin préalablement traité par de l'amylase puis de la pepsine. Le taux de disparition de la matière organique est plus élevé dans le fermenteur recevant 15 g de MS/j que dans les 2 autres (respectivement 30,4, 19,7 et 17,3%). Le pH est proche des valeurs observées *in vivo* chez le lapin alimenté à volonté, dans les fermenteurs recevant 40 et 60 g de MS/j (5,99 et 5,83). Il est plus élevé (6,7) pour 15 g MS/j, valeur similaire à celle reconstruite *in vivo* immédiatement avant le repas chez les lapins rationnés. Les faciès fermentaires des 3 fermenteurs sont proches de ceux observés dans le cœcum du lapin. Cependant la production d'AGV totaux est la plus élevée dans le fermenteur recevant 40 g de MS/j, mais elle est moins stable, et conduit à une proportion excessive d'acides gras volatils mineurs. Globalement, la quantité de MS introduite chaque jour dans les fermenteurs n'a pas d'effet important sur les proportions des 3 acides gras majeurs (C₂, C₃ et C₄). Mais elle intervient sur le taux de disparition de la MO, le pH et la production d'AGV. Une quantité de 15 g MS/j est finalement préférée par les auteurs. Dans une deuxième expérimentation ayant pour objectif la mesure de la répétabilité des valeurs observées, 4 fermenteurs conduits de manière similaire ont reçu 15 g de MS/j du même substrat prétraité à l'amylase et à la pepsine. Les fermenteurs ont présenté des différences faibles mais significatives de tous les paramètres mesurés en raison de la bonne stabilité intra-fermenteur en fonction du temps. Cependant, si nous considérons les valeurs des écarts types entre fermenteurs, pour les taux de disparition de NDF et d'ADF, ces valeurs sont proches de celles observées *in vivo* entre lapins par d'autres auteurs : 4,8 à 4,9 entre fermenteurs contre 3,0 à 5,1 et 3,7 à 5,9 *in vivo* pour NDF et ADF respectivement. Les mêmes observations sont valables pour la concen-

* Correspondance et tirés à part

tration en AGV et le faciès fermentaire. L'écart type entre fermenteurs de la concentration d'AGV est de 5,7 vs 13,5 mM/l et même jusqu'à 28 mM/l entre lapins. Les proportions de C₂, C₃ et C₄ sont plus stables entre fermenteurs qu'entre lapins. Enfin, la stabilité du faciès fermentaire des fermenteurs est comparable à celle observée en Rusitec : variations de 1 à 1,2% des AGV totaux pour nos fermenteurs et de 0,9 à 1,4% pour le Rusitec selon d'autres auteurs.

lapin / cæcum artificiel / acides gras volatiles / répétabilité

Summary — *In vitro* simulation of rabbit caecal fermentation in a semi-continuous flow fermentor. III. Effect of the quantity of dry matter introduced daily and reproductibility of the method. In a preliminary experiment, 3 Rusitec-like fermentors of 1 L capacity were operated under identical conditions. The only difference was the quantity of treated substratum introduced daily into each fermentor: 15 g/d (M15); 40 g/d (M40); and 60 g/d (M60) on a dry matter basis. The fermentation substratum was a rabbit feed that had been digested with amylase and pepsin. The organic matter was lost over 48 h at a significantly higher rate in the M15 fermentor than in M40 and M60: 30.4%, 19.7% and 17.3%, respectively. The pH values observed in M40 and M60 (5.99 and 5.83) were similar to that observed *in vivo* under ad libitum feeding conditions. The pH was higher in M15 (6.7), as observed *in vivo* with restricted animals just before the daily meal. The volatile fatty acids (VFA) proportions for C₂, C₃ and C₄ were similar to the *in vivo* proportion for the 3 fermentors. The daily total VFA production was the largest with M40 but was associated with a poor stability and an excess of minor VFAs. The introduction of 15 g/d was preferred by the authors because of organic matter disappearance rate, pH stability and VFA production. In a second experiment, 4 fermentors were used in the same way as the M15 one, in order to study the reproducibility of the method. Small but significant differences between fermentors were observed for all parameters in relation to a high fermentor stability from 1 day to the next. Nevertheless, the standard deviations between fermentors of the NDF (4.8) and ADF (4.9) disappearance rates were similar to those observed during digestibility trials performed *in vivo* by other authors with the same source of fibre: 3.0–5.1 for NDF and 3.7–5.9 for ADF. The same was observed for VFA production and proportions. The standard deviation of VFA concentration was 5.7 mM/L between fermentors and 13.5 mM/L (and up to 28 mM/L) between rabbits. In addition, the day-to-day total VFA concentration variability was 1–1.2% with our fermentors and 0.9 to 1.4% with Rusitec according to other authors.

rabbit / artificial caecum / volatile fatty acids / repeatability

INTRODUCTION

Dans une première série d'études (Adjiri *et al*, 1992 a, b) nous avons cherché à simuler *in vitro* les fermentations cæcales du lapin dans le but de pouvoir étudier ultérieurement l'incidence de la composition de l'aliment sur l'évolution de ces fermentations. En effet, les rares études antérieures (Tafari, 1981 ; Salse, 1985) avaient toutes porté sur des fermentations en milieu clos ne permettant pas une étude dynamique. Nous avons démontré qu'il est possible de reproduire et de maintenir sur une période de 2 sem les caractéristiques principales des fer-

mentations cæcales sur la base de la production d'acides gras volatils et de la dégradation des fibres végétales. À cet effet, nous avons utilisé un fermenteur à flux semi-continu de type Rusitec (Czerkawski et Breckenridge, 1977) ensemencé avec un inoculum constitué de contenu cæcal de lapin. Le fermenteur était approvisionné avec un aliment de type commercial traité préalablement par de l'amylase et de la pepsine.

Nous avons également démontré (Adjiri *et al*, 1992b) que l'ensemencement des fermenteurs avec du contenu cæcal de lapin est déterminant dans l'orientation des fer-

mentations observées *in vitro*. En revanche, la quantité de matière sèche (MS) introduite chaque jour dans le fermenteur a toujours été de 15 g. Or, cette quantité de matière sèche introduite conduit dans le fermenteur à un milieu beaucoup plus dilué, environ 3% de MS, que celui observé *in vivo* : 15% à 20%, selon Bellier et Gidenne (1992). En effet, dans le fermenteur, il nous faut bien considérer la masse de substrat en proportion du volume total (1 litre), puisque sous l'effet de l'agitation permanente et grâce à une maille de 46 µm, pour les sachets contenant le substrat, les bactéries ont le libre accès à la totalité du milieu.

C'est pourquoi, dans une première expérience, nous avons mesuré l'influence de la quantité de matière sèche introduite chaque jour dans les fermenteurs (15 à 60 g) sur les paramètres de dégradation et de fermentation.

Dans une deuxième expérience, pour estimer la reproductibilité de la méthode expérimentale, nous avons comparé 4 fermenteurs menés de façon identique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les conditions opératoires sont identiques à celles déjà utilisées (Adjiri *et al*, 1992a). Nous ne rappellerons donc ici que les éléments essentiels.

Préparation du substrat

Le substrat est réalisé à partir d'un aliment de type commercial pour lapins. Après broyage, l'aliment est soumis à 2 hydrolyses pour simuler la digestion stomacale et entérale. Il est d'abord mis à incuber en présence d' α -amylase (8 g pour 100 g d'aliment et 500 ml d'eau) pendant 24 h à 39°C sous agitation. Après acidification par de l'acide chlorhydrique jusqu'à pH 1,5, le substrat est de nouveau incubé sous agitation avec 2% de pepsine pendant 4 h à 39°C. Le pH est ensuite ramené à la neutralité avec de la soude, puis le résidu est filtré, lavé et séché.

À l'issue du double traitement enzymatique, le substrat contient en moyenne 1,4% d'amidon, 66% de NDF et 7,4% de matières azotées totales (N x 6,25).

Appareillage

Le système de fermentation utilisé est identique au «Rusitec» mis au point par Czerkawski et Breckenridge (1977) pour la simulation de fermentations du rumen. Les fermenteurs de 1 l de volume sont maintenus dans un bain-marie à 39°C. L'approvisionnement en substrat des fermenteurs est effectué chaque jour dans des sachets nylon (15 x 8 cm ; vide de maille de 46 µm). Ces sachets sont soumis en permanence à une agitation mécanique verticale. Une solution saline (à base de NaHCO₃, Na₂HPO₄ et d'oligo-éléments) est apportée en continu (0,5 l/24 h). Les effluents liquides sont récupérés en totalité en vue du dosage quotidien des AGV.

Ensemencement

Pour chaque fermenteur, l'ensemencement est effectué à partir du contenu de 5 cæca de lapins nourris avec un aliment comparable à l'aliment expérimental. Le contenu des cæca est dilué par 300 ml d'un mélange eau-solution saline puis filtré sur de la gaze. Ensuite 100 g de résidu solide, placés dans un sachet nylon et 500 ml de filtrat sont introduits dans le fermenteur en même temps que le substrat placé dans un second sachet. Le volume est ensuite complété à 1 l par un mélange moitié solution saline, moitié eau.

Fermentations

Après ensemencement la fermentation est suivie pendant 2 sem. Chaque jour, un sachet de substrat de fermentation est introduit dans le fermenteur, tandis qu'un autre est retiré. Ainsi, les sachets séjournent 48 h dans le fermenteur. Les sachets sont rincés, essorés et séchés à l'étuve à 60° pendant 24 h. Leur contenu est ensuite récupéré en vue du dosage de la matière organique et éventuellement des fibres.

De manière à obtenir par rapport au substrat une proportion d'azote équivalente à celle du contenu iléal (2,5 à 2,7% d'azote), une complémentation azotée journalière est effectuée moitié sous forme uréique dans la solution saline et moitié sous forme de peptone de caséine introduite directement dans les fermenteurs une fois par 24 h, en même temps que le substrat de fermentation (Adjiri, 1992).

Dans la première expérience le substrat a été introduit dans chacun des 3 fermenteurs utilisés à raison soit de 15 g de MS/jour (MS₁₅), soit de 40 g de MS/jour (MS₄₀) soit de 60 g de MS/jour (MS₆₀).

Dans la deuxième expérience 4 fermenteurs ont été étudiés avec le même protocole expérimental que les précédents mais dans les 4 cas, le substrat a été introduit à raison de 15 g de MS par jour.

Paramètres étudiés

Le pH est mesuré journallement dans chaque fermenteur au moment de l'ouverture.

Dans le volume d'effluent recueilli chaque 24 h, sont déterminées les concentrations en AGV par chromatographie en phase gazeuse (Jouany, 1982).

Sur les résidus des sachets, sont déterminées les teneurs en matière sèche, en matière organique et les constituants pariétaux NDF et ADF (Van Soest et Wine, 1967) de manière à estimer la dégradation de chaque constituant sur 48 h (DMS, DMO, DNDF, DADF).

Analyse statistique

À partir des données recueillies chaque jour dans chaque fermenteur, les valeurs moyennes par fermenteur ont été comparées par analyse de variance selon un schéma factoriel incluant les effets fermenteur et jour de contrôle (bibliothèque statistique SAS-micro). Les moyennes sont fournies avec indication de l'écart type de la moyenne ($m \pm sm$). L'analyse en classification automatique descendante sur SAS nous a conduits à éliminer le jour 1, considéré comme étant très éloigné des autres jours de contrôle (phase de mise en route de la fermentation *in vitro*).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Première expérience

Le taux de dégradation de la matière organique (DMO) est significativement plus élevé pour l'apport de substrat le plus faible mais il ne diffère pas pour les 2 autres fermenteurs (tableau I). Le rapport poids du substrat/surface d'échange (mg/cm²) a été de 63 pour le fermenteur MS₁₅, de 167 pour le fermenteur MS₄₀ et de 250 pour le fermenteur MS₆₀. Or, Czerkawski et Breckenridge (1977) ont démontré que, lorsque ce rapport variait de 25 à 50, le taux de disparition de la MS n'était pas modifié. En revanche, Blanchart *et al* (1989) ont noté, en Rusitec, que si ce rapport passait de 60 à 80, il y avait une diminution du taux de disparition de la MS : 40 vs 56%. Il semble que nous ayons été dans cette situation lorsque la quantité de MS introduite/jour dans les fermenteurs a été augmentée. Cette réduction du taux de disparition de la matière organique avec plus de 15 g de substrat introduit par 24 h est d'ailleurs associée à une réduction forte du taux de disparition des constituants pariétaux (tableau I) mesurée par le taux de disparition de NDF (DNDF).

La valeur moyenne du pH a été significativement plus élevée lorsque la quantité de MS introduite/jour était de 15 g, comparativement aux valeurs des 2 autres fermenteurs. Cette valeur est plus élevée que celles observées au niveau cæcal chez le lapin alimenté à volonté (Bellier et Gidenne, 1992). Ceci pourrait être lié à la disponibilité en substrat pour les bactéries au moment de l'observation. En effet, Gidenne et Bellier (1992) ont noté, chez des lapins adultes rationnés, qu'avant la distribution du repas le pH est élevé et atteint 6,5. À l'issue d'un jeûne alimentaire de 48 h, le pH cæcal peut même atteindre 7,0 (Vernay, 1985). Dans notre cas, la prise du pH a été effectuée

Tableau I. Influence de la quantité de matière sèche introduite quotidiennement sur les paramètres de dégradation et fermentaires.

Paramètres	Fermenteur MS ₁₅	Fermenteur MS ₄₀	Fermenteur MS ₆₀	Signification statistique
DMO (%)	30,4 ± 1,5 ^a	19,7 ± 0,3 ^b	17,3 ± 0,3 ^b	***
DNDF	19,1 ± 1,7 ^a	3,3 ± 0,7 ^b	—	***
pH	6,71 ± 0,02 ^a	5,99 ± 0,03 ^b	5,83 ± 0,06 ^c	***
AGVt (mM/l)	86,7 ± 4,0 ^b	127,1 ± 8,0 ^a	85,0 ± 5,8 ^b	***
AGVt (mM/j)	43,3 ± 2,0 ^b	63,5 ± 4,0 ^a	42,3 ± 2,9 ^b	***
<i>Proportions molaires (%)</i>				
Acétate	69,3 ± 0,6	69,0 ± 0,6	71,3 ± 2,8	NS
Propionate	8,7 ± 0,4	9,0 ± 0,2	7,1 ± 1,3	NS
Butyrate	16,2 ± 0,3	14,6 ± 0,7	17,3 ± 1,8	NS
Isobutyrate	1,0 ± 0,1 ^b	1,5 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^b	**
Valérate	2,5 ± 0,1 ^b	3,5 ± 0,4 ^a	2,2 ± 0,4 ^b	**
Isovalérate	2,2 ± 0,1 ^a	2,4 ± 0,1 ^a	1,3 ± 0,2 ^b	***
C ₃ /C ₄	0,54 ± 0,03 ^a	0,63 ± 0,03 ^a	0,40 ± 0,02 ^b	**

— Non déterminé ; ^{a,b,c} sur une même ligne, les moyennes associées à des lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil $P = 0,05$; NS : non significatif ; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$.

chaque jour à l'ouverture des fermenteurs, avant l'introduction d'un nouveau sachet de substrat. La flore du fermenteur MS₁₅ était probablement en relative déficience alimentaire à ce moment, alors que celle des 2 autres fermenteurs disposait encore de substrat fermentescible. Notre conduite expérimentale pourrait être assimilée à une conduite d'animaux rationnés, ce qui pourrait expliquer les valeurs élevées de pH obtenues en fermenteur.

Si le faciès fermentaire des 3 fermenteurs est proche de celui observé dans le cæcum du lapin en considérant les 3 AGV majeurs (C₂, C₃ et C₄), la production d'AGV totaux présente, elle, d'importants écarts entre fermenteurs. La différence est significative pour le fermenteur MS₄₀ pour lequel la production d'AGV totaux est la plus élevée. Ceci tendrait à confirmer l'hypothèse d'une plus grande disponibilité en substrat. Dans le fermenteur MS₆₀, malgré une quantité plus grande en substrat, la teneur en

AGV totaux est plus basse que celle mesurée dans le fermenteur MS₄₀. En fait, l'introduction de 60 g de MS/jour a entraîné une trop grande compacité du milieu. D'ailleurs, en pratique, l'introduction des sachets contenant le substrat de fermentation était difficile. Les échanges entre l'intérieur des sachets et l'extérieur ont donc été limités. Nous pensons que l'attaque microbienne s'est limitée à une attaque périphérique du substrat car le niveau de disparition de la matière organique a été relativement bas.

Enfin, contrairement à celles des AGV majeurs, les proportions des AGV mineurs étaient significativement plus élevées dans le fermenteur MS₄₀ que dans les 2 autres. Nous pouvons relier ces proportions accrues à la teneur plus élevée en AGV totaux, preuve d'une activité fermentaire plus importante qui se ferait en partie aux dépens de la fraction azotée. La synthèse des iso-acides

à longue chaîne carbonée proviendrait du catabolisme des protéines (Kolb, 1975).

Compte tenu de l'ensemble des résultats, en particulier du peu d'influence de la quantité de matière sèche introduite par jour sur le profil fermentaire, mais de son effet majeur sur le taux de disparition de la matière organique et surtout des fibres, il nous paraît souhaitable de retenir la quantité de MS la plus faible pour le fonctionnement du fermenteur. En outre, cela limite la quantité de substrat à préparer par traitement enzymatique.

Deuxième expérience

Les résultats moyens observés pour les 4 fermenteurs conduits selon le même protocole sont présentés au tableau II. L'écart type entre fermenteurs y a été inclus de manière à pouvoir comparer la variation observée dans notre cas entre fermenteurs à celle constatée entre lapins lors de mesure *in vivo*.

Compte tenu du nombre de mesures effectuées par fermenteur (13 prélèvements), ces derniers diffèrent entre eux pour presque tous les paramètres mesurés. Toutefois les écarts relatifs entre fermenteurs peuvent être significatifs mais de très faible amplitude comme dans le cas du pH (écart de 1,5%).

Il est difficile de comparer la variabilité du taux de disparition de la matière organique entre fermenteurs à une situation observée *in vivo* puisque le substrat a été fortement modifié par les traitements enzymatiques. En revanche, ces derniers ne sont pas sensés avoir modifié les fibres. Nous observons entre fermenteurs un écart type représentant 4,8 à 4,9 points de taux de disparition pour NDF et ADF respectivement. Ces valeurs sont incluses dans la gamme des écarts types entre lapins constatés par exemple par Bellier (1994) lors de l'étude des CUDa de différentes fibres par des lapins : de 3,0 à 5,1 pour NDF et de 3,7 à 5,9 pour ADF. Pour ces critères, la variabilité entre fermenteurs peut donc

Tableau II. Mesures de la reproductibilité de la méthode.

Fermenteurs	1	2	3	4	Écart type des valeurs moyennes par fermenteur	Signification de l'effet fermenteur
DMO (%)	36,7 ± 1,5 ^a	30,4 ± 1,5 ^b	38,8 ± 1,5 ^a	39,7 ± 1,8 ^a	4,2	***
DNDF	26,0 ± 1,5 ^a	19,1 ± 1,7 ^b	29,0 ± 1,5 ^a	29,9 ± 2,0 ^a	4,9	***
DADF	19,4 ± 1,8 ^{ab}	14,8 ± 1,5 ^b	23,8 ± 1,7 ^a	25,4 ± 2,3 ^a	4,8	***
pH	6,65 ± 0,01 ^b	6,71 ± 0,02 ^a	6,70 ± 0,02 ^a	6,61 ± 0,02 ^b	0,05	***
AGV totaux (mM/l)	80,1 ± 1,6 ^{ab}	86,7 ± 4,0 ^a	77,8 ± 2,6 ^{ab}	73,0 ± 1,3 ^b	5,7	***
C ₂ (%)	61,2 ± 0,6 ^c	69,3 ± 0,6 ^a	63,5 ± 0,6 ^b	61,9 ± 0,6 ^c	3,7	***
C ₃ (%)	9,7 ± 0,3 ^a	8,7 ± 0,4 ^b	8,6 ± 0,2 ^b	10,0 ± 0,2 ^a	0,7	***
C ₄ (%)	18,4 ± 0,3 ^a	16,2 ± 0,3 ^b	18,5 ± 0,4 ^a	17,6 ± 0,2 ^a	1,1	***
isoC ₄ (%)	1,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,1	NS
C ₅ (%)	2,5 ± 0,1 ^b	2,5 ± 0,1 ^b	2,3 ± 0,1 ^b	2,8 ± 0,2 ^a	0,2	***
isoC ₅ (%)	2,7 ± 0,1 ^a	2,2 ± 0,1 ^c	2,3 ± 0,1 ^{bc}	2,5 ± 0,1 ^b	0,2	***
C ₃ /C ₄	0,53 ± 0,02 ^{ab}	0,54 ± 0,03 ^{ab}	0,47 ± 0,02 ^b	0,57 ± 0,01 ^a	0,04	**

être considérée comme similaire à celle constatée entre lapins.

Le même raisonnement appliqué à la concentration en AGV totaux nous permet de constater que dans notre cas l'écart type entre fermenteurs (5,7 mM/l) est nettement inférieur à celui observé entre lapins : 13,5 mM/l selon Bellier (1994) et même 16 à 28 mM/l dans les travaux de Vernay (1985). Ainsi, les proportions des AGV principaux sont moins variables entre fermenteurs qu'elles ne le sont entre lapins.

Pour analyser la stabilité de nos fermenteurs dans le temps nous avons comparé les coefficients de variation observés pour différents paramètres, dans notre cas (fermenteurs) en situation *in vivo* (Bellier, 1994) et *in vitro* dans le cas du Rusitec (Blanchart *et al*, 1989). De cette comparaison (tableau III), il ressort que d'un jour à l'autre nos fermenteurs ont un pH aussi stable que celui du contenu cæcal mesuré *in vivo*, mais que les autres paramètres sont plus variables. La stabilité d'un jour à l'autre de la teneur en AGV totaux comme celle de la proportion de C₂ de nos fermenteurs et d'un Rusitec sont comparables. Dans le cas de la proportion molaire de propionate, nos fermenteurs semblent moins stables qu'en

Rusitec mais la valeur de la moyenne étant plus faible (8 à 10% des AGV) que celle mesurée dans un Rusitec (20 à 30%), cela correspond à des écarts types des mesures quotidiennes tout à fait comparables : 1 à 1,2% des AGV totaux et 0,9 à 1,4% pour nos fermenteurs et en Rusitec respectivement (Blanchart *et al*, 1989).

CONCLUSION

La quantité de matière sèche introduite chaque jour dans les fermenteurs n'induit pas de changement notable du faciès fermentaire moyen, analysé à travers les 3 AGV majeurs ; en revanche, elle intervient sur la dégradation de la matière organique, des valeurs du pH ainsi que sur la production d'AGV totaux et la proportion des AGV mineurs.

En outre, l'équilibre molaire des acides gras volatils est beaucoup plus stable dans le temps avec le fermenteur MS₁₅ qu'avec les 2 autres (plus faibles écarts types de la moyenne).

Il nous paraît donc souhaitable de retenir pour l'instant la quantité de matière sèche la plus faible (15 g) pour l'introduction quoti-

Tableau III. Comparaison des coefficients de variation observés entre jours de mesure pour plusieurs paramètres dans différentes situations d'étude.

	Fermenteur CAEC	Situation	
		Lapin <i>in vivo</i>	Rusitec
		Auteur	
	Présent travail	Bellier 1994	Blanchart <i>et al</i> , 1989
pH	0,7	0,8	—
AGV totaux (mM/l)	11,9	4,0	7,1 à 11,4
<i>Proportions molaires (%)</i>			
C ₂	3,0	0,5	2,1
C ₃	12,4	3,0	4,7
C ₄	7,1	1,2	—

dienne dans le type de fermenteur expérimental que nous avons employé. Cependant, des travaux ultérieurs devront déterminer si une quantité de matière sèche introduite par 24 heures encore plus faible ne serait pas susceptible de donner également satisfaction.

Le taux de disparition des fibres et les profils d'AGV observés dans les fermenteurs étant semblables à ceux constatés *in vivo*, l'usage de la technique *in vitro* est susceptible d'apporter un moyen efficace pour l'étude de certaines situations inaccessibles aux travaux réalisés sur l'animal vivant. Ces situations sont *a priori* similaires à celles qui justifient l'usage du Rusitec, la stabilité de nos fermenteurs étant similaire à celle constatée avec cet équipement d'étude *in vitro*.

Toutefois d'un fermenteur à l'autre, dans notre cas, subsiste une variabilité qu'il nous faudra réduire si nous voulons travailler autrement qu'en utilisant chaque fermenteur comme étant son propre témoin (division du temps de mesure en 2 ou 3 périodes). La variabilité entre fermenteurs étant similaire à celle observée *in vivo* entre lapins, nous devons déterminer quelle part de cette variabilité est la conséquence du fait que jusqu'à maintenant chaque fermenteur a été ensemencé avec du contenu cæcal provenant de lapins différents. Pour faciliter cette étude, une miniaturisation de l'appareillage permettrait de tenir compte du fait que le volume cæcal d'un lapin est très faible (100 ml) par rapport à celui des cuves de fermentation (1 l) ; cela faciliterait l'ensemencement de plusieurs fermenteurs avec le contenu cæcal d'un seul lapin, alors que la méthode actuelle implique l'usage du contenu cæcal de plusieurs lapins pour l'ensemencement d'un seul fermenteur.

RÉFÉRENCES

- Adjiri D (1992) Essai de simulation des fermentations cæcales du lapin en fermenteur à flux semi-continu. Thèse, Institut national polytechnique de Toulouse
- Adjiri D, Bouillier-Oudot M, Lebas F, Candau M (1992a) Simulation *in vitro* des fermentations cæcales du lapin en fermenteur à flux semi-continu. I. Rôle du prétraitement du substrat alimentaire. *Reprod Nutr Dev* 32, 351-360
- Adjiri D, Bouillier-Oudot M, Lebas F, Candau M (1992b) Simulation *in vitro* des fermentations cæcales du lapin en fermenteur à flux semi-continu. II. Effet de la nature de l'inoculum. *Reprod Nutr Dev* 32, 361-364
- Bellier R (1994) Contrôle nutritionnel de l'activité fermentaire cæcale chez le lapin. Thèse, Institut national polytechnique de Toulouse
- Bellier R, Gidenne T (1992) Cæcal cannulation in 5 week old rabbit. An *in vivo* study of the circadian variations of the fermentation pattern. *J Applied Rabbit Res* 15, 922-930
- Blanchart G, Durand M, Barry JL, Bouillier-Oudot M, Jouany JP (1989) Intérêts et limites des fermenteurs à flux semi-continu de type Rusitec dans l'étude des fermentations du rumen. *Ann Zootech* 38, 285-314
- Czerkawski JW, Breckenridge G (1977) Design and development of a long-term rumen simulation technique (Rusitec). *Br J Nutr* 38, 371-384
- Gidenne T, Bellier R (1992) Étude *in vivo* de l'activité fermentaire cæcale chez le lapin. Mise au point et validation d'une nouvelle technique de canulation cæcale. *Reprod Nutr Dev* 32, 365-376
- Jouany JP (1982) Dosages des acides gras volatils (AGV) et des alcools dans les contenus digestifs, le jus d'ensilage, les cultures bactériennes et les contenus de fermenteurs anaérobies. *Sci Alim* 2, 131-144
- Kolb E (1975) *Physiologie des animaux domestiques*. Éditions Vigot Frères, Paris, 974 p
- Salse A (1985) Development of an artificial caecum and quality of the obtained product. *Nutr Rep Inter* 32, 491-501
- Tafari JP (1981) Étude de l'utilisation des fibres alimentaires chez le lapin par la technique du cæcum artificiel. Thèse de doctorat, École vét Alfort
- Van Soest PJ, Wine RH (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Offic Agric Chem* 50, 50-55
- Vernay M (1985) L'absorption et le devenir des acides gras volatils digestifs chez le lapin, en relation avec la dualité de l'excrétion fécale. Thèse d'État, université de Toulouse III