

## RECHERCHES SUR LE DEVENIR DE L'ÉTHANOL AU NIVEAU DU RUMEN

### II. — ÉTUDE SUR MOUTONS FISTULÉS

Françoise LEROY

Avec la collaboration technique de Marguerite NAVILLE

Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,  
16, rue Claude Bernard, Paris (5<sup>e</sup>)

---

#### SOMMAIRE

Notre première étude *in vitro* a montré que l'éthanol est dégradé très faiblement, même après un long séjour en rumen artificiel, par les microorganismes de la panse du mouton, accoutumé ou non à ce corps. Par contre l'alcool semblait favoriser la dégradation des glucides. Pour vérifier ces observations et pour déterminer la vitesse et les voies de disparition de l'alcool hors des réservoirs gastriques, des expériences ont été effectuées sur moutons porteurs de fistules du rumen et de la caillette.

*In vivo*, l'éthanol quitte très rapidement la panse (90 minutes après ingestion, il ne reste que 27 p. 100 de la concentration initiale et 5 p. 100 après 400 minutes). Sa voie quasi-unique d'évacuation est la filtration à travers la paroi de l'organe vers le circuit sanguin, car l'on observe parallèlement une augmentation très rapide de la teneur en alcool du sang périphérique. Une très faible part de l'ordre de 2 à 3 p. 100 transite par la caillette.

Étant donné sa rapidité de fuite hors de la panse, il ne semble pas que l'alcool puisse être catabolisé par la flore microbienne de cet organe; on est donc conduit à supposer qu'après pénétration de ce métabolite dans la voie sanguine, le ruminant pourrait l'utiliser selon des mécanismes analogues à ceux qui ont été observés chez le monogastrique.

La présence d'éthanol dans le rumen paraît exercer un effet stimulant sur le catabolisme des glucides car un accroissement significatif des acides gras volatils, en particulier de l'acide acétique, a été enregistré.

Une longue accoutumance de l'animal ne modifie pas les phénomènes constatés.

---

#### INTRODUCTION

Une observation préliminaire effectuée sur mouton (F. LEROY, 1958) nous a montré que l'alcool éthylique ingéré est éliminé très rapidement du rumen. Ce fait a été confirmé par EMERY *et al.* (1959), qui ont noté chez une vache fistulée une diminution de moitié de la teneur en alcool de la panse, 2 heures après l'administration de celui-ci. Or, d'après nos recherches en rumen artificiel (F. LEROY, 1964) la dégradation de l'éthanol par les microorganismes est très lente et très faible : 3 p. 100 après 3 h, 6 p. 100 après 8 h pour une dose de 0,292 g p. 100 ml de milieu ;

elle est d'autant plus lente que la concentration du milieu en alcool est plus élevée.

D'après ces résultats, le rôle de la micropopulation de la panse dans la disparition de l'éthanol au niveau de cet organe semblerait infime. Cela laisse supposer que ce métabolite s'échappe soit par filtration à travers la paroi de l'organe, soit par entraînement vers la suite du tractus digestif. Or, TSUDA (1957) a effectivement constaté sur un fragment isolé de la muqueuse de panse d'une chèvre, que l'alcool filtrait très rapidement à travers l'épithélium à la même vitesse que les acides gras volatils libres.

Ces faits nous ont conduit à observer la cinétique et les voies d'écoulement de l'alcool hors du rumen durant la phase digestive, en expérimentant sur des moutons porteurs de fistule. Afin de voir si l'introduction d'éthanol était capable de modifier le métabolisme de la micropopulation de la panse, nous avons comparé sur le même animal les teneurs en acides volatils et en ammoniacque de contenus de cet organe prélevés aux mêmes intervalles de temps, sans et après absorption d'alcool.

Nous avons en outre recherché si une longue accoutumance de l'animal modifiait la vitesse de disparition de l'alcool hors du rumen et l'activité métabolique de la microflore.

## MATÉRIEL ET TECHNIQUES

### A. — Techniques expérimentales

1<sup>o</sup>) *Matériel animal.* — Six moutons âgés de 2 ans, de race *Mérinos de l'Est*, pesant de 45 à 60 kg, ont été utilisés. Les animaux (N<sup>os</sup> 89, 90, 91, 92, 93, 94) étaient porteurs d'une fistule de la panse et le sujet N<sup>o</sup> 90 était en outre muni d'une fistule de la caillette.

2<sup>o</sup>) *Régime alimentaire.* — Un régime constant composé de foin de luzerne et d'orge, additionnés de phosphate monosodique était distribué pendant toute la durée des essais. Les compositions du foin et de l'orge étaient respectivement les suivantes : pour 100 g de matières sèches :

— Matières minérales : 7,35 et 2,52 g

— Cellulose WEENDE : 29,38 et 5,31 g

— Matières azotées totales (N  $\times$  6,25) : 19,7<sup>o</sup> et 13,71 g.

Le foin de luzerne était haché et l'orge broyée grossièrement. Pendant les 10 jours précédant les mesures, le niveau de consommation de matières sèches d'orge et de foin était maintenu pratiquement constant et l'animal était placé sur une litière de sable. L'eau de boisson était consommée à discrétion pendant la nuit et supprimée avant le repas du matin : chaque sujet buvait en moyenne 2 litres d'eau par jour, mais des variations de consommation d'environ 0,5 litre ont été très souvent constatées. Le repas du matin consistait en 300 g de foin et 150 g d'orge ; celui du soir en comportait respectivement 500 g et 150 g.

3<sup>o</sup>) *Mesures.* — Les mesures ont porté sur l'évolution des concentrations en éthanol des contenus de rumen et de caillette et du sang jugulaire. De plus, nous avons suivi la cinétique des acides gras volatils et de l'ammoniacque dans le liquide du rumen. Pour cela des prélèvements ont été effectués aux mêmes intervalles de temps sur le contenu de rumen par aspiration avec une pompe d'automobile à travers la fistule (tube cylindrique de 3 cm de diamètre), sur le contenu de caillette soutiré par la canule et sur le sang jugulaire recueilli par ponction en milieu hépariné. Les expériences ont été faites le onzième jour du régime témoin sans alcool et le surlendemain, jour de l'administration d'alcool.

Les mesures ont été exécutées immédiatement avant le repas du matin et aussitôt après la fin de ce repas qui durait 1 heure. Les jours sans alcool, nous introduisions ensuite par la fistule 200 ml d'eau contenant 10 g de polyéthylène-glycol employé comme traceur pour évaluer le volume de liquide présent dans le rumen à ce moment (temps zéro).

Les jours avec alcool, ce dernier était incorporé à la solution de polyéthylène-glycol à la dose de 44 g d'éthanol pur (soit 0,6 à 1 g par kg de poids corporel selon les sujets). D'autres prises ont été pratiquées : 10 mn après l'introduction de la solution de polyéthylène-glycol alcoolisé ou non, puis 40, 85 et 130 mn et toutes les 90 mn jusqu'à la 490<sup>e</sup>, après laquelle était distribué le repas du soir. Un dernier prélèvement a été fait 23 h après le temps zéro.

Pour la commodité des manipulations, nous avons la plupart du temps, introduit l'éthanol dans la panse par le canal de la fistule. Une observation préliminaire faite sur 2 sujets (n<sup>os</sup> 90 et 94), nous a montré que dans ces conditions les résultats étaient identiques à ceux qu'on obtenait après ingestion de l'alcool incorporé dans l'orge.

### B. — Techniques analytiques

Aussitôt après le prélèvement, le contenu de panse a été filtré sur 6 épaisseurs de gaze et stabilisé par du fluorure de sodium. L'alcool, les acides gras volatils, l'ammoniaque ont été dosés selon les techniques indiquées dans la première partie du mémoire (F. LEROY, 1964). Les très faibles quantités d'alcool présentes dans le sang et dans la caillette ont été dosées par le submicrodosage de NICLOUX *et al.* (1934). Les concentrations du contenu de rumen en polyéthylène-glycol ont été déterminées par la méthode pondérale de SPERBER *et al.* (1953).

## RÉSULTATS

### A. — CINÉTIQUE ET VOIES DE DISPARITION DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE HORS DU RUMEN

Les observations ont porté sur les sujets n<sup>os</sup> 89, 90 et 94 à raison de 2 expériences (sans alcool et avec alcool) par animal.

#### 1<sup>o</sup>) Rumen

L'emploi du polyéthylène-glycol comme traceur et son dosage à divers intervalles de temps dans le contenu de rumen a permis d'estimer par extrapolation, le volume de liquide présent dans l'organe au temps zéro (tabl. I) et la concentration correspondante en alcool. Cette concentration a été prise comme point de départ de la cinétique de disparition du métabolite dans la panse. Par contre, nous n'avons pas tenu compte des données enregistrées 10 mn après l'introduction d'alcool, car à ce moment l'homogénéisation semblait loin d'être réalisée.

TABLEAU I

Volumes (litres) de liquide du rumen au temps zéro <sup>(1)</sup>.  
(calculés à l'aide du polyéthylène-glycol)

Sujets N <sup>o</sup>	89	90	91	92	93	94
Sans alcool .....	6,3	5,3	4,1	5,5	5,4	5,3
Avec alcool <sup>(2)</sup> .....	6,3	5,7	4,4	5,5	5,5	4,9
Après accoutumance .....		7,6				5,4

<sup>(1)</sup> Temps zéro = temps d'introduction de l'alcool.

<sup>(2)</sup> Sans accoutumance.

Les tableaux 2 et 3 montrent l'évolution des teneurs en éthanol du rumen et du sang jugulaire en fonction du temps. Dans la panse, le taux alcoolique est en moyenne de 787 mg p. 100 ml de liquide au temps zéro. Ce taux s'abaisse à 282 mg

TABEAU 2

Évolution dans le temps des teneurs du liquide de rumen en éthanol (en mg de substances réductrices p. 100 ml de liquide)

N° du mouton	Aussitôt avant le repas	Aussitôt après le repas	Administration d'éthanol temps 0	40 mn	85 mn	130 mn	230 mn	310 mn	400 mn	490 mn	1 380 mn
Moyenne de 3 moutons ...	4,2	16,0	15,3	8,9	5,2	4,6	4,1	3,5	3,4	4,5	3,7
a) Sans éthanol											
b) Avec éthanol sans accoutumance											
Après introduction d'éthanol											
Avant introduction d'éthanol											
89 a	3,6	22,7	627,0	419,0	161,0	105,4	63,1	38,1	14,8	—	4,2
89 b	2,9	13,1	696,0	—	394,0	198,9	110,8	55,5	39,1	25,7	3,8
90 a	4,3	14,1	933,7	430,6	248,4	293,8	204,6	116,4	71,7	49,8	3,0
90 b	4,4	13,4	806,0	536,0	303,9	184,0	99,3	64,8	22,1	19,2	12,3
94 a	4,2	15,5	778,8	435,5	285,4	191,1	229,1	75,0	67,1	25,3	4,7
94 b	5,1	13,0	878,0	420,2	300,0	208,1	111,2	69,8	44,4	24,1	3,0
Moyenne	4,1	15,3	786,6	448,3	282,2	196,9	136,4	69,9	43,2	28,8	5,2
Écart-type (1)	± 2,5	± 11,8	± 113,1	± 49,5	± 76,4	± 60,3	± 65,3	± 26,2	± 23,0	± 21,1	± 2,5
c) Avec éthanol après 45 jours d'accoutumance											
90	5,2	12,3	513,2	185,0	140,7	146,7	153,9	151,7	110,9	45,6	4,2
94	11,4	20,9	764,8	467,6	241,1	191,7	203,8	46,3	16,5	5,0	12,0

$$(1) \text{ Écart type} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

TABLEAU 3

*Évolution dans le temps de l'éthanolémie (sang de la veine jugulaire)*  
(les substances réductrices et l'alcool sont évalués en mg p. 100 g de sang)

N° du mouton	Aussitôt avant le repas	Aussitôt après le repas	10 mn	40 mn	85 mn	130 mn	220 mn	310 mn	400 mn	490 mn	1 380 mn	
94 b	5,8	9,7	4,0	3,9	6,0	4,7	5,7	5,3	4,4	3,3	5,2	
a) Sans éthanol												
b) Avec éthanol sans accoutumance												
	Avant introduction d'éthanol			Après introduction d'éthanol								
89 a	5,2	—	56,5	55,2	60,4	50,5	30,3	16,3	9,3	—	3,9	
89 b	6,6	42,4	50,4	54,4	64,4	58,8	56,8	63,0	41,2	21,5	—	
90 a	5,4	9,1	59,3	57,1	61,9	61,4	61,4	52,5	42,2	34,3	10,1	
90 b	5,5	8,5	38,5	51,9	68,8	62,3	47,6	36,6	27,3	8,2	5,7	
94 a	5,3	9,2	25,0	66,2	44,3	49,4	—	24,3	30,2	13,2	42,9	
94 b	4,5	9,6	34,6	68,2	54,3	74,7	55,9	—	56,5	30,6	7,7	
Moyenne	5,4	9,7	44,0	58,8	59,0	59,4	50,4	37,9	34,5	21,6	8,1	
Écart-type	± 1,8	± 4,4	± 8,7	± 6,8	± 13,5	± 9,3	± 12,3	± 20,4	± 16,5	± 14,1	± 3,6	
c) Avec éthanol après 45 jours d'accoutumance												
90	7,4	8,6	—	70,1	65,0	61,2	42,0	33,5	24,5	—	4,4	
94	10,5	19,6	44,6	58,1	55,2	64,3	45,4	38,2	29,5	15,7	12,9	

après 1 h 25 mn, 43 mg après 6 h 40 mn et 5 mg au bout de 23 h. A ce moment, tout l'éthanol a donc quitté la panse. En effet, le seuil des substances réductrices normalement enregistré avant le repas du matin chez l'animal n'ayant pas reçu d'alcool est de 5 mg p. 100 ml. (Nous appelons substances réductrices, des substances qui, en l'absence d'éthanol, réduisent le bichromate de potassium en milieu sulfu-rique).

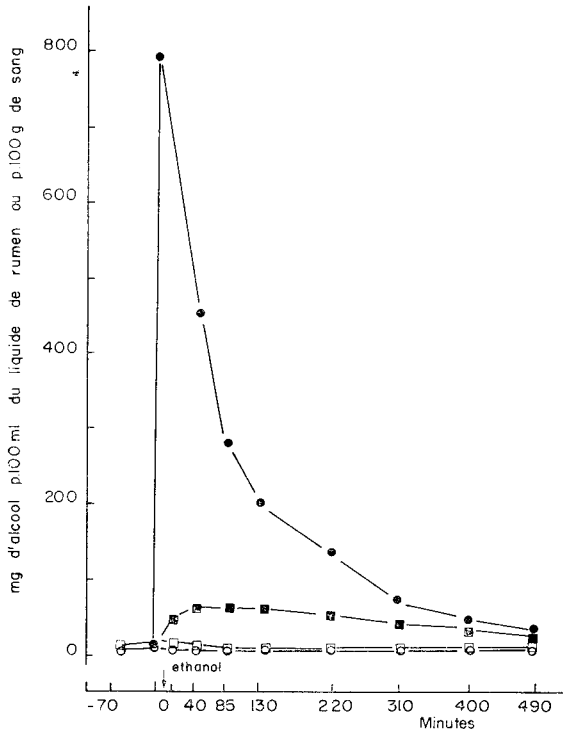


FIG. 1. — Évolution dans le temps des substances réductrices et de l'éthanol du liquide de rumen et du sang jugulaire (Moyenne de 6 essais sur 3 moutons)

- Rumen sans alcool
- Sang sans alcool
- Sang avec alcool
- Rumen avec alcool

Le jour sans alcool, le maximum de concentration en substances réductrices (16 mg) se situe immédiatement après le repas du matin ; pendant toute la journée, les quantités de substances réductrices restent à peu près constantes et analogues à celles notées à jeun.

La cinétique de disparition de l'éthanol hors du rumen revêt la même allure dans tous les essais (tabl. 2), elle est représentée graphiquement par la figure 1.

## 2° Caillette

Les données ont été recueillies au cours de 2 expériences effectuées sur le sujet n° 90 ; 10 mn après introduction d'alcool dans le rumen, on constate la présence de celui-ci dans la caillette. En effet, la teneur en substances réductrices qui est de l'ordre de 4 mg avant l'administration d'alcool à l'animal, passe à 29,1 mg après 10 mn et atteint un maximum de 68 mg au bout de 2 h 10 mn. Elle s'abaisse progressivement (fig. 2), pour revenir 23 h après à son seuil minimum normal (4 mg) constaté en absence d'alcool.

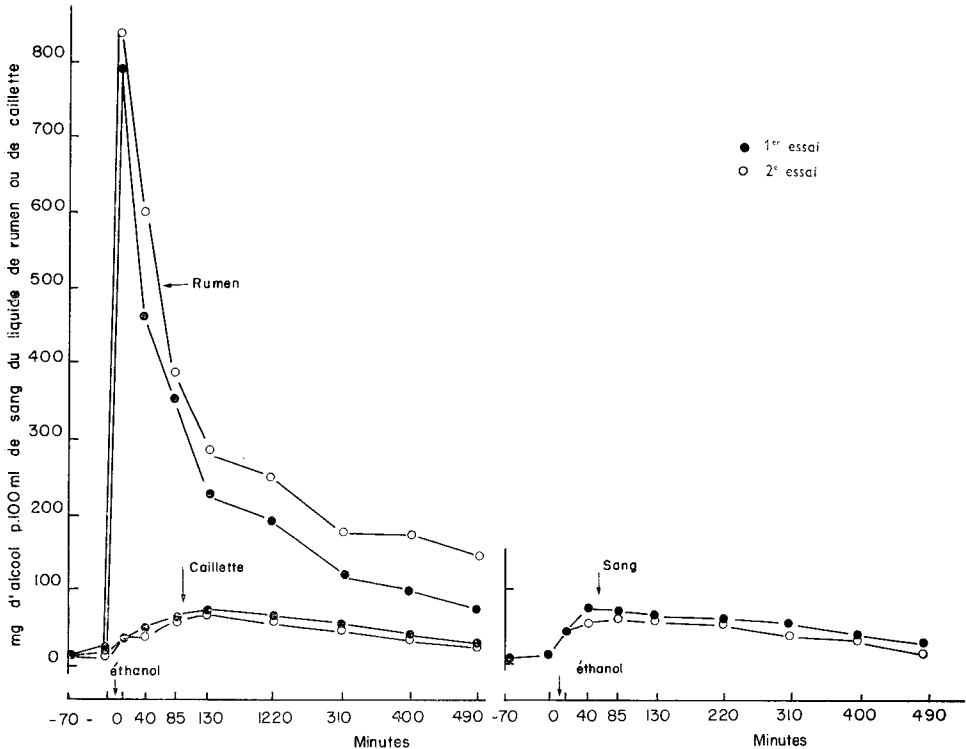


FIG. 2. — Évolution dans le temps des substances réductrices et de l'éthanol dans les liquides de rumen et de caillette et dans le sang du mouton n° 90

## 3°) Sang

Les prélèvements de sang ont été faits lors des expériences où a été établie la cinétique de la disparition de l'éthanol dans la panse. Le sang jugulaire d'un mouton à jeun n'ayant pas ingéré d'éthanol contient 4,5 mg de substances réductrices pour 100 g de sang, ce taux s'élève à 9,7 mg après le repas.

10 mn après administration d'alcool à l'animal, la concentration de celui-ci dans le sang jugulaire s'élève à 44 mg (tabl. 3). Elle passe à 40 mn par un maximum de 59 mg environ qui persiste jusqu'à 2 h 10 mn, puis la concentration s'abaisse assez rapidement (37,9 mg à 5 h 10 mn, 21,6 mg à 8 h) pour revenir au seuil des substances réductrices au bout de 23 h (fig. 1).

Il est intéressant de noter que, chez un animal n'ayant pas absorbé d'alcool,

TABLEAU 4

*Évolution dans le temps des acides gras volatils totaux du liquide de rumen (en mg p. 100 ml de liquide)*  
(en absence ou en présence d'éthanol chez des sujets inaccoutumés)

N° du mouton	Avant le repas		Après le repas		10 mn	40 mn	85 mn	130 mn	220 mn	310 mn	400 mn	490 mn	1 380 mn
	<i>Après introduction d'éthanol</i>												
<i>Avant introduction d'éthanol</i>													
89 S (1)	283	631	659	714	714	614	604	712	586	563	517	479	
89 A (1)	452	551	714	716	716	732	718	674	657	579	518	488	
90 S	375	737	656	748	748	755	813	849	640	645	727	754	
90 A	615	752	667	780	780	861	984	884	756	722	656	782	
91 S	554	724	941	1 002	1 002	914	927	881	839	746	695	558	
91 A	644	736	824	751	751	815	930	1 027	942	886	894	676	
92 S	668	699	825	934	934	840	766	861	713	780	791	583	
92 A	673	752	797	960	960	957	989	822	831	869	933	617	
93 S	465	606	657	788	788	882	793	835	701	637	621	600	
93 A	446	734	657	741	741	741	812	756	692	651	595	410	
94 S	486	630	730	772	772	795	774	649	453	562	424	569	
94 A	637	809	771	865	865	879	858	807	824	688	553	493	
Moyenne S	472	671	765	826	826	800	780	798	655	656	629	591	
Écart-type	± 435	± 56	± 104	± 109	± 109	± 108	± 99	± 94	± 131	± 91	± 138	± 90	
Moyenne A	573	722	738	807	807	831	882	828	784	733	692	578	
Écart-type	± 110	± 88	± 70	± 90	± 90	± 86	± 106	± 120	± 104	± 122	± 179	± 136	

(1) S = Sans éthanol.  
A = Avec éthanol.



le seuil des substances réductrices est extrêmement faible et est similaire dans le rumen, le sang et la caillette. Dans cette dernière, on ne remarque pas comme dans les deux premiers, une augmentation de ces substances lors du prélèvement effectué immédiatement après le repas.

#### 4<sup>o</sup>) *Accoutumance*

Les observations ont été faites sur les sujets n<sup>o</sup> 90 et 94 qui ont reçu pendant 45 jours une dose quotidienne d'éthanol au repas du matin. Les données ont été enregistrées préalablement à l'accoutumance pendant les heures qui ont suivi un repas témoin sans alcool, puis le surlendemain après un repas identique additionné d'alcool ; une autre série de mesures a été effectuée le 46<sup>e</sup> jour d'accoutumance.

Dans le tableau 2, on constate qu'il n'y a aucune influence de l'accoutumance sur les cinétiques ni sur les taux de disparition de l'alcool dans le rumen. Le tableau 3 montre pour le sang, une évolution de l'alcool dans le temps à peu près semblable à celle qui a été obtenue chez l'animal non accoutumé.

### B. — EFFET DE L'ÉTHANOL SUR L'ACTIVITÉ MÉTABOLIQUE DE LA MICROFLORE DU RUMEN

#### *Acides gras volatils*

Les données enregistrées sur 6 sujets (n<sup>os</sup> 89, 90, 91, 92, 93, 94) maintenus dans les mêmes conditions de régime (même aliment et même quantité de matières sèches), distribué tantôt en absence et tantôt en présence d'éthanol, sont rapportées dans le tableau 4 et la figure 3.

La comparaison des résultats des régimes sans et avec éthanol montre que 5 sujets sur 6 réagissent à l'addition de l'alcool au régime, par un accroissement des teneurs du rumen en acides gras volatils totaux. Seul, le sujet 93 a un comportement identique qu'il ait ingéré de l'alcool ou pas. Cette augmentation des acides gras volatils paraît d'autant plus vraisemblable que les volumes de liquide contenus dans la panse, calculés à l'aide de la méthode du polyéthylène-glycol (tabl. 1) sont, le jour d'ingestion de l'alcool, toujours égaux ou supérieurs à ceux du jour sans alcool.

L'élévation des acides gras volatils totaux se fait sentir 40 mn après l'ingestion d'éthanol et persiste jusqu'à la 490<sup>e</sup> minute (fig. 3), la différence entre les moyennes est significative ( $P < 0,05$ ).

Si dans le même temps, on considère séparément les différents acides gras volatils, on constate sous l'influence de l'alcool une augmentation très nette et significative de l'acide acétique, ( $P < 0,05$ ). Il y a peu d'écart dans les quantités d'acides propionique et butyrique.

Après accoutumance (tabl. 5), l'action de l'alcool qui tend à faire augmenter les acides gras volatils totaux est nette ( $P < 0,02$ ) et porte toujours sur l'acide acétique ( $P < 0,02$ ). Il semblerait même qu'il y ait un faible accroissement de l'acide propionique (fig. 4) mais le petit nombre des essais ne permet pas d'affirmer qu'il en est toujours ainsi.

Dans nos conditions expérimentales, l'effet de l'alcool sur l'évolution dans le

temps de l'azote ammoniacal est moins net. La figure 3 montre que les concentrations du liquide de rumen en ammoniaque des jours sans alcool et avec alcool sont comparables (moyenne de 6 essais sur 6 animaux). Cela tendrait à prouver que l'éthanol a peu d'effet sur l'ammoniogénèse.

Les résultats d'N ammoniacal (moyenne des sujets n° 90 et 94 du jour sans alcool, du jour avec alcool sans accoutumance et du 46<sup>e</sup> jour d'accoutumance sont à peu près les mêmes (fig. 6).

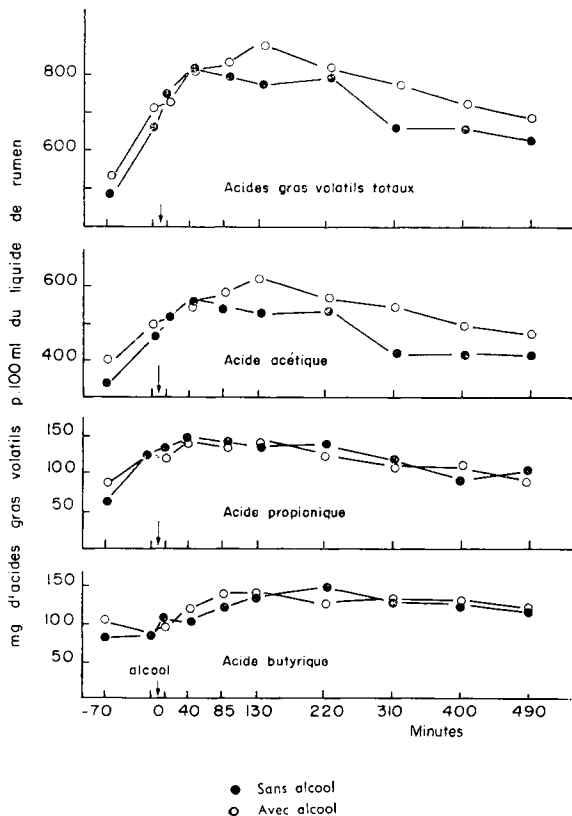


FIG. 3. — Évolution dans le temps des acides gras volatils du liquide de rumen (moyenne de 6 essais sur 6 animaux inaccoutumés)

## DISCUSSION

*In vitro*, d'après nos résultats (F. LEROY, 1964) les microorganismes de la panse du mouton n'utilisent pas l'éthanol après 4 heures d'incubation. Il en est de même dans les observations faites sur une vache (EMERY *et al.*, 1959). Mais en ce laps de temps, la plus grande partie de l'alcool a déjà quitté la panse du mouton ou de la vache. La vitesse de disparition de ce corps paraît plus grande chez le premier que chez le second de ces animaux. En effet, chez la vache (EMERY *et al.*, 1959),

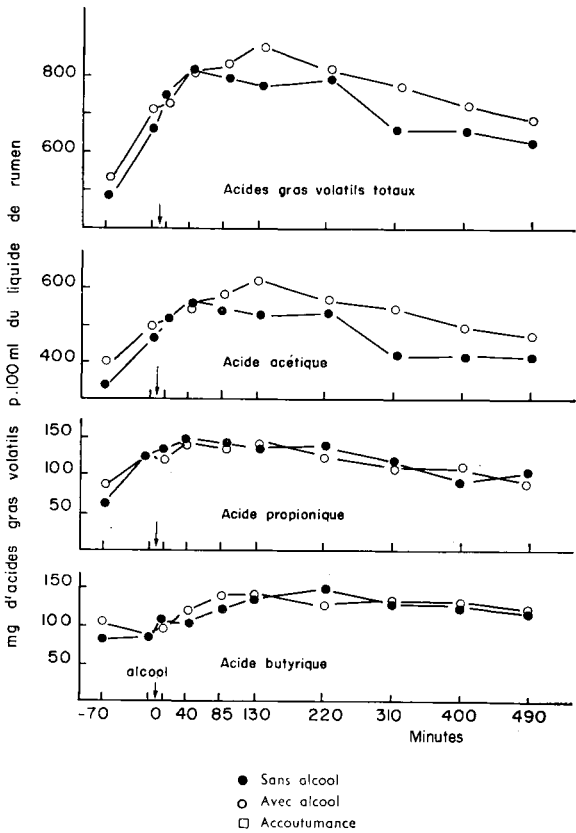


FIG. 4. — Évolution dans le temps des acides gras volatils du liquide de rumen avant et après 45 jours d'accoutumance (Moyenne de 2 essais sur les sujets n° 90 et 94)

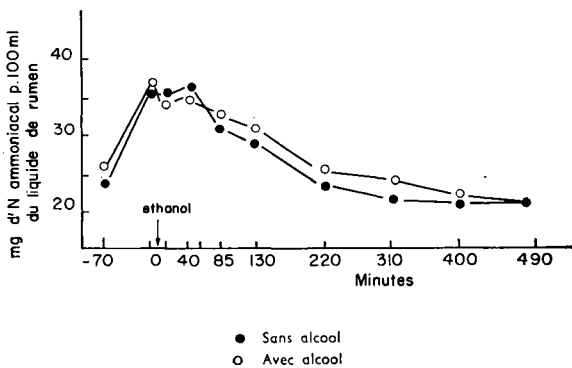


FIG. 5. — Évolution dans le temps de l'azote ammoniacal du liquide de rumen. (Moyenne de 6 essais sur 6 animaux inaccoutumés)

TABLEAU 5  
*Évolution dans le temps des acides gras volatils totaux du liquide de rumen (en mg p. 100 cm<sup>3</sup> de liquide)*  
 (en absence d'éthanol, en présence d'éthanol et après accoutumance)

N° du mouton	Avant le repas	Après le repas	40 mn	85 mn	130 mn	220 mn	310 mn	400 mn	490 mn	1 380 mn
90 S <sup>(1)</sup> .....	460	623	595	760	798	874	692	534	630	—
90 A <sup>(1)</sup> .....	508	625	657	896	993	772	782	722	645	564
90 AA <sup>(1)</sup> .....	519	653	691	993	983	1 233	1 126	1 071	641	600
94 S.....	486	630	731	795	774	649	453	562	424	569
94 A.....	637	809	771	879	858	807	824	688	553	498
94 AA.....	473	804	749	749	875	701	723	645	601	537

(<sup>1</sup>) S = Sans éthanol.

A = Avec éthanol.

AA = Après accoutumance à l'éthanol.

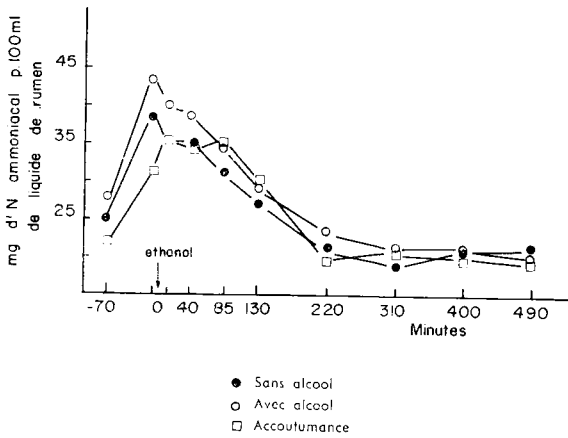


FIG. 6. — Évolution dans le temps de l'N ammoniacal du liquide de rumen avant et après accoutumance (Moyenne de 2 essais sur les sujets n° 90 et 94)

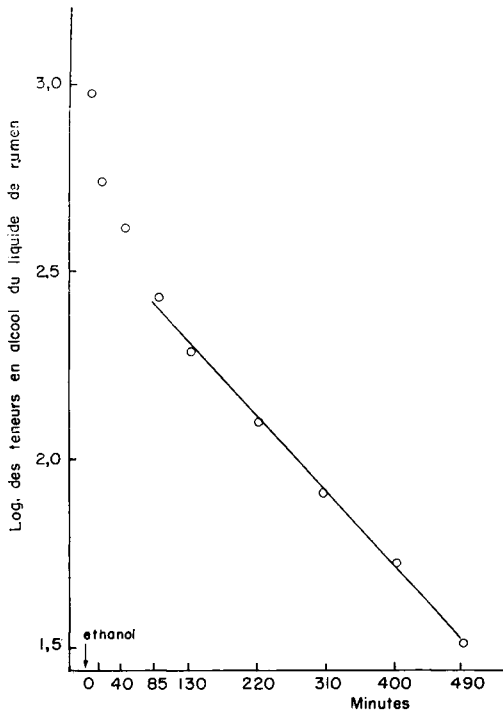


FIG. 7. — Régression semi-logarithmique de l'évolution dans le temps des teneurs du liquide de rumen en éthanol

recevant 0,8 g d'éthanol par kg de poids vif, la concentration dans le rumen n'est plus que 53 p. 100 de la concentration initiale après 2 h et 29 p. 100 après 4 h contre 25 et 17 p. 100 chez nos moutons d'expérience qui ont consommé des doses d'alcool de même ordre.

La décroissance dans le temps des teneurs en alcool du liquide de rumen présente l'allure d'une courbe semi-logarithmique :

$$\text{test d'ajustement linéaire : } \Sigma(y_1 - y_2)^2 = 4\,172,1$$

$$\text{test d'ajustement semi-logarithmique : } \Sigma(y_1 - y_3)^2 = 240,3.$$

Le phénomène de décroissance se décompose en deux phases très distinctes (fig. 7).

La première phase (de 0 à 85 mn) ne semble pas obéir à une loi mathématique aisément identifiable, cela est vraisemblablement dû à une insuffisance de l'homogénéisation de l'alcool dans ce premier laps de temps. On y observe toutefois une chute extrêmement rapide de la concentration en alcool (63 p. 100 de la teneur calculée au temps zéro ont disparu après 85 mn : moyenne de 11 essais sur 6 sujets). Par contre, au cours de la seconde phase, allant de la 85<sup>e</sup> à la 490<sup>e</sup> minute, les concentrations suivent une loi de décroissance semi-exponentielle d'équation ci-après :

$$\log. C = - 0,00222 t + 2,6178$$

où

C = concentration de l'alcool en mg p. 100 ml de liquide de rumen,  
t = temps en minutes.

Au-delà de la 85<sup>e</sup> minute, la courbe de décroissance des concentrations alcooliques construite à partir de nos résultats analytiques se confond pratiquement avec l'exponentielle théorique. On ne pourrait pas en dire autant pour la décroissance des teneurs en polyéthylène-glycol dont certaines données correspondant aux mêmes intervalles de temps (comptées à partir de la 85<sup>e</sup> minute) sont assez éloignées de la droite sur laquelle elles devraient s'inscrire, que la régression soit linéaire ou semi-logarithmique.

Nos essais montrent que l'éthanol s'échappe hors du rumen en empruntant simultanément deux voies : la suite du tractus digestif (on en trouve dans la caillette) et le circuit sanguin. La quantité qui transite à travers la première voie est cependant extrêmement réduite. En effet, 10 minutes après l'introduction d'alcool dans le rumen, la teneur en substances réductrices de la caillette passe de 4 à 29 mg p. 100 ml, elle atteint 43 mg à la 40<sup>e</sup> minute et un maximum de 68 mg au bout de 2 h 10 mn pour décliner ensuite.

Cette évolution semble épouser l'allure du transit du bol alimentaire à travers la caillette observée sur le mouton par ASH (1961). Si l'on suppose, d'après cet auteur, que le maximum de liquide traversant la caillette durant les deux premières heures qui suivent, chez le mouton, l'ingestion d'un repas de 425 à 450 g de matières sèches de foin (quantité identique à celle consommée par nos animaux) avoisine 2 litres ; si d'autre part, on se base sur un maximum de concentration de 68 mg d'alcool p. 100 ml de liquide de caillette, la quantité totale d'alcool qui aurait pénétré dans cet organe, s'élèverait tout au plus pour les deux premières heures à 1,4 g alors que pendant ce laps de temps, environ 33 g ont quitté le rumen. La quasi-totalité de l'alcool ne peut donc emprunter d'autre voie que celle du sang, en filtrant à travers la paroi du rumen. En effet, au fur et à mesure que décroît la teneur en alcool de la panse, celle du sang jugulaire augmente parallèlement dans de très

fortes proportions. Cette constatation est en accord parfait avec celle de TSUDA (1957). Seul, un dosage de l'alcool éthylique du sang de la veine du rumen et la connaissance du flux de celle-ci aurait permis de connaître avec précision la quantité d'alcool qui a filtré à travers l'épithélium de l'organe et de confirmer notre interprétation.

La courbe moyenne d'évolution de l'alcool dans le sang (fig. 1) est comparable à celle que BUDTZ-OLSEN et *al.* (1961) ont trouvé sur brebis lors de l'estimation de l'eau corporelle par la technique de dilution de l'alcool.

Après une longue accoutumance (45 jours), la disparition de l'alcool hors de la panse et son apparition dans le sang s'effectuent avec la même vitesse qu'avant l'accoutumance.

Le fait qu'*in vivo* l'alcool quitte très rapidement la panse, et qu'une part infime seulement est catabolisée en rumen artificiel dans le même intervalle de temps, indique que la micropopulation du réservoir gastrique du ruminant ne possède pas d'emblée et n'acquiert pas après accoutumance, un équipement enzymatique analogue à celui dont disposent les bactéries du sol (STEVENSON et KATZNELSON, 1958) pour oxyder l'alcool.

On est donc conduit à supposer qu'une fois l'alcool parvenu dans la voie sanguine, le ruminant pourrait l'utiliser selon des mécanismes analogues à ceux observés chez le monogastrique, où il est capable de pourvoir à la moitié des dépenses du métabolisme de base comme l'ont montré LE BRETON (1937) et DONTCHEFF (1955). La similitude de l'évolution de l'alcoolémie chez l'homme et chez le mouton constatée par BUDTZ-OLSEN (1961), viendrait à l'appui de cette supposition. Cependant, même ingéré dans les limites de tolérance de l'animal (LE BRETON et TRÉMOLLIÈRES, 1957), l'alcool qui a pénétré dans la voie sanguine, n'est pas utilisé dans sa totalité chez le monogastrique : d'après WILLIAMS (1949), chez les animaux de laboratoire, une petite quantité (2 à 10 p. 100) n'est pas métabolisée, mais éliminée sous forme inchangée par les voies pulmonaires et rénales. Seules des mesures directes d'énergie permettraient de déterminer avec une précision satisfaisante le rendement calorique exact de l'éthanol ingéré par le polygastrique. Mais, sur la base de nos données, on peut supposer que la majeure partie de l'éthanol, contenu à l'état préformé dans certains aliments des ruminants (cossettes de betterave fermentées, ensilages de marc de pommes ou de pommes) pourrait rentrer dans le calcul de la valeur énergétique de ces aliments à condition que l'apport d'alcool ne couvre pas plus de la moitié des dépenses d'entretien de l'animal.

Si l'alcool ne semble pas être utilisé directement comme source d'énergie par la micropopulation du rumen (F. LÉROY, 1964), il paraît cependant exercer un effet stimulant sur l'activité métabolique de celle-ci. Nous avons noté chez l'animal accoutumé ou non à l'éthanol, une augmentation importante de la production d'acides gras volatils et notamment une intensification significative de l'acétogénèse (fig. 4). HEAD (1957) signale le même fait chez le Mouton. Par contre, chez la Vache, EMERY et *al.* (1959) notent une légère diminution des acides gras volatils 2 et 4 heures après l'absorption d'un repas de foin de luzerne alcoolisé.

D'autre part, dans les rumens artificiels contenant de l'alcool et du foin de luzerne, nous avons constaté par rapport aux témoins sans alcool, un accroissement de la glycolyse et en particulier de la cellulolyse, ce qui corrobore et explique l'intensification de la formation d'acides gras volatils.

Pour ce qui est de l'effet de l'alcool sur la protéinogénèse, en régime de foin de luzerne, nos résultats sur mouton (fig. 6 et 7), comme ceux d'EMERY *et al.*, sur vache, montrent une absence totale d'action.

*Reçu pour publication en mars 1964.*

## REMERCIEMENTS

Nous tenons spécialement à remercier MM. les Docteurs SIMONNET et AUCLAIR, respectivement Professeur honoraire et Assistant de la Chaire d'Anatomie et de Physiologie comparées des Animaux domestiques, de l'Institut national agronomique, pour l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée en voulant bien procéder à la mise en place des fistules.

## SUMMARY

### FATE OF ETHYLALCOHOL IN THE RUMEN OF THE SHEEP

#### II. — STUDY ON FISTULATED SHEEP

Preliminary investigation showed that ethanol is only very little metabolised in the artificial rumen (F. LEROY, 1964), even during a long stay, by rumen microorganism of the sheep accustomed or not to this metabolite. But ethanol seemed to enhance carbohydrate catabolism. Research has been made on adult wether sheep fitted with rumen and abomasum fistulae in order to find the rate and the ways of alcohol disappearance out of the rumen.

The animals were fed twice a day with a determined ration of chopped alfalfa hay and barley meal. The litter was made of sand and drinking water was allowed only during the night. Samples were taken before feeding and immediately after, then alcohol was poured directly through the fistula. The other samplings were done 10, 40, 85, 220, 310, 400, 490 minutes and 23 h. after the alcohol administration. The same experience, but without alcohol was made as a blank two days before. Polyethylene-glycol was used as a tracer.

In the paunch, blood and abomasum of a wether not having received alcohol, the amount of reducing substances is about 4 mg per 100 ml before feeding; it increases (except in the abomasum), to 16 mg immediately after the meal, then decreases very rapidly to the initial level (table 6). *In vivo* ethanol disappears very quickly from the rumen (fig. 1). Its concentration in this organ represents, 90 minutes after ingestion, 27 per cent of the initial concentration and 5 per cent after 400 mn.

After 85 minutes, the remaining part of the alcohol decreases according to a semi-exponential law (fig. 7) :

$$\begin{aligned} \text{Log. } C &= - 0.00222 t + b \\ C &= \text{concentration of alcohol} \\ t &= \text{time} \end{aligned}$$

The principal way of alcohol disappearance is absorption through the rumen wall into the general blood circulation. A very small part (about 2 or 3 per cent), reaches the abomasum. In consideration of its quick evacuation out of the paunch, one can think that ethanol may not be catabolised by the microorganisms, and it is supposed that after its penetration into the blood, ruminant can use it by mechanisms similar to those observed on monogastric, (it is noticeable that BUDTZ-OLSEN *et al.*, 1961, obtained similar curves of blood alcohol on sheep and man).

The presence of ethanol in the rumen seems to exert a stimulating effect on the carbohydrate degradation by microorganisms : a significant increase of the volatile fatty acids ( $P < 0.05$ ), particularly of acetic acid ( $P < 0.05$ ), was registered *in vivo* (fig. 3). According to our experimental results, ethylalcohol has no influence on rumen ammonia.

All the data are similar after sheep has been accustomed to daily ethanol intake during a period of 45 days.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASH R. W., 1961. Acid secretion by the abomasum and its relation to the flow of food material in the sheep. *J. Physiol.*, **156**, 93-111.
- BUDTZ-OLSEN O. E., CLEEVE J. D., CELRICHS B. A., 1961. Total body water in Merino and Romney Marsh sheep estimated by alcohol (ethanol) dilution. *Aust. J. Agric. Res.*, **12**, 681-689.
- DONTCHEFF I., 1955. Mise en évidence au moyen de l'éthanol de deux grandes catégories d'oxydations respiratoires. *Thèse Doctorat en Sciences Strasbourg* 1953, paru dans *Arch. Sci. Physiol.*, 1955, **9**.
- EMERY R. S. et al., 1959. Effect of ethanol on rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, **42**, 1182-1186.
- HEAD M. J., 1957. Factors affecting the utilisation of non-protein nitrogen by dairy cows *National Institute for Research in Dairing Report, Shinfield, Berkshire, England*, 80.
- LE BRETON E., 1937. Signification physiologique et biochimique de l'oxydation de l'alcool éthylique dans l'organisme. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 17-43.
- LE BRETON E., TRÉMOLIÈRES J., 1957. L'utilisation de l'alcool par l'homme. Aspect énergétique, physiologique et nutritionnel. *Ann. Rech. Médic.*, **1**, 81-102.
- LEROY F., 1958. Utilisation de l'alcool au niveau du rumen. *Ann. Nutr.*, **12**, 283-287.
- LEROY F., 1964. Alcool éthylique au niveau du rumen. I. Étude *in vitro*. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, (1), 69-78.
- NICLOUX M., LE BRETON E., DONTCHEFF A., 1934. Microdosage dans le sang et les tissus de quantités d'alcool éthylique comprises entre 0,1 mg et 0,5 mg. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **16**, 1314-1332.
- SPERBER I., HYDEN S., EKMAN J., 1953. The use of polyethylene-glycol as a reference substance in the study of ruminant digestion. *Kungl. Lantbruks-Höskolan. Annaler.*, **20**, 337-345.
- STEVENSON I. L., KATZNELSON H., 1958. The oxydation of ethanol and acetate in soil. *Canad. J. Microbiol.*, **4**, 73-80.
- TSUDA T., 1957. Studies on the absorption from the rumen. II. Absorption of several organic substances from the miniature rumen of the goat. *Tohoku J. Agric. Res.*, **7**, 241.
- WILLIAMS R. T., 1959. *Detoxication mechanisms*, 52-55, 2<sup>e</sup> éd. Chapman et Hall LTD., London.
-