

ÉTUCES SUR LES VARIATIONS DE LA RICHCESSE EN CONSTITUANTS AZOTÉS DES LAITS DE VACHE

I. — INFLUENCE DE LA MISE A L'HERBE

PAR

R. JARRIGE

Station de Recherches sur L'Élevage, Jouy-en-Josas (1)

Les laits individuels présentent des teneurs en constituants azotés largement différentes ; ces variations revêtent une double importance, pour l'hygiène alimentaire et pour l'industrie fromagère. Celle-ci traite environ 15 p. 100 de la production laitière française et la quasi totalité des laits commercialisés dans certains départements (Doubs, Jura, Savoie, Haute-Savoie, Cantal). Il apparaît donc nécessaire de tenir compte de la richesse en protéines du lait dans la sélection de notre bétail laitier, plus spécialement des races à vocation fromagère (Pie Rouge de l'Est-Salers). Pour pouvoir interpréter (facteurs de correction) et utiliser au maximum (progeny test) les variations individuelles enregistrées par le contrôle des aptitudes, il faut connaître tous les facteurs qui les déterminent. Or, ils n'ont fait l'objet que d'un petit nombre de travaux assez fragmentaires, que nous avons précédemment rapportés (12). Nous avons donc entrepris une série de recherches systématiques sur ces problèmes ; nous en exposons ici un point particulier : l'influence de la mise à l'herbe.

Elle représente, en effet, un changement complet de l'alimentation et s'accompagne de modifications dans la composition du lait. Effectuée sans transition, la mise en pâturage peut entraîner une chute très importante du taux butyreux (cf. MC CLYMONT 1950), mais elle l'augmente temporairement si elle est progressive. Elle détermine, d'autre part, une amélioration de la richesse en constituants azotés que DAVIES et PROVAN (1927) ont, les premiers, mise en évidence : comparant les laits individuels produits par 6 vaches immédiatement avant la mise à l'herbe et 15 jours plus tard, ils ont constaté que la teneur en matières azotées totales était passée en moyenne de 34 à 36 g p. 1000.

Cette augmentation a été plusieurs fois confirmée, notamment par FEATHERSTONE, RICKABY et CAVELL (1951) et surtout par les chercheurs du N. I. R. D. à Reading, qui en ont étudié les causes (21-22). C'est

(1) Avec la collaboration technique de M^{lle} E. HUDZIK et de M. R. DUPIN.

ainsi que KAY (1948) a montré qu'elle se produit même si les vaches ont été bien alimentées pendant l'hiver et qu'elle est plus importante si elles ont reçu une ration insuffisante en protéines ou en énergie.

Pour préciser cette influence caractéristique de la mise à l'herbe sur la teneur en constituants azotés du lait, nous avons effectué des prélèvements plus fréquents et séparé les principales fractions azotées.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Animaux

Nous avons choisi, dans le troupeau du C. N. R. Z., un lot de 11 jeunes vaches : 3 de race Normande (n° 1-4-6) et 8 de race Hollandaise Pie Noire (n° 13-14-18 à 23), toutes à leur première lactation. Elles ont été suivies régulièrement depuis leur vêlage (situé entre le mois d'octobre et le mois de janvier) pour étudier, au cours de la lactation, l'évolution :

- de la production laitière : pesée journalière,
- du taux butyreux : détermination hebdomadaire,
- de la teneur du lait en constituants azotés : analyses à intervalles allant de 2 à 3 semaines,
- de l'état sanitaire de la mamelle : contrôles bactériologiques effectués par la Station centrale de Microbiologie et de Recherches Laitières (1).

Au mois d'avril, toutes ces vaches se trouvaient ainsi dans la phase décroissante de leur courbe de lactation et dans la phase d'enrichissement du lait en matières grasses et en constituants azotés. On sait en effet que la teneur du lait en protéines diminue rapidement pendant le premier mois de la lactation, jusqu'à un palier minimum autour duquel elle fluctue quelque temps, pour augmenter ensuite de façon plus ou moins régulière ; cette évolution, mise en évidence par les études anciennes de ECKLES et SHAW (1913), a été confirmée par les résultats plus récents d'AZARME (1938), NESENI et KORPRICH (1947), HANSSON et al. (1951).

Alimentation

- Au cours des deux derniers mois de stabulation, nos animaux ont reçu :
- une ration de base composée d'ensilage de vesce avoine (15 kg), du mélange classique pulpes de betteraves ensilées-meuve paille (30-35 kg), de foin de luzerne de 2^e coupe (5-6 kg) et de paille ;
 - un mélange concentré comprenant 20 p. 100 d'orge, 20 p. 100 de son, 10 p. 100 de tourteau de soja, 10 p. 100 de tourteau d'arachide, 35 p. 100 de

(1) Nous remercions M. MOCQUOT, Directeur de la Station centrale de Microbiologie et de Recherches Laitières, de nous avoir communiqué les résultats de ses observations.

tourteau de coprah et 5 p. 100 d'un mélange minéral ; ce concentré était distribué à raison de 500 g par kg de lait produit au-dessus de 7 kg.

Le 21 avril, les vaches sont sorties pour la première fois au pâturage, mais seulement de 10 à 16 heures. Dès le lendemain, elles y ont passé toute la journée (traite du soir exceptée), ainsi que la nuit à partir du 28 avril. Elles ont continué à rentrer à l'étable pour les deux traites jusqu'au 1^{er} mai. A partir de cette date, elles vécurent continuellement au pâturage et étaient traites sous un abri spécialement construit.

Sauf au cours des deux premières journées, la surface à pâturer a été strictement limitée, par l'usage de la clôture électrique, déplacée chaque jour pendant la traite du soir.

Du 21 au 28 avril, nous avons réalisé une transition progressive entre l'alimentation hivernale et le régime d'été. Les deux premiers jours, les vaches ont reçu leur ration normale de stabulation ; le 3^e jour, nous avons supprimé l'ensilage vert et le 5^e jour, le mélange pulpes de betterave-meuve paille. Quant au mélange concentré, nous avons diminué sa teneur en matières azotées et sa quantité, pour n'en donner finalement qu'une quantité minimum de 1 kg par vache et de 500 g par kg de lait produit au-dessus de 15 kg. Enfin, les vaches ont eu à leur disposition du foin ad libitum.

Ce plan d'alimentation a été établi et contrôlé d'après la production laitière moyenne du troupeau. Nous l'avons exposé avec quelques détails pour faciliter l'interprétation des résultats.

Prélèvements

Nous avons échantillonné le lait produit à chaque traite par chacune des vaches, entre le 13 avril et le 7 mai ; mais le manque de moyens techniques ne nous a pas permis d'analyser les échantillons journaliers. Pour serrer au maximum les variations de la composition du lait dans la limite de nos moyens, nous avons donc constitué pour chaque vache, à partir des échantillons de chaque traite, 3 échantillons par semaine :

- 1 pour les 4 traites du lundi soir au mercredi matin,
- 1 pour les 4 traites du mercredi soir au vendredi matin,
- 1 pour les 6 traites du vendredi soir au lundi matin.

Nous avons ainsi finalement analysé 10 échantillons successifs ; notons immédiatement que les vaches étant sorties au pâturage pour la première fois le lundi 21 en fin de matinée, nous avons ainsi séparé le dernier lait de la stabulation (échantillon n^o 4) du premier lait de la mise à l'herbe (échantillon n^o 5).

Cette période de prélèvements continus s'est insérée dans la série des prélèvements par quinzaine, effectués pour suivre l'évolution de la composition du lait au cours de la lactation.

L'échantillon prélevé à chaque traite a été immédiatement porté à la glacière, après addition de toluène à raison d'une goutte par 100 cc ; ce traitement assure en effet une très bonne conservation, selon les résultats récents de SAHANI et SOMMER (1951).

Analyses

Nous avons déterminé la teneur du lait en matières grasses par la méthode de GERBER et la teneur en constituants azotés par la méthode de ROWLAND (1938), avec quelques modifications de détail dont la principale est le titrage direct de l'ammoniac au cours de la distillation.

Nos moyens ne nous ont pas permis de séparer tous les constituants azotés ; nous avons donc seulement dosé l'azote total (Nt), l'azote « non caséine » sur le filtrat acétoacétique et l'azote non protidique sur le filtrat trichloracétique, ce qui nous a donné finalement les teneurs en :

- matières azotées totales (Nt \times 6,38),
- caséines,
- holoprotéines : albumine + globuline + polypeptides (protéoses
+ peptones),
- azote non protidique.

Interprétation statistique

Le lait des 3 vaches Normandes (1-4-6) étant nettement plus riche en matières grasses et en constituants azotés que celui des 8 vaches Hollandaises, nous n'avons soumis à l'interprétation statistique que les résultats fournis par ces dernières.

Nous avons pris comme valeur de référence les moyennes enregistrées au cours de la dernière semaine de stabulation (moyenne des prélèvements 2, 3 et 4). Nous avons comparé à cette valeur les moyennes de chacun des prélèvements successifs des laits de pâturage ; le tableau ci-dessous donne les résultats de cette analyse statistique :

N° des prélèvement	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Taux butyreux.....	—	+	+	—	—	—	—	—	—
Matières azotées totales.....	+	—	++	++	+	++	—	—	—
Caséine.....	—	—	++	++	++	—	—	—	+
Holoprotéines.....	—	—	—	—	+	—	—	—	—

Signification statistique des différences observées par rapport à la moyenne de la dernière semaine de stabulation :

- différences non significatives :
- + « significatives au seuil 5 p. 100
- ++ « significatives au seuil 1 p. 100

RÉSULTATS

Production laitière

La mise à l'herbe a déterminé une légère augmentation de la production laitière. Celle-ci a été successivement de 11,5-10,9-11,0-11,7-11,6 kg pour les deux dernières semaines de stabulation et les trois premières semaines de pâturage ; elle est notamment passée de 10,4 kg pour le dernier jour de stabulation à 12,1 kg pour la 3^e journée de pâturage (Fig. 1).

Même si on tient compte du fait que toutes les vaches se trouvaient dans la phase décroissante de leur lactation, cet accroissement demeure faible et surtout relatif : en effet la production laitière avait sensiblement diminué au cours de la dernière semaine de stabulation les vaches ayant peu d'appétit par suite de la température ambiante élevée.

Taux butyreux

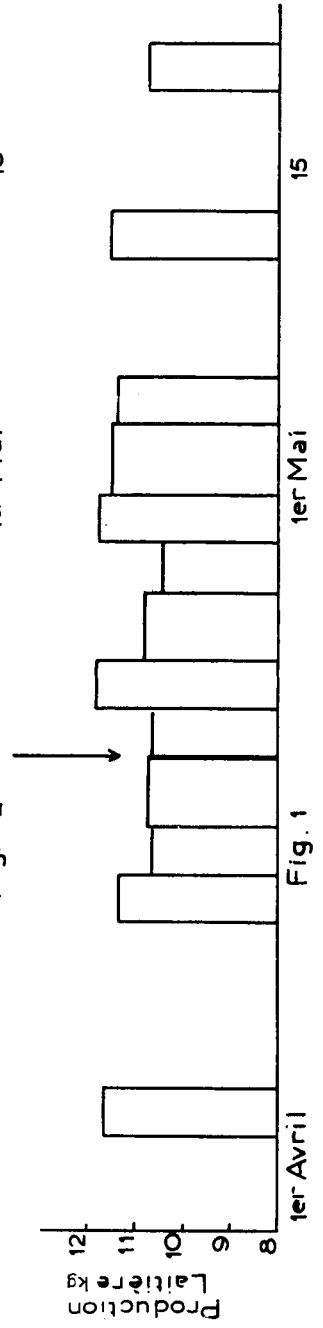
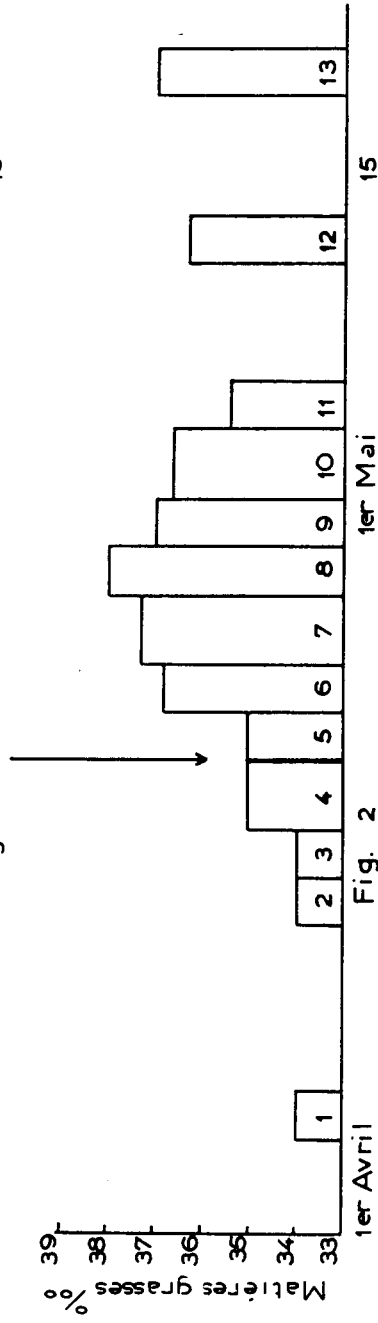
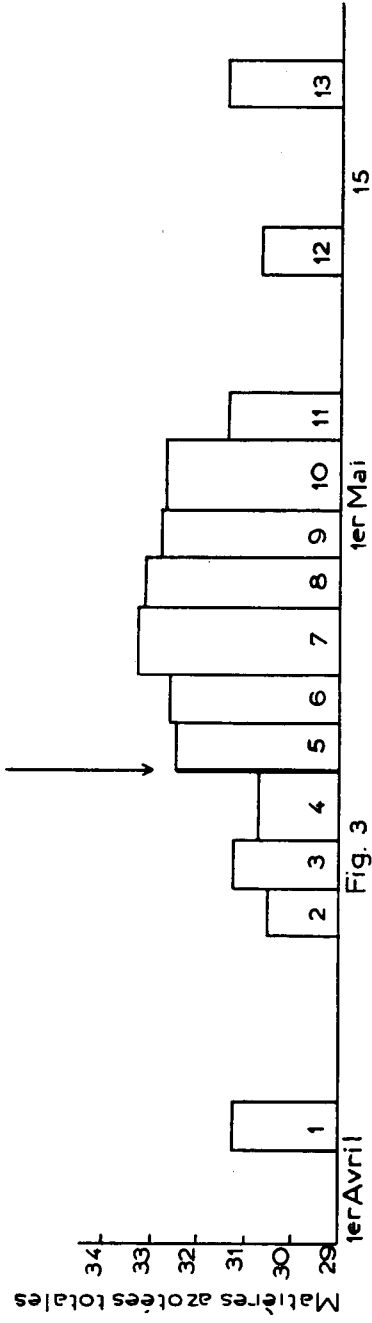
La mise à l'herbe s'est accompagnée d'une augmentation temporaire du taux butyreux moyen, que met en évidence le graphique n° 2. De 34 p. 1000 au cours des trois dernières semaines de stabulation, il est monté à 36,8 p. 1000 dès le 3^e jour de pâturage ; il s'est maintenu à cette valeur pendant 12 jours, avec une pointe à 38 les 8-9^e jours après la mise à l'herbe. Aux 15-16^e jours, il est descendu à 35,4 p. 1000, pour augmenter ensuite au cours du mois de mai.

TABLEAU I

Taux butyreux ‰

Prélèvement Vaches	7-8	15-16	17-18	21	22-23	24-25	28	29-30	1-2	3-4-5	6-7	13-14	20-21
	avril 1	avril 2	avril 3	avril 4	avril 5	avril 6	avril 7	avril 8	mai 9	mai 10	mai 11	mai 12	mai 13
Actée 1	41	42	41	41	43	47	49	50	46	48	46	48	44
Astrée 4	38	38	40	38	40	34	42	43	43	40	43	39	41
Cabale 6	37	36	35	36	35	38	—	43	40	39	39	41	41
Isabelle 13	28	27	28	29	30	31	33	34	31	30	30	28	33
Idylle 14	31	33	30	32	32	33	33	35	36	34	33	33	34
Églantine 18	30	30	30	32	31	30	34	31	36	32	31	33	38
Sauge 19	37	36	38	37	36	41	36	—	36	42	37	41	40
Bégonia 20	35	36	35	38	39	45	39	35	39	38	33	38	39
Pervenche 21	32	33	35	37	35	34	36	35	34	36	36	29	36
Hortensia 22	32	32	33	33	32	35	36	37	33	31	32	36	34
Pietje 23	31	30	31	33	33	37	35	37	34	33	30	33	30
Moyennes	33,8	33,9	34,2	35,1	35,1	36,8	37,3	38	37,1	36,6	35,4	36,3	37,2

L'examen des résultats détaillés du tableau 1 montre que toutes les vaches ont présenté cette augmentation, mais avec des différences impor-



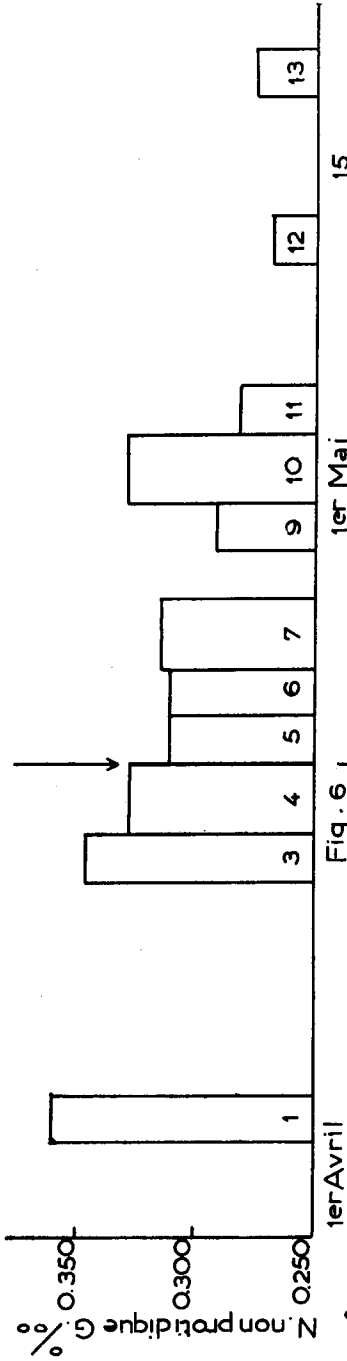


Fig. 6

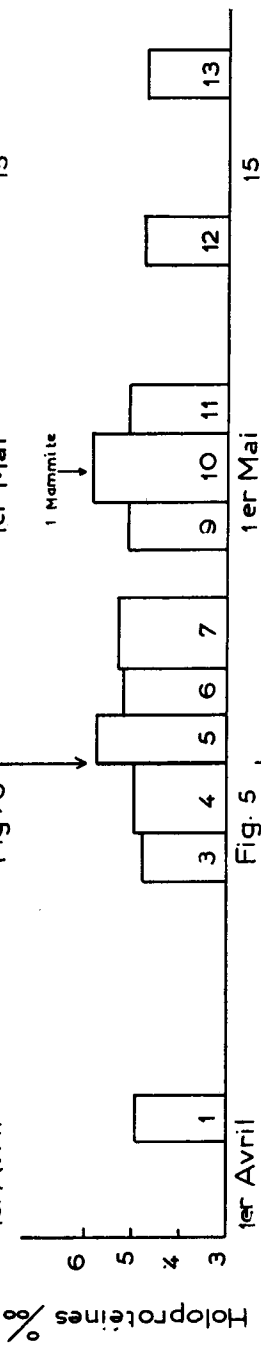


Fig. 5

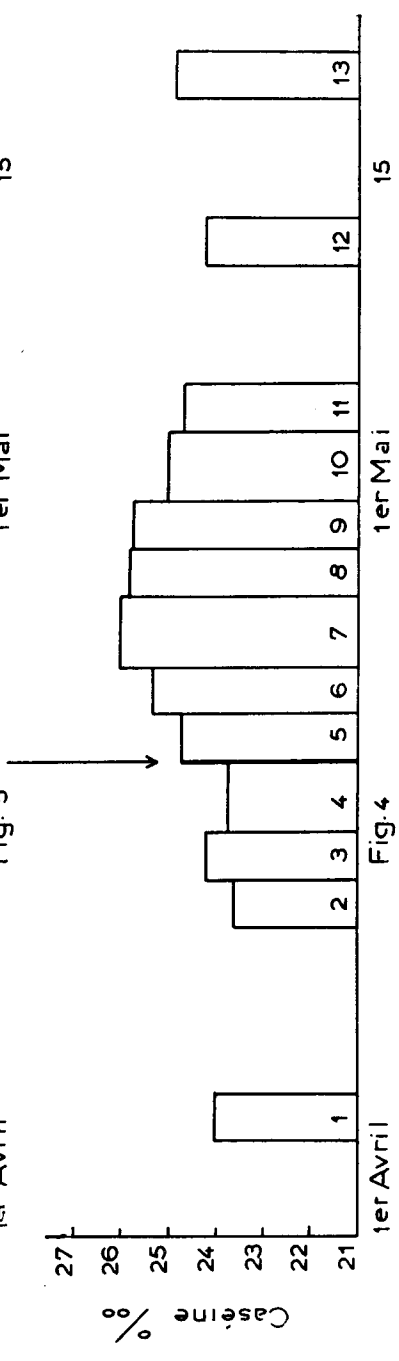


Fig. 4

tantes dans la régularité et dans l'amplitude des variations. Ainsi, le taux butyreux de la vache Normande n° 1 a augmenté régulièrement de 41 à 50 p. 1000 au cours des huit premiers jours de pâturage, alors que celui des vaches n° 4 et 18 a diminué dans les premiers jours. C'est pourquoi, par rapport au taux butyreux moyen enregistré au cours de la dernière semaine de stabulation, seuls les accroissements présentés par les prélèvements n° 6 et 7 et par la moyenne de la 1^{re} et de la 2^e semaine de pâturage ont été significatifs.

Teneur du lait en matières azotées totales

Le graphique n° 3 présente les variations de la teneur moyenne des laits en matières azotées totales (azote total p. 1000 \times 6,38). Comme le taux butyreux, elle a présenté une augmentation temporaire à la mise à l'herbe : 30,8 g au cours de la dernière semaine de stabulation, 32,8 g pour la première semaine de pâturage, 32,85 g pour la deuxième, 31,4 g au début de la troisième et 30,7 au début de la quatrième. Cependant, cette augmentation moyenne a été plus immédiate que celle du taux butyreux : 30,75 g pour les trois derniers jours de stabulation et 32,45 g pour les deux premiers jours de pâturage.

TABLEAU II

Matières azotées totales

Prélèvements Vaches	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actée	1	35,95	35,45	37,35	36,05	36,40	38,40	39,30	39,55	38	38,05	36,60	34,0	35,35
Astrée	4	33,95	34,35	34,95	33,10	35,85	36,90	36,65	37,30	37,0	35,30	33,95	34,40	34,35
Cabale	6	36,55	34,50	35,85	35,30	37,20	36,90	36,70	36,25	35,65	35,60	35,20	34,75	35,20
Isabelle	13	31,80	28,85	31,0	31,15	30,85	32,0	29,75	32,80	32,30	32,40	30,25	31,0	32,10
Idylle	14	29,05	27,85	26,65	27,0	27,40	26,90	29,90	29,40	30,35	30,70	29,60	28,15	28,95
Églantine	18	30,05	28,80	29,85	30,20	31,80	33,45	32,15	31,15	32,40	31,85	30,70	30,50	28,95
Sauge	19	30,10	29,85	29,50	29,90	30,60	32,30	32,45	—	33,05	31,95	30,20	30,65	30,70
Bégonia	20	30,60	29,85	30,20	30,25	29,70	30,45	32,45	32,45	32,05	31,80	30,90	29,35	31,90
Pervenche	21	27,70	28,95	29,10	28,15	31,55	30,45	30,55	29,75	28,55	31,20	28,35	28,60	28,20
Hortensia	22	29,65	29,65	31,65	30,40	34,30	32,15	33,20	32,55	31,85	31,70	30,95	28,85	30,15
Pietje	23	28,85	27,90	27,85	26,90	31,50	28,45	33,75	29,65	29,05	28,90	28,60	27,65	29,35
Moyenne	31,30	30,55	31,25	30,75	32,45	32,55	33,35	33,10	32,75	32,65	31,40	30,70	31,40

Ces valeurs moyennes traduisent très imparfaitement l'amplitude des accroissements individuels, car ceux-ci ont été plus ou moins rapides suivant les vaches (graphiques n° 7 et 8). C'est ainsi que les premiers laits de pâturage des vaches n° 21, 22 et 23 ont présenté une teneur maximum immédiate en matières azotées supérieure d'environ 4 g p. 1 000 à celle des derniers laits de stabulation ; au contraire, ce maximum n'a été atteint qu'au bout de 8, 10 et 13 jours de pâturage pour les vaches n° 13,

19 et 14 respectivement. Malgré cette dispersion des résultats, les accroissements correspondant aux prélèvements n° 5, 7, 8, 9 et 10 ont été significatifs, dont 3 au seuil 1 p. 100.

Ces différences de rapidité mises à part, les augmentations de la teneur du lait en matières azotées totales à la mise à l'herbe présentent, pour toutes les vaches, deux caractères communs :

— elles sont importantes : par rapport à la moyenne au cours de la dernière semaine de stabulation, les accroissements maximum pour chaque vache ont été toujours supérieurs à 2 g p. 1 000, avec une valeur maximum de 6,2 (vache n° 23) ;

— elles sont temporaires : pour chaque vache à partir de ce maximum atteint plus ou moins rapidement, la teneur en matières azotées totales a diminué jusqu'au début de la troisième semaine de pâturage.

Évolution des différentes fractions azotées

Azote non protidique (graphique n° 6)

La teneur moyenne en azote non protidique a diminué de 0,33 p. 1 000 au cours de la dernière semaine de stabulation à 0,30 p. 1 000 pour la première quinzaine de pâturage et 0,27 p. 1 000 un mois après la mise à l'herbe (tableau V). Corrélativement, la proportion de cet azote dans l'azote total est passée de 7 à 6 p. 100.

Caséine (graphique n° 4)

L'examen des graphiques n° 3 et 4 et de tous les résultats individuels montre que les variations de la teneur en matières azotées totales traduisent essentiellement celles de la teneur en caséine :

TABLEAU III

Caséine g %/oo

Prélèvements Vaches	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actée	1	26,50	27,20	29,30	27,85	26,25	29,0	29,85	29,60	29,20	28,05	28,35	27,0	27,85
Astrée	4	25,75	26,50	27,05	25,25	26,60	28,60	28,50	28,90	28,95	26,80	26,20	28,65	26,80
Cabale	6	28,15	27,0	28,30	26,90	28,55	28,70	29,25	28,55	28,45	27,45	27,95	27,85	28,40
Isabelle	13	24,45	21,80	23,25	23,90	22,50	24,75	24,0	25,65	25,15	24,10	23,20	24,0	25,25
Idylle	14	22,20	21,35	19,95	20,55	19,90	20,40	22,85	22,80	23,90	24,30	23,0	21,70	22,70
Églantine	18	23,25	21,75	22,90	22,95	23,55	26,0	24,85	24,10	24,50	23,45	23,80	23,85	22,20
Sauge	19	23,55	23,10	23,25	23,50	23,45	25,60	25,60	—	26,50	25,50	24,45	24,80	24,65
Bégonia	20	24,30	23,25	23,90	23,90	23,20	23,85	25,65	25,85	25,50	24,55	24,25	23,55	25,65
Pervenche	21	21,35	23,10	22,30	22,0	25,40	24,20	24,10	23,65	22,60	—	22,75	23,20	22,50
Hortensia	22	22,25	22,75	24,50	23,10	27,20	24,95	25,60	25,25	24,75	22,85	24,40	22,50	23,80
Pietje	23	22,80	22,15	22,10	21,20	25,85	22,95	26,20	24,20	23,65	22,90	23,45	21,55	24,20
Moyenne		24,05	23,65	24,25	23,75	24,75	25,35	26,05	25,85	25,75	25,0	24,70	24,25	24,90

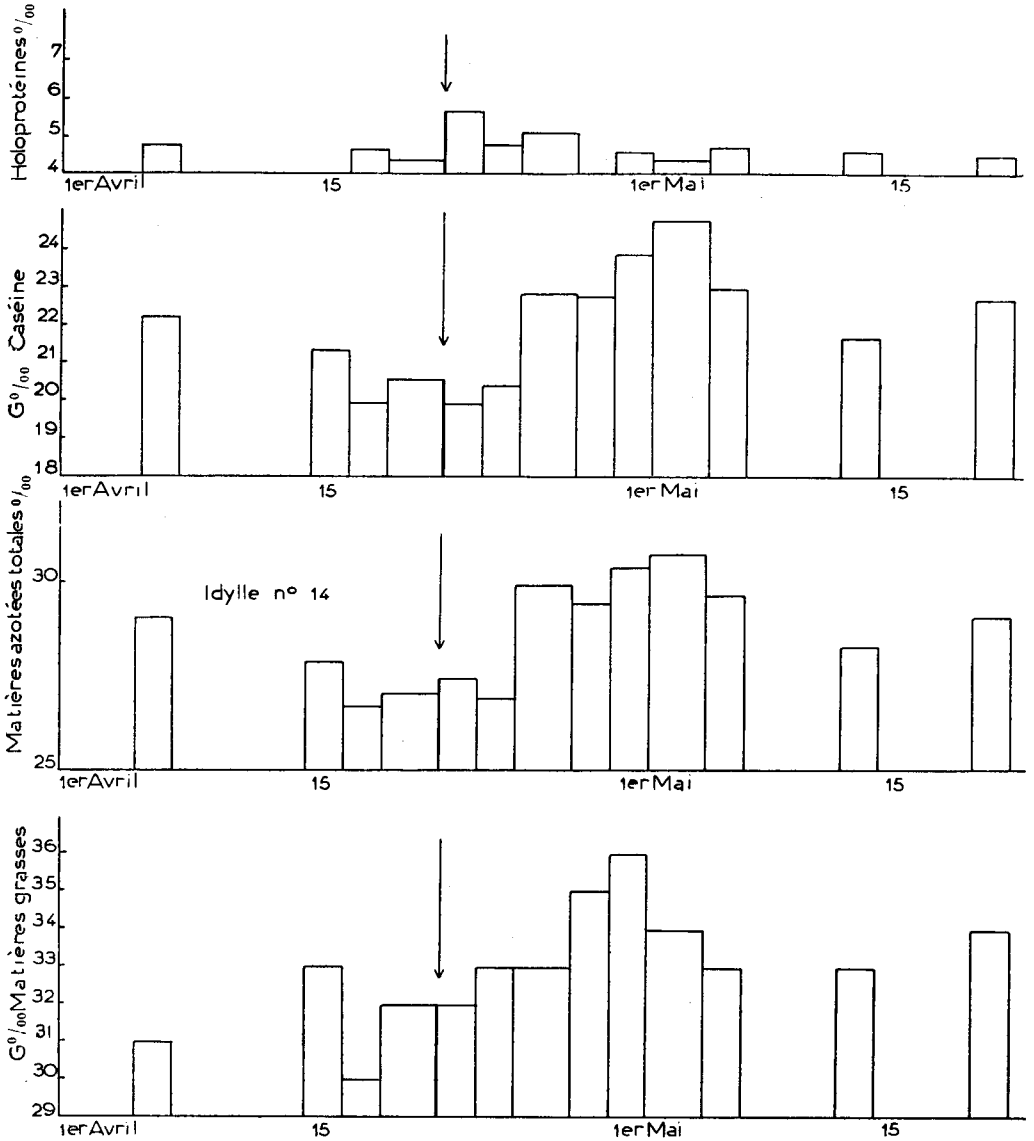


FIG. 7. — Vache n° 14 : Idylle.

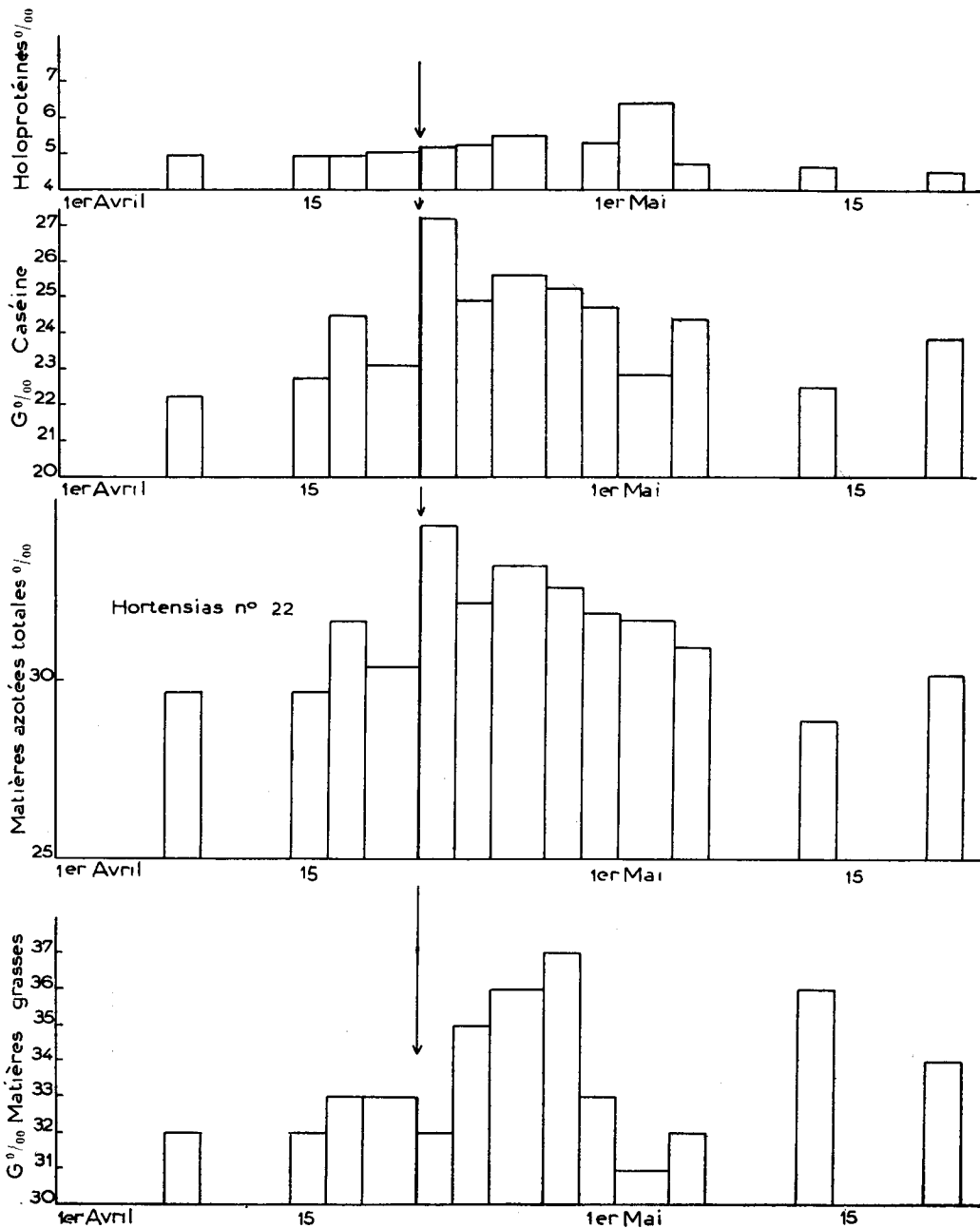


FIG. 8. — Vache n° 22 : Hortensia

— celle-ci a augmenté à la mise à l'herbe de 23,9 g p. 1 000 la dernière semaine de stabulation, à 25,5 g p. 1 000 au cours de chacune des deux premières semaines de pâturage ;

— à partir d'une valeur maximum de 26,1 g p. 1 000 atteinte à la fin de la première semaine, elle a diminué régulièrement jusqu'au début de la quatrième ;

— cette amélioration a été, non seulement temporaire, mais aussi très variable d'une vache à l'autre.

Les différences présentées par les prélèvements 7, 8, 9 et 10 ont été significatives, les trois premières au seuil 1 p. 100.

Holoprotéines (graphique n° 5)

Les variations de la teneur moyenne en holoprotéines ont été beaucoup moins régulières que les précédentes :

— elle a augmenté de façon importante (près de 20 p. 100) et immédiate, à la mise à l'herbe : de 4,9 à 5,8 g p. 1 000 dans le premier lait de pâturage ;

— elle s'est ensuite maintenue aux environs de 5,2 g p. 1 000 pendant une quinzaine, pour diminuer jusqu'à 4,8 g p. 1000 trois semaines après la mise à l'herbe ;

TABLEAU IV

Holoprotéines g %₀₀

Prélèvements Vaches	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actée	1	7,10	—	5,80	6,15	8,15	7,40	7,45	—	6,90	7,95	6,45	5,25	5,75
Astrée.....	4	6,0	—	5,70	5,95	7,25	6,35	6,15	—	6,10	6,50	5,95	5,95	5,80
Cabale	6	6,35	—	5,55	6,25	6,80	6,15	5,45	—	5,45	6,35	5,45	5,35	5,25
Isabelle....	13	4,95	—	5,60	5,20	6,30	5,05	3,80	—	5,15	6,30	5,20	5,45	5,05
Idylle.....	14	4,75	—	4,65	4,40	5,05	4,80	5,10	—	4,60	4,40	4,75	4,00	4,50
Églantine ..	18	4,50	—	4,55	5,20	6,15	5,30	5,20	—	5,30	6,45	5,05	5,0	4,60
Sauge.....	19	4,15	—	3,90	4,25	5,0	4,60	4,70	—	4,60	4,40	3,95	4,10	4,20
Bégonia ...	20	4,20	—	4,30	4,45	4,75	4,80	4,95	—	4,80	5,30	5,05	3,95	4,55
Pervenche .	21	3,95	—	4,35	3,95	4,15	4,35	4,55	—	4,15	—	3,80	3,75	3,95
Hortensia...	22	4,95	—	4,95	5,05	5,15	5,25	5,50	—	5,30	6,40	4,75	4,05	4,50
Pietje.....	23	3,60	—	3,45	3,65	3,70	3,50	5,45	—	3,70	4,05	—	4,45	3,55
Moyenne		4,95		4,80	4,95	5,75	5,25	5,30		5,10	5,80	5,05	4,75	4,70

— mais cette évolution a été interrompue par une valeur très élevée (5,85 g p. 1000 observée pour le prélèvement n° 10 des 3-4-5 mai ; cet accroissement a seul été significatif.

Ainsi, la teneur moyenne en holoprotéines a présenté une augmentation temporaire à la mise à l'herbe, avec deux valeurs particulièrement élevées ; qui résultent de variations individuelles et seront discutées plus loin.

Distribution de l'azote total

La mise à l'herbe a donc déterminé un enrichissement temporaire du lait en caséine et en holoprotéines. L'évolution des pourcentages de l'azote total sous chacune de ces deux formes nous permet de voir si cette augmentation s'est répartie également entre elles :

TABLEAU V
Azote non protidique

Prélèvements Vaches	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actée	1	0,370	—	0,349	0,334	0,311	0,317	0,307	—	0,302	0,321	0,285	0,267	0,245
Astrée	4	0,347	—	0,343	0,307	0,314	0,306	0,313	—	0,302	0,305	0,284	0,278	0,277
Cabale	6	0,320	—	0,313	0,340	0,294	0,324	0,311	—	0,277	0,278	0,277	0,250	0,247
Isabelle	13	0,385	—	0,346	0,318	0,322	0,345	0,302	—	0,313	0,311	0,289	0,237	0,286
Idylle	14	0,332	—	0,322	0,326	0,292	0,272	0,303	—	0,291	0,308	0,286	0,297	0,270
Églantine	18	0,354	—	0,373	0,324	0,328	0,334	0,332	—	0,305	0,302	0,294	0,261	0,330
Sauge	19	0,376	—	0,365	0,340	0,331	0,330	0,336	—	0,306	0,318	0,280	0,275	0,292
Bégonia	20	0,333	—	0,312	0,294	0,275	0,282	0,294	—	0,277	0,302	0,251	0,286	0,256
Pervenche	21	0,373	—	0,381	0,351	0,321	0,297	0,305	—	0,281	0,485	0,283	0,256	0,272
Hortensia	22	0,380	—	0,340	0,348	0,310	0,304	0,324	—	0,283	0,386	0,280	0,266	0,275
Pietje	23	0,385	—	0,365	0,316	0,303	0,310	0,330	—	0,260	0,294	—	0,261	0,260
Moyenne		0,359		0,346	0,327	0,309	0,311	0,314		0,291	0,328	0,281	0,267	0,274

— le premier lait de pâturage a été caractérisé par une augmentation plus forte de l'azote holoprotéique : son pourcentage est passé de moins de 16 p. 100 à 17,6 p. 100, tandis que le pourcentage d'azote caséine diminuait de 77,1 à 76,3 p. 100 ;

— dès les 3^e-4^e jours de pâturage (prélèvement n° 6), le pourcentage d'azote caséine est remonté à 77,9 p. 100 pour s'élever ensuite graduellement jusqu'à une valeur de 79,4 p. 100 un mois après la mise à l'herbe. Le pourcentage d'azote holoprotéique a corrélativement diminué de 16 à 15 p. 100 ;

— cependant, la forte teneur en holoprotéines observée les 3-4-5 mai a introduit un accident dans cette évolution : 17,6 p. 100 de l'azote sous forme d'holoprotéines et 76, 2 p. 100 sous forme de caséine pour ce prélèvement n° 10.

Corrélations entre taux butyreux et constituants azotés

Pour l'ensemble des laits individuels analysés entre le 5 avril et le 21 mai, nous avons établi les coefficients de corrélation entre la teneur en constituants azotés et le taux butyreux.

Variables	Nombre d'échantillons	Coefficients de corrélation
M. azotées totales — taux butyreux	141	0,61 ± 0,05
Caséine et taux butyreux	140	0,79 ± 0,03
Holoprotéines et taux butyreux	116	0,41 ± 0,08

Ces valeurs particulièrement élevées s'expliquent par les variations parallèles des teneurs en matières grasses et en caséine, dont la mise à l'herbe a stimulé simultanément la synthèse.

DISCUSSION

Taux butyreux

Nos observations montrent que la mise à l'herbe faite dans de bonnes conditions, c'est-à-dire progressivement, s'accompagne d'une augmentation nette mais temporaire du taux butyreux. Elles ne font que confirmer au passage les résultats obtenus antérieurement par divers auteurs, notamment en 1951 sur le même troupeau du C. N. R. Z., par LÉROY, FRANÇOIS et FÉVRIER.

Nous ne discuterons pas en détail les causes et les modalités de ces variations ; cependant, il faut insister sur le fait que la mise à l'herbe trop brusque détermine, non pas une amélioration, mais une chute importante du taux butyreux. C'est ce qui se produit souvent dans la pratique, lorsque les réserves fourragères sont épuisées prématurément à la fin de l'hiver. Ainsi, au printemps 1952, le Contrôle Laitier de Seine-et-Marne a enregistré une baisse de 5 à 6 points (de 34 à 28 p. 1 000) dans la moyenne de nombreuses étables, et des valeurs extrêmement basses pour certaines vaches (jusqu'à 15 p. 1 000).

Mc CLYMONT et PAXTON (1948) ont les premiers attribué ces diminutions à un manque d'aliments grossiers dans la ration : ils ont en effet constaté une chute du taux butyreux de 43 à 26 p. 1 000 chez 6 vaches Ayrshire pâturant pendant 4 heures par jour une jeune avoine très feuillue et ne recevant par ailleurs que du concentré. Partant de ce principe, Mc CLYMONT (1950) a déterminé des variations semblables (de 40 à 30 p. 1 000 environ) dans différentes conditions de pâturage. D'autre part, on a obtenu des résultats équivalents à l'étable, en réduisant à 2-3 kg par jour la quantité de foin, seul aliment grossier de la ration (POWELL, 1939, LOOSLI, LUCAS et MAYNARD 1945, STODDARD, ALLEN et PETERSON 1949, BALCH et al. 1952).

Il semble donc que le maintien du taux butyreux chez la vache demande la présence d'une certaine quantité d'aliments fibreux dans la ration : ceci s'expliquerait par l'utilisation dans la synthèse des matières grasses du lait de l'acide acétique produit par la dégradation bactérienne des glucides structuraux dans le rumen (cf. Revue de POPJAK 1951).

Constituants azotés

Pour notre groupe de 11 vaches, nous avons constaté une augmentation moyenne de la teneur en matières azotées totales du lait de 2 g

p. 1 000 environ entre la dernière semaine de stabulation et les deux premières semaines de pâturage, et une augmentation maximum de 2,6 g p. 1 000. Ces valeurs sont du même ordre que celles initialement observées par DAVIES et PROVAN (1928) (2 g), mais plus faibles que celles obtenues par KAY (1948) (3,6 g). Cependant, les variations individuelles ont été plus importantes, avec un maximum de 6,3 g (vache n° 23).

Au cours de cette période, la teneur en constituants non protidiques a nettement diminué. Ce fait est assez surprenant a priori, car on sait que la jeune herbe de printemps est trop riche en matières azotées pour des vaches produisant 10 à 12 litres de lait. Nous pouvons cependant en trouver deux explications :

— d'une part, dans la suppression de l'ensilage vert dès le 2^{ème} jour de pâturage ; or, l'introduction de cet ensilage de qualité médiocre (pH 4,25-acide butyrique 7,25 ‰) dans la ration avait légèrement augmenté la teneur en azote non protidique ;

— d'autre part, dans des conditions de récolte et de conservation meilleures pour les laits de pâturage que pour les laits de stabulation : cette amélioration a été particulièrement sensible à partir du 1^{er} Mai, date à laquelle les vaches ont été traitées dehors.

L'enrichissement du lait en matières azotées à la mise à l'herbe correspond à une stimulation de la synthèse protéique dans la mamelle. Elle a porté à la fois sur la caséine et les holoprotéines, et ceci dans les mêmes proportions, sauf pour les deux séries d'échantillons n° 5 (premier lait de pâturage) et n° 10 (3-4-5 mai) ; celles-ci sont caractérisées par une teneur moyenne en holoprotéines très élevée (5,80 g p. 1 000) et, par suite, une distribution aberrante de l'azote total : 17,6 p. 100 sous forme d'holoprotéines et 76,2 p. 100 sous forme de caséine. Ces variations résultent en grande partie de la présence de quelques laits anormaux :

— pour le prélèvement n° 5 :

vache n° 1 : 72,10 p. 100 d'azote caséine, vache n° 4 : 74,25 p. 100, vache n° 13 : 72,90 p. 100, vache n° 14 : 72,65 p. 100, vache n° 18 : 74,10 p. 100.

— pour le prélèvement n° 10 :

vache n° 1 : 73,75 p. 100 d'azote caséine, vache n° 13 : 74,40 p. 100, vache n° 18 : 73,70 p. 100, vache n° 22 : 72 p. 100.

Ces anomalies sont généralement caractéristiques des laits de rétention et des laits de mammites dont elles seraient un critère biochimique (ROWLAND (1938 b)). Or, nous n'avons constaté qu'une mammite clinique (vache n° 1) causée par des streptocoques ; d'autre part, seules les mamelles des vaches n° 6, 13 et 22 ont présenté des microcoques au contrôle bactériologique ; enfin, au cours de la lactation, nous avons noté quelques modifications semblables de la composition du lait produit par des mamelles saines à l'examen bactériologique et ne présentant aucun signe clinique de mammite.

On pourrait attribuer ces variations, soit à des infections très fugaces de la mamelle entre deux examens bactériologiques, obligatoirement espacés (cf. MATTICK 1951), soit à des troubles passagers de la sécrétion de matières azotées. Cependant, leur fréquence élevée dans deux séries de prélèvements montre qu'elles sont vraisemblablement associées à des modifications de « l'environnement » (facteurs climatiques, qualités de l'herbe, traites incomplètes associées à l'agitation des vaches) et peut-être à une conservation assez défectueuse des laits du prélèvement n° 10 qui présentent en effet une forte teneur en azote non protidique. Ces faits ne permettent pas de conclure (comme on aurait pu être tenté de le faire par la seule considération des moyennes de la première série de lait de pâturage), que la mise à l'herbe a stimulé d'abord la sécrétion d'holoprotéines, et ensuite celle de caséine, et d'en déduire que les holoprotéines participent à la synthèse de la caséine (selon la théorie de GRAHAM et al. 1938). Il est ainsi très regrettable que nous n'ayons pu suivre de plus près les variations au cours des premiers jours de pâturage, en procédant à des examens bactériologiques plus fréquents, à des analyses séparées à chaque traite et à la détermination des « globulines ».

Quelles sont les causes possibles de cet enrichissement en protéines du lait à la mise à l'herbe ?

Nous pouvons admettre schématiquement que la mise à l'herbe s'accompagne de trois catégories de modifications dans l'environnement ; elles portent sur :

- les conditions ambiantes : passage de la stabulation à la vie libre en plein air ;
- le niveau quantitatif de l'alimentation ;
- la composition qualitative de la ration.

Nous allons examiner le rôle possible de chacun de ces facteurs dans l'enrichissement temporaire du lait en protéines ; nous nous référerons notamment à la série de travaux réalisés au N. I. R. D. à Reading (rapports des années 1948 et 1949) sur les variations de la teneur en extrait sec dégraissé du lait, variations qui résultent essentiellement de celles des constituants azotés.

Changement des conditions ambiantes

La mise au pâturage représente un changement complet des conditions de vie de l'animal : température, humidité, lumière, soleil, vent, exercice... On connaît très mal les réactions physiologiques de la vache laitière à ces différents facteurs ; cependant, ils ne semblent pas jouer un rôle important dans les variations de la composition du lait au printemps.

En effet, on obtient l'augmentation de l'extrait sec dégraissé caractéristique à la mise à l'herbe en apportant au printemps de l'herbe fraîche aux vaches en stabulation ; les chercheurs du N. I. R. D. ont ainsi constaté une augmentation de 2,9 g p. 1 000, très comparable à celle présentée par le groupe témoin normalement mis à l'herbe, soit 3,4 g. Certes, cette dernière amélioration est légèrement plus élevée, la différence étant peut-être due justement aux conditions ambiantes ; celles-ci ne peuvent donc rendre compte que d'une fraction mineure des variations observées à la mise à l'herbe, dont elles n'expliqueraient d'ailleurs pas le caractère temporaire et les différences individuelles.

Niveau de l'alimentation

Dans la pratique, la mise à l'herbe constitue un changement du niveau d'alimentation : d'une ration de fin d'hiver insuffisante, les vaches passent à une nourriture abondante et particulièrement riche en protéines. Or, la sous-alimentation énergétique ou azotée diminue les teneurs du lait en extrait sec dégraissé et en protéines (ISAACHSEN et ULVESLI 1935-36, RIDDET et al. 1941, ROWLAND 1946). C'est notamment ce qui expliquerait, avec le stade de l'actation, la baisse de l'extrait sec dégraissé observée régulièrement à la fin de l'hiver (ROWLAND 1946). Dans ces conditions, la mise à l'herbe, faisant suite à la sous-alimentation hivernale, s'accompagnerait d'un retour à des valeurs normales des teneurs en extrait sec dégraissé et en protéines ; cette augmentation serait donc plus apparente que réelle et purement passive.

En réalité, il n'en est pas ainsi : le changement du niveau d'alimentation n'intervient qu'accessoirement, car la mise à l'herbe détermine un enrichissement du lait, même si les vaches ont été convenablement alimentées pendant l'hiver. KAY (1948) a ainsi observé des augmentations de la teneur en extrait sec dégraissé et en matières azotées de 4,1 et 3,6 g, 6,9 et 5,6 g et 4,9 et 4,2 g respectivement, selon que les vaches avaient reçu une alimentation hivernale normale, insuffisante en énergie ou déficiente en protéines.

Dans notre expérience, nous avons éliminé l'intervention du niveau d'alimentation, la ration des vaches ayant été équilibrée par rapport aux différents besoins et apportée en quantités supérieures aux normes admises en France. Nous en avons une preuve indirecte dans le fait que la production laitière n'a pas augmenté sensiblement à la mise à l'herbe,

De même, considérant la richesse en protéines caractéristique de l'herbe de printemps, on pourrait attribuer son influence à un accroissement de la consommation de protéines. Deux faits permettent d'écarter cette hypothèse : d'une part, la suralimentation azotée n'augmente pas la teneur en protéines du lait (PERKINS 1931) ; d'autre part, les cher-

cheurs du N. I. R. D. (rapport 1948) ont constaté la même augmentation de l'extrait sec dégraissé à la mise au pâturage chez deux groupes de vaches ayant reçu, au cours des 4 dernières semaines de stabulation, des rations à teneur en matières azotées différentes : une normale et l'autre deux fois plus élevée.

Notons enfin que ces variations quantitatives de l'alimentation ne peuvent pas rendre compte du caractère souvent immédiat et toujours temporaire des modifications de la composition du lait ; en effet, au cours des deux premiers jours, les vaches n'ont consommé qu'une quantité relativement faible d'herbe ; d'autre part, nous avons ensuite maintenu à peu près constantes la quantité et la qualité de l'herbe mise à leur disposition par le système du pâturage contrôlé.

Ainsi, l'enrichissement temporaire du lait en protéines est une propriété caractéristique de l'herbe de printemps : celle-ci doit contenir un ou plusieurs facteurs qualitatifs qui stimulent la synthèse protéique dans la mamelle.

Caractères qualitatifs de l'herbe de printemps

Quels sont les facteurs qualitatifs qui peuvent caractériser l'herbe de printemps ? Dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons en envisager au moins trois :

- le carotène,
- un équilibre spécial des acides aminés,
- la présence de substances œstrogènes.

La richesse en carotène de l'herbe jeune n'intervient pas, car on a montré qu'elle n'a aucune influence sur la composition du lait. Par contre, selon MORRIS, WRIGHT et FOWLER (1936), les protéines de l'herbe de printemps ont une valeur biologique pour la production laitière particulièrement élevée (75 à 80 p. 100), supérieure par exemple à celle des protéines de l'herbe d'automne (60-65 p. 100). Cependant, nous ne pouvons actuellement retenir l'hypothèse d'une intervention des acides aminés de l'herbe, car il faudrait pour cela que soient démontrés les trois faits suivants, qui sont encore mal connus ou controversés : la composition des protéines de la plante varie de façon sensible avec le stade de développement ; les différentes protéines n'ont pas des valeurs biologiques semblables pour la vache laitière ; la composition en acides aminés de la ration modifie la composition du lait.

Les auteurs anglais ont ainsi finalement attribué l'action stimulante de l'herbe de printemps, aussi bien sur la composition que sur la production du lait, à la présence d'une vitamine ou d'une hormone spécifique, plus spécialement à la présence d'œstrogènes. On sait en effet, depuis les travaux de FOLLEY (1936) que les œstrogènes augmentent la

teneur en extrait sec dégraissé du lait. D'autre part, à la suite des travaux de BENNETTS sur le trèfle souterrain en Australie, BARTLETT et al. (1948) ont recherché et démontré la présence d'œstrogènes dans l'herbe des pâturages anglais. Cette activité œstrogénique varie avec l'organe, le stade de développement et l'espèce (LEGG-CURNOW et SIMPSON 1950) ; elle est plus élevée dans la feuille que dans la tige ; chez les graminées (ray grass-dactyle), elle est importante au printemps, faible ou nulle en été et en automne.

Ces variations expliqueraient le caractère temporaire de l'enrichissement du lait à la mise à l'herbe. D'autre part, on peut interpréter, dans cette hypothèse, les différences enregistrées entre les vaches dans leur vitesse de réaction, non pas par des consommations d'herbe différentes (comme ce serait le cas si on avait affaire à des facteurs quantitatifs), mais par des différences dans le taux des œstrogènes circulant dans leur sang à la mise à l'herbe. Ainsi, la présence d'œstrogènes rend assez bien compte des propriétés stimulantes spécifiques de l'herbe de printemps. Elle constitue, pour le moment, l'hypothèse la plus satisfaisante, mais celle-ci ne semble pas avoir reçu de confirmation directe jusqu'ici : en effet, au cours des premiers essais réalisés à Reading (rapport 1949), l'administration d'hexoestrol per os à des vaches en stabulation n'a déterminé qu'une augmentation de l'extrait sec dégraissé faible et non significative.

Par contre, DENAMUR (1952) a récemment constaté, sur un groupe de 9 chèvres, que l'implantation de 150 mg d'hexoestrol améliorerait à la fois le taux butyreux et la teneur en matières azotées totales (de 44,15 à 46,05 g).

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1. — Ayant constitué un lot de 11 vaches, nous avons étudié l'influence de la mise à l'herbe progressive sur la teneur des laits individuels en matières grasses et en constituants azotés ; nous avons ainsi analysé 13 séries d'échantillons entre le 7 avril et le 21 mai (cf. tableau 1).

2. — Par rapport à la moyenne de la dernière semaine de stabulation, nous avons observé les variations suivantes :

a) une augmentation de 10 % du taux butyreux moyen de 34,5 g p. 1 000 à un maximum de 38, atteint au bout de 8 jours ;

b) une augmentation rapide de 8 % de la teneur moyenne en matières azotées totales : de 30,8 g p. 1 000 à un maximum de 33,3 réalisé à la fin de la première semaine de pâturage ;

c) une augmentation de 9 % de la teneur moyenne en caséine de 23,9 g p. 1 000 à un maximum de 26,05 atteint toujours à la fin de la première semaine de pâturage ;

d) une augmentation de la teneur en holoprotéines maximum dès les deux premiers jours de pâturage : elle est passée de 4,90 à 5,75,

e) une diminution progressive de la teneur en azote non protéique.

3. — Ces augmentations de la teneur en matières grasses, matières azotées totales, caséine et holoprotéines, ont présenté deux caractères :

a) elles ont été temporaires et n'ont duré que deux semaines environ,

b) elles ont été très différentes d'une vache à l'autre, notamment en ce qui concerne les protéines : les augmentations individuelles ont été plus importantes que ne l'indique la moyenne, mais plus ou moins rapides suivant les vaches.

4. — Cet enrichissement en protéines semble dû à une action stimulante spécifique de l'herbe de printemps ; dans l'état actuel de nos connaissances, c'est la présence d'œstrogènes qui rend le mieux compte de son caractère temporaire et des variations individuelles.

5. — Dans nos régions de production fromagère, la mise à l'herbe constitue souvent un retour à une nourriture abondante, à la suite d'une alimentation de fin d'hiver insuffisante. Elle détermine alors, non seulement une augmentation encore plus nette de la richesse en matières azotées du lait, mais encore un accroissement de la production laitière ; on assiste donc finalement à un relèvement très important de la courbe de production fromagère dont l'établissement doit être le premier objectif du contrôle des aptitudes dans ces régions.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AZARME (R.). — Variations in the protein content of milk during lactation. *J. Dairy Res.* **9**, 121-146, 1938.
- (2) BALCH (C. C.), BALCH (D. A.), BARTLETT (S.), COX (C. P.) et ROWLAND (S. J.). — Studies on the secretion of milk of low fat contents by cows on diets low in hay and high in concentrates. I. The effect of variations in the amount of hay. *J. Dairy Res.* **19**, 39, 1952.
- (3) BARTLETT (S.), FOLLEY (S. J.), ROWLAND (S. J.), CURNOW (D. H.) et SIMPSON (S. A.). — Œstrogens in grass and their possible effects on milk secretion. *Nature*, **162**, 845, 1948.
- (4) DAVIES (R. O.) et PROVAN (A. L.). — 1927 cités par ELSDON et WALKER (1942).
- (5) DENAMUR (R.). — 1952. (Résultats non publiés).
- (6) ECKLES (C. H.) et SHAW (R. H.). — Cités par Mc DOWALL (F. H.). *N. Z. J. Sci. Tech.*, **17**, 137-361, 1936.
- (7) ELSDON (G. D.) et WALKER (G. H.). — « Richmond's dairy chemistry ». (Griffin, 1942).
- (8) FEATHERSTONE (J.), RICKABY (C. D.) et CAVELL (J.). — Variations in composition of cow's milk during a period of 12 weeks. *J. Dairy Res.* **18**, 155, 1951.
- (9) FOLLEY (S. J.). — *Biochem. J.* **30**, 2262, 1936.
- (10) HANSSON (A.), SKJERVOLD (H.) et CARLI (B.). — The genetical determi-

- nation of the composition of lactoprotein. *Acta Agriculturae Scandinavica*, **1**, 112-122, 1951.
- (11) ISAACHSEN (H.) et ULVESLI (O.). — 1935-36, cités par BREIREM (1949). XII^e Congr. Intern. Laiterie, Stockholm, **1**, 28-60, 1949.
- (12) JARRIGE (R.). — Les variations des constituants azotés du lait de vache. IX^e Congrès Intern. des Industries Agricoles, Rome, 1952.
- (13) KAY (H. D.). — Quantity and compositional quality of milk. *The Sanitarian*, **56**, 322-26, 1948.
- (14) LEGG (S. P.), CURNOW (D. H.), SIMPSON (S. A.). — The seasonal and species distribution of œstrogen in British pasture plants. *Biochem. J.* **46**, proc. XIX-XX, 1950.
- (15) LEROY (A. M.), FRANÇOIS (A.), FÉVRIER (R.). — 1951. Résultats non publiés.
- (16) LOOSLI (J. K.), LUCAS (H. L.), MAYNARD (L. A.). — The effect of roughage intake upon the fat content of milk. *J. Dairy Sci.* **28**, 147, 1945.
- (17) Mc CLYMONT (G. L.), PAXTON (R.). — The effect of grazing oats on butter fat content of milk. Need for coarse roughage. *Agric. Gaz. N. S. W.* **58**, 551-3, 1947. D'après *Dairy Sci. Abs.* **9**, 254.
- (18) Mc CLYMONT (G. L.). — The relation of the type and quantity of roughage and grazing to the fat content of milk. *Aust. Vet. J.* **26**, 111, 1950.
- (19) MATICK (A. T. R.). — Les infections chroniques de la mamelle, leurs conséquences sur la production et la composition du lait. *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation* ; **5**, 361-9, 1951.
- (20) MORRIS (S.), WRIGHT (N. C.), FOWLER (A. B.). — The nutritive value of proteins for milk production. 4. *J. Dairy Res.* **7**, 97-121, 1936.
- (21) National Institute for Research in Dairying. Rapport 1948.
- (22) National Institute for Research in Dairying. Rapport 1949.
- (23) NESENI (R.), KORPRICH (H.). — Der Einfluss der Fütterung und Laktation auf die Proteine und deren Beziehung zum Fettgehalt der Kuhmilch. *Die Milchwissenschaft*, **2**, 389-95, 1947.
- (24) NESENI (R.), KORPRICH (H.). — Der Einfluss der Fütterung und Laktation auf die Proteine und deren Beziehung zum Fettgehalt der Kuhmilch. *Die Milchwissenschaft*, **2**, 405-15, 1947.
- (25) PERKINS (A. E.). — The chemical composition and nutritive properties of milk as affected by the level of protein feeding. *Ohio Agr. Exp. Sta. Bul.* n° 515, 1932.
- (26) POPJAK (G.). — The metabolism of fat in the mammary gland and foetal tissues, with reference to the application of isotopic tracers. *Nutrition Abs. Rev.* **21**, 535, 1952.
- (27) POWELL (E. B.). — Progress report on the relation of the ration to the composition of milk. *J. Dairy Sci.* **24**, 504-5, 1941.
- (28) RIDDET (W.), CAMPBELL (L. L.), Mc DOWALL (F. H.), COX (G. A.). — The relation of plane of nutrition to milk production and milk composition in New-Zealand. *N. Z. J. Sci. Tech.* **23** (A), 80-98 et 99-112.
- (29) ROWLAND (S. J.). — The precipitation of the proteins in milk. I-Casein 2-Total proteins. *J. Dairy Res.* **9**, 30, 1938.
- (30) ROWLAND (S. J.). — The protein distribution in normal and abnormal milk. *J. Dairy Res.* **9**, 47-57, 1938.
- (31) ROWLAND (S. J.). — The problem of low solids-not-fat. *Dairy Industries* ; **11**, 656-664, 1946.
- (32) SHAHANI (K. M.), SOMMER (H. H.). — The protein and non protein nitrogen fractions in milk. I-Methods of analysis. *J. Dairy Sci.* **34**, 1003-9, 1951.
- (33) STODDARD (G. E.), ALLEN (N. N.), PETERSON (W. H.). — Some effects of a low roughage high concentrate ration on the fat of cow's milk. *J. Animal Science*, **8**, 630 Proc. 1949.
- (34) TYZNIK (W.), ALLEN (N. N.). — The relation of roughage intake to the fat content of the milk and the level of fatty acids in the rumen. *J. Dairy Sci.* **34**, 493 proc. 1951.