

SUMMARY

It is useful, for the determination of the total solids of a milk, to know the fourth decimal of its specific gravity. Now, usually, this decimal is not shown on the commercial lactohydrometers; its determination is the aim of this work. The application to milk of hydrostatic and pycnometric reference methods is made clear. So tested milks are used to grade a precision lactohydrometer. This instrument and the corresponding cylinder are circumstantially described. This thermolactohydrometer is particularly characterized by a new scale fitted with colour rings intended to make easy the direct reading of the fourth decimal of the specific gravity.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Analyse physique et chimique du lait (Méthodes officielles) Tiré à part du *Journal Officiel de la République Française* du 23 avril 1954.
- [2] R. E. ERB, U. S. ASHWORTH et L. J. MANUS. *J. Dairy Sci.*, **43**, 1534-1537, 1960.
- [3] B. L. HERRINGTON. *J. Dairy Sci.*, **43**, 1521-1526, 1960.
- [4] L. MARTELLI, P. NAVELLIER et J. MONVOISIN. *Ann. Fals. Fraudes*, **45**, 101-108, 1952.
- [5] Méthodes d'essai du lait, *Documents AFNOR*, NF V 04-204.
- [6] J. PIEN. *Le lait*, **33**, 129-138 et 241-252, 1953.
- [7] J. PIEN et G. MAURICE. **18**, 582-610, 1938.
- [8] R. VUILLAUME. *Le lait*, **22**, 113-122, 1942.

LES VARIATIONS DE LA COMPOSITION MINÉRALE DU LAIT DE VACHE (1)

par

L. GUEGUEN et M. JOURNET

Avec la collaboration technique de Michelle LANGLOIS.

Service de Biochimie et de Nutrition et Station de Recherches
sur l'Élevage, Centre national de Recherches zootechniques,
Jouy-en-Josas (S.-et-O.)

La composition minérale du lait de vache a déjà fait l'objet de multiples travaux et ses variations sont assez bien connues. Toutefois, plusieurs facteurs de variation pouvant interférer, il a souvent été difficile de réunir des conditions expérimentales permettant de faire agir un seul facteur.

(1) *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 1961, **1** (3) 305-310.

Nous avons étudié l'influence du stade de lactation sur les teneurs en K, Na, P, Ca et Mg du lait de dix vaches soumises au même régime alimentaire et ayant vêlé à la même époque. Ceci a donc permis d'éliminer les différences entre animaux dues à l'alimentation et à la saison.

Les animaux ayant reçu une nourriture constamment adaptée à leurs besoins, nous pensons avoir réduit au minimum l'influence des facteurs alimentaires et enregistré au mieux l'évolution physiologique de la composition minérale du lait de vaches ayant vêlé en hiver. D'autre part, l'utilisation d'un échantillon moyen pondéré de toutes les traites de chaque semaine atténue l'influence des variations journalières.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux

Les 10 vaches utilisées (5 Frisones Pie noires, 3 Normandes et 2 Pie rouges de l'Est) ont vêlé de la mi-novembre à la fin de décembre 1958. Le tableau I en donne les caractéristiques essentielles.

TABLEAU I
LISTE ET CARACTÉRISTIQUES DES VACHES UTILISÉES

Vache N°	Lactation N°	Date de Vélage	Durée de la lactation (jours)	Production de lait (kg)
Normandes :				
24	3	15-11-58	329	3 819
267	3	27-11-58	275	3 413
268	4	29-11-58	238	2 994
Frisones :				
30	5	11-12-58	277	3 301
37	4	26-12-58	365	4 863
197	3	31-12-58	262	3 500
207	3	31-12-58	381	5 069
211	3	18-12-58	208	2 980
Pie rouges :				
246	2	14-12-58	315	3 717
247	3	7-12-58	244	2 965

Par lactation, la production moyenne de lait a été de 3 662 kg avec des extrêmes de 2 465 à 5 069 kg ; la teneur moyenne en matières grasses a été de 37,95 g par kg et la teneur en matières azotées de 34,17 g par kg. Le coefficient de persistance de la production laitière entre la 3^e et la 30^e semaine, a été de 89,6.

L'état sanitaire des animaux a été satisfaisant du vêlage au tarissement. Toutefois, deux cas de mammite ont été enregistrés, avec infection des 4 quartiers durant toute la lactation pour la vache n° 30 (deux épisodes aigus suivis de traitement au cours du 3^e et du 4^e mois de lactation) et infection d'un seul quartier pour la vache n° 205.

Régime alimentaire

En hiver, les animaux ont reçu 20 kg de betteraves à forte teneur en matière sèche, de l'ensilage d'herbe et du foin (graminées + légumineuses) à volonté. La mise à l'herbe (pâturage rationné sur mélange de graminées et légumineuses) a eu lieu le 14 avril 1959. Les besoins des animaux, selon leur format et leur production laitière, ont été couverts par l'apport d'un concentré constitué de céréales, de tourteaux et d'un composé minéral (65 p. 100 de phosphate bicalcique et 35 p. 100 de sel). Au cours des six semaines précédant le vêlage, chaque animal a reçu en moyenne 2 kg de concentré par jour.

Prélèvement et conservation des échantillons

Les vaches ont été traitées deux fois par jour et le lait pesé individuellement à chaque traite. A partir des prélèvements effectués à chacune de ces traites nous avons constitué des échantillons pondérés sur une semaine. Après addition de 1 ml d'une solution (1) de sublimé pour 160 ml de lait, les échantillons ont été placés en chambre froide à 0-2°C. Cette teneur de 0,4 g de HgCl₂ par litre de lait ne perturbe pas les dosages.

Méthodes d'analyse

Les dosages ont été effectués sur le résidu de minéralisation nitro-perchlorique d'une prise d'essai de 5 ml de lait, traitée par 10 ml de mélange nitro-perchlorique (2 parties de HClO₄ + 1 partie de HNO₃) dans un matras d'attaque chauffé sur un bain de sable à 220-250°C.

(1) La solution de sublimé est ainsi constituée : 64 g de HgCl₂, 500 ml d'alcool et 500 ml d'eau distillée.

Après décoloration du mélange (au bout de 4 à 5 heures) on a repris par environ 20 ml d'eau bi-distillée et on a laissé bouillir 30 minutes environ. Puis, après refroidissement, on a transvasé dans des fioles jaugées de 50 ml. Le dosage de Mg a été effectué directement sur cette solution (lait 1/10) et les dosages de P, K, Na et Ca après dilution de 1/10 (lait 1/50).

Le phosphore a été dosé par la méthode colorimétrique au jaune de phosphovanadomolybdate d'ammonium et les métaux alcalins et alcalino-terreux par spectrophotométrie de flamme (GUEGUEN et ROMBAUTS 1961).

RÉSULTATS

1° Teneurs moyennes pour des lactations complètes

Le tableau II indique les teneurs moyennes individuelles en éléments minéraux, calculées sur toute la durée de la lactation, et les valeurs moyennes obtenues pour l'ensemble des 10 vaches avec les écarts-types correspondants. Les teneurs individuelles ne sont pas simplement les moyennes arithmétiques de tous les résultats hebdomadaires, mais sont des moyennes pondérées calculées en tenant compte des variations de la production laitière. Ainsi, les teneurs indiquées pour l'ensemble des 10 vaches peuvent être considérées comme représentatives d'un « lait de mélange ».

TABLEAU II
TENEURS MOYENNES PONDÉRÉES EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DU LAIT
(POUR DES LACTATIONS COMPLÈTES) EN G PAR KG

Vache N°	P	Ca	K	Na	Mg
Normandes :					
24	0,92	1,38	1,55	0,39	0,14
267	0,96	1,45	1,45	0,43	0,13
268	0,91	1,37	1,32	0,40	0,13
Frisonnes :					
30	1,02	1,35	1,62	0,54	0,15
37	0,89	1,16	1,49	0,61	0,14
197	0,92	1,31	1,70	0,49	0,14
207	0,97	1,13	1,80	0,45	0,14
211	0,87	1,11	1,77	0,48	0,14
Pie rouges :					
246	0,90	1,21	1,73	0,38	0,14
247	0,90	1,22	1,76	0,35	0,13
Moyennes ($\pm \sigma m$)	0,93 \pm 0,01	1,27 \pm 0,04	1,62 \pm 0,05	0,47 \pm 0,02	0,14

Les différences individuelles sont très accentuées pour K, Ca et Na, et beaucoup moins pour P et Mg.

Il n'est malheureusement pas possible, sur un nombre aussi limité d'individus, d'insister sur les différences observées entre races. Toutefois, nous pouvons signaler que le lait de la race Normande semble plus riche en Ca que le lait des deux autres races (1,40 g par kg contre 1,22 g par kg en moyenne) ; ceci peut être lié à la teneur plus élevée en caséine du lait de la race Normande. Les teneurs élevées en Ca semblent être généralement associées à des teneurs faibles en K (le lait des vaches Normandes est relativement pauvre en K). D'autre part, il ne semble pas y avoir de relation entre le taux butyreux et les teneurs en éléments minéraux du lait.

Enfin, nous nous sommes demandés si les fortes productions laitières ne provoquaient pas, comme pour d'autres constituants, une « dilution » des éléments minéraux dans le lait. En fait, il n'en est rien et les exportations sont sensiblement proportionnelles aux productions laitières. Les exportations totales d'éléments minéraux durant toute la lactation sont très variables d'un individu à l'autre : de 2.503 g à 4 663 g pour P, de 3 248 g à 5 525 g pour Ca, de 3 862 g à 9 124 g K et de 1 127 g à 3 015 g pour Na.

2° Influence du stade de lactation

La figure suivante rassemble les teneurs moyennes hebdomadaires en P, Ca, K, Na, et Mg du lait des 10 vaches de la 2^e à la 31^e semaine de lactation, puis du lait de 7 et enfin de 4 vaches de la 33^e à la 45^e semaine (3 des vaches utilisées étaient tarées au bout de 7 mois).

Fait bien connu, les teneurs en K et Na évoluent en sens inverse ; l'augmentation de la teneur en Na n'est toutefois sensible qu'à partir de la 30^e semaine environ, tandis que les teneurs en K diminuent régulièrement au cours de la lactation de 1,8 à 1,3 g par kg. Seuls les laits de fin de lactation ont des teneurs élevées en Na (0,6 à 0,7 g par kg).

Le colostrum n'a pas été étudié, mais il est bien connu que chez la vache il est beaucoup plus riche que le lait normal en P et Ca, dont les teneurs diminuent ensuite rapidement au cours des premières semaines de lactation. A partir du 2^e mois de lactation la teneur en Ca varie peu, puis elle semble augmenter de nouveau en fin de lactation (ce qui est sans doute lié à l'accroissement de la teneur en caséine) ; les teneurs en K et Ca sont alors voisines.

La teneur en P diminue sensiblement au cours de la lactation et semble passer par un minimum vers le 6^e mois.

Enfin, les teneurs en Mg, très faibles, varient peu avec le stade de lactation.

3° Influence de la mise à l'herbe

Nous avons rassemblé dans le tableau III les teneurs moyennes hebdomadaires en éléments minéraux du lait des dix vaches étudiées pour les six semaines entourant la mise à l'herbe. Compte tenu de l'importance des variations physiologiques normales des teneurs en P et Ca du lait à cette époque (au moment de la mise à l'herbe les animaux se trouvaient entre la 15^e et la 20^e semaine de lactation) il est difficile d'attribuer à l'alimentation les légères variations observées pour ces deux éléments. Dans l'ensemble, cette variation brutale du régime alimentaire n'a pas d'influence sur la composition minérale du lait.

TABLEAU III

INFLUENCE DE LA MISE A L'HERBE SUR LA COMPOSITION MINÉRALE DU LAIT
(EN G PAR KG)

	Avant la mise à l'herbe			Après la mise à l'herbe		
	3 semaines avant	2 semaines avant	1 semaine avant	1 semaine après	2 semaines après	3 semaines après
P	0,93	0,92	0,93	0,95	0,86	0,92
Ca	1,23	1,16	1,22	1,29	1,27	1,24
K	1,66	1,70	1,63	1,70	1,68	1,63
Na	0,45	0,46	0,44	0,43	0,45	0,44
Mg	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14

4° Influence de l'infection microbienne de la mamelle

Le lait moyen de la vache n° 30 présentant une infection généralisée aux 4 quartiers, a une teneur en Na supérieure de 20 p. 100 à la teneur moyenne. Les épisodes aigus ont été suivis d'un accroissement très net de la teneur en Na du lait, qui revient à son niveau normal après le traitement. En revanche, les épisodes aigus ont provoqué une diminution importante et passagère de la teneur en K du lait. Ces teneurs anormales pourraient donc être dues à une dilution du lait par transsudation de plasma sanguin.

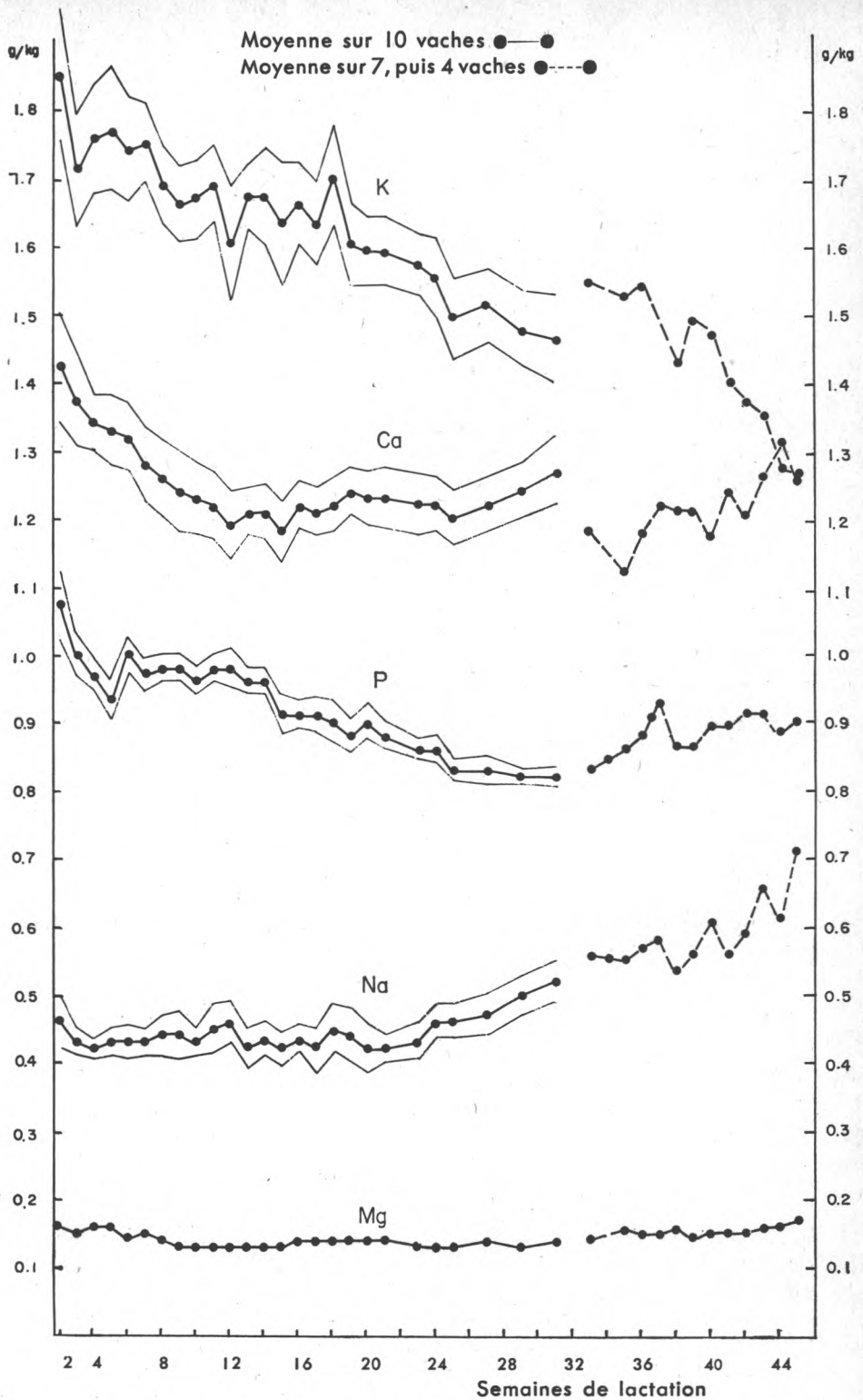


FIG. 1. — Influence du stade de lactation sur les teneurs en éléments minéraux du lait. (L'écart type affectant chaque moyenne est représenté sur le graphique de part et d'autre de la courbe de variation).

Il convient de signaler que les teneurs observées et leurs variations ne sont sans doute valables que pour des vaches ayant vêlé au début de la période de stabulation. En effet, VANSCHOU BROECK (1958) a montré que la saison pouvait avoir une influence sur la composition du lait de vache et surtout sur les teneurs en P et Ca, qui semblent en général plus faibles en été, à la fin de la période de pâturage. En revanche les teneurs en Mg sont les plus faibles au début de l'hiver. Toutefois, malgré l'existence de cette action saisonnière, les principaux facteurs de variations de la composition minérale du lait de vache sont manifestement l'individu et le stade de lactation.

Reçu en décembre 1960.

SUMMARY

Variations in mineral composition of cow's milk

The study of variations in the P, Ca, K, Na and Mg contents of milk in the course of lactation has been carried out with 10 cows of 3 different breeds which had all calved at the beginning of the winter and which had all received the same diet. The determinations were carried out on a weekly sample obtained from all the milkings of the week using the vanadate colorimetric method for P, and flame spectrophotometry for Ca, K, Na and Mg after nitroperchloric digestion.

In the course of lactation, the K content diminishes regularly whereas the Na content increases, especially at the end of lactation. The Ca and P contents are highest at the beginning and end of lactation.

The milk from Normandy cows appears to be richer in Ca and poorer in K than the milk from Fresian and Eastern Red Pied cows.

The mineral composition of the milk is not affected if the animals are put out to pasture.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GUEGUEN L., ROMBAUTS P., Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 80-97.
- VANSCHOU BROECK F. X., Seasonal influences on the yield and composition of cow's milk. *Nederl. Melk Zuivelt.* **12**, 37, 1958.