

## ÉTUDES SUR LES VARIATIONS DE LA RICHESSE EN CONSTITUANTS AZOTÉS DES LAITS DE VACHE

### III. — DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES DANS LA TENEUR ET LA RÉPARTITION DES CONSTITUANTS AZOTÉS

PAR

**R. JARRIGE et C. ROSSETTI** (1)

Station de Recherches sur l'Élevage, C. N. R. Z., Jouy-en-Josas.

Le lait de vache fournit à la consommation française environ 180 000 tonnes de protéines nobles par an, soit directement (60 p. 100), soit sous forme de fromages (40 p. 100). Il serait donc souhaitable de tenir compte de la richesse en constituants azotés du lait dans la sélection de notre bétail laitier, plus spécialement dans les régions fromagères (Doubs-Jura-Savoie-Haute-Savoie-Cantal). Avant de promouvoir cette « sélection fromagère », il faut s'assurer qu'elle sera possible et efficace, ce qui pose trois problèmes :

1<sup>o</sup> Montrer qu'il existe des différences significatives entre vaches de la même race,

2<sup>o</sup> Montrer que ces différences sont transmissibles (héritabilité);

3<sup>o</sup> Montrer que la sélection classique sur le taux butyreux ne permet pas une amélioration suffisante de la teneur en protéines.

Ce dernier problème fait l'objet d'une publication ultérieure (ROSSETTI et JARRIGE, 1957), tandis que le deuxième est actuellement étudié dans le Jura (AURIOL, 1956).

Nous nous limiterons ici à discuter l'existence des variations individuelles déjà signalées par un certain nombre d'auteurs (1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16,) dont nous avons résumé les résultats dans le tableau I.

Sur le matériel limité dont nous disposons, nous voulons montrer qu'il existe, dans la teneur et la répartition des constituants azotés, des différences individuelles, reproductibles d'une lactation à l'autre, et en dégager les conséquences pour le « contrôle des aptitudes fromagères ».

(1) Avec la collaboration technique de M<sup>me</sup> J. JUNG, M<sup>me</sup> C. LE GALLO et M. R. DUPIN.

TABLEAU I

Variations individuelles dans les teneurs en matières azotées et matières grasses (pour 1.000)

Auteurs	Race	Nombre animaux	Matières azotées			Taux butyreux		
			Moyenne	Valeurs limites	Amplitude	Moyenne	Valeurs limites	Amplitude
GAINES et OVERMAN (1938) .....	Ayrshire	14	34,8	30,9-37,3	6,4	41,1	33,2-49,6	16,4
	Brunes des Alpes	17	34,2	30,5-39,6	9,1	37,8	33,8-43,5	9,7
	Guernesey	14	38,1	34,0-42,5	8,5	40,6	44,3-57,4	13,1
	Holstein	15	32,6	29,7-37,3	7,6	33,1	29,2-36,7	7,5
NESENI et KORPRICH (1947) .....	Jersey	13	38,0	33,6-42,2	8,6	50,7	43,7-60,0	16,3
	Frisonne	11	30,3	26,7-35,8	9,12	37,75	31,4-45,8	14,4
	Pie noire	42	29,8	26,1-33,7	7,6	34,5	29,2-41,0	11,8
	Frisonne	23		31,1-36,8	5,7		35,9-47,6	11,7
LEYDOLPH U. (1952) .....	Brunes des Alpes	29		30,7-39,6	8,9		31,4-45,8	14,4
PIEL* (1953) .....	Finnoise	54	32,55	26,0-39,2	13,2	39,2	37-55	18,0
LONKA** (1947) .....	S. R. B.	16	31,46	29,6-34,3	4,7	35,2		
LARSSON (1950) .....	S. L. B.	23		27,8-33,8	6,0			
JANSE, BAKHOVEN et ROELOFS (1954) .....	Frisonne	35	33,6	30,4-37,8	7,4	39,6	35-45	10
AURIOL P. (1956) .....	Pie rouge de l'Est	235	32,3	26,7-36,8	10,1	37,1	27,0-44,5	17,5

\* Moyennes arithmétiques.

\*\* Valeurs pondérées du 2<sup>e</sup> au 7<sup>e</sup> mois.

TABLEAU II. — Composition du lait des vaches étudiées au cours de leur lactation 1953 (en valeurs pondérées).

	Nombre analyses	Lait kg	Matières grasses g p. 1000	Matières azotées totales g p. 1000	Caséine g p. 1000	Caséine		
						Moyenne pondérée p. 100	Matières azotées totales Moyenne arithmétique	
<i>Race Frisonne :</i>								
Isabelle .....	25	3 131	30,9	31,3	24,2	77,0	76,87	0,30
Lidyle .....	29	4 223	33,7	31,0	23,9	77,0	77,12	0,18
Féglantine .....	33	6 350	33,4	32,0	24,4	76,4	76,08	0,27
Begonia .....	30	4 002	37,0	32,7	25,9	79,2	77,86	0,36
Pervenche .....	31	4 869	37,3	32,7	26,1	79,6	80,03	0,28
Hortensia .....	32	4 325	32,4	31,6	24,2	76,6	76,70	0,42
Pietje .....	30	3 774	33,4	31,9	25,4	79,7	79,53	0,21
Jonquille .....	31	5 011	37,5	33,3	26,0	78,1	78,04	0,27
Rose .....	25	3 401	30,0	28,3	21,6	76,4	76,30	0,28
Dahlia .....	32	5 040	32,9	30,7	23,5	76,8	76,70	0,35
Tulipe .....	34	4 782	34,6	31,6	24,8	78,5	78,80	0,23
Pivoine .....	32	5 062	32,2	30,1	22,9	76,0	75,51	0,22
Anémone .....	32	5 541	32,6	31,5	24,3	77,1	77,01	0,27
Charmante .....	26	0 473	32,2	30,9	23,6	76,6	76,38	0,23
Primevère .....	35	4 224	36,8	35,4	27,1	76,4	76,34	0,48
Paquerette .....	35	4 969	37,3	32,6	24,6	75,6	75,60	0,24
<i>Race Normande :</i>								
Roulette .....	28	2 227	38,8	37,3	29,0	77,8	77,24	0,38
Pastille .....	26	3 074	44,1	37,3	29,1	78,0	78,07	0,22
Linotte .....	29	2 601	45,1	37,2	28,6	77,1	77,97	0,33
Cocarde .....	33	2 797	41,6	33,8	26,2	77,5	77,54	0,25
Étamine .....	30	2 022	43,4	37,3	28,0	70,4	76,30	0,27
Actée .....	40	4 693	40,6	39,8	31,2	78,2	78,37	0,25
Aleippe .....	33	3 303	39,3	39,3	31,4	79,9	79,02	0,56
Astrée .....	33	3 121	42,2	34,7	26,4	76,1	75,72	0,28
Cabale .....	25	3 158	38,3	35,0	27,6	78,0	78,57	0,34
Caline .....	20	2 387	43,0	33,8	25,9	76,8	76,43	0,34
Joliette .....	28	2 403	47,2	34,6	27,2	78,5	78,33	0,45
<i>Race Pie rouge de l'Est :</i>								
Rosette .....	31	3 029	36,9	38,0	30,0	79,1	78,94	0,05

### Matériel.

On trouvera dans la publication précédente (JARRIGE et ROSSETTI, 1957) les renseignements nécessaires sur les 28 vaches étudiées, sur leur alimentation et sur les méthodes de prélèvements, d'analyse et de calculs. Nous avons réuni, dans le tableau II, tous les résultats de la composition du lait, et nous soulignons qu'ils représentent des moyennes pondérées obtenues pour chaque vache, à partir d'environ 30 analyses réparties de la façon suivante : 1 par semaine au cours des deux premiers et des deux derniers mois de la lactation et 1 par quinzaine dans l'intervalle.

### Différences individuelles dans la teneur pondérée en matières azotées.

#### Preuves.

Le tableau II nous révèle immédiatement des variations sensibles des teneurs pondérées en constituants azotés entre individus de la même race ; on peut les résumer ainsi :

	Teneur en matières azotées totales			Teneur en caséine		
	Valeurs extrêmes g ‰	Moyenne g ‰	Écart type	Valeurs extrêmes g ‰	Moyenne g ‰	Écart type
Vaches frisonnes : 16...	28,3 — 35,4	31,73	1,55	21,6 — 27,1	24,53	1,44
Vaches normandes : 11...	33,8 — 39,8	36,37	2,11	25,9 — 31,4	28,28	1,87

Malgré le nombre restreint d'animaux, la distribution des valeurs individuelles dans chacune des deux races, semble donc caractérisée :

— par une amplitude [de variation relativement importante : 5 à 6 grammes soit 16-17 p. 100 de la moyenne pour les matières azotées, 18-19 p. 100 pour la caséine ;

— par une dispersion assez étroite que traduit un coefficient de variation de 5-6 p. 100.

Ne pouvant pas comparer statistiquement des moyennes pondérées, nous avons analysé la variance totale des 831 résultats individuels selon la méthode hiérarchique introduite dans ces études de la composition des laits par les auteurs suédois (HANSSON et BONNIER, 1949).

Nous avons donc classé successivement les échantillons :

— par stade de lactation, en 6 classes de 2 mois : on peut admettre que l'influence du stade de lactation à l'intérieur de cet intervalle est faible, sauf au cours des 2 premiers mois ;

— par race (normande et frisonne) à l'intérieur du stade de lactation,

— par vache, à l'intérieur du stade de lactation et de la race.

TABLEAU III

*Analyse de la variance de la teneur en matières azotées totales.*

Causes de variation	Somme des carrés	Nombre degrés de liberté	Variance	Rapport des variances
Entre stades de lactation . . . . .	5 722,928	5	1 144,580	75,709**
A l'intérieur des stades de lactation.	12 487,780	826	15,118	
Entre races . . . . .	3 627,821	6	604,636	55,964**
A l'intérieur des races . . . . .	8 859,959	820	10,804	
Entre vaches . . . . .	4 233,180	148	28,602	4,154**
Intra-vaches (erreur) . . . . .	4 626,779	672	6,885	
Total . . . . .	18 210,708	831		

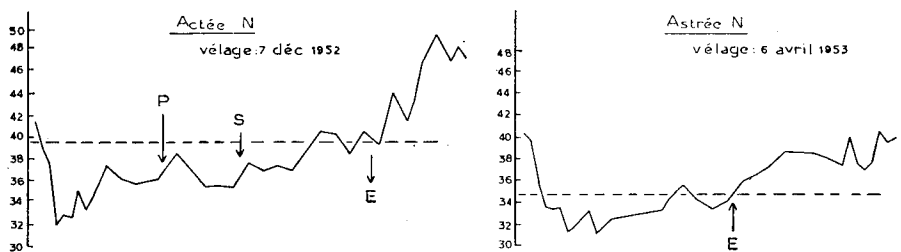
Le tableau III nous confirme d'abord l'influence significative du stade de lactation (seuil 1 p. 100) et de la race (seuil 1 p. 100). Il nous montre surtout qu'au même stade de lactation, il existe des différences significatives dans la teneur en matières azotées entre vaches de la même race, puisque les variations entre vaches sont significativement supérieures aux variations intra-vaches (seuil 1 p. 100).

Ces différences ressortent de la comparaison des courbes individuelles ci-jointes (graph. 1) et, associées à celles de l'évolution de la quantité de lait, expliquent les variations inter-individuelles des teneurs moyennes pondérées. Il nous faut donc en préciser la nature et la « reproductibilité » d'une lactation à l'autre.

### Nature des différences interindividuelles.

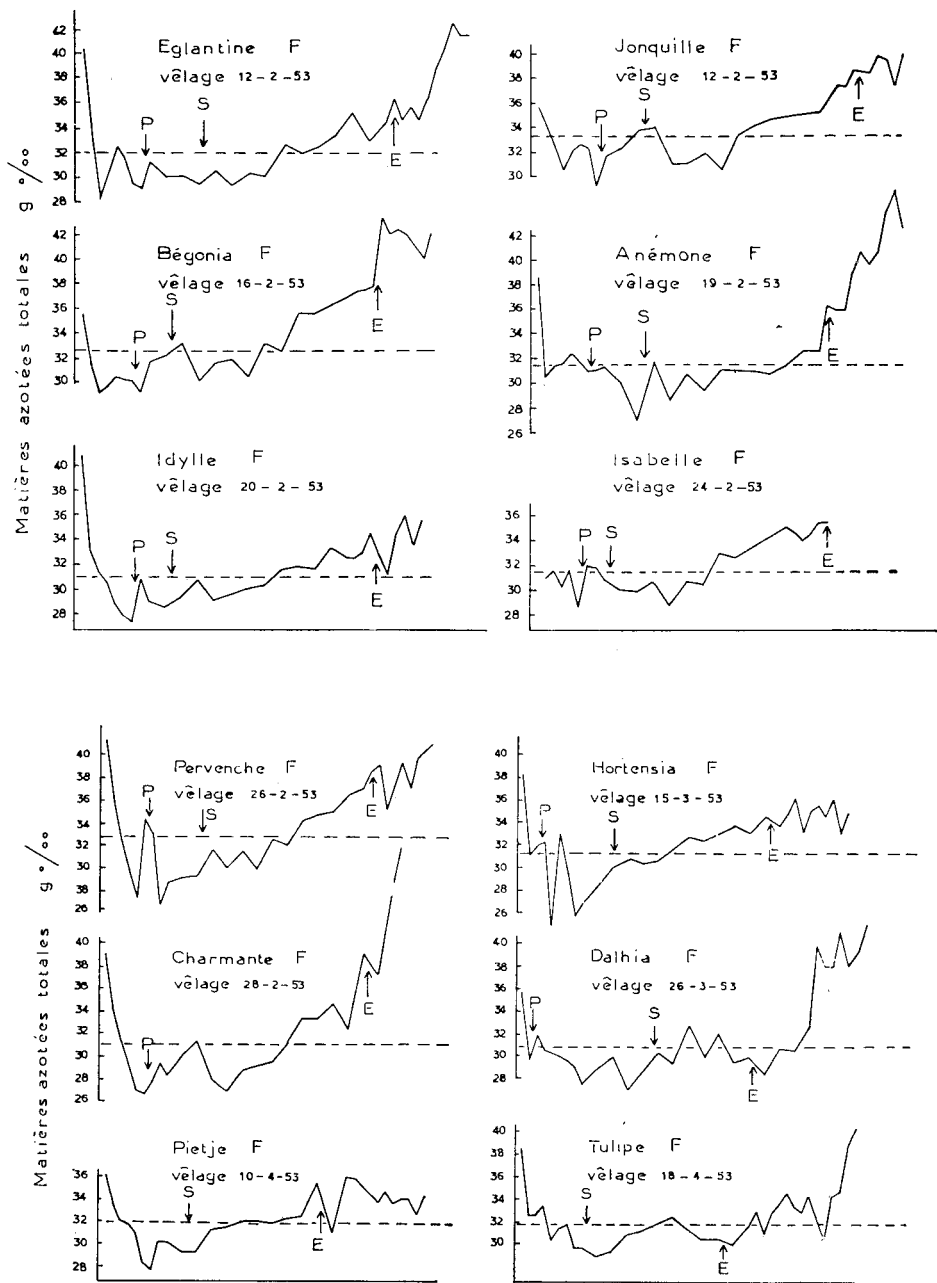
Pour mesurer ces différences de façon simple, nous pouvons représenter schématiquement (graph. 2) chaque courbe d'évolution individuelle par trois droites correspondant respectivement aux trois phases physiologiques mises en évidence par l'étude de la courbe moyenne :

— la phase décroissante du début de la lactation ; bien qu'elle prenne une part importante dans l'estimation de la valeur moyenne pondérée,

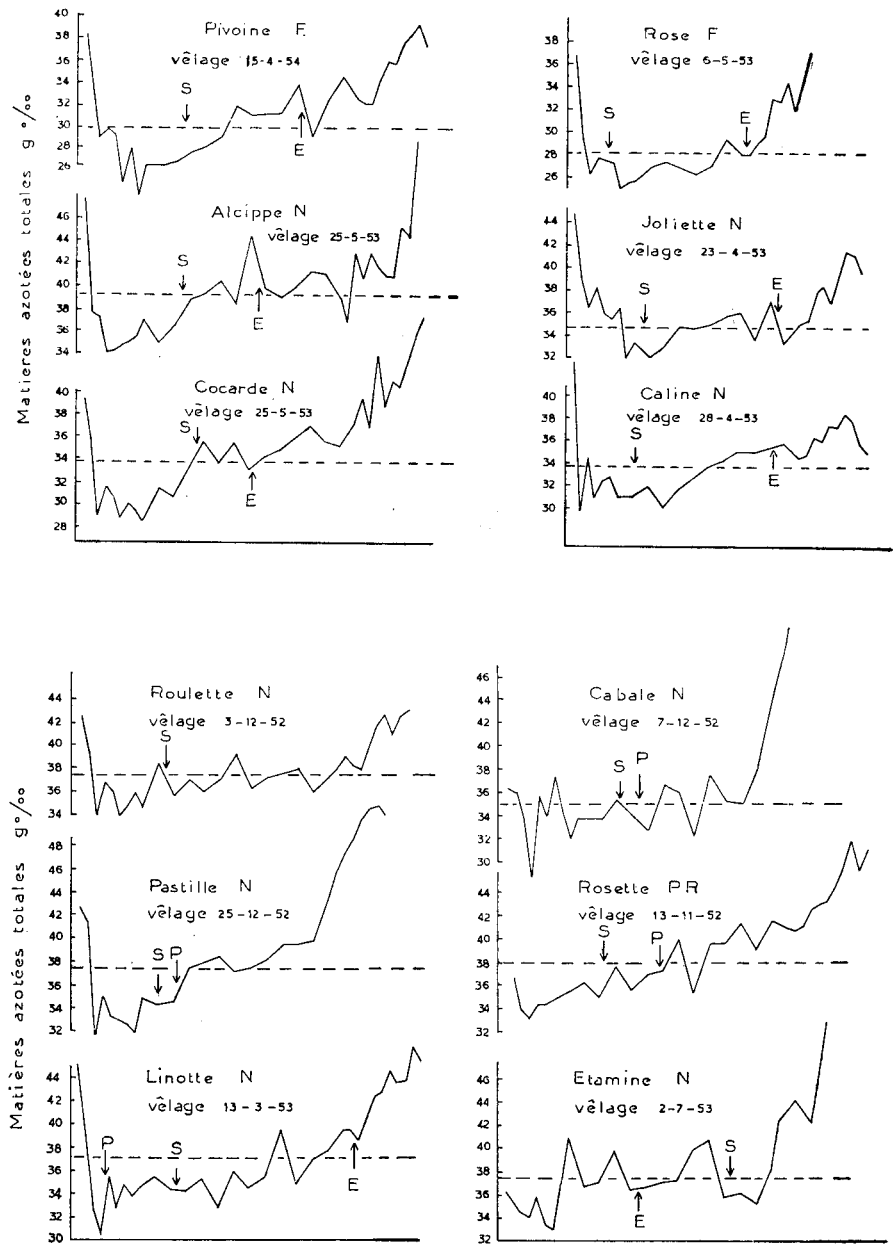


Graphique 1 : Courbes individuelles de l'évolution de la teneur en matières azotées totales au cours de la lactation ———— moyenne pondérée

P mise à l'herbe 10 avril  
E rentrée à l'étable 3 novembre  
S saillie



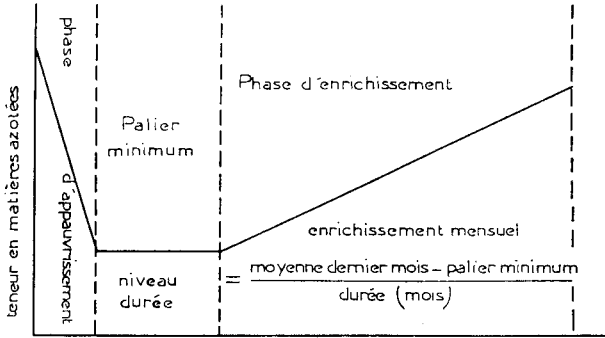
GRAPH. 1 (suite).



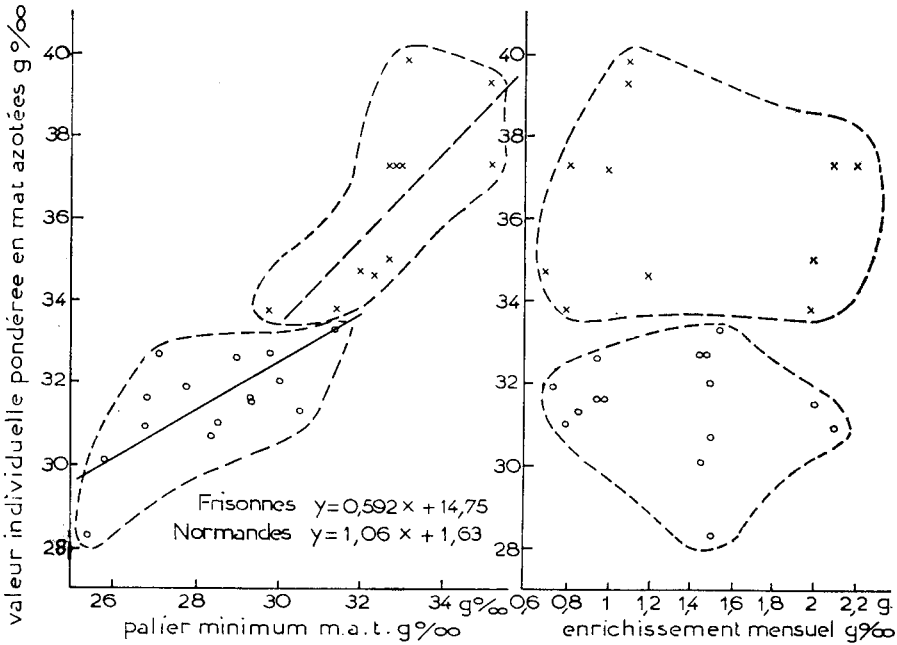
GRAPH. I (suite).

nous ne la considérons pas ici car elle est trop rapide pour être appréciée par un contrôle mensuel ;

— le palier minimum : il est situé entre la fin de la période de décroissance continue et le début de la phase continue d'enrichissement ; il est



Graph 2 : Les paramètres de la courbe d'évolution de la teneur en matières azotées [ci-dessus] ; leur influence sur la moyenne individuelle pondérée [ci-dessous] o=vaches frisonnes x=vaches normandes



ainsi caractérisé par sa position, sa durée et surtout son niveau, qui est la richesse moyenne arithmétique du lait produit pendant cette période ;

— la phase d'enrichissement : elle est représentée arbitrairement par la droite joignant la fin du palier précédent (valeur minimum) au point représentatif du dernier mois de lactation (valeur maximum, représentée par la moyenne arithmétique des quatre derniers prélèvements hebdo-



madaires) ; elle est caractérisée par sa pente ou coefficient mensuel d'enrichissement.

Nous obtenons ainsi des différences importantes entre vaches de la même race, dans la valeur de ces différents paramètres conventionnels :

— niveau du palier minimum : de 30 (Cocarde) à 35 g p. 1 000 (Alcippe), chez les normandes, de 25 (Rose) à 33 g p. 1 000 (Primevère) chez les frisonnes ;

— durée de ce palier : de 15 à 140 jours pour des lactations de longueurs sensiblement égales ;

— valeurs maximum (moyenne du dernier mois) : de 37 (Caline) à 51 g (Pastille) chez les normandes, 34 (Pietje) à 43 g p. 1 000 (Anémone) chez les frisonnes, soit des accroissements allant de 18 à 61 p. 100 de la valeur minimum ;

— enrichissement mensuel : de 0,7 à 2,2 g indépendamment de la race, mais il faut noter qu'il est fonction, non seulement de la différence entre les valeurs extrêmes (de 6 à 18 g) mais aussi de la durée de la phase d'enrichissement.

Sur les graphiques 2, nous avons porté les valeurs individuelles pondérées en fonction des deux principaux de ces paramètres. Nous constatons immédiatement qu'elles sont pratiquement indépendantes du coefficient mensuel d'enrichissement, lequel présente une grande dispersion dans chacune des deux races. Par contre, elles présentent une liaison positive très étroite avec la valeur du palier minimum :

	Coefficient corrélation	Droite de régression
Frisonnes (16) .....	0,788	$y = 0,592x + 14,75$
Normandes (11) .....	0,759	$y = 1,05x + 1,63$
Ensemble des 27 vaches .....	0,893	$y = 0,956x + 4,61$

Ces résultats s'expliquent aisément par l'évolution de la quantité de lait : le palier minimum coïncide avec la production maximum de lait et pèse d'autant plus sur la moyenne qu'il est plus prolongé (Frisonnes) ; au contraire les teneurs élevées atteintes en fin de gestation n'ont une influence importante que chez les vaches à production très persistante (Pivoine) ou à lactation prolongée par une fécondation retardée (Actée). Réciproquement, les vaches dont la production est peu persistante (individualité, mauvaise traite, mammites, maladies, etc.) verront leur moyenne pondérée baisser parce qu'elles se tarissent avant l'enrichissement obligatoire du lait dans la deuxième moitié de la gestation.

Nous venons d'examiner les différences interindividuelles observées au cours d'une lactation réalisée dans des conditions à peu près semblables. Il importe de savoir si on les retrouve au cours des autres lactations, en ce qui concerne notamment, la moyenne pondérée, la valeur du palier minimum et la vitesse d'enrichissement.

### Reproductibilité.

Treize vaches de l'étude actuelle (lactation 1953) ont été suivies dans l'étude préliminaire déjà mentionnée (lactation 1952), au cours de laquelle nous avons analysé de 15 à 20 échantillons par animal : 2 dans le premier mois, puis 1 toutes les trois semaines en moyenne. Nous avons ainsi obtenu une première courbe d'évolution, moins précise que la deuxième notamment au début et à la fin, mais permettant d'estimer une moyenne pondérée et les paramètres caractéristiques.

La comparaison de ces valeurs pour les deux lactations consécutives (tab. IV) nous montre une très bonne reproductibilité des valeurs moyennes pondérées (moyennes : 31,95 en 1952, 32,25 en 1953) et des valeurs minimum, mais de larges différences dans la vitesse d'enrichissement. Nous retrouvons les mêmes différences entre vaches, lesquelles se classent exactement dans le même ordre au cours des deux lactations, à deux exceptions près (Pervenche, Isabelle). Il faut noter cependant que les valeurs moyennes pondérées de 1953, présentent une augmentation légère (0,3 g p. 1 000) mais significative (seuil 5 p. 100) par rapport à celles de 1952 ; ceci tient avant tout au fait que, grâce aux prélèvements hebdomadaires nous avons mieux tenu compte des valeurs élevées atteintes au cours du 1<sup>er</sup> et des deux derniers mois de lactation.

Ces résultats très partiels sont cependant suffisamment homogènes pour permettre de penser que les différences individuelles dans la valeur minimum et dans la moyenne pondérée, doivent être hautement reproductibles.

Nous continuons à suivre toutes les lactations de ces animaux pour étudier « la répétabilité » des courbes d'évolution de la quantité de lait et de sa composition.

### Différences individuelles dans la répartition de l'azote total :

#### Rapport caséine/matières azotées totales.

Au cours de l'étude préliminaire réalisée en 1952, nous avons déterminé, en plus de l'azote total et de l'azote non caséine, l'azote protéique (ROWLAND, 1938) et obtenu, pour les 500 échantillons analysés, la distribution moyenne suivante de l'azote total :

77,10 p. 100 sous forme de « caséine ».

16,35 p. 100 sous forme « d'holoprotéines » (albumine, globulines, polypeptides).

6,55 p. 100 sous forme de constituants non protéiques.

Ces valeurs présentent un excellent accord avec des moyennes données par DAVIES (1932) et par ROWLAND (1938) en ce qui concerne le rapport caséine/matières azotées totales, mais sont plus élevées pour la teneur en azote non protéique, vraisemblablement par suite de la conservation

TABLEAU IV  
*Reproductibilité de la composition du lait au cours de deux lactations successives (1952 et 1953).*

	Matières grasses		Matières azotées totales		Palier minimum Matières azotées		Caséine		Caséine Matières azotées totales	
	1952 p. 1000	1953 p. 1000	1952 p. 1000	1953 p. 1000	1952 p. 1000	1953 p. 1000	1952 p. 1000	1953 p. 1000	1952 p. 1000	1953 p. 1000
<i>Race Frisonne:</i>										
Isabelle .....	31,7	30,9	31,8	31,3	28,2	30,6	24,3	24,2	76,4	77,0
Idylle .....	32,0	33,7	30,5	31,0	28,6	28,6	23,5	23,9	77,0	77,0
Begonia .....	37,2	37,0	32,1	32,7	29,6	29,8	25,3	25,9	78,9	79,2
Pervenche .....	35,4	37,3	30,4	32,7	27,2	27,2	23,9	26,1	78,7	79,6
Hortensia .....	33,0	32,4	31,6	31,6	28,0	26,0	24,4	24,2	77,3	76,6
Pietje .....	32,7	33,3	31,2	31,9	28,4	27,8	24,9	25,4	79,8	79,7
Rose .....	28,9	30,0	28,4	28,3	25,8	25,4	21,1	21,6	74,3	76,4
Dahlia .....	30,2	32,9	30,7	30,7	29,8	28,4	23,6	23,5	75,0	76,9
Tulipe .....	31,8	34,6	30,7	31,5	28,0	29,3	23,5	24,8	76,5	78,5
Pivoine .....	30,4	32,2	29,6	30,1	26,0	25,8	22,1	22,9	74,7	76,0
<i>Race Normande:</i>										
Alcippe .....	45,0	45,7	38,9	39,3	34,0	35,2	31,1	31,4	79,9	79,9
Caline .....	41,9	43,0	33,5	33,8	30,0	31,4	25,5	25,9	76,2	76,7
Joliette .....	45,9	47,2	34,8	34,6	31,4	32,3	27,5	27,2	79,0	78,5

entraînée par la constitution des échantillons proportionnels et leur transport. Devant la nécessité d'utiliser cette méthode de prélèvements (sur 48 heures) et d'augmenter le débit des analyses, nous avons renoncé à cette détermination de l'azote non protéique dans l'étude principale que nous rapportons ici. Nous ne discuterons donc la répartition de l'azote total que sous l'angle caséine/matières azotées totales, qui est de loin le plus important.

### Différences individuelles.

Le tableau II nous montre d'abord que le rapport  $\frac{\text{caséine}}{\text{matières azotées}}$  demeure plus ou moins stable au cours de la lactation de chaque individu (écart type faible) ; la moyenne arithmétique des différents échantillons (7<sup>e</sup> colonne) est donc très voisine de la moyenne pondérée (6<sup>e</sup> colonne) mais légèrement inférieure cependant (de 0,15 en moyenne) par suite de la diminution générale du rapport au cours du dernier mois de lactation.

Les valeurs pondérées varient en gros de 76 à 80 dans chacune des deux races, la moyenne des normandes ( $77,75 \pm 0,10$ ) étant légèrement supérieure à celle des frisonnes ( $77,31 \pm 0,12$ ) mais pas de façon significative. Bien qu'étroites ces différences interindividuelles sont hautement significatives : la comparaison des moyennes arithmétiques par l'analyse de la variance des 854 rapports des échantillons individuels montre en effet que la variance intervaches est 17,63 fois plus élevée que la variance intra-vaches (2,12 au seuil 1 p. 100).

Cause de la variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Variance
Entre vaches.....	27	1 338	49,55
Intra vaches.....	827	2 328	2,81
Total.....	854	3 666	4,29

A ces différences individuelles dans la moyenne du rapport semblent s'en ajouter d'autres dans sa variabilité au cours de la lactation. L'écart type de la moyenne (tableau II, dernière colonne) va ainsi de 0,05 (Rosette) à 0,56 (Alcippe) et serait légèrement plus élevé chez les Normandes que chez les Frisonnes.

Certaines vaches auraient donc un rapport caséine/matières azotées nettement plus fluctuant que la moyenne, et ceci, en l'absence de mammites ou de streptocoques au contrôle bactériologique. Il est difficile d'interpréter ces fluctuations qu'on pourrait attribuer, soit à des infections cliniques très fugaces, soit des perturbations passagères de la sécrétion même des protéines.

### Reproductibilité.

Le tableau IV qui donne les valeurs du rapport caséine/matières azotées totales pour chacune des deux lactations successives (1952 et 1953) de 13 vaches appelle deux remarques :

— les vaches se classent pratiquement dans le même ordre au cours de deux lactations, notamment les deux premières et les deux dernières;  
— la moyenne des valeurs pour 1953 (77,84 p. 100) est supérieure à celle de 1952 (77,20 p. 100), cette différence, testée par la méthode des couples, étant significative au seuil 5 p. 100. Elle est due avant tout aux 4 vieilles vaches frisonnes (Rose-Dahlia-Tulipe-Pivoine) qui ont présenté une augmentation moyenne de 1,82 point ; elle n'est plus significative (0,19) pour la moyenne des 9 autres vaches, d'autant plus qu'elle est pratiquement nulle pour 3 et négative pour 2 autres.

Cette légère amélioration chez les jeunes vaches ne peut pas s'expliquer par l'état sanitaire de la mamelle, lequel était bon au contrôle bactériologique de 1952 ; elle provient sans doute d'un meilleur état de conservation des échantillons : en effet, ceux-ci ont été analysés immédiatement sur place en 1953, alors qu'en 1952 ils étaient transportés à 25 kilomètres et pouvaient subir une certaine protéolyse malgré la présence du toluène. Pour interpréter l'augmentation très forte du rapport présentée par les vieilles vaches frisonnes, il faut d'abord invoquer l'amélioration de l'état sanitaire de leur mamelle, qui s'est traduite par la disparition des mammites relativement fréquentes en 1952 ; mais il faut en outre supposer que leurs laits étaient beaucoup plus sensibles que celui des jeunes vaches à la protéolyse, au cours de l'intervalle s'écoulant entre la récolte et l'analyse ; on peut trouver une justification de cette hypothèse dans les teneurs, très élevées en azote non protéique, présentées par ces animaux en 1952.

Si ces variations entre lactations présentées par les vieilles vaches frisonnes sont réellement dues à l'état sanitaire de la mamelle et aux conditions de conservation du lait, on peut penser que le rapport caséine/matières azotées totales est hautement reproductible et caractéristique de l'individu.

## DISCUSSION

### Teneur.

En accord avec les résultats antérieurs (tabl. I) nous venons de montrer qu'il existe entre vaches de la même race, placées dans les mêmes conditions de milieu et d'alimentation, des différences significatives et reproductibles dans la teneur en constituants azotés. Comparées à celles

du taux butyreux, ces variations sont plus faibles aussi bien dans leur amplitude (5 g contre 7 chez les Frisonnes, 6 contre 9 chez les Normandes) que dans leur dispersion (écart type : 1,6 contre 2,5 chez les Frisonnes ; 2,1 contre 3,1 chez les Normandes). Ces différences s'atténuent si on les rapporte à la moyenne (coefficients de variation de 5,6 p. 100 pour les matières azotées totales contre 7,8 p. 100 aux taux butyreux) mais il n'en reste pas moins que les teneurs individuelles en matières azotées sont plus groupées autour de la moyenne que les taux butyreux correspondants.

Ces conclusions tirées d'un échantillon extrêmement restreint, mais étudié avec précision, devraient demeurer valables à l'échelle de la race. AURIOL (1956) les retrouve en effet pour une population de 235 vaches Pie Rouge de l'est du département du Jura (analyses mensuelles).

	Teneur en matières azotées totales	Taux butyreux
Écart type.....	1,84	3,17
Valeurs extrêmes.....	26,7 — 36,8	27,0 — 44,5
Coefficient de variation.....	5,6	8,5

Il semble que ces différences individuelles soient de nature héréditaire et largement transmissibles ; leur reproductibilité au cours de deux lactations successives nous permet de le penser mais, seuls les résultats d'HANCOCK (1953) en Nouvelle-Zélande en ont apporté, jusqu'ici, la preuve. En effet ce dernier a obtenu une « hérédité » de 0,94 pour la teneur en caséine sur les vraies jumelles de la Station de Ruakura. Bien que cette valeur soit beaucoup plus élevée que celle qu'on peut espérer dans la pratique, elle demeure très significative au point de vue relatif puisqu'elle a été du même ordre que l'hérédité du taux butyreux chez les mêmes animaux (0,95). On peut donc envisager théoriquement d'améliorer la teneur en protéines des laits par une sélection dont les résultats d'AURIOL, sur les variations et la transmission héréditaire des aptitudes fromagères des vaches Pie Rouge nous diront si elle est efficace et réalisable dans les conditions du Jura.

#### Distribution de l'azote.

Malgré le faible nombre d'animaux étudiés, nos résultats montrent de façon très nette que le rapport caséine/matières azotées totales est hautement caractéristique de l'animal et présente, entre vaches de la même race, des différences étroites (76 à 80 p. 100), mais hautement significatives. Nous n'avons pas pu mettre en évidence de différences entre les races normande et frisonne, mais il est possible qu'il y en ait une à l'échelle d'un plus grand nombre d'animaux.

La constance de ce rapport au cours de la lactation et sa reproductibilité nous permettent de supposer qu'il est, avant tout, de nature héré-

ditaire. D'une façon plus générale, HANSSON, SKJERVOLD et CARLI (1950) ont montré par l'analyse de la variance (1 306 échantillons de lait appartenant à 67 vaches), que la répartition de l'azote total en caséine, « albumine » et « azote résiduel » était déterminée par le génotype. Ces conclusions sont d'un grand intérêt pour la physiologie de la sécrétion lactée d'abord et, plus généralement, pour la synthèse des protéines.

### Contrôle des différences individuelles.

Le dosage des matières azotées doit être effectué au laboratoire (KJELDAHL) et non à la ferme par le contrôleur laitier, car les méthodes rapides de titrage au formol sont délicates et trop infidèles pour les laits individuels. Le contrôle des « aptitudes fromagères » sera donc nécessairement coûteux : il faut réduire les analyses au nombre minimum permettant d'apprécier correctement les différences individuelles. D'après l'examen qualitatif de nos résultats il semble qu'on puisse se contenter ;

— de suivre une seule lactation de chaque vache (si possible la même) réalisée dans des conditions normales ;

— de déterminer seulement les matières azotées totales (N. = 6,38), dosage plus rapide et plus fidèle que celui de la « caséine » (seule intéressante en fromagerie) et, surtout, qu'on peut effectuer sur les laits conservés ;

— de concentrer les analyses sur les premiers mois de lactation pour apprécier avec exactitude le palier minimum, ce qui implique des prélèvements successifs aux 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> mois de lactation ; il serait souhaitable de les compléter par deux autres analyses, au 7<sup>e</sup> et au 9<sup>e</sup> mois, pour tenir compte de la vitesse d'enrichissement.

Ce nombre limité d'analyses (6 dans cet exemple) donnerait une estimation par défaut de la valeur moyenne pondérée, de chaque animal, puisqu'on ne tient pas compte des teneurs élevées atteintes en fin de lactation et, surtout, au cours du premier mois : cette dernière dépend en effet avant tout du nombre de jours séparant le vêlage, du passage du contrôleur laitier. Les erreurs seraient non seulement de même sens chez tous les animaux, mais encore d'une importance sensiblement comparable car la teneur en protéines présente des fluctuations journalières très limitées (2,5 p. 100) et évolue de façon régulière au cours de la lactation. En définitive on peut espérer apprécier ainsi les différences individuelles de façon suffisante pour éliminer les vaches à lait pauvre et déceler celles qui ont des teneurs nettement plus élevées que la moyenne de la race.

L'étude statistique ultérieure des lactations successives d'un plus grand nombre d'animaux, nous permettra de vérifier ces considérations provisoires et de déterminer le nombre et la répartition des analyses nécessaires pour estimer les teneurs pondérées individuelles avec le degré d'approximation désiré.

## RÉSUMÉ

1° Nous avons étudié les différences individuelles des teneurs en matières azotées totales et caséine (évolution et moyenne pondérée), et du rapport  $\frac{\text{caséine}}{\text{mat. azotées totales}}$  au cours d'une lactation de 16 vaches frisonnes et de 11 vaches normandes : en moyenne 30 analyses ont été effectuées par animal à raison d'une par semaine au cours des deux premiers et des deux derniers mois de lactation et d'une par quinzaine dans l'intervalle ;

2° Les teneurs en matières azotées totales et caséine ont été nettement plus élevées chez les Normandes (36,4 et 28,3 g p. 1 000) que chez les Frisonnes (31,7 et 24,5 g p. 1 000) mais le rapport  $\frac{\text{caséine}}{\text{mat. azotées totales}}$  n'a pas été différent (Normandes : 77,7 p. 100 ; Frisonnes : 77,3 p. 100) ;

3° Les teneurs individuelles pondérées en matières azotées présentent entre vaches de la même race des différences sensibles qui sont, cependant, moins importantes que celles du taux butyreux aussi bien dans leur amplitude que dans leur dispersion.

4° Le rapport  $\frac{\text{caséine}}{\text{mat. azotées totales}}$  bien que variant dans des limites relativement étroites (76 à 80 p. 100) semble être très caractéristique de l'individu ;

5° Ces différences individuelles dans la teneur et la répartition des matières azotées se sont répétées au cours de deux lactations successives de 13 vaches ;

6° Elles sont suffisamment importantes pour permettre une « sélection fromagère » puisqu'elles ont une hérédité élevée (HANCOCK) ; elles pourraient être appréciées pratiquement à partir d'un nombre réduit d'analyses (environ 6) au cours d'une seule lactation comparable.

7° Les études en cours permettront de préciser la « répétabilité » des teneurs pondérées au cours des lactations successives et les conditions de leur estimation pratique.

*Reçu pour publication le 17 octobre 1956.*

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) AURIOL (P.), (1956). — *C. R. Acad. Agr., France*, **42**, 388.
- (2) COMBERG (G.), (1951). — *Kühn Archiv*, **64**, 301.
- (3) DAVIES (W. L.), (1932) — *J. Dairy Res.*, **4**, 142.
- (4) GAINES (W. L.), OVERMAN (O. R.), (1938) — *J. Dairy Sci.*, **21**, 261.
- (5) GRABISCH (W.), (1938) — *Züchtungskunde*, **24**, 121.
- (6) HANCOCK (J.), (1953) — *N. Z. J. Sci. Tech.*, **35**, 67.
- (7) HANSSON (A.), BONNIER (G.), (1949) — *Acta Agr. Suecana*, **3**, 179.



- (8) HANSSON (A.), SKJERVOLD (H.), CARLI (B.), (1950) — *Acta Agric. Scand.*, **1**, 112.
- (9) JANSE (L. C.), BAKHEVEN (H. G. A.), ROELOFS (E. T.), (1954) — *Bull. H. B. Française Frisonne Pie Noire*, **34**, 39.
- (10) JARRIGE (R.), ROSSETTI (C.), (1957) — *Annales Zootechnie*, **6**, 64.
- (11) LARSSON (E. L.), PLATON, (J. B.), THOME (K. E.), HANSSON (A.), (1949) — 12<sup>e</sup> Congrès Inter. Laiterie, Stockholm, **1**, 377.
- (12) LARSSON (E. L.), (1950) — *Mejeritek Med.*, **11**, 14.
- (13) LONKA (T.), (1947) — *Maataloust Aikakausk.*, **19**, 8.
- (14) LEYDOLPH (W.), ULRICH (A.), (1952) — *Milchwissenschaft*, **7**, 328.
- (15) NESENI (R.), KORPRICH (H.), (1947) — *Milchwissenschaft*, **2**, 405.
- (16) PIEL (H.), (1953) — *Züchtungskunde*, **24**, 266.
- (17) ROSSETTI (C.), JARRIGE (R.), (1956) — *Annales Zootechnie*.
- (18) ROWLAND (S. J.), (1938 a) — *J. Dairy Res.*, **9**, 30.
- (19) ROWLAND (S. J.), (1938 b) — *J. Dairy Res.*, **9**, 47.
- (20) VAN SLYKE (L. L.), (1908) — *J. Amer. Chem. Soc.*, **30**, 1166.

#### ADDENDUM

Depuis la rédaction de ce travail, nous avons eu connaissance de l'importante étude réalisée en Écosse par R. WAITE, J. C. D. WHITE et A. ROBERTSON qui ont analysé les laits de 500 couples mère-fille Ayrshire (6 échantillons par animal). Ils ont ainsi obtenu une hérabilité intra-troupeaux d'environ 0,5 pour la teneur en constituants azotés (0,476 pour les matières azotées totales, 0,582 pour la caséine), nettement supérieure à celle du taux butyreux (0,322) et surtout à celle de la quantité de lait (0,246), (*J. Dairy, Res.*, **23**, 65-81, 82-91).