

INRA Theix
Laboratoire de la Lactation
63122 Ceyrat
*SUACI Montagne Alpes du Nord
INRA SAD, 1, rue du Château
73000 Chambéry
** Contrôle Laitier Haute-Savoie
2, boulevard du Fier
74000 Annecy

Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de Thônes (1)

Le taux protéique du lait et son temps de coagulation font partie des caractéristiques qui peuvent influencer la quantité de fromage produit et sa qualité. Leurs facteurs de variations sont multiples, liés à l'animal (caractéristiques génétiques, stade physiologique) et à son milieu (alimentation, saison..), et, dans la pratique, peuvent interagir.

La qualité du lait et ses aptitudes fromagères sont d'actualité : l'évolution rapide des facteurs de production (génétiques, alimentaires) et des contraintes de ramassage et de transformation du lait a entraîné des modifications de sa qualité dont il est difficile d'établir la part respective des différents facteurs mais qui ont des répercussions sur la qualité des produits transformés. Celle-ci est particulièrement importante dans des régions où la valorisation du lait est exclusivement fromagère.

Si l'on connaît bien les principaux facteurs de variations de la composition chimique du lait (Journet et Chilliard 1985, Rémond 1985, Hoden *et al* 1985) et leurs interactions sur le terrain (EDE Haute-Saône 1985, Coulon et Binet 1987), les relations entre ces facteurs et la qualité du fromage sont encore à préciser. De nombreux travaux analytiques sont actuellement en cours pour décrire et expliquer de manière détaillée ces relations.

Résumé

41 exploitations laitières situées dans le Pays de Thônes (Haute-Savoie) ont fait l'objet d'une enquête détaillée concernant à la fois la structure de l'exploitation et du troupeau, les pratiques alimentaires et la fabrication du fromage. Ces données ont permis d'analyser les variations de la composition chimique du lait et de son temps de coagulation. Les écarts d'une exploitation à l'autre pour ces variables sont importants: respectivement 6,5 g %, 4 g ‰ et 11 minutes entre les étables extrêmes pour le taux butyreux, le taux protéique et le temps de coagulation. Les taux protéiques hivernaux faibles et les temps de coagulation hivernaux très variables d'un mois à l'autre sont associés à une maîtrise médiocre de l'alimentation. La période de vêlage des animaux explique en grande partie les différences de taux protéiques estivaux. L'analyse des données individuelles mensuelles des caractéristiques du lait de 814 vaches de ces exploitations a permis de mettre en évidence l'effet propre du stade de lactation et de la saison sur ces variables. En particulier, le temps de coagulation du lait est minimal en début de lactation (25 min) et maximal en sixième mois de lactation (32 min); il est d'autre part maximal en fin d'hiver et en milieu d'été.

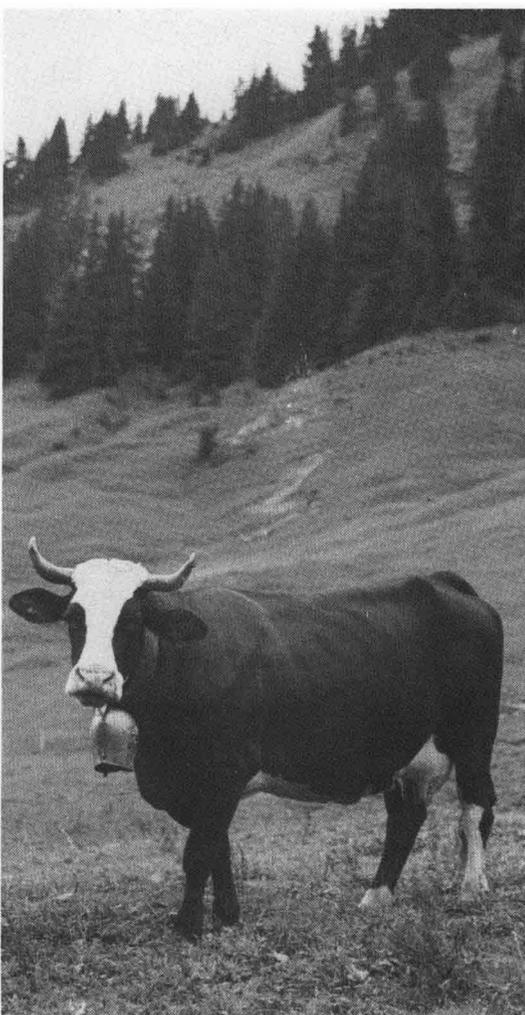
L'objectif de cette étude a été, dans les conditions bien spécifiques de production du fromage Reblochon dans le Pays de Thônes (Haute-Savoie), 1) de décrire les variations de la composition chimique du lait et de son temps de coagulation d'un troupeau à l'autre au cours de l'année, 2) d'analyser ces variations en fonction de facteurs explicatifs, liés au système d'exploitation et/ou à la conduite du troupeau, 3) d'analyser les variations individuelles des caractéristiques du lait afin de mieux séparer les effets, souvent confondus en raison du regroupement des vaches, du stade de lactation et de la saison, 4) de mettre en évidence, à partir des trois étapes précédentes, d'éventuelles périodes sensibles et/ou des facteurs de risque qu'il serait souhaitable d'étudier ensuite de manière plus approfondie.

1 / Conduite de l'étude

1.1 / Origine des données

53 exploitations laitières du Pays de Thônes adhérentes du Contrôle laitier et disposant de troupeaux de 4 à 65 vaches (24 en moyenne) ont fait l'objet de cette étude. Ce canton est caractérisé par une altitude variant de 600 à 1800 m (le siège des exploitations se situant entre 600 et 1300 m, et les alpages au-dessus de 1300 m), l'importance des pentes dans les surfaces agricoles et une pluviométrie annuelle élevée (1700 mm). L'activité touristique y est très développée et fournit un débouché important aux produits agricoles dont le principal est le fromage Reblochon. La majorité des exploitations sont en effet à vocation laitière et valorisent leur production par la transformation (très souvent fermière) du lait en fromage. La quasi-totalité des vaches est de race Abondance. A l'intérieur du Pays de Thônes il

existe cependant une diversité importante des systèmes d'exploitation qui a fait l'objet d'une analyse approfondie (Roybin et Cristofini 1985). Les relations entre ces différents systèmes et nos résultats seront analysées dans la discussion de cette étude. Sur chacune de ces 53 exploitations, on a relevé, au cours d'une année complète (entre novembre 1985 et octobre 1986), les valeurs mensuelles, mesurées sur les laits moyens de chaque troupeau, de la production laitière, du nombre de cellules du lait, de sa composition chimique (taux butyreux et taux protéique), de son temps de coagulation et de son acidité Dornic. Les valeurs individuelles de chacun de ces paramètres ont d'autre part été recueillies mensuellement sur 814 vaches de ces 53 troupeaux, uniquement de race Abondance.



Le temps de coagulation du lait a été déterminé de la manière suivante : les échantillons de lait, individuels ou de troupeau, ont été prélevés à la traite du matin ou du soir, stockés 6 à 14 h à 4° C, puis mis en présence d'une quantité connue de présure (0,5 ml d'une solution à 5 ‰ de présure pour 20 ml de lait); le temps de coagulation (apparition des premiers flocons) a été noté visuellement, par observation de l'échantillon toutes les 5 minutes. La précision de cette méthode, dont l'objectif initial était uniquement de détecter des échantillons anormaux, est donc moyenne, dans la mesure où la force de la présure utilisée n'a pas été testée (sur un échantillon connu de lait reconstitué) à chaque utilisation. L'acidité Dornic du lait a été mesurée, sur les mêmes échantillons, par titration à la soude N/9.

Sur 41 de ces 53 exploitations, des données relatives 1) à la structure de l'exploitation et du troupeau, 2) à l'alimentation hivernale et estivale des animaux, et 3) à la fabrication et à la valorisation du fromage ont d'autre part pu être recueillies au cours d'une enquête réalisée au printemps 1987 (cf annexe).

1.2 / Analyse des données

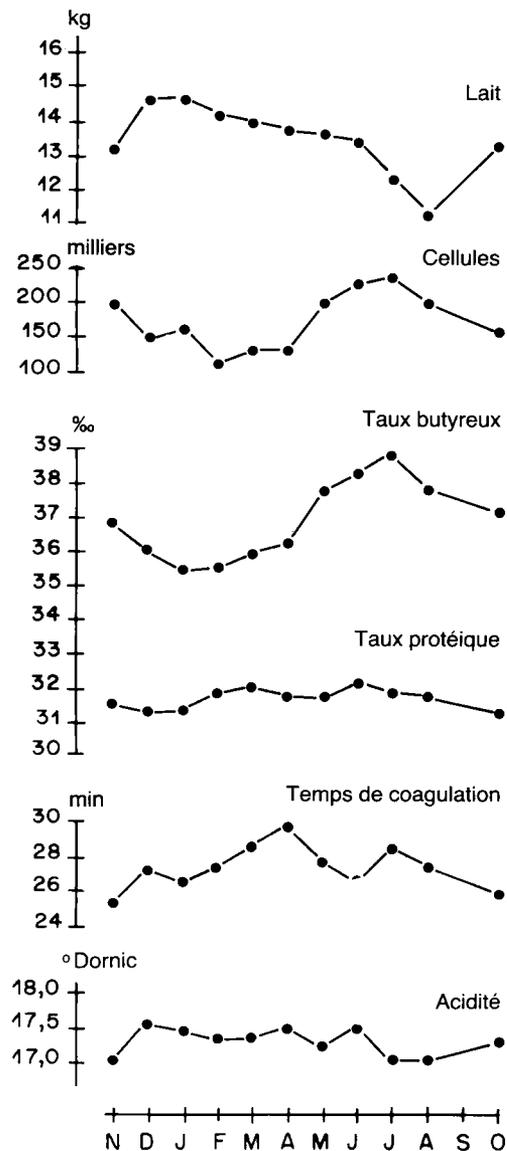
a / Analyse sur les moyennes de troupeaux

L'analyse de ces données a été faite à plusieurs niveaux : après avoir décrit l'évolution moyenne au cours de l'année des variables caractérisant la production et la composition du lait ($n = 53$ troupeaux), une analyse factorielle des correspondances (AFC, Logiciel STATITCF) a été réalisée sur les 41 exploitations pour lesquelles nous disposons des caractéristiques précisées en annexe. Les variables concernant les caractéristiques du lait ont été regroupées en 2 périodes, hivernale (novembre à mars) et estivale (mai à août). Elles ont ensuite été introduites comme variables supplémentaires dans l'AFC. Les autres variables (actives) sont soit des facteurs directs d'explication des variations de la composition du lait (alimentation des animaux, période de vêlage ...), soit des facteurs permettant de caractériser la structure et la production des exploitations (taille, localisation, prix du fromage ...). Nous avons ainsi pu mettre en évidence des situations (définies par des associations de facteurs) favorables ou défavorables au regard de la composition du lait. On a alors étudié plus précisément les exploitations les plus représentatives de ces associations de facteurs. Elles ont été choisies à partir de leur position, la plus proche possible de celle des facteurs explicatifs, sur les plans factoriels de l'AFC.

Tableau 1. Valeurs moyennes et variations inter-troupeaux ($n = 53$) des caractéristiques du lait.

	Lait (kg/vache)	Taux butyreux (g ‰)	Taux protéique (g ‰)	Cellules (1000/ml)	Acidité (°D)	Temps de coagulation (min)
Moyenne	3971	36,4	31,4	178	17,1	27,2
Ecart-type	769	1,7	0,7	100	0,8	2,5
Minimum	1800	33,2	29,4	67	14,9	22,6
Maximum	5610	39,7	33,5	521	18,4	33,6

Figure 1. Evolution des caractéristiques des laits de troupeau (n = 53) au cours de l'année.



2 / Résultats

2.1 / Evolution annuelle de la production et de la composition du lait des troupeaux

En moyenne, les taux butyreux et protéiques annuels ont été de 36,4 et 31,4 g % pour une production laitière de 13,4 kg/j (3970 kg/vache/an)(tableau 1). Celle-ci a été plus élevée en hiver (période de stabulation) qu'en été (période de pâturage) (figure 1) en raison du plus grand nombre de vêlages d'automne et d'hiver et aussi d'une moins bonne persistance de la production en été (cf ci-après). Les taux butyreux ont été plus élevés en été qu'en hiver (respectivement 38,3 et 35,9 g %), sous l'effet conjugué de la nature de l'alimentation et de l'avancement du stade de lactation. Le taux protéique, de même que l'acidité du lait, n'a en revanche pratiquement pas varié au cours de l'année, contrairement à ce qui est observé classiquement dans d'autres régions (EDE Haute-Saône 1985, Coulon et Binet 1987). Le temps de coagulation a augmenté régulièrement au cours de l'hiver pour atteindre un maximum en avril (29,8 min). Il a ensuite légèrement diminué à la mise à l'herbe (-3 min entre avril et juin). Le taux de cellules du lait a été plus élevé en été qu'en hiver (respectivement 229 000 contre 165 000 cellules/ml), comme cela a déjà été observé par ailleurs (Coulon et Lilas 1988), mais est toujours resté faible : 4 troupeaux seulement ont présenté des taux moyens annuels supérieurs à 400 000 et aucun n'a été supérieur à 600 000.

Ces valeurs moyennes présentent cependant des variations très importantes d'une étable à l'autre (tableau 1). Les écarts entre les étables extrêmes atteignent ainsi 6,5 g % pour le taux butyreux, 4 g % pour le taux protéique et 11 min pour le temps de coagulation. Ces variations n'ont pas été plus importantes en été qu'en hiver : la moyenne des écart-types mensuels pour l'hiver et l'été a ainsi été de respectivement 3,2 et 4,0 g % pour le taux butyreux; 1,4 et 1,4 g % pour le taux protéique; 1,1 et 1,1 °D pour l'acidité; 5,1 et 5,6 min pour le temps de coagulation.

2.2 / Analyse des différences entre les exploitations

Les deux premiers axes de l'AFC permettent de mettre en évidence 4 associations de facteurs (groupes) discriminantes au regard de la qualité du lait, et en particulier du taux protéique et du temps de coagulation hivernaux (groupes 1 et 2), et du taux protéique estival (groupes 3 et 4) (figure 2). Le choix d'un échantillon d'exploitations représentatives de chacun de ces groupes (6 à 7 exploitations par groupe) nous a permis ensuite d'analyser en détail les caractéristiques de ces exploitations et en particulier l'évolution des critères de la composition du lait au cours de l'année.

Les exploitations du **groupe 1** sont caractérisées (figure 2 et tableau 2) par un faible niveau de production individuel, associé à une maîtrise médiocre de l'alimentation (faible niveau de la ration de base, pas de foin distribué à l'alpage, pas de transition alimentaire, minéraux et vitamines ré-

Entre élevages, les écarts extrêmes du taux protéique et du temps de coagulation sont très importants : respectivement 4 g % et 11 minutes.

b / Analyse sur les données individuelles

Les valeurs mensuelles individuelles des 814 vaches de notre échantillon ont été utilisées pour différencier les effets respectifs du mois de lactation et de la saison. Pour cela, pour chaque mois calendaire, nous avons regroupé les valeurs des variables correspondant aux différents stades de lactation. Nous avons ainsi obtenu une matrice 11x10 où la somme des lignes représente l'effet propre de la saison (11 mois calendaires seulement car les vaches ne sont pas contrôlées au mois de septembre) et celle des colonnes l'effet propre du stade de lactation (10 mois de lactation). Nous avons vérifié qu'il n'y avait pas d'interaction importante entre ces 2 facteurs, c'est-à-dire que les évolutions au sein des lignes ou des colonnes ne différaient pas notablement d'une ligne ou d'une colonne à l'autre.

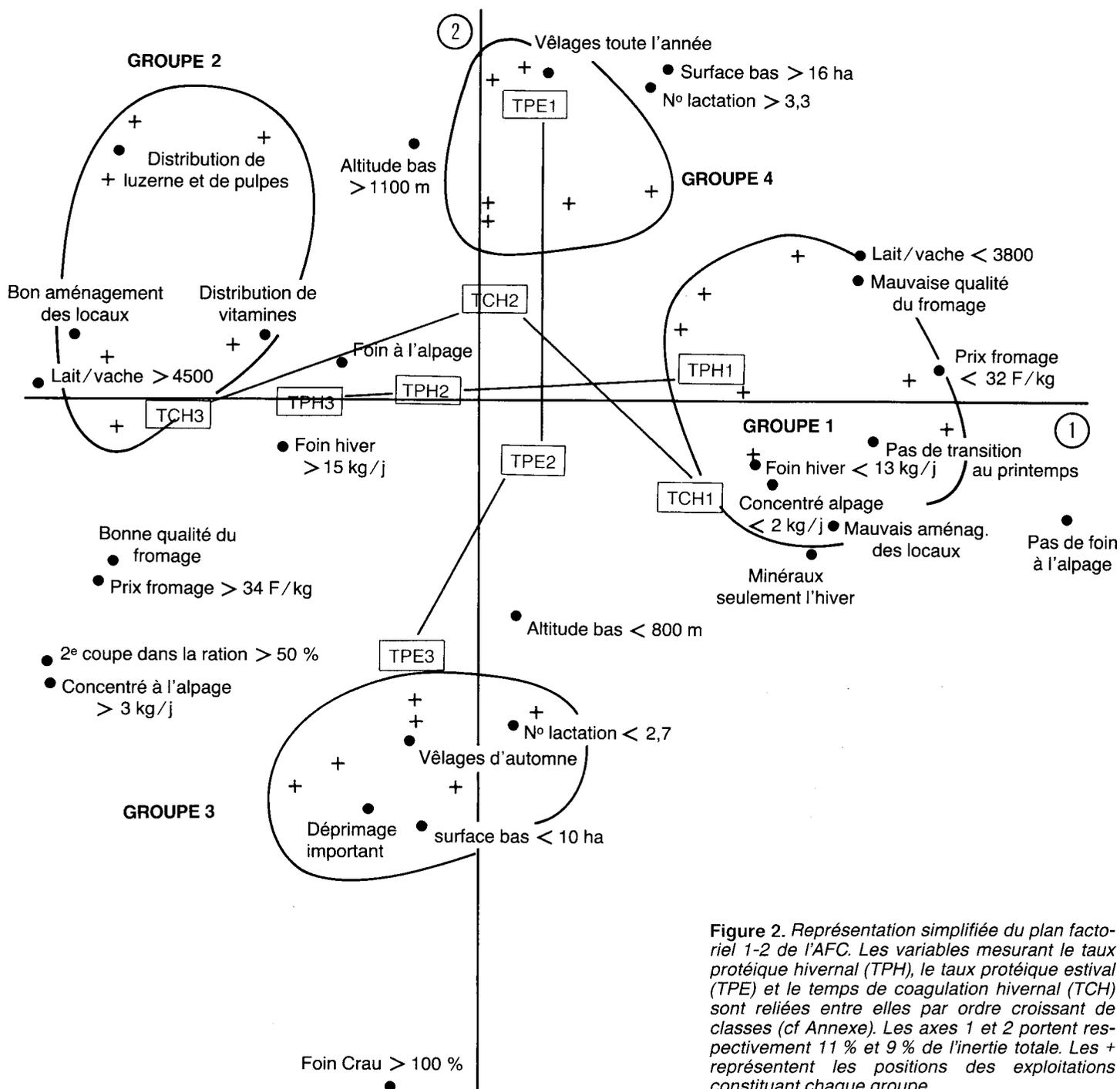


Figure 2. Représentation simplifiée du plan factoriel 1-2 de l'AFC. Les variables mesurant le taux protéique hivernal (TPH), le taux protéique estival (TPE) et le temps de coagulation hivernal (TCH) sont reliées entre elles par ordre croissant de classes (cf Annexe). Les axes 1 et 2 portent respectivement 11 % et 9 % de l'inertie totale. Les + représentent les positions des exploitations constituant chaque groupe.

duits ou absents). Celles du **groupe 2** sont les plus productives et maîtrisent bien l'alimentation hivernale et estivale des animaux. Parallèlement, elles valorisent beaucoup mieux leur lait que celles du groupe 1 (près de 10 F d'écart par kg de fromage) en liaison avec un bon état des locaux de fabrication et une meilleure qualité des fromages. Le taux protéique hivernal est en moyenne inférieur de 0,8 g ‰ dans les exploitations du groupe 1 par rapport à celles du groupe 2. L'écart entre les 2 groupes s'accroît en fait au cours de l'hiver (figure 3) et atteint 2,1 g ‰ en avril. Le temps de coagulation hivernal est en moyenne inférieur de 1,6 min dans le groupe 1, mais il est surtout beaucoup plus variable d'un mois à l'autre (cf ci-après).

Dans les exploitations du **groupe 3**, caractérisées (tableau 2) par leur localisation à une altitude généralement inférieure à 800 m, leur faible surface disponible en bas, l'achat important de foin de Crau et le groupement des vêlages à l'automne, en liaison avec un pourcentage élevé de vaches jeunes, le taux protéique estival est supérieur de 1,1 g ‰ à celui des exploitations du **groupe 4**, la différence atteignant 1,6 g ‰ en juin (figure 3). Celles-ci sont toujours situées à plus de 800 m, disposent de surfaces importantes et présentent des vêlages répartis sur toute l'année et un âge moyen du troupeau élevé.

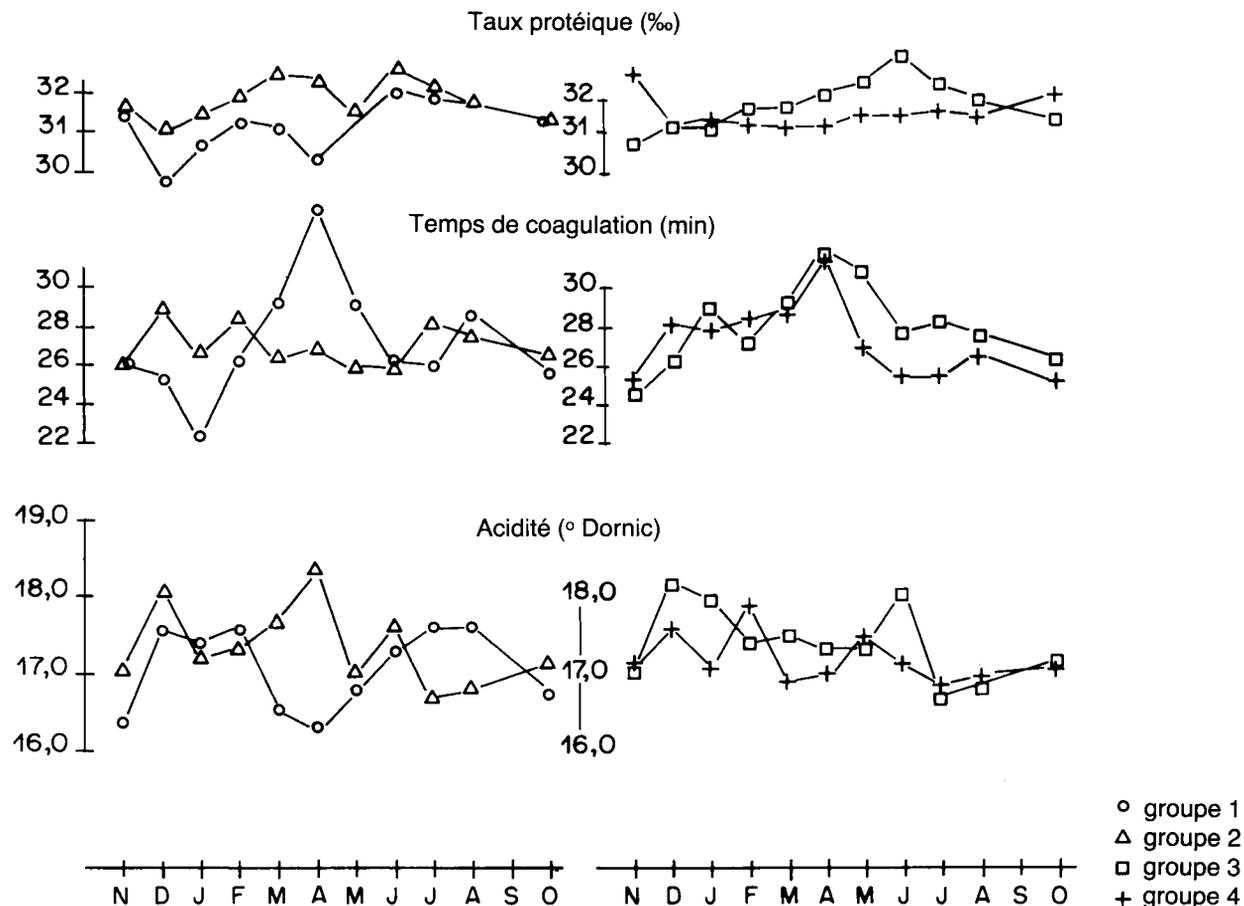
Les différences de taux protéique d'un groupe à l'autre peuvent s'expliquer : 1) par la maîtrise de

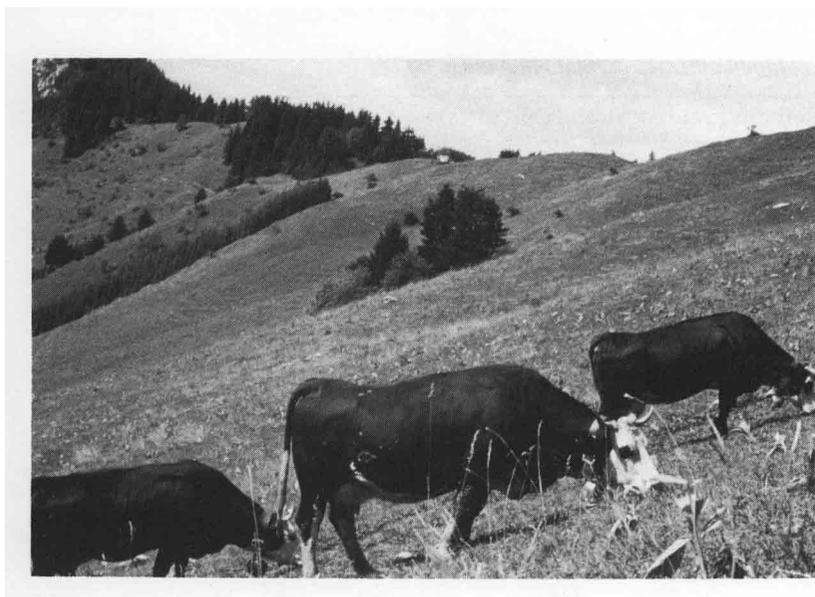
Tableau 2. Principales caractéristiques des exploitations des 4 groupes constitués à partir de l'AFC.

	Exploitation représentatives du groupe :			
	1	2	3	4
Nombre	7	6	6	6
Surface bas (ha)	20	17	4	24
Altitude (m)	1085	1092	888	1060
Lait/vache/an (kg)	2987	4753	4410	3505
N° lactation moyen	3,1	3,3	2,6	3,7
Période de vêlage	variable	variable	automne	printemps été
Foin distribué l'hiver (kg/j)	12,9	15	15	14,5
% Foin de Crau dans la ration	15	33	95	42
Foin à l'alpage	non	oui	oui	oui
Concentré à l'alpage (kg/j)	1,5	3,7	2,4	2,4
Note d'aménagement des locaux (/20)	5,5	13	9	10
Prix du fromage (F/kg)	28	37	35	32
Taux protéique (g ‰)				
hiver	30,9	31,7	31,6	31,5
été	31,7	32,1	32,5	31,4
Temps de coagulation (min)				
hiver	25,7	27,3	27,6	27,6
écart entre mois extrêmes	12	3	7	7

Les taux protéiques sont les plus faibles et les temps de coagulation les plus variables dans les exploitations maîtrisant mal l'alimentation hivernale (groupe 1).

Figure 3. Evolution des caractéristiques du lait au cours de l'année selon les groupes d'exploitation.

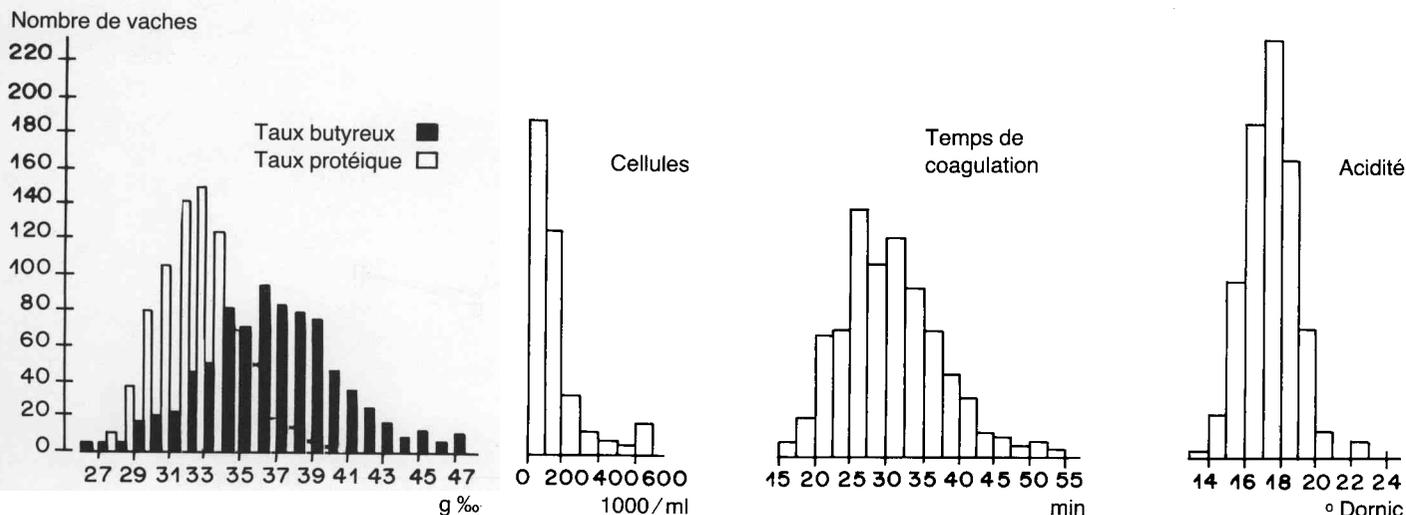




l'alimentation hivernale et donc du niveau des apports énergétiques, différente entre les groupes 1 et 2 ; l'augmentation de l'écart de taux protéique au cours de l'hiver est en effet caractéristique d'une sous-alimentation énergétique hivernale de longue durée (Rémond 1985), de même que l'augmentation du taux protéique à la mise à l'herbe (Coulon *et al* 1986), plus importante dans le groupe 1 que dans le groupe 2 (figure 3) ; 2) par la période de vêlage des animaux dont on sait qu'elle a une influence importante sur le taux protéique estival (EDE Haute-Saône 1985). Les vêlages d'hiver et de printemps conduisent, comparativement aux vêlages d'automne, à des taux protéiques estivaux faibles en raison principalement du stade physiologique des animaux à cette période, et de leurs besoins (en particulier énergétiques) élevés, que le pâturage ne permet pas toujours de couvrir.

Les exploitations du groupe 2 se caractérisent d'autre part par de faibles variations du temps de coagulation d'un mois à l'autre (3 min d'écart entre les mois extrêmes) comparativement à celles des groupes 3 et 4 (7 min d'écart entre les mois extrêmes) et surtout du groupe 1 (12 min d'écart entre les mois extrêmes) (figure 3). Dans ces 3 derniers groupes, ces variations ont lieu essentielle-

Figure 4. Variabilité individuelle des caractéristiques du lait.



ment en hiver, période à la fin de laquelle les temps de coagulation sont les plus élevés (respectivement 34, 32 et 32 min pour les groupes 1, 3 et 4 en avril). La mise à l'herbe s'accompagne ensuite systématiquement d'une diminution importante du temps de coagulation (respectivement -8, -4 et -7 min entre avril et juin pour les groupes 1, 3 et 4).

Dans les 4 groupes, l'acidité du lait semble suivre une évolution inverse de celle du temps de coagulation. En particulier dans les groupes 1, 3 et 4, elle est faible en fin d'hiver au moment où le temps de coagulation est le plus élevé.

2.3 / Analyse des données individuelles de la composition du lait

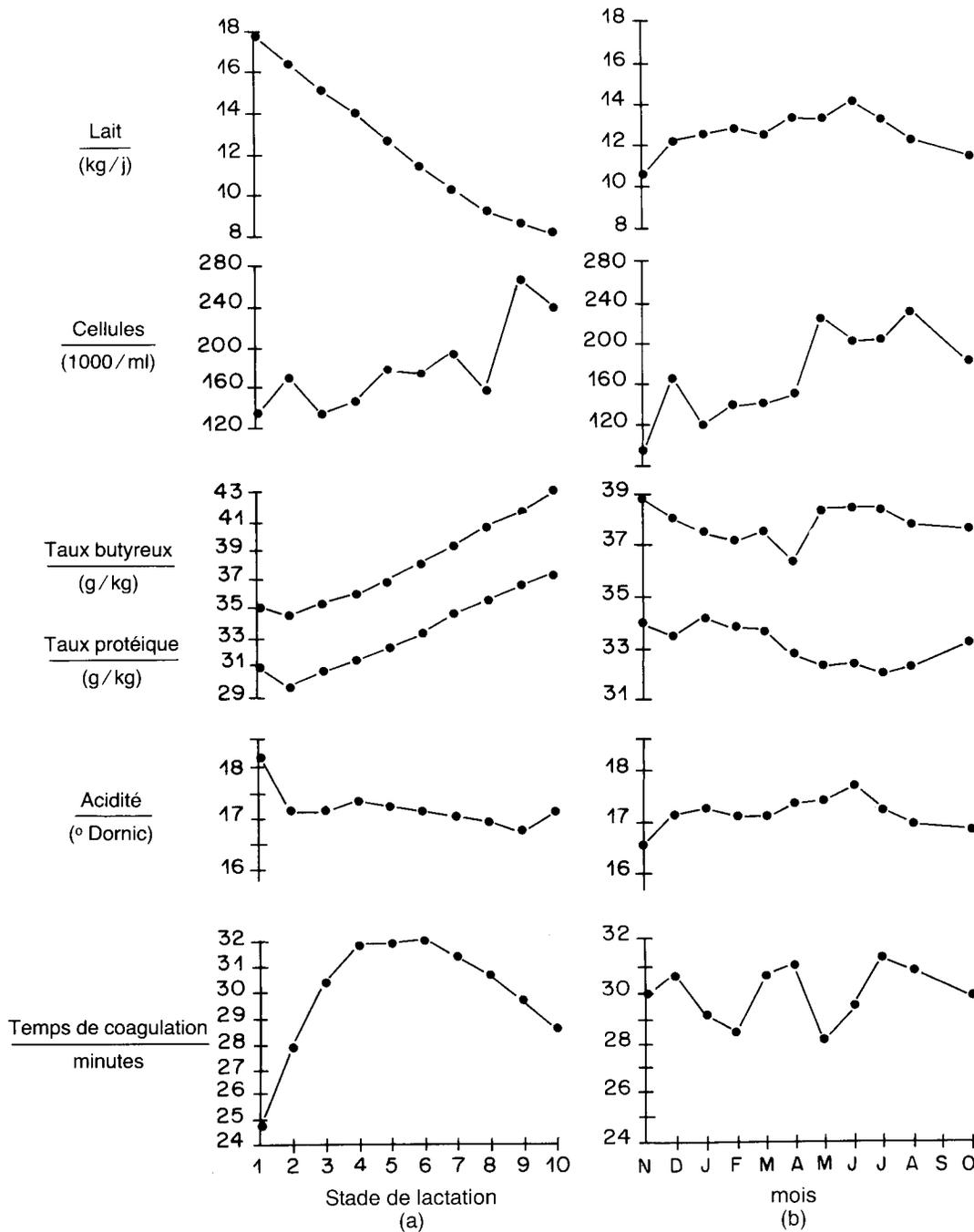
La variabilité individuelle des caractéristiques moyennes annuelles du lait que nous avons mesurées est présentée sur la figure 4. Comme c'est couramment observé (Bonaiti 1985), le taux butyreux apparaît comme pratiquement 2 fois plus variable que le taux protéique. Environ 15 % des vaches présentent des taux butyreux annuels très faibles (< 33 g %) et des taux protéiques annuels faibles (< 30 g %). L'acidité du lait semble peu variable d'un individu à l'autre : les 3/4 des valeurs sont comprises entre 16 et 18 °D. La répartition des temps de coagulation semble en revanche plus étalée, en particulier vers les valeurs élevées : près de 10 % des vaches ont ainsi présenté des temps de coagulation annuels supérieurs à 40 min. 4 % des vaches ont par ailleurs présenté des temps de coagulation annuels inférieurs à 20 min.

La méthode que nous avons utilisée pour différencier les effets propres du stade de lactation et de la saison sur les caractéristiques du lait nous a permis de confirmer ou de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes (figures 5a et 5b).

a / Effet propre du stade de lactation (fig. 5a)

L'évolution de la production laitière est en moyenne pratiquement linéaire entre le premier et le 8^e mois de lactation, et la persistance mensuelle moyenne sur cette période est voisine de

Figure 5. Evolution des caractéristiques du lait selon le stade de lactation (a) ou la saison (b).



Le temps de coagulation est minimum en début de lactation et maximum au 6^e mois.

0,91. Cette évolution est cependant différente selon le mois de vêlage (figure 6) : les vêlages d'automne (octobre à janvier) conduisent en effet à une meilleure persistance que ceux de fin d'hiver (février à avril) et surtout d'été (mai à août), pour une production laitière de départ identique.

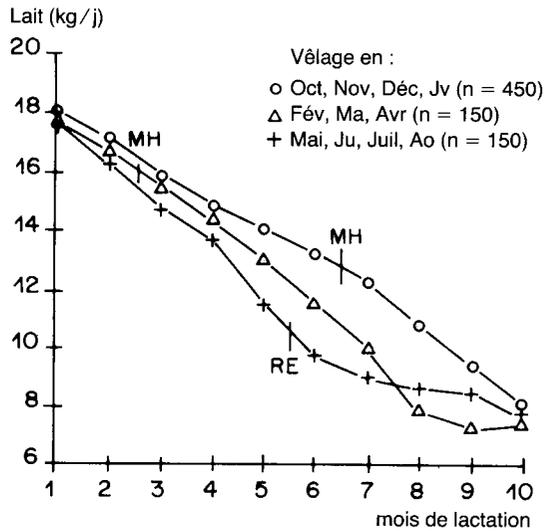
De manière tout à fait classique (Jarrige *et al* 1978), les taux butyreux et protéique sont minima au cours du 2^e mois de lactation et augmentent ensuite linéairement et parallèlement jusqu'au tarissement (de près de 1 g %₀ par mois entre le 2^e et le 10^e mois de lactation). Le rapport TB/TP est constant sur la lactation et égal à 1,15. Il est faible comparativement à celui des principales races laitières françaises (respectivement 1,27;

1,26 et 1,18 pour les Pie-Noires, les Normandes et les Montbéliardes - Contrôle laitier 1986).

L'acidité du lait est très stable au cours de la lactation, sauf durant le premier mois où elle est plus élevée (de 1,1 °D). Par contre, le temps de coagulation augmente fortement entre le premier et le 4^e mois de lactation (+ 7 min), reste stable jusqu'au 6^e mois, puis décroît légèrement jusqu'au tarissement (-3,5 min entre le 6^e et le 10^e mois de lactation). Ces résultats confirment ceux obtenus par Auriol (1961) et par l'ITG (1981).

Le taux de cellules reste pratiquement stable au cours des 8 premiers mois de lactation (140 000 à 180 000 cellules/ml), puis augmente fortement en 9^e et 10^e mois où il atteint 260 000.

Figure 6. Evolution de la production laitière au cours de la lactation selon le mois de vêlage.



b / Effet propre de la saison (figure 5b)

Les variations saisonnières de la production laitière sont assez marquées; il semble que les mois d'avril à juillet soient les plus favorables et ceux d'août à novembre les moins favorables (environ 2 kg/j d'écart entre ces 2 périodes), ce qui expliquerait la meilleure persistance de production des vaches ayant vêlé en hiver. Ce résultat est vraisemblablement dû à l'effet favorable de la mise à l'herbe et du début de la période de pâturage sur la production laitière (Coulon *et al* 1986), en raison de l'augmentation des apports alimentaires, surtout lorsque la ration hivernale est à base de foin ou d'ensilage d'herbe (Hoden *et al* 1985).

La mise à l'herbe s'accompagne d'une augmentation sensible du taux butyreux (+ 2 g ‰) mais pas du taux protéique, au contraire. A même stade de lactation, ce dernier est ainsi plus faible en été qu'en hiver (32,4 g ‰ en mai-juin-juillet

contre 33,9 en janvier-février-mars). Ce résultat est en contradiction avec les observations faites en domaine expérimental (Hoden *et al* 1985) ou sur le terrain (Coulon et Binet 1987, Coulon et Lillas 1988). S'ils mettent clairement en évidence l'effet propre défavorable de la saison estivale sur le taux protéique (Journet et Remond 1980), l'absence d'augmentation de ce taux à la mise à l'herbe est étonnante compte-tenu des observations faites sur la production laitière.

L'acidité du lait est minimale en novembre (16,5 °D) et maximale en juin (17,7 °D), mais varie relativement peu d'un mois à l'autre. Le temps de coagulation présente par contre des variations plus sensibles au cours de l'année : il est maximal (31 min) en fin d'hiver (mars-avril) et en milieu d'été (juillet-août), et minimal (28 min) en milieu d'hiver (février) et au début du pâturage (mai). Des évolutions voisines ont déjà été observées (O'Keefe *et al* 1982, Holt *et al* 1978). Cependant la plupart des auteurs n'ont pas pu mettre en évidence d'effet propre important de l'alimentation sur le temps de coagulation (Grandison *et al* 1984, Delacroix 1985). Ces variations pourraient par contre être dues à des modifications des teneurs en minéraux du lait, en particulier en calcium et en citrates solubles (Auriol 1961, Delacroix 1985). Ces éléments présentent en effet des variations saisonnières importantes et variables selon le stade de lactation des animaux (Auriol et Moccoquet 1962, Mitchell 1979). Par contre, on n'est jamais parvenu à affecter le temps de coagulation du lait en modifiant l'alimentation minérale des vaches, vraisemblablement parce que la composition du lait en minéraux (Ca et P) est peu dépendante de l'alimentation (Gueguen 1971). Il est aussi possible qu'une partie de ces variations soit liée à l'absence de contrôle strict des conditions de mesure du temps de coagulation : la force de la présure utilisée, le pH et la température du lait ont pu légèrement varier au cours de l'année et modifier les valeurs du temps de coagulation.

Le taux de cellules est faible au cours de l'hiver (100-140 000) et augmente brutalement à la mise à l'herbe pour rester élevé au pâturage (200-240 000).

A même stade de lactation, le taux protéique est plus faible en été qu'en hiver de 1,5 g ‰.

Tableau 3. Variations du taux protéique et du temps de coagulation du lait : moyennes ajustées par analyse de variance (La production laitière a été introduite comme covariable dans l'analyse).

	Taux protéique (g ‰)			Temps de coagulation (min)		
	hiver	été	année	hiver	été	année
GROUPES :						
1	31,8	32,2	32	27,4	31,3	27,2
2	33,3	32,2	32,8	31	29,9	30,7
3	32	32,2	32,4	28,5	30,6	30
4	33,7	31,3	32,4	29,9	30,7	31
	**	NS	NS	*	NS	*
PERIODE DE VÊLAGE :						
octobre-décembre	31,3	34,5	32,5	29,9	30,1	30,6
janvier-mars	30,9	32	31,7	25,4	30,7	28,3
avril-juin	35,2	30,4	32,4	30	30,7	28,8
juillet-septembre	33,4	31	33	31,5	27	31,3
	**	**	*	**	NS	NS

(** P < 0,01 ; * P < 0,05 ; NS : non significatif).

c / Liaisons entre les caractéristiques du lait

Le temps de coagulation moyen individuel n'est significativement lié ni au niveau de production laitière, ni à la composition chimique du lait (taux butyreux, taux protéique, rapport TB/TP) ni à son taux de cellules, comme cela a déjà été montré (Mocquot *et al* 1954, ITG-EDE 1981, Delacroix 1985). Il est par contre d'autant plus faible que l'acidité du lait est plus élevée ($R = -0,28$, $P < 0,01$). Cette liaison est à rapprocher de celle très généralement observée entre le pH du lait et son temps de coagulation (ITG-EDE 1981 Grandison *et al* 1985, Delacroix 1985). L'acidité du lait est liée significativement au taux protéique ($R = 0,39$, $P < 0,01$) : la titration acidimétrique du lait frais est en effet une mesure indirecte de sa richesse en caséine et en phosphates (Alais 1984).

d / Analyse des variations des caractéristiques individuelles du lait en fonction des groupes d'exploitations

Une partie des variations individuelles des caractéristiques du lait des vaches peut être due aux caractéristiques des groupes d'exploitations auxquelles elles appartiennent, mais aussi à certains facteurs liés directement à l'individu (période de vêlage, niveau de production). Pour préciser la part respective de ces 2 groupes de facteurs, les variations individuelles du taux protéique et du temps de coagulation (annuel, hivernal = novembre à mars, et estival = mai à août) des vaches appartenant aux exploitations constituant les groupes définis à partir de l'AFC ($n = 320$) ont été étudiées par analyse de variance, en retenant comme facteurs explicatifs les groupes d'exploitation ($n = 4$), la période de vêlage ($n = 4$: octobre à décembre, janvier à mars, avril à juin, et juillet à septembre) et le niveau de production, introduit en covariable (tableau 3).

Les vaches des groupes 2 et 4 présentent des taux protéiques hivernaux supérieurs d'environ 1,5 g % à ceux des vaches des groupes 1 et 3 ($P < 0,01$), et des temps de coagulation hivernaux et annuels supérieurs de 1,5 à 3 min ($P < 0,01$). La période de vêlage des vaches a logiquement un effet très important sur les taux saisonniers (hivernaux et estivaux), les écarts atteignant 4 g % entre les périodes extrêmes, l'hiver comme l'été, mais aussi sur les taux annuels : les vêlages de janvier-février-mars conduisent à des taux protéiques annuels inférieurs d'environ 1 g % ($P < 0,01$) comparativement aux vêlages des autres mois. Ce sont aussi les vêlages de janvier à mars qui conduisent aux temps de coagulation annuels les plus faibles (de 0,5 à 3 min), mais de manière non significative. Le niveau de production n'a pas eu d'effet sur le temps de coagulation mais a été lié négativement au taux protéique : celui-ci diminue de 0,1 g % par kg de lait supplémentaire ($P < 0,05$).

Ces résultats confirment que les différences de taux protéique et de temps de coagulation hivernaux entre les groupes que nous avons définis

sont bien liés en partie aux caractéristiques de ces groupes (et en particulier des groupes 1 et 2), alors que les différences estivales du taux protéique sont plus liées à la seule période de vêlage des animaux.

Conclusion

Cette étude a mis en évidence les différences importantes des caractéristiques du lait d'une exploitation à une autre, bien que l'on se situe dans une zone géographique limitée, avec des animaux d'une seule race (Abondance), recevant tous une ration à base de foin ; ces 2 derniers facteurs sont en effet généralement prépondérants pour expliquer les variations de la composition du lait (Coulon et Binet 1987, Froc *et al* 1988, Coulon et Lilas 1988). Ce sont donc bien les caractéristiques du système d'exploitation et plus particulièrement du système d'élevage qui sont en cause. Nous avons ainsi montré que la maîtrise du système et plus particulièrement de l'alimentation était, dans les conditions de cette étude, un facteur déterminant des variations des caractéristiques du lait. C'est particulièrement le cas pour le taux protéique où nous avons confirmé l'importance du niveau des apports énergétiques et de la période de vêlage.

En ce qui concerne le temps de coagulation, si cette notion de maîtrise de l'alimentation hivernale semble effective, en particulier en regard de la régularité de cette variable au cours de l'année, l'importance réelle de cette maîtrise et les facteurs qui peuvent être en cause sont encore à préciser, compte-tenu de la difficulté expérimentalement observée à modifier le temps de coagulation par des facteurs alimentaires, des conditions de mesure de cette variable dans cette étude et de l'absence de mesure d'autres caractéristiques fromagères du lait (pH, teneur en minéraux, fermeté du gel, vitesse de raffermissement...). Il serait donc intéressant d'approfondir ce travail sur quelques exploitations connues en analysant plus finement d'une part la conduite de l'alimentation et d'autre part les caractéristiques fromagères du lait.

Il est d'autre part intéressant de noter que les groupes d'exploitations que nous avons constitués recourent en bonne partie la typologie des systèmes d'exploitations réalisée chez ces mêmes éleveurs par Roybin et Cristofini (1985) de manière tout à fait indépendante. Cette typologie était en effet basée essentiellement sur l'intensification du système fourrager et l'achat d'aliments à l'extérieur de l'exploitation. Dans chacun de nos groupes, la moitié à 2/3 des exploitations appartiennent ainsi à un seul des 4 grands systèmes de cette typologie, et chacun de ces 4 systèmes peut ainsi être rapproché de l'un de nos groupes. Il y a donc une certaine cohérence entre les différents paramètres pouvant définir les systèmes d'exploitations. Ces liaisons seront développées dans une étude ultérieure.

Références bibliographiques

- ALAIS C., 1984. Science du lait, principes des techniques laitières. Ed. SEPAIC, Paris.
- AURIOL P., 1961. Quelques facteurs de variations du temps de coagulation des laits individuels de vaches. *Ann. Biol. anim. Biophys.*, 1, 152-162.
- AURIOL P., MOCQUOT G., 1962. Quelques facteurs de variation de la teneur en calcium des laits de vaches. *J. Dairy Res.*, 29, 181-189.
- BONAITI B., 1985. Composition du lait et sélection laitière chez les bovins. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 59, 51-61.
- COULON J.B., BINET M., 1987. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. Etude dans l'aire de ramassage de la coopérative fromagère de Laguiole (Aveyron). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 68, 11-18.
- COULON J.B., LILAS J.P., 1988. Composition chimique et contamination butyrique du lait : facteurs de variation dans le département de la Haute-Loire. *INRA, Prod. Anim.*, 1(3), 201-207.
- COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., 1986. Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 66, 23-29.
- DELACROIX A., 1985. Etude des variations individuelles de la composition chimique (fractions azotées et minérales) et de quelques caractéristiques technologiques des laits de vache en fonction de l'alimentation. Thèse Docteur-Ingénieur ENSA Rennes.
- EDE Haute-Saône et ITG, 1985. Incidence de la conduite alimentaire et des périodes de vêlage des vaches laitières sur les chutes saisonnières du taux protéique du lait.
- FROC J., GILIBERT J., DALIPHAR T., DURAND P., 1988. Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. 1) Effets de la race. *INRA Prod. Anim.*, 1(3), 171-178.
- GUEGUEN L., 1971. La composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux du jeune. *Ann. Nutr. alim.*, 25, 335-381.
- GRANDISON A.S., FORD G.R., OWEN A.J., MILLARD D., 1984. Chemical composition and coagulation properties of renneted Friesian milk during the transition from winter rations to spring grazing. *J. Dairy Res.*, 51, 69-78.
- GRANDISON A.S., ANDERSON M., FORD G.D., NEWELL L., LYON-SMITH P., 1985. Effect of variation in the composition of milk supply on the composition and quality of farmhouse cheshire cheese. *J. Dairy Res.*, 52, 573-586.
- HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, 69-79.
- HOLT C., MUIR D., SWEETSUR A.W.M., 1978. Seasonal changes in the heat stability of milk from creamery silos in south-west Scotland. *J. Dairy Res.*, 45, 183-190.
- ITG, EDE Haute-Savoie, 1981. Etude du temps de coagulation.
- JARRIGE R., PETIT M., TISSIER M., GUEGUEN L., 1978. Reproduction, gestation et lactation in "Alimentation des Ruminants", ed. INRA Publications, Route de St Cyr, 78000 Versailles.
- JOURNET M., CHILLIARD Y., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1. Taux butyreux : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 60, 13-23.
- JOURNET M., REMOND B., 1980. Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le lait*, 60, 140-159.
- MITCHELL G.E., 1979. Seasonal variation in nitrate content of milk. *Aust. J. Dairy Technol.*, 34, 158-160.
- MOCQUOT G., ALAIS C., CHEVALIER R., 1954. Etude sur les défauts de coagulation du lait par la présure. *Ann. Technol.*, 1, 44.
- O'KEEFFE A.M., PHELAN J.A., KEOGH K., KELLY P., 1982. Studies of milk composition and its relationship to some processing criteria. 4. Factors influencing the renneting properties of a seasonal milk supply. *Ir. J. Food. Sci., Technol.*, 6, 39-48.
- REMOND B., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA*, 62, 53-67.
- ROYBIN D., CRISTOFINI B., 1985. Diversité et évolution de l'activité des exploitations agricoles du Pays de Thônes (Etude réalisée avec le concours de la Chambre d'Agriculture de Haute-Savoie et de l'AREEAR Rhône-Alpes). INRA - SAD, route de St-Cyr, 78000 Versailles.

Annexe. Critères retenus
dans l'analyse factorielle
des correspondances.

Structure de l'exploitation

Critères	Classes	Effectif
Altitude du bas	≥ 1100 m	16
	800-1100 m	14
	≤ 800 m	11
Surface exploitée en bas	< 10 ha	15
	10 - 16 ha	13
	16 - 50 ha	13
Surface disponible en alpage	< 16 ha	14
	16 - 31 ha	14
	31 - 150 ha	13
Double activité	Non	26
	Oui	15
Date installation	1962-1974	20
	1975-1987	21

Alimentation des animaux

Critères	Classes	Effectif
Foin distribué en hiver (kg/vache)	10 - 13	13
	13 - 15	19
	15 - 16	9
% de foin de Crau dans la ration d'hiver	0 - 25	14
	25 - 50	17
	50 - 100	10
% 2 ^e coupe dans la ration d'hiver	10 - 33	16
	35 - 50	18
	50 - 100	7
Complémentation de la ration base	Rien	11
	luzerne/pulpes	12
	farine/son	18
Concentré	< 4 kg/j	11
	> 4 kg/j	30
% surface déprimée	0 - 23	13
	23 - 67	14
	67 - 100	14
Indice étirement alpage	faible	13
	moyen	13
	élevé	15
Durée alpage	0 - 105 j	14
	105 - 130	15
	130 - 175	12
Distribution de foin à l'alpage	Non	8
	Oui	33
Distribution de concentré à l'alpage	0 - 2 kg/j	18
	2 - 3	13
	3 à 5 kg/j	10
Distribution de minéraux	hiver	11
	hiver + alpage	7
	toute l'année	23
Distribution de vitamines	Non	21
	Oui	20
Transition au printemps	Non	14
	Oui	27
Transition à l'automne	Non	17
	Commencée en bas	9
	Commencée en haut	15

Caractéristiques du troupeau

Critères	Classes	Effectif
Effectif vaches	> 30	8
	20 - 30	20
	< 20	13
N° lactation moyen	1,8 - 2,7	14
	2,8 - 3,3	13
	3,4 - 4,6	14
Production laitière par vache (kg)	1800 - 3830	14
	3840 - 4510	14
	4510 - 5610	13
% lait hiver	> 55 %	10
	45 - 55	8
	< 45 %	23
Période de vêlage	Automne	18
	Année	17
	Printemps-Eté	6
Intervalle vêlage-vêlage	333 - 375 j	14
	375 - 391 j	12
	391 - 445 j	15

Caractéristiques du lait

Critères	Classes	Effectif
Taux butyreux moyen (g ‰)	33,2 - 35,3	14
	35,4 - 37,0	15
	37,1 - 39,7	12
Taux protéique (g ‰)	29,4 - 31,2	14
	31,3 - 31,6	14
	31,7 - 33,5	13
Tps coagulation moyen (min)	21 à 25	14
	25,1 à 28	14
	28,1 à 31	13
Taux butyreux hiver	32,8 - 34,8	14
	34,9 - 36,5	14
	36,5 - 41,1	13
Taux protéique hiver	30,0 - 31,2	14
	31,3 - 31,9	14
	32,0 - 34,4	13
Tps coagulation hiver	22 à 26	15
	26,1 à 28	14
	28,1 à 33	12
Taux butyreux été	34,3 - 37,3	14
	37,4 - 38,7	14
	38,8 - 48,6	13
Taux protéique été	29,9 - 31,5	14
	31,6 - 32,3	14
	32,4 - 34,8	13
Tps coagulation été	20 à 25	15
	25,1 à 28,5	13
	28,6 à 35,8	13

Fabrication du fromage

Critères	Classes	Effectif
Aménagement des locaux	Mauvais	14
	Moyen	12
	Bon	15
Note d'expert fromager	Mauvais	12
	Moyen	12
	Bon	17
Suivi technique	C. laitier	10
	CL + coopérative	31
Prix du fromage	21 - 32 F/kg	13
	32 - 34	11
	34 - 43	17
Problèmes de fabrication	Pas de problème	7
	Gonflement	15
	Autres problèmes	19

J.B. COULON, D. ROYBIN, E. CONGY, A. GARRET. A survey on milk composition and milk coagulation time.

A detailed survey was conducted on 41 dairy farms located in the Thônes area (Haute-Savoie) to determine some of the factors in herd management that influence milk quality with respect to cheese making. Farm structures, herd structures and feeding practices were related to the chemical composition of milk and to milk coagulation time. Large variations in milk composition were noted among farms. The difference between values amounted to 6.5 g/kg for milk fat content, 4.0 g/kg for milk protein content and 11 min for milk coagulation time. In winter, low milk protein contents and large monthly variations in milk coagulation times were associated with poor feeding practices. In summer, differences in calving dates explained, to a large extent, the differences observed in milk protein contents. The analysis of individual results measured monthly in a total of 814 cows showed the specific effects of the stage of lactation and of the season on milk composition. In particular, milk coagulation time was minimum (25 min) at the beginning of lactation and maximum (32 min) during the 6th month of lactation. Milk coagulation time was also shown to be maximum in late winter and mid-summer.

COULON J.B., ROYBIN D., CONGY E., GARRET A., 1988. Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de Thônes. *INRA Prod. Anim.*, 1(4), 253-263.