

G. AGABRIEL, J.B. COULON*,
G. MARTY, N. CHENEAU**

ENITA, Marmilhat, 63370 Lempdes
* INRA Laboratoire de la Lactation
Theix 63122 Saint-Genès-Champanelle
** Contrôle Laitier
19, avenue Marx-Dormoy
63038 Clermont-Ferrand

Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache

Etude dans des exploitations du Puy-de-Dôme

Depuis une dizaine d'années, et plus particulièrement dans les zones herbagères du Centre et du Sud-Ouest de la France, on observe une diminution sensible du taux protéique du lait de vache. Cette évolution pose des problèmes importants dans des régions où la majeure partie du lait est transformée en fromages. La teneur du lait en protéines est en effet un des principaux facteurs de variation du rendement fromager et de la qualité des fromages.

Les facteurs de variations de la composition chimique du lait et plus particulièrement du taux protéique ont fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux et sont bien connus (Bonaiti 1985, Hoden *et al* 1985, Rémond 1985, Le Dore *et al* 1986, Sutton 1989). Parallèlement, des études ont été entreprises dans les exploitations (EDE Haute-Saône 1985, Coulon et Binet 1987, Coulon *et al* 1988, Coulon et Lilas 1988, Froc *et al* 1988). Elles ont confirmé l'importance prédominante du stade physiologique, de la saison de vêlage, de la race des animaux et de l'alimentation sur les variations des taux

butyreux et protéique. Ces études ont d'autre part mis en évidence les interactions entre ces différents facteurs et la variabilité de leur hiérarchie selon les situations régionales. Dans ces études, le système alimentaire, et en particulier le type de ration de base, est toujours apparu essentiel. Cependant, rares sont les travaux où l'on disposait de manière systématique d'informations sur le niveau génétique (index) des animaux. De plus, la comparaison des variations de la production laitière et de la composition chimique du lait d'un troupeau à l'autre est souvent difficile à réaliser. Dans les conditions françaises, les vêlages ne sont en effet pas répartis de façon uniforme au cours de l'année et leur distribution varie selon les élevages. Il est donc difficile d'isoler l'effet de la saison de celui du stade de lactation à partir de données moyennes à l'échelle du troupeau. L'effet global de la saison, direct (longueur du jour) ou indirect (par l'intermédiaire de l'alimentation) est pourtant important aussi bien sur la production que sur la composition chimique du lait (Jarrige et Journet 1959, Lampo *et al* 1966, Spike et Freeman 1967).

Le premier objectif de cette étude a donc été de préciser l'ampleur des variations du taux protéique d'un troupeau à l'autre et ses principales causes, y compris génétiques, dans un échantillon d'exploitations utilisant une même race (Pie-noire) et distribuant des rations hivernales à base d'ensilage d'herbe. Le second objectif a été, à partir des données individuelles issues de ces troupeaux, de dégager l'influence propre de la saison de celui du stade de lactation, et d'analyser les éventuelles interactions entre ces 2 facteurs.

Résumé

42 exploitations laitières du Puy-de-Dôme, adhérentes au Contrôle Laitier, ont fait l'objet d'une enquête détaillée concernant à la fois la structure de l'exploitation et du troupeau, la qualité des fourrages et les pratiques alimentaires hivernales et estivales. Ces données ont permis d'analyser les variations du taux protéique du lait d'une exploitation à l'autre. Bien que ces exploitations aient été homogènes par la race des animaux (Pie-noire) et le type de ration de base utilisée (ensilage d'herbe) des écarts importants ont été observés d'un troupeau à l'autre (3,2 g/kg entre les taux protéiques moyens annuels des étables extrêmes). Les taux protéiques élevés (hivernaux, estivaux ou annuels) ont été associés à la conjonction d'une maîtrise de l'alimentation (qualité de la ration de base, conduite du pâturage), d'un niveau génétique élevé (index TMMU) et d'un groupement des vêlages en début d'hiver. L'analyse des données individuelles mensuelles de la production et de la composition du lait de 1600 vaches de ces exploitations a permis de mettre en évidence les effets propres respectifs du stade de lactation et de la saison sur ces variables. A stade de lactation constant, les taux protéiques les plus faibles sont observés du mois de février au mois de juillet, mais les productions laitières sont les plus élevées à cette période. Les écarts entre mois extrêmes sont d'autre part plus importants pour les animaux en fin de lactation que pour ceux en début de lactation. Le mois d'août apparaît comme très défavorable pour la production laitière des animaux en début de lactation.

1 / Conduite de l'étude

1.1 / Origine des données

Cette étude a été réalisée à partir des données du Contrôle Laitier et d'enquêtes effectuées dans des exploitations du Puy-de-Dôme, concernant la campagne 87-88. Les objectifs de cette étude ont conduit à définir a priori un certain nombre de caractéristiques des exploitations analysées. L'échantillon retenu n'est donc pas représentatif des exploitations du département ni même de celles adhérentes du Contrôle Laitier (tableau 1).

Parmi les 804 exploitations laitières adhérentes du Contrôle Laitier du Puy-de-Dôme, 2 échantillons initiaux ont été constitués selon les types de ration offerte aux vaches laitières : « classique » (ration C : ensilage d'herbe + foin), ou « améliorée » (ration A : ensilage d'herbe + regain + pulpes). Les contraintes communes à toutes les exploitations ont concerné le type génétique (Pie-noir), les effectifs (entre 15 et 50 vaches), la part de primipares dans l'effectif total (entre 15 et 35 %), et la proportion d'animaux indexés (au moins

70 % avec un coefficient de détermination supérieur à 0,45).

Compte-tenu de ces contraintes, 93 (ration C) et 45 (ration A) exploitations ont été retenues, parmi lesquelles on a tiré au hasard 21 dans chaque groupe. Trois exploitations du groupe C s'étant par la suite avérées plus proches du groupe A, les effectifs finaux de ces 2 groupes ont donc été de 18 (ration C) et 24 (ration A). Les principales caractéristiques de ces exploitations sont précisées au tableau 1. Dix-neuf d'entre elles sont situées dans les Dômes, 12 dans les Combrailles, 5 en Limagne et 6 réparties dans les autres petites régions naturelles du département.

Sur chacune de ces exploitations, des données relatives 1) à la structure de l'exploitation, 2) à l'utilisation des surfaces (fourrages récoltés, conduite du pâturage...) 3) au rationnement des animaux et 4) aux caractéristiques zootechniques et génétiques (index lait et TMMU) du troupeau ont été recueillies (annexe 1). Parallèlement, les valeurs mensuelles de la production laitière, du nombre de cellules du lait et de sa composition chimique ont été relevées à l'échelle du troupeau d'une part, et pour chaque vache d'autre part, entre novembre 1987 et octobre 1988.

Tableau 1. Principales caractéristiques moyennes des exploitations.

Type de ration	Ration classique	Ration améliorée	Moyenne générale	Contrôle laitier
Nombre d'exploitations	18	24	42	804
Altitude moyenne (m)	772	783	778 ± 199	
Pluviométrie moyenne (mm/an)	1058	1158	1112 ± 215	
SAU moyenne (ha)	52	57	55 ± 30	47
Bâtiments (nb d'exploitations)				
- stabulation entravée	9	12	21	
- stabulation libre ou logettes	9	12	21	
Période de vêlage				
- automne (1)	6	13	19	
- hiver-été	12	11	23	
Effectif vaches laitières	34	39	37 ± 11	31
Production annuelle (kg)	181 850	245 900	218 450 ± 81 440	157 130
Production/vache/an (kg)	5457	6201	5883 ± 965	5090
Durée de lactation (j)	304	304	304 ± 16	276
Taux butyreux annuel (g/kg)	36,3	37,0	36,7 ± 1,9	36,5
Taux protéique annuel (g/kg)	29,1	29,6	29,4 ± 0,9	29,8
Cellules (1000/ml)	278	289	282 ± 50	
Concentré :				
- kg/vache/an	895	1042	984 ± 281	852
- g/kg lait	166	167	167 ± 33	167
Index lait (kg) (2)	- 175	- 34	- 94 ± 220	- 126
Index TMMU (g/kg)	- 0,2	0,1	0,0 ± 0,4	- 0,1

(1) Plus de 60 % des vêlages entre septembre et décembre.

(2) Les moyennes des index génétiques sont celles calculées une fois par an par le Centre Régional Informatique sur une campagne du 1^{er} novembre au 30 octobre. Il s'agit donc de la moyenne simple des derniers index connus à l'ARSOE pour chaque vache à la date du calcul, ce qui regroupe des index en base 87 et des index en base 88. Aucune correction n'a été apportée pour ces écarts de base, ce qui gonfle artificiellement les index lait exprimés en base 87. Cependant, on a vérifié que la proportion de ces index base 87 était la même d'un groupe d'exploitations à l'autre (75 %). Cette approximation n'a pas d'effet sur les index TMMU car la base de ces index n'a pas changé entre 87 et 88.

1.2 / Analyse des données

a / Analyse à l'échelle du troupeau

L'analyse de ces données a été faite selon la démarche suivante : après avoir décrit l'évolution moyenne au cours de l'année des variables caractérisant la production et la composition du lait, une analyse factorielle des correspondances (AFC, logiciel Statitcf) a été réalisée sur les 42 exploitations. Les variables introduites dans cette analyse sont celles précisées en annexe 1. Trois d'entre elles ont été utilisées pour caractériser le taux protéique du lait : la moyenne annuelle, la moyenne des mois de mars et d'avril (TP hivernal), et le taux du mois d'août (TP estival). Ces 2 périodes sont en effet celles où l'effet propre de la saison sur le taux protéique est le plus défavorable (figure 5). Ces 3 variables ont été introduites comme variables supplémentaires dans l'AFC. Des situations favorables ou défavorables pour le taux protéique (définies par des associations de facteurs) ont ainsi pu être mises en évidence. Les exploitations les plus représentatives de ces situations ont alors été étudiées plus précisément. 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.

b / Analyse des données individuelles

Les valeurs mensuelles individuelles ($n = 13\ 587$) de production laitière, de taux butyreux et de taux protéique de 1 600 vaches appartenant à 38 des 42 troupeaux ont été utilisées pour différencier les effets respectifs du stade de lactation et de la saison. Pour cela, pour chaque mois calendaire, les valeurs des différentes variables ont été regroupées par mois de lactation. Pour chaque variable, une matrice 12×10 des moyennes a ainsi été obtenue. L'évolution des moyennes de lignes représente l'effet propre de la saison, et celle des moyennes de colonnes l'effet propre du stade de lactation (10 mois de lactation, le 10^e mois regroupant les animaux entre le 275^e et le 400^e jour de lactation). Les effectifs d'animaux par case (mois calendaire * mois de lactation) ont varié de 17 (vaches en premier mois de lactation en juillet) à 357 (vaches en premier mois de lactation en novembre) ; les effectifs marginaux par ligne ont varié de 580 (août) à 1680 (novembre) et ceux par colonne de 1122 (9^e mois de lactation) à 1520 (3^e mois de lactation). Cette analyse a été réalisée également en séparant les animaux, d'une part selon le numéro de lactation (primipares : 3 205 données, multipares : 10 382 données) et d'autre part selon le type de ration de base hivernale utilisée (classique : 4 568 données, améliorée : 7 857 données).

2 / Résultats

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

En moyenne, les taux butyreux et protéique annuels ont été de 36,7 et 29,4 g/kg, pour une

production laitière de 5 883 kg/vache/an (moyenne économique) (tableau 1). Par ailleurs, les exploitations du groupe A ont produit un lait plus riche (+ 0,7 g/kg de taux butyreux et + 0,5 g/kg de taux protéique) et plus abondant (+ 750 kg/an) que celles du groupe C. La production laitière a été en moyenne plus élevée en hiver qu'en été en raison du nombre important d'exploitations pratiquant des vêlages d'automne (45 % des exploitations présentent plus de 60 % des vêlages entre les mois de septembre et décembre), mais aussi d'une moins bonne persistance de la production laitière en été (cf paragraphe 2.4.), comme c'est très généralement observé (Coulon *et al* 1988, Contrôle laitier, 1988). Inversement, les taux butyreux et protéique, qui ont présenté une évolution parallèle au cours de l'année, ont été minimums en fin d'hiver et maximums en fin d'été (écart moyen entre les mois extrêmes de respectivement 7,0 et 4,3 g/kg). Le taux protéique a fortement augmenté à la mise à l'herbe (+ 1,7 g/kg entre mars et mai), comme dans d'autres régions (Coulon et Binet 1987). Le taux de cellules du lait a été minimum en hiver (241 000 cellules/ml entre novembre et mars) et maximum en été (344 000 cellules/ml entre juillet et septembre), ce qui a souvent été observé par ailleurs (Coulon *et al* 1988, Coulon et Lilas 1988).

Ces valeurs et ces évolutions moyennes présentent cependant des variations très importantes d'une exploitation à l'autre. Les écarts entre les exploitations extrêmes atteignent ainsi 4 750 kg pour le lait, 6,5 g/kg pour le taux butyreux, 3,2 g/kg pour le taux protéique et 450 000 pour les cellules. Ces écarts sont encore plus importants lors des 2 périodes critiques pour le taux protéique : respectivement 5,5 et 6 g/kg pour les taux protéiques hivernaux et estivaux. Quelques exemples d'évolutions extrêmes sont présentés à la figure 1.

Les écarts de taux protéique entre les exploitations atteignent 6 g/kg en fin d'hiver et en milieu d'été.

Figure 1. Evolution du taux protéique au cours de l'année dans 3 exploitations extrêmes.

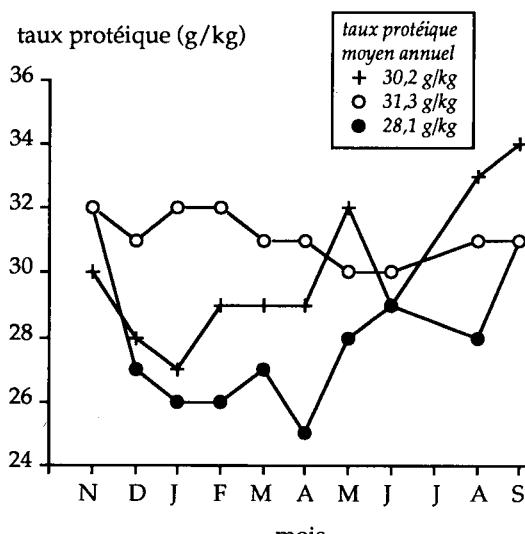


Tableau 2. Principales caractéristiques des exploitations des 4 groupes constitués à partir de l'AFC.

Groupe	1	2	3	4
Effectif	8	9	7	7
Caractéristiques de l'exploitation				
- SAU (ha)	59	50	52	37
- Qualité des sols	superficiels	profonds	profonds	superficiels
- Période de vêlage	année	automne	année	automne/année
- Ration de base hivernale	7C+ 1A	3C+ 6A	3C+ 4A	2C+ 5A
Alimentation des vaches laitières				
- Surface prairies temporaires (ha)	17	0	2	8
- Nombre de parcelles pâturées	5	5	3	8
- Durée de séjour sur les parcelles au printemps (j)	6	7	10	4
- Déprimeage	non	oui	oui/non	oui/non
- Fourrage complémentaire au pâturage	non	transitions	non/transitions	automne/été
- Fumure azotée sur parcelles ensilées ou pâturées (U/ha)	100	125	122	61
- Conduite du pâturage	mauvaise	moyenne/bonne	moyenne	bonne/moyenne
- Qualité des fourrages secs	moyenne	bonne	bonne	bonne
- Qualité des ensilages	moyenne	moyenne	moyenne	bonne
- Concentré (g/kg lait)	167	151	176	162
Caractéristiques génétiques du troupeau				
- Index lait (kg)	- 323	34	- 124	- 9
- Index TMMU (g/kg)	- 0,3	0,2	- 0,1	0,3
Caractéristiques du lait				
- Lait (kg)	5032	6576	5689	6191
- Taux butyreux annuel (g/kg)	36,6	37,3	35,4	38,0
- Taux protéique annuel (g/kg)	29,1	29,4	29,0	30,2
- Taux protéique hiver (g/kg)	28,1	28,4	28,1	29,4
- Taux protéique été (g/kg)	29,1	31,0	29,9	31,1
- Cellules (1000/ml)	308	278	257	262

2.2 / Analyse des différences de taux protéique entre les exploitations (figure 2 et tableau 2)

L'AFC a permis de mettre en évidence 4 groupes de 7 à 9 exploitations différents par leur taux protéique estival (mois d'août) (groupes 1 et 2) ou hivernal (mois de mars et d'avril) et annuel (groupes 3 et 4).

Les exploitations du groupe 1 (TP estival faible : 29,1 g/kg) sont caractérisées par des vêlages répartis sur toute l'année, un niveau génétique faible (index lait et TMMU égaux respectivement à - 323 kg et - 0,3 g/kg), une maîtrise médiocre du pâturage et l'utilisation d'une ration hivernale de type classique (7 fois sur 8). Leur niveau de production individuel (5 032 kg/vache/an) est d'autre part le plus faible des 4 groupes. Celles du groupe 2 (TP estival élevé : 31,0 g/kg) sont beaucoup plus productives (6 576 kg/vache/an), présentent des vêlages groupés à l'automne, ont un niveau génétique élevé (index lait et TMMU égaux respectivement à + 34 kg et + 0,2 g/kg), et maîtrisent bien la conduite des surfaces fourragères et l'alimentation (déprimeage, bonne conduite

du pâturage, maîtrise des périodes de transition alimentaires, ration hivernale de type améliorée dans 6 cas sur 9). Le taux protéique moyen annuel est cependant peu différent entre les groupes 1 et 2 (0,3 g/kg d'écart à l'avantage du groupe 2). La différence apparaît à la mise à l'herbe et s'accroît jusqu'au mois d'août où elle est maximale (1,9 g/kg). La meilleure maîtrise du pâturage dans le groupe 2 est confirmée par l'évolution de la production laitière en été : malgré un stade physiologique moyen plus favorable pour le groupe 1, la diminution de la production laitière est identique dans les 2 groupes (respectivement - 4,4 et - 4,7 kg/j entre mai et août, dans les groupes 1 et 2).

Les exploitations du groupe 3 (TP hivernal faible : 28,1 g/kg) sont caractérisées par un index TMMU faible (- 0,1 g/kg), une certaine intensification de la production fourragère (fumure azotée élevée), mais aussi une conduite médiocre du pâturage, une qualité moyenne des ensilages utilisés, et une proportion importante de vêlages d'été (31 % des vêlages entre juillet et septembre). Les exploitations du groupe 4 (TP hivernal élevé : 29,4 g/kg) présentent à l'inverse un index TMMU

C'est la maîtrise conjointe des facteurs génétiques, alimentaires et de conduite du troupeau qui conduit à des taux protéiques élevés et peu variables.

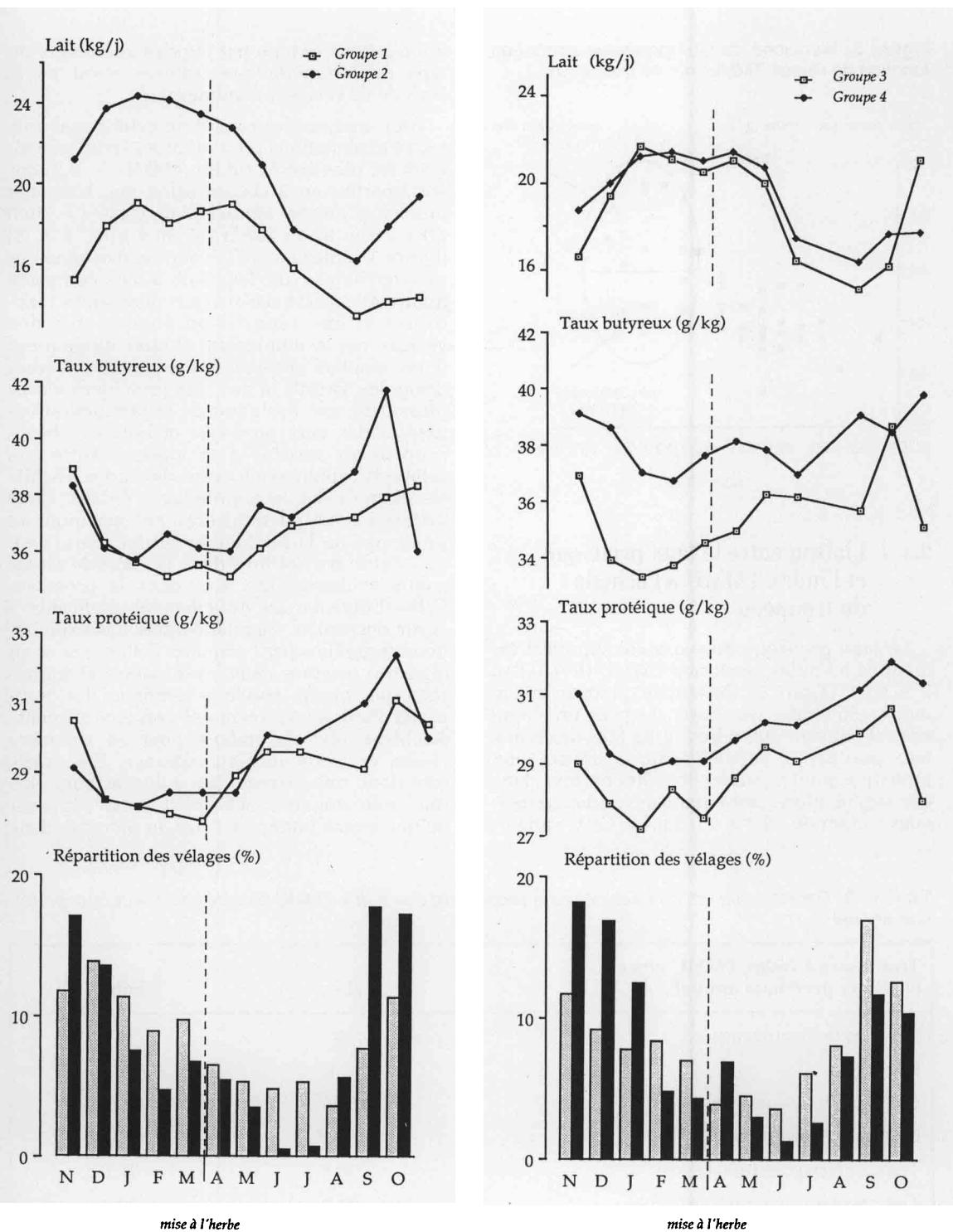


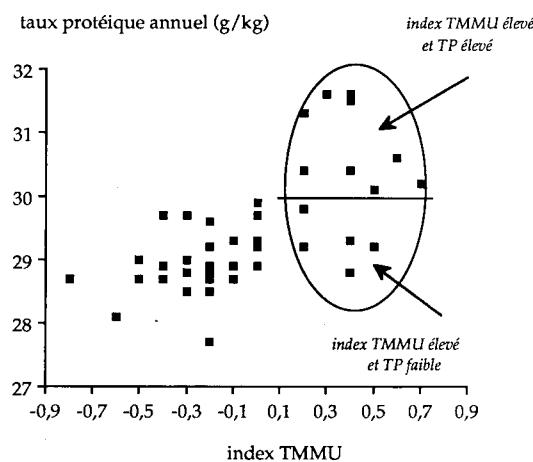
Figure 2. Evolution des caractéristiques du lait au cours de l'année selon les groupes d'exploitations.

élevé (+ 0,3 g/kg), des petites structures, une maîtrise à la fois du pâturage et de l'alimentation hivernale (qualité des fourrages utilisés, ration hivernale de type amélioré 5 fois sur 7) et une proportion importante de vélages en début d'hiver (48 % entre novembre et janvier). L'écart de taux protéique entre ces 2 groupes est en moyenne sur l'année de 1,2 g/kg. Il est légèrement supérieur en hiver (1,7 g/kg entre novembre et janvier contre 1,1 entre juin et août). Le niveau de production laitière et l'évolution de cette production sont voisins dans ces

2 groupes. En revanche, le taux butyreux est inférieur dans le groupe 3, particulièrement en hiver (3,6 g/kg d'écart au cours des mois de novembre à janvier).

En définitive, l'AFC permet d'opposer les exploitations du groupe 4, maîtrisant bien la majorité des facteurs de variations du taux protéique (alimentation, génétique, période de vélage), à celles du groupe 1 où plusieurs de ces facteurs apparaissent limitants.

Figure 3. Variations du taux protéique annuel en fonction de l'index TMMU ($n = 42$ troupeaux).



2.3 / Liaison entre le taux protéique et l'index TMMU à l'échelle du troupeau

Pour un même index génétique de taux de matières utiles, il subsiste des différences importantes de taux protéiques d'une exploitation à l'autre.

Le taux protéique moyen a été significativement lié à l'index génétique TMMU ($R = 0,64$; $P < 0,01$) (figure 3). Cependant, pour un même index génétique, les écarts de taux protéique annuel peuvent atteindre 3 g/kg (cas des index taux positifs), et parallèlement, un même taux protéique annuel (faible) peut être observé dans des exploitations présentant des index génétiques variant de -0,4 à +0,3 g/kg. Cette variabi-

lité n'est pas réduite par la prise en compte du type de ration de base utilisée et/ou de la période de vêlage des animaux.

Pour analyser les causes de cette variabilité, les 14 exploitations présentant les index génétiques les plus élevés (index TMMU > 0,2) ont été réparties en 2 classes selon que leur taux protéique moyen annuel était élevé (> 30,0 g/kg, $n = 9$) ou faible (< 30,0 g/kg, $n = 5$) (figure 3, tableau 3), et l'évolution moyenne des caractéristiques de leur lait a été comparée (figure 4). Malgré des niveaux génétiques identiques et une répartition comparable des vêlages, ces évolutions ont été très différentes : d'une manière générale, les exploitations ayant des index TMMU et des taux protéiques élevés présentent une évolution de la production laitière et des taux protéique et butyreux beaucoup moins variable d'un mois à l'autre que celle des exploitations ayant des index TMMU élevés mais des taux protéiques faibles. Cette différence est particulièrement marquée au printemps où la production laitière chute de 6 kg/j entre avril et juin dans la seconde classe contre seulement 2,8 kg/j dans la première. Cette différence est difficilement explicable à partir des seules caractéristiques des exploitations recueillies par l'enquête. Celles-ci sont en effet très voisines dans les 2 classes et traduisent une bonne conduite générale des troupeaux (tableau 3), même si certains éléments semblent plus favorables pour la première classe, en particulier au pâturage. Ces écarts sont donc certainement liés à des facteurs plus fins, non enquêtés. On peut ainsi supposer qu'une moins bonne maîtrise du pâturage dans

Tableau 3. Caractéristiques des exploitations présentant des index TMMU élevés, selon leur taux protéique annuel.

Troupeaux à index TMMU élevé et à taux protéique annuel :	élevé	faible
Nombre de troupeaux	9	5
Effectif	34	42
Production annuelle (kg)	235 000	255 000
Production/vache/an (kg)	6 665	6 112
Taux butyreux annuel (g/kg)	38,5	37,0
Taux protéique annuel (g/kg)	30,9	29,3
Période de vêlage		
- automne	5	3
- hiver-été	4	2
Concentré (g/kg lait)	156	156
Index lait (kg)	58	77
Index TMMU (g/kg)	0,4	0,3
Ration de base hivernale		
- classique	2	1
- améliorée	7	4
Déprimage	6/9	3/5
Conduite du pâturage	bonne	moyenne
Qualité des ensilages	bonne	bonne

la seconde classe explique la chute de production laitière à cette période, induisant, par effet de concentration des matières, une remontée des taux, en particulier butyreux. En hiver, le niveau des taux supérieurs dans la première classe est certainement dû à la maîtrise de l'alimentation un peu meilleure (apports énergétiques supérieurs, part de pulpes dans la ration plus importante, meilleure qualité des foins et des ensilages, distribution du concentré mieux

raisonnée...), mais peut-être aussi à l'utilisation d'une ration plus favorable aux taux et un peu moins favorable à la production laitière dans cette classe (part plus importante de foin dans la ration).

2.4 / Données individuelles

La production laitière annuelle ($5\ 090 \pm 1\ 210$ kg) a varié de 2 000 à 9 000 kg et le taux protéique annuel ($29,6 \pm 1,9$ g/kg) de 25 à 36 g/kg. Environ 60 % des vaches ont présenté des taux protéiques annuels inférieurs à 30 g/kg et 90 % des taux inférieurs à 32 g/kg.

La méthode utilisée pour différencier les effets propres du stade de lactation et de la saison sur les caractéristiques du lait a permis de confirmer ou de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes :

Effet propre du stade lactation (figure 5a)

L'évolution de la production laitière a été en moyenne pratiquement linéaire entre le 2^e et le 9^e mois de lactation, et la persistance mensuelle moyenne sur cette période a été de 0,92. Comme cela est couramment observé (Faverdin *et al.* 1987), celle-ci a été supérieure chez les primipares (0,93 contre 0,91 chez les multipares), de sorte que leur production, inférieure de 3,3 kg/j au cours de leurs 3 premiers mois de lactation, est devenue identique à celle des multipares en fin de lactation.

De manière tout à fait classique, les taux protéique et butyreux ont présenté un minimum respectivement aux 2^e et 3^e mois de lactation et ont augmenté ensuite linéairement et parallèlement jusqu'au tarissement. Le rapport TB/TP a été constant sur la lactation et égal à 1,23. Les primipares ont présenté des taux butyreux supérieurs (+ 0,8 g/kg en moyenne) et des taux protéiques inférieurs à ceux des multipares (- 0,6 g/kg après le 4^e mois de lactation).

Effet propre de la saison (figure 5b)

Les variations saisonnières de la production laitière ont été assez marquées (figure 5b). Celle-ci a augmenté régulièrement de novembre à mai puis a diminué ensuite de manière symétrique (3,2 kg/j d'écart entre les valeurs moyennes des mois de novembre-décembre et d'avril-mai). Les taux ont évolué de manière inverse au cours de la saison. Ils ont été minimums en fin d'hiver et en milieu d'été et maximums à l'automne. Les écarts entre les mois extrêmes ont été de 3,2 et 2,1 g/kg respectivement pour le taux butyreux et le taux protéique. Le début de la période de pâturage s'est accompagné d'une amélioration sensible de la richesse du lait (respectivement + 0,8 et + 0,6 g/kg pour les taux butyreux et protéique).

Ces variations ont été moins régulières lorsque la ration hivernale était de type « classique », pour laquelle la fin de l'hiver et le mois d'août apparaissent comme des périodes critiques (figure 6). L'écart de production laitière et de taux protéique atteint ainsi 4,3 kg/j et 1,5 g/kg en mars entre les 2 types de ration ; la mise à l'herbe s'est ensuite accompagnée d'une augmentation de la production laitière et du

Figure 4. Evolution des caractéristiques du lait selon que les exploitations présentent un index TMMU et un taux protéique élevé (□) ou un index TMMU élevé et un taux protéique faible (◆).

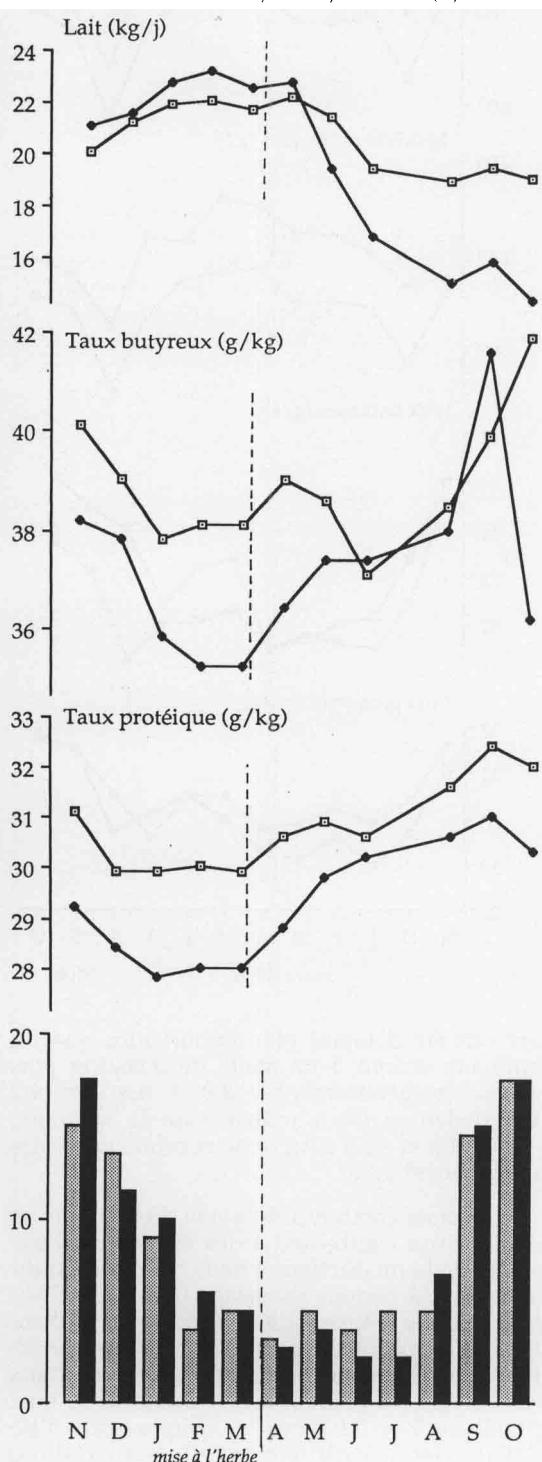
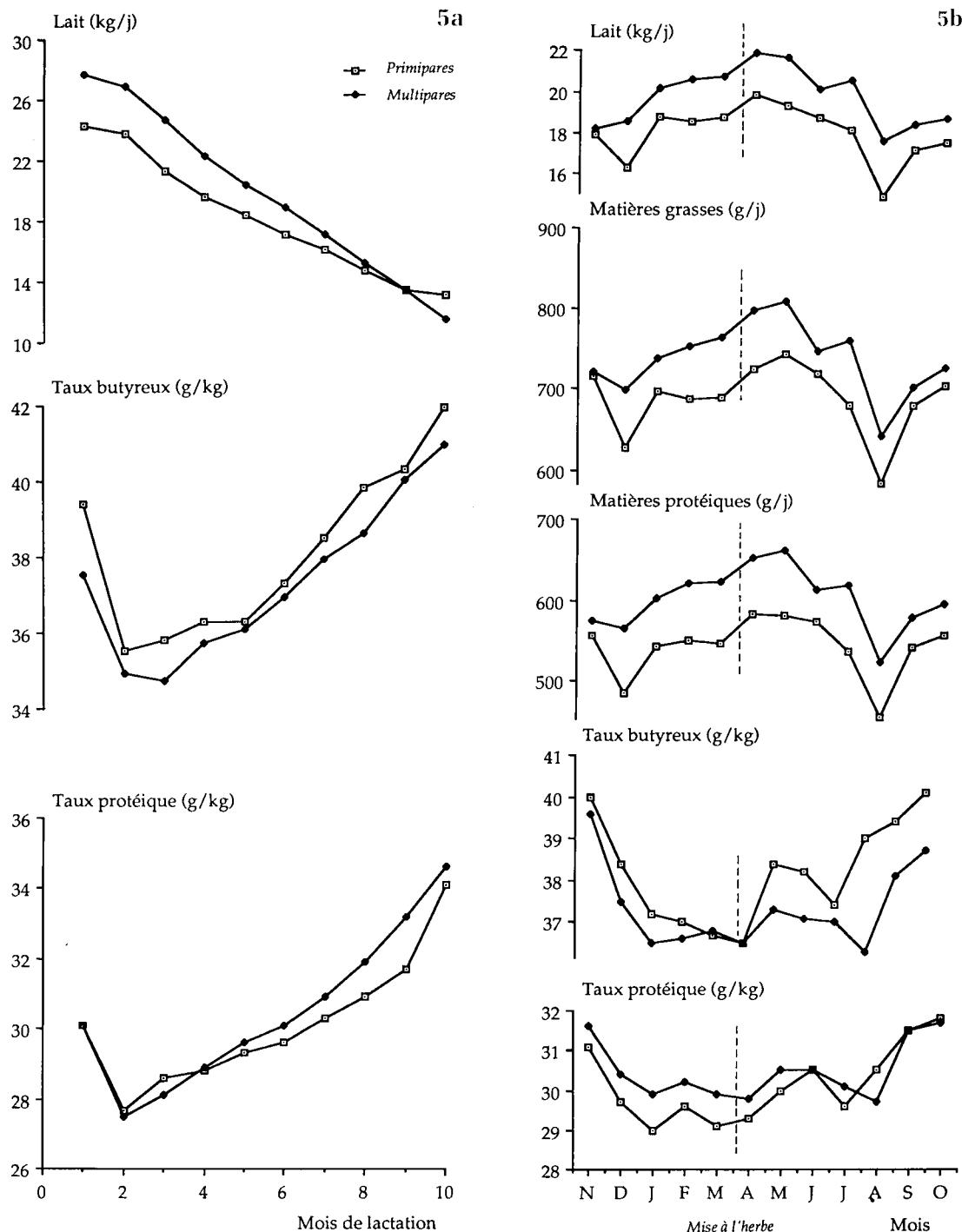


Figure 5. Evolution des caractéristiques individuelles du lait selon le stade de lactation (a) ou la saison (à stade de lactation constant) (b).



Les taux protéiques sont les plus faibles mais la production laitière la plus élevée, entre les mois de février et de juillet pour un même stade de lactation.

taux protéique plus importante après une ration « classique » (+ 1,6 kg/j et + 1,4 g/kg) qu'après une ration « améliorée » (+ 0,3 kg/j et 0,0 g/kg).

L'évolution de la production et de la composition du lait au cours de la saison a différé selon que les animaux étaient en début (3 premiers mois, 4 454 données mensuelles), milieu (4^e à 7^e mois, 5 408 données) ou fin de lactation (8^e à 10^e mois, 3 826 données) (figure 7). En particulier, le mois d'août apparaît comme très défavorable pour les vaches en début de lactation (- 5,9 kg/j de lait et - 2,0 g/kg de taux butyreux par rapport aux mois de mai à juillet). D'autre part, l'augmentation de production laitière et la diminution des taux au cours de l'hi-

ver ont été d'autant plus importantes que les animaux étaient à un stade de lactation plus avancé (respectivement + 2,0, + 3,5 et + 4,7 kg/j de lait en début, milieu et fin de lactation ; - 1,4, - 1,6 et - 2,4 g/kg de taux protéique, entre novembre et avril).

Ces effets combinés du stade de lactation et de la saison conduisent à des évolutions différentes de la production et de la composition du lait selon la période de vêlage (figure 8). Chez les vaches multipares, les vêlages de fin d'été (août à octobre) conduisent ainsi à une meilleure persistance de la production et à des taux plus stables et plus élevés (+ 0,7 g/kg de taux protéique, P < 0,01) que les vêlages de fin d'hiver (février à avril) (tableau 4). Les lactations

Tableau 4. Effet de la période de vêlage sur la production laitière et le taux protéique (données individuelles).

Période de vêlage	Primipares				Multipares			
	FMA	MJJ	ASO	NDJ	FMA	MJJ	ASO	NDJ
Effectif	49	18	129	151	256	127	314	405
Index lait (kg)	287	202	250	205	-198	-205	-108	-169
Index TMMU (g/kg)	0,3	0,7	0,3	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Lait (kg) (1)	4312	4209	5125	4684	5809	5528	6210	6195
TP (g/kg) (1)	29,2	28,6	29,1	29,0	29,4	29,8	30,1	29,4

(1) Moyennes ajustées pour tenir compte du type de ration de base et de l'effet génétique.

démarrant en début d'été (mai à juillet), bien qu'ayant le niveau initial le plus élevé, présentent une production totale inférieure de près de 700 kg ($P < 0,01$) à celle des lactations démarquant en fin d'été ou en début d'hiver. Cet écart est certainement sous-évalué pour les vêlages de fin d'été (et en particulier ceux d'août) : leur démarrage de lactation est en effet le plus faible de tous bien que leur valeur génétique soit la meilleure (tableau 4).

Les écarts de production laitière et de taux protéique mis en évidence à l'échelle du troupeau entre les différents groupes d'exploitations ne sont pas modifiés par l'analyse réalisée

à l'échelle de l'animal, qui permet de prendre en compte des caractéristiques individuelles supplémentaires (période de vêlage, numéro de lactation, index génétique) (tableau 5). Pour un même niveau génétique, et compte-tenu de l'effet de la période de vêlage, les animaux recevant une ration « améliorée » produisent près de 600 kg de plus ($P < 0,01$) d'un lait légèrement plus riche en protéines (+ 0,3 g/kg) que ceux recevant une ration « classique ». De même, les animaux des troupeaux présentant des caractéristiques de milieu favorables (définis par l'AFC) présentent une production laitière et un taux protéique supérieur de respectivement 550 kg et 1,0 g/kg ($P < 0,01$) à ceux des troupeaux ayant des caractéristiques de milieu défavorables. Ces effets sont donc bien dûs à des facteurs du milieu autres que la période de vêlage des animaux, et qui s'y ajoutent.

Discussion - Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence des écarts considérables de taux protéique d'une exploitation à l'autre, même lorsque 2 des principaux facteurs de variations de ce taux (la race et le type de fourrage utilisé dans la ration de base) sont contrôlés, et que l'on se situe dans une population sélectionnée en partie sur ses compétences techniques (adhérents du Contrôle Laitier).

Ses résultats confirment le rôle prépondérant du stade physiologique des animaux, de leur alimentation et de leur niveau génétique comme facteurs de variation du taux protéique du lait. L'étude de ce dernier facteur a cependant pu manquer de précision compte-tenu de l'utilisation de l'index TMMU ; la publication des index taux séparés (1989 pour les mâles, 1990 ou ultérieurement pour les femelles) permettra des analyses plus précises. Ils mettent en évidence certaines interrelations entre ces facteurs, et montrent donc la nécessité de les prendre en compte simultanément. Ainsi, l'absence d'écart de taux protéique hivernal entre les groupes 1 et 2 peut s'expliquer par l'influence du stade physiologique moyen, moins avancé dans le groupe 1, qui contre-balance l'effet favorable des facteurs alimentaires. Cependant, il est vraisemblable que ces facteurs ne sont qu'incomplètement maîtrisés, comme le montre l'augmentation importante du taux protéique entre avril et mai, (+ 0,7 g/kg), caractéristique d'une sous-alimentation

Figure 6. Evolution des caractéristiques individuelles du lait au cours de la saison (à stade de lactation constant) en fonction du type de ration de base hivernale.

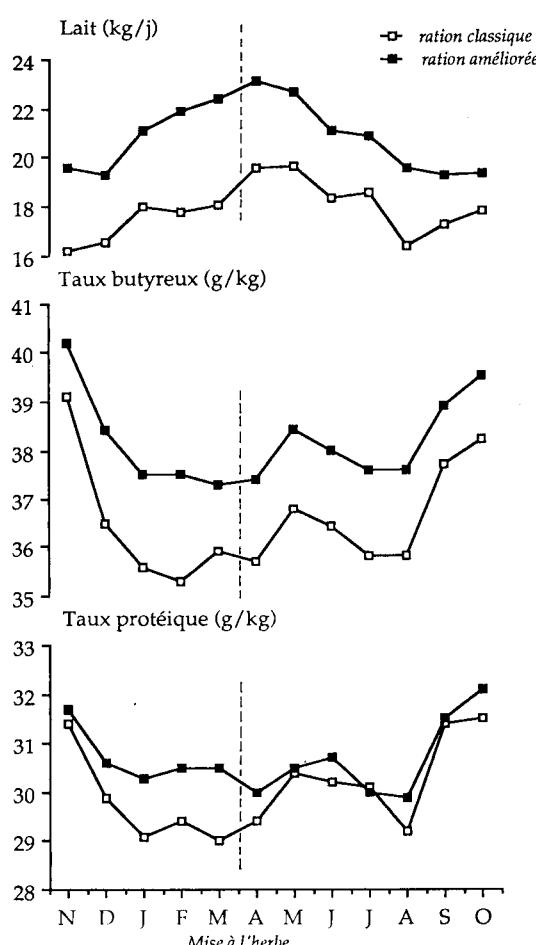
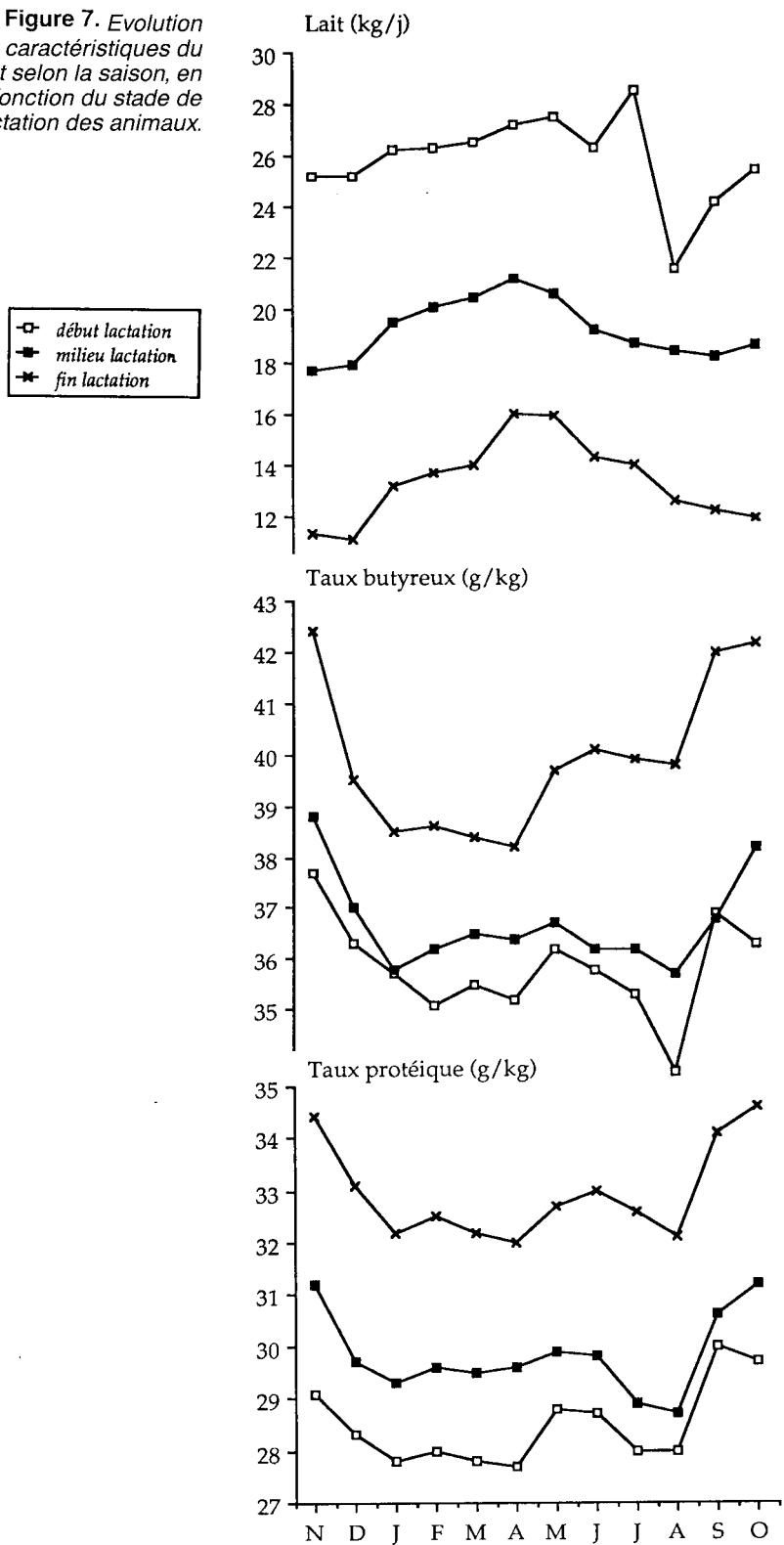


Figure 7. Evolution des caractéristiques du lait selon la saison, en fonction du stade de lactation des animaux.



hivernale (Hoden *et al* 1985). En fait, l'ensemble des facteurs alimentaires ne semble totalement maîtrisé que dans le groupe 4 où l'évolution du taux protéique au cours de l'année est la plus régulière. En particulier, c'est dans ce groupe que la qualité des ensilages est la meilleure. La taille réduite des troupeaux favorise peut-être aussi cette maîtrise, bien qu'à l'échelle du département les résultats de Gestion Technique du Troupeau Laitier semblent

montrer le contraire. D'autre part, la prise en compte du seul facteur « période de vêlage » ne permet pas de discriminer efficacement les exploitations sur leur taux protéique (figure 9) : celui-ci n'est supérieur que de 0,2 g/kg dans les exploitations pratiquant des vêlages d'automne comparativement à celles présentant des vêlages répartis sur toute l'année. Ces résultats s'opposent à ceux obtenus dans d'autres régions (EDE Haute-Saône 1985), vraisemblablement parce que la période de vêlage en elle-même n'est pas un facteur direct de variation du taux protéique annuel, mais un indicateur de la conduite de l'élevage qui, selon les cas, regroupe des facteurs différents et n'a donc pas la même signification. C'est par contre un facteur direct de variation du taux protéique sur de courtes périodes, en particulier en été. En effet, à cette période, à l'effet propre défavorable d'un stade physiologique peu avancé lorsqu'une part importante des vêlages a lieu au printemps, s'ajoute un effet alimentaire lié à la difficulté souvent rencontrée à couvrir les besoins énergétiques élevés des animaux à cette période critique (sécheresse estivale). De même, la seule prise en compte du type de ration de base hivernale utilisée ne permet de mettre en évidence qu'un écart de 0,5 g/kg de taux protéique à l'échelle de l'année, sans que l'on puisse d'ailleurs attribuer cette différence à ce seul facteur, compte-tenu des écarts génétiques et de répartition des vêlages entre les exploitations utilisant les 2 types de ration (tableau 1). D'ailleurs, les groupes 3 et 4 ne se différencient pas par le type de ration de base utilisé (respectivement 4 et 5 exploitations sur 7 ayant une ration de type « améliorée »).

Par l'analyse des données individuelles, cette étude a d'autre part permis de mettre en évidence l'effet de la saison sur la production et la composition du lait : les périodes extrêmes et les écarts de production (3,2 kg/j) et de composition du lait entre ces périodes (respectivement 3,2 et 2,1 g/kg pour le taux butyreux et le taux protéique) sont comparables à ceux obtenus de manière voisine (par élimination de l'effet du stade de lactation) dans des conditions de milieu pourtant très différentes par Waite *et al* (1956), Spike et Freeman (1967), Lampo *et al* (1966) et Coulon *et al* (1988). Ces effets sont en fait la résultante de 2 phénomènes :

- 1) un effet direct de la saison dont on sait qu'elle agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des travaux ont en effet montré qu'une photopériode expérimentale longue (15 à 16 h par jour) augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matière utile (Peters *et al* 1981, Tucker 1985, Bocquier 1985, Stanisiewski *et al* 1985, Phillips et Schofield 1989). Ces accroissements de production laitière sont associés à une augmentation des quantités ingérées (Peters *et al* 1981, Phillips et Schofield 1989), alors que la modification des équilibres hormonaux (augmentation de la prolactinémie) (Tucker 1985) pourrait entraîner une dilution des matières secrétées et donc une diminution des taux butyreux et protéique (Bocquier 1985). D'autre part, l'augmentation de la température ambiante (lorsqu'elle se maintient dans la zone

Tableau 5. Effet du type de ration de base et du groupe d'exploitations sur la production laitière et le taux protéique (données individuelles).

	Lait (kg)	Taux protéique (g/kg)
Type de ration de base		
- améliorée	5704	29,6
- classique	5116	29,3 ^{**}
Groupe d'exploitations		
- milieu favorable au TP	5866	30,1
- milieu défavorable au TP	5319	29,1 ^{**}

** : P < 0,01

Valeurs ajustées pour tenir compte de la période de vêlage, du numéro de lactation et de l'index génétique.

de confort thermique des vaches) pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait, qui s'ajouteraient à l'effet de la photopériode (Bocquier 1985, D'Hour et Coulon, non publié).

2) Un effet indirect à plus court terme lié à l'alimentation et à ses modifications. L'écart de production laitière et de taux protéique entre les animaux recevant une ration « améliorée » ou « classique » augmente ainsi au cours de l'hiver, mettant en évidence l'effet cumulatif détériorateur des rations « classiques ». D'autre part, chez les animaux à forts besoins (début de lactation) l'alimentation semble bien être le facteur limitant principal (faible variation de la production au cours de l'hiver, et brutale diminution en août, témoignant de la faiblesse des apports alimentaires à cette période), alors que chez les animaux à faibles besoins (fin de lactation) l'effet de l'alimentation est réduit ; l'effet propre de la saison s'exprime alors plus fortement.

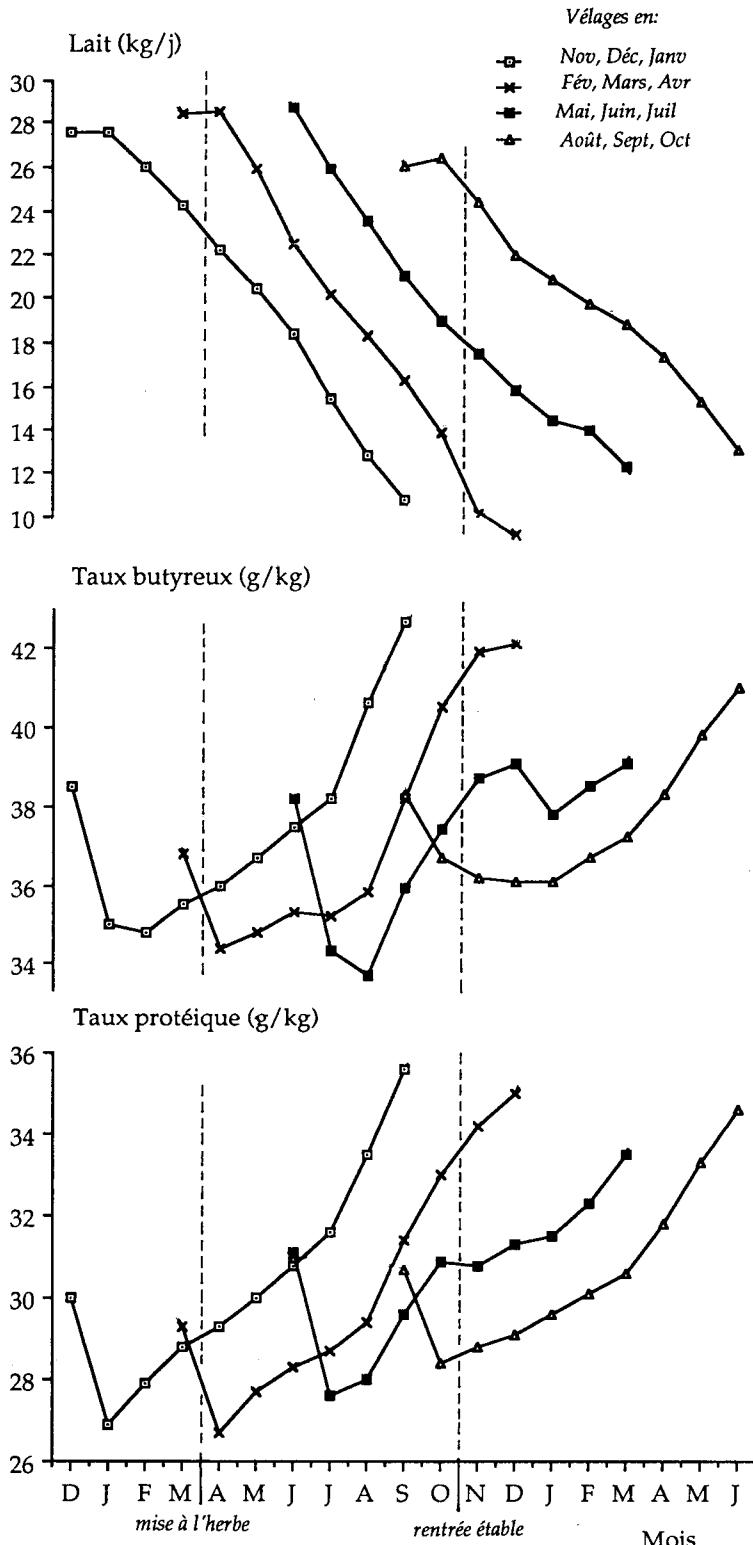
Cependant, malgré l'effet défavorable de la saison sur les taux de matière utile en fin d'hiver et au printemps, cette période reste cependant celle où la production de matière utile est la plus élevée, supérieure d'environ 10 % aux quantités produites à l'automne (figure 5b).

En pratique, les effets conjoints de la saison et du stade physiologique des animaux conduisent à des évolutions de la production et de la composition du lait très différentes selon la période de vêlage : comme cela est couramment observé en France et à l'étranger (Blanchard *et al* 1966, Lampo *et al* 1966, Miller *et al* 1969, Coulon *et al* 1988), les vêlages d'automne ou d'hiver conduisent aux productions laitières et aux taux de matière utile les plus élevés. L'avancement des vêlages en fin d'été-début d'automne peut donc permettre une amélioration des performances des animaux, sous réserve que les démarriages de ces lactations soient bien conduits, ce qui n'a pas été le cas dans cette étude, au moins chez les vaches multipares vêlant en août.

En définitive, cette étude a permis de mettre en évidence l'importance des possibilités

d'amélioration des performances des vaches laitières, et en particulier de leur taux protéique, par l'intermédiaire des facteurs de conduite des animaux (alimentation, période de vêlage, ...). Elle montre à la fois l'intérêt d'une analyse globale des facteurs de variations du taux protéique, et les limites d'une approche

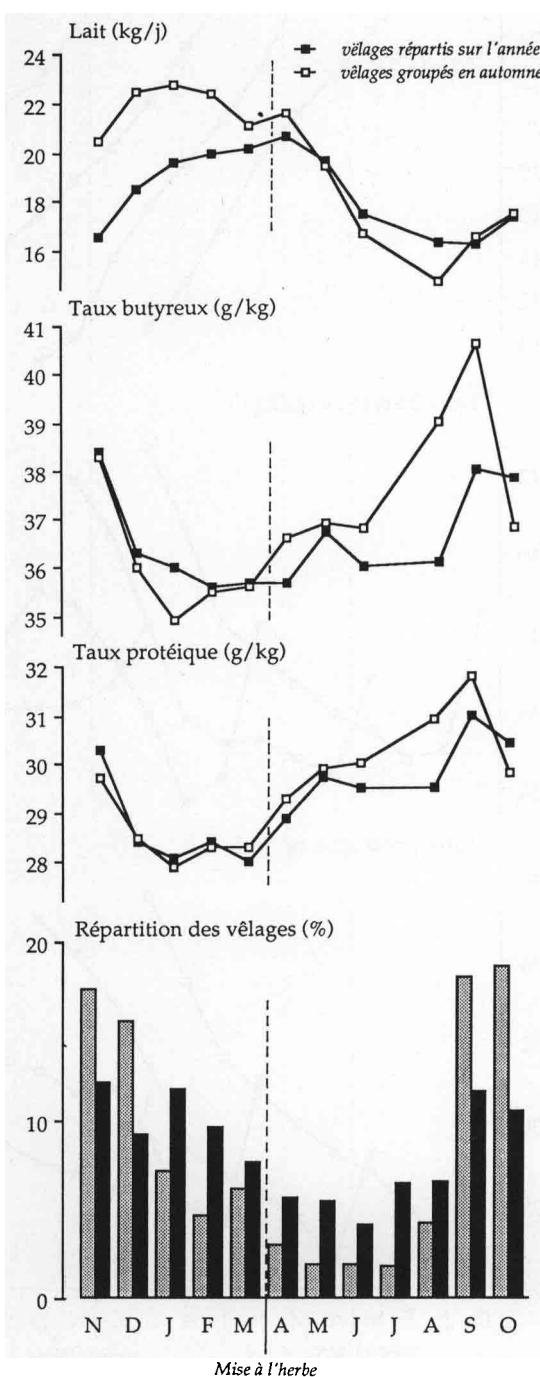
Figure 8. Evolution de la production et de la composition du lait selon la période de vêlage, chez les vaches multipares.



principalement qualitative de ces facteurs. Compte-tenu de la population choisie, il semble indispensable de disposer d'éléments quantitatifs concernant en particulier les apports alimentaires pour mieux préciser les causes de variations des caractéristiques du lait.

Elle a d'autre part montré que la principale période critique de l'année était le mois d'août, ce qui, comme pour l'effet de la période de vêlage, ne pouvait pas ressortir de l'examen des données moyennes obtenues à l'échelle du troupeau. Elle devrait permettre, avec d'autres études du même type conduites dans d'autres conditions de milieu, de mettre au point un outil pratique d'interprétation de ces évolutions à l'échelle du troupeau. Cette utilisation sera développée dans un article ultérieur.

Figure 9. Evolution des caractéristiques du lait selon la répartition des vêlages.



Remerciements

Nous tenons à remercier les élèves de l'ENITA de Clermont-Ferrand (P. Bouilly, C. Boyer, L. Brunet, D. Delzescaux, G. Dessimond, C. Leroux, C. Leutard, C. Mauchamp, D. Pichon, F. Ranoux, C. Roulin, I. Selin) pour la réalisation des enquêtes chez les éleveurs et leur participation au dépouillement des données, ainsi que P.L. Gastinel pour ses conseils.

Références bibliographiques

- BLANCHARD R.P., FREEMAN A.E., SPIKE P.W., 1966. Variation in lactation yield of milk constituents. *J. Dairy Sci.*, 49, 953-956.
- BOCQUIER F., 1985. Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootecniques de la brebis en gestation et en lactation. Thèse docteur-ingénieur, INRA Paris-Grignon, 105 p.
- BONAITI B., 1985. Composition du lait et sélection laitière chez les bovins. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 59, 51-61.
- Contrôle Laitier, 1987 et 1988. Résultats. ITEB et FNOC, 149 rue de Bercy, 75595 Paris.
- COULON J.B., BINET M., 1987. Facteurs de variations 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 variations dans le département de la Haute-Loire. *INRA Prod. Anim.*, 1, 201-207.
- 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 [Haute-Savoie]. *INRA Prod. Anim.*, 1, 253-263.
- 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.
- FAVERDIN P., HODEN A., COULON J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 133-152.
- FROC J., GILIBERT J., DALIPHAR T., DURAND P., 1988. Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-noires. 1) Effet de la race. *INRA Prod. Anim.*, 1, 171-178.
- HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985. Influence de l'alimentation sur la qualité du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, 69-79.
- JARRIGE R., JOURNET M., 1959. Influence des facteurs alimentaires et climatiques sur la teneur en matières grasses du lait. *Ann. Nut. Alim.*, 13, 233-277.
- LAMPO Ph., WILLEMS A., VANSCHOUBROEK F., 1966. Effect of season, calving period, and stage of lactation on milk yield and milk composition in the cow. *Neth. Milk Dairy J.*, 20, 17-35.
- LE DORE A., REMOND B., GRAPPIN R., JEUNET R., JOURNET M., 1986. Teneurs du lait de vache en ses principales fractions azotées et en matières grasses : effet de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 63, 13-20.
- MILLER P.D., LENTZ W.E., HENDERSON C.R., 1970. Joint influence of month and age of calving on milk yield of holstein cows in the northeastern united states. *J. Dairy Sci.*, 53, 351-357.
- PETERS R.R., CHAPIN L.T., EMERY R.S., TUCKER H.A., 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemented light. *J. Dairy Sci.*, 64, 1671-1678.
- PHILLIPS C.J.C., SCHOFIELD S.A., 1989. The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. *Anim. Prod.*, 48, 293-303.
- REMOND B., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, 53-67.

SPIKE P.W., FREEMAN A.E., 1967. Environmental influences on monthly variation in milk constituents. *J. Dairy Sci.*, 50, 1897-1904.

SUTTON J.D., 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, 2801-2814.

STANISIEWSKI E.P., MELLENBERGER R.W., ANDERSON C.R., TUCKER H.A., 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 68, 1134-1140.

TUCKER H.A., 1985. Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. In « Recent advances in animal nutrition - 1985 ». W. Haresign, D.J.A Cole ed., Butterworths, 211-221.

WAITE R., WHITE J.C.D., ROBERTSON A., 1956. Variations in the chemical composition of milk with particular reference to the solids non fat. 1. The effect of stage of lactation, season of year and age of cow. *J. Dairy Res.*, 23, 65-81.

Summary

A survey on protein content in milk from the dairy cow.

A detailed survey was conducted on 42 dairy farms located in Puy-de-Dôme to determine some of the factors in herd management that influence milk protein content. Farm struc-

tures, herd structures and feeding practices (during winter and summer) were related to milk protein content. Though these farms had similar breed (friesian) and used similar roughage (grass silage), large variations were noted among farms (3.2 g/kg between annual mean protein content). High protein content was associated with good feeding practices (roughage quality, pasture management), high genetic levels, and calving dates grouped in early winter. The analysis of individual results measured monthly in a total of 1600 cows showed the specific effects of the stage of lactation and of the season on milk production and composition. At the same lactation stage, the months from February to July months showed the lowest protein content but the highest milk production. The differences between extreme months were higher in cows in late lactation than in cows in early lactation. August seemed to be very unfavourable for milk production of cows in early lactation.

AGABRIEL C., COULON J.B., MARTY G., CHENEAU N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache : Etude dans des exploitations du Puy-de-Dôme. INRA, Prod. Anim., 3 (2), 137-150.

Annexe 1. *Critères retenus dans l'AFC.*

Critères	Classes	Effectif
Altitude moyenne de l'exploitation	100-820 m 820-1100 m	21 21
Pluviométrie moyenne (station météo la plus proche)	570-1000 mm 1000-1198 mm 1198-1680 mm	13 18 11
SAU de l'exploitation	29-48 ha 48-210 ha	21 21
Qualité des sols	Sols profonds Superficiels ou hydromorphes	17 25
Type de bâtiment	Stabulation entravée Stabulation libre ou à logettes	21 21
Principales contraintes de l'exploitation	- Relief, altitude, présence rochers - Humidité sols ou sécheresse estivale - Eparpillement ou éloignement des parcelles	18 15 9
CARACTÉRISTIQUES DU TROUPEAU		
Effectif vaches	20-32 32-41,2 41,2-67,8	14 14 14
Production laitière par vache et par an (kg)	4213-5373 5373-6021 6021-8955	14 14 14
Période principale de vêlage	- Vêlage automne (+ 60 % sur sept-oct-nov-déc) - Autres périodes	19 23
% jours improductifs (G.T.T.L.)	12 - 17 17 - 28	19 23
ALIMENTATION DES VACHES LAITIÈRES		
Prairies temporaires dans la surface fourragère utilisée par les vaches laitières au printemps 88	Absence Présence	22 20
Durée moyenne de séjour des vaches pour chaque parcelle au printemps (j)	2 - 4,5 4,5-6,5 6,5 - 40	14 14 14
Déprimage	oui non	18 24
Nombre de parcelles utilisées pour pâturage	1 - 3 3 - 5 5 - 18	12 11 19

Critères	Classes	Effectif
Appréciation de la conduite pâturage (EDE)	Bon Moyen Mauvais	12 23 7
Eloignement des parcelles pâturées (EDE)	Faible Moyen ou important	26 16
Abreuvement au pâturage	Point d'eau Tonne	23 19
Fumure azotée sur les parcelles ensilées (U/ha)	0 - 70 71 - 117 118 - 183	13 14 15
Fumure azotée sur les parcelles pâturées ou fanées au printemps (U/ha)	0 - 40 41 - 66 67 - 200	14 14 14
Type de ration hivernale	améliorée classique	24 18
Mode de distribution	à volonté et distribué à volonté et en libre service limité et distribué	11 21 10
Qualité du fourrage sec (récolté en 88)	beaucoup de regain et/ou foin de bonne qualité peu de regain et/ou foin médiocre	30 12
Qualité de l'ensilage (récolté en 88)	conditions de récolte précoces et bonnes conditions de récolte tardives et/ou mauvaises	35 7
Notation de l'état de confection et d'utilisation des silos (silo 87)	bon moyen, mauvais	22 20
Mode de récolte (ensilage 87)	coupe directe ressuyage	32 10
Utilisation de conservateur (ensilage 87)	non acide formique (3 l / tonne) autres	22 9 11
Type de silo (ensilage 87)	silos taupinière couloir seul ou avec taupinière supplémentaire	6 36
Nombre de silos	un seul plusieurs	21 21
Complément de fourrage pendant la période de pâturage	pas du tout transitions pendant l'été ou l'automne (durée < 2 mois) pendant l'été ou l'automne (durée > 2 mois)	14 9 11 8
Pratiques alimentaires particulières	tarissement et/ou début de lactation aucune	21 21
Note d'état nutritionnel des VL (EDE)	bon état moyen ou mauvais	25 17
GENETIQUE DU TROUPEAU		
Index lait (kg)	-592 à -185 -184 à + 4 + 4 à + 461	14 14 14
Index TMMU (g/kg)	-0,8 à -0,3 -0,3 à 0 + 0,1 à + 0,7	11 17 14
CARACTÉRISTIQUES DU LAIT SUR LA CAMPAGNE		
Taux butyreux (g/kg)	33 - 35,5 35,6 - 37,2 37,3 - 40,7	14 14 14
Nombre moyen de cellules (1000/ml)	101-229 229-299 299-551	14 14 14
Taux protéique moyen (g/kg)	27,7 - 28,8 28,9 - 29,3 29,4 - 31,6	12 15 15
Taux protéique estival (août) (g/kg)	27 - 29,7 29,8 - 30,7 30,8 - 33	14 14 14
Taux protéique hivernal (mars-avril) (g/kg)	26-28 28,1 - 28,9 29 - 31,5	15 10 17