

ENITA Marmilhat 63370 Lempdes

* INRA Laboratoire Adaptation des
Herbivores aux milieux
Theix 63122 St-Genès-Champanelle

** INRA Station de Génétique
Quantitative et Appliquée
78352 Jouy-en-Josas Cedex

Facteurs de variation de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production ⁽¹⁾

Les valeurs génétiques et les effets troupeau - regroupant le régime alimentaire, les techniques d'élevage, l'environnement des animaux - sont maintenant estimés séparément pour le taux butyreux et le taux protéique. Dans des exploitations à haut niveau de production quels facteurs permettent d'expliquer la variabilité des effets troupeau ?

La composition chimique du lait varie sous l'effet de facteurs liés à l'animal (stade physiologique, race, niveau génétique, état sanitaire, traite) (Bonaïti 1985, Labussière 1985, Gibson 1989, Coulon *et al* 1991) ou au milieu (saison, alimentation). Parmi ces derniers, les facteurs alimentaires jouent un rôle prédominant (Journet et Chilliard 1985, Hoden *et al* 1985, Sutton 1989, Coulon et Rémond 1991). Contrairement à la plupart des autres facteurs ils agissent à court terme et peuvent permettre de faire varier les taux butyreux et protéique de manière indépendante. En pratique, à l'échelle de l'exploitation, ces diffé-

rents facteurs interagissent de manière variable suivant les situations. Un certain nombre de travaux ont permis de mettre en évidence ces interactions, de confirmer l'importance des facteurs génétiques et surtout alimentaires et de hiérarchiser ces facteurs selon les situations (Coulon et Binet 1987, Keown 1988, Foster *et al* 1988, Seegers *et al* 1989, Agabriel *et al* 1990, Pecsok *et al* 1991). Cependant, la plupart de ces travaux ont été principalement axés sur le taux protéique et conduits sur des échantillons d'exploitations présentant des niveaux de production assez variables. Lorsque le potentiel génétique des animaux est élevé et que la conduite du troupeau est suffisamment maîtrisée pour permettre de l'extérioriser, on peut se demander comment varie la composition chimique du lait. Par ailleurs, jusqu'à présent, les données génétiques disponibles (Index Taux Moyen de Matière Utile) ne permettaient pas de distinguer les effets d'origine génétique et/ou environnementale sur chacun des taux. La nouvelle méthode d'indexation française (Bonaïti *et al* 1990) donne maintenant les estimations des valeurs génétiques et des effets troupeau séparément pour les taux butyreux et protéique.

L'objectif de cette étude a été 1) de préciser l'ampleur des variations de la composition chimique du lait et ses principales causes, y compris génétiques, dans le cadre d'une enquête dans des exploitations à haut niveau de production. Celles-ci ont été choisies parmi

Résumé

Soixante-seize exploitations laitières utilisant des vaches Montbéliardes à haut niveau de production (6200 à 8800 kg/vache/an) et alimentées l'hiver avec une ration à base de foin, ont fait l'objet d'une enquête détaillée concernant à la fois la structure de l'exploitation et du troupeau, la qualité des fourrages utilisés, les pratiques alimentaires hivernales et estivales et les caractéristiques génétiques des animaux (index et effet troupeau pour le lait, le taux butyreux et le taux protéique). Ces données ont permis d'analyser les variations de la composition chimique du lait d'une exploitation à l'autre. Les taux butyreux et protéique moyens annuels ont été très variables d'une exploitation à l'autre (respectivement 34,2 à 41,2 g/kg et 30,7 à 34,5 g/kg), malgré l'homogénéité des exploitations sur les critères niveau de production laitière, race et type de ration de base. Cette variabilité est due essentiellement à des facteurs du milieu. Lorsque l'on classe les exploitations par niveau d'effet troupeau (taux butyreux ou taux protéique), on observe 1) que les écarts de taux protéique sont les plus élevés au cours de la période hivernale et sont associés à des pratiques alimentaires différentes (qualité des foins, part du regain dans la ration, type de concentré utilisé), 2) que les écarts de taux butyreux d'un groupe d'exploitations à l'autre sont aussi importants, voire plus, l'été que l'hiver. Ces écarts ne sont qu'en partie associés à des pratiques alimentaires favorables ou défavorables au taux butyreux (présence de betteraves dans la ration, méthode de distribution du concentré). On n'a pas observé de liaison entre les effets troupeau taux butyreux et taux protéique. Il est donc possible de faire varier ces 2 taux de manière indépendante, par le biais de facteurs du milieu.

(1) Cette étude a été réalisée en collaboration avec l'Institut de l'Elevage, les Contrôles laitiers de l'Ain, du Doubs et du Jura et avec la participation financière de l'ITG.

celles qui utilisaient du foin comme fourrage de base et des vaches d'un seul type génétique (Montbéliardes), compte tenu du faible nombre de références concernant ces systèmes de production ; 2) d'identifier de manière indépendante les facteurs du milieu responsables des variations respectives du taux butyreux et du taux protéique, et de préciser, pour ces variables, la signification des effets troupeau estimés dans le cadre de l'évaluation périodique des reproducteurs.

1 / Conduite de l'étude

Cette étude a été réalisée à partir des données du Contrôle Laitier et d'enquêtes effectuées dans des exploitations de l'Ain, du Doubs et du Jura, concernant la campagne 89-90. Les objectifs de cette étude ont conduit à choisir un échantillon particulier qui n'est donc pas représentatif des exploitations des départements ni même de celles adhérentes du Contrôle Laitier.

Parmi les exploitations adhérentes du Contrôle Laitier des 3 départements, les 50 meilleures exploitations (sur la base de la moyenne d'étable par vache et par an calculée par le Contrôle Laitier) par département, en race Montbéliarde et en système foin ont été retenues. Sur cet échantillon on a ensuite choisi au hasard 76 exploitations (18 dans l'Ain, 31 dans le Doubs et 27 dans le Jura) dont les principales caractéristiques sont précisées au tableau 1.

Sur chacune de ces exploitations, différents types de données ont été recueillis. Elles étaient 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 (valeurs génétiques moyennes et effets troupeau). Ces 2 dernières caractéristiques sont obtenues avec l'évaluation française des reproducteurs qui repose sur une estimation conjointe (BLUP) des effets des facteurs de variation génétique et des facteurs liés au milieu, selon un modèle animal (Bonaïti et Boichard 1990, Bonaïti *et al* 1990). Chacun des effets représente donc un effet propre indépendant des autres facteurs de variation présents dans le modèle : numéro de lactation, mois de vêlage, âge au vêlage, intervalle entre vêlages, troupeau, valeur génétique de l'animal. L'effet troupeau correspond donc au régime alimentaire, aux techniques d'élevage, à l'environnement des animaux (conditions climatiques, habitat, ...), mais il est indépendant de la valeur génétique des animaux, de la période et de l'âge au vêlage, du numéro moyen de lactation ou du taux d'élimination des génisses après leur première lactation. Parallèlement, les valeurs mensuelles de la production de lait et de sa composition chimique ont été relevées à l'échelle du troupeau entre août 1989 et décembre 1990.

Les résultats ont été analysés en répartissant les exploitations en 4 groupes égaux (n=19) d'effet troupeau croissant, pour le taux butyreux (TB) et le taux protéique (TP). Les caractéristiques de chacun de ces groupes ont été analysées en détail.

2 / Caractéristiques de l'échantillon étudié

En moyenne, les taux butyreux et protéique annuels observés sur les 76 exploitations ont été de 37,4 et 32,5 g/kg pour une production laitière par vache et par an de 7400 kg (6200 à 8800 kg) (tableau 1). Ils ont varié de respectivement 34,2 à 41,2 g/kg pour le taux butyreux et de 30,7 à 34,5 g/kg pour le taux protéique. Malgré le choix particulier des exploitations, les écarts de composition chimique du lait restent donc importants.

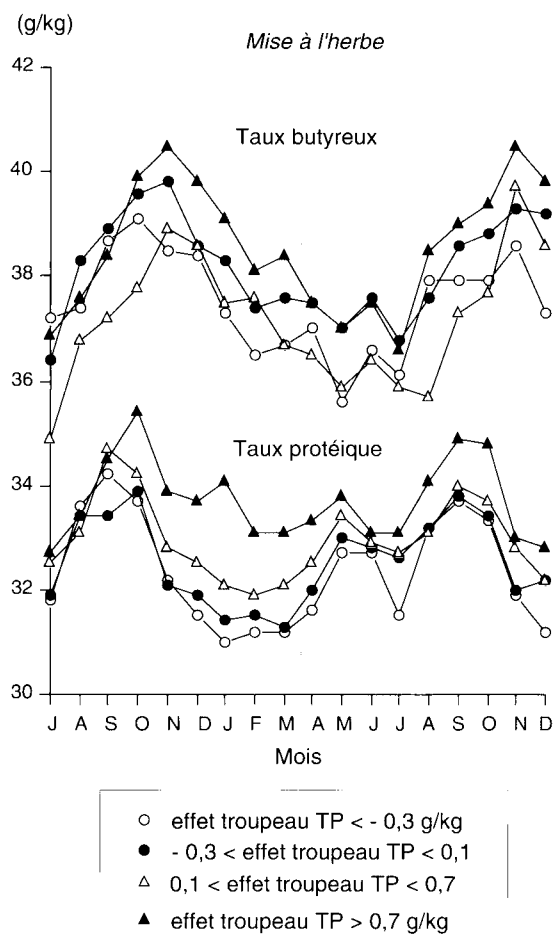
Ces troupeaux présentaient un niveau génétique voisin de celui de l'ensemble de la population au contrôle laitier des 3 départements. Les écarts phénotypiques observés, importants pour la production laitière (+700 à +1550 kg selon les départements), mais plus réduits pour le taux butyreux (-0,5 à +0,6) et le taux protéique (+0,2 à +0,8) sont donc essentiellement dus à des facteurs du milieu. Parmi ces facteurs, certains ont présenté une forte homogénéité dans l'échantillon ; il s'agit d'abord des caractéristiques de structure des exploitations (taille, type de bâtiment, âge et formation des exploitants...), mais aussi, dans une moindre mesure, de certaines pratiques de conduite des animaux : ainsi la majorité des élevages groupent leur vêlage à l'automne (75 % présentent

Tableau 1. Caractéristiques principales des exploitations enquêtées.

	Ain	Doubs	Jura
Nombre d'exploitations	18	31	27
Altitude (m)	452	702	605
SAU (ha)	68	58	72
Effectif de vaches	38	33	37
Lait / vache (kg/an)	6544	7651	7638
Lait/an (1 000 kg)	220	262	276
Taux butyreux (g/kg)	37,7	38,2	36,4
Taux protéique (g/kg)	32,5	32,7	32,3
Index lait (kg)	536	466	608
Index taux butyreux (g/kg)	1,2	1,1	0,2
Index taux protéique (g/kg)	0,2	0,3	-0,2
Effet troupeau lait (kg) ¹⁾	192	1185	1173
Effet troupeau TB (g/kg) ¹⁾	-0,1	0,2	-0,6
Effet troupeau TP (g/kg) ¹⁾	0,2	0,1	0,4
Date de mise à l'herbe	24 mars	15 avr.	15 avr.
Date de rentrée à l'étable	13 nov.	6 nov.	8 nov.
Date de début de fenaison	12 mai	18 mai	25 mai
Répartition des vêlages :			
% en août, sept, oct	49	37	35
% en nov, déc, jan	31	38	37
% en fév, mar, avr	14	21	22

¹⁾ Ecart entre l'effet troupeau des exploitations enquêtées et l'effet troupeau moyen des 3 départements.

Figure 1. Evolution de la composition chimique du lait selon les groupes d'effet troupeau TP.



plus de 70% de leurs vêlages entre août et janvier). Par contre, les pratiques d'alimentation des animaux ont été beaucoup plus variables d'une exploitation à l'autre (composition et qualité de la ration hivernale, conduite du pâturage, type et quantité de concentré utilisé...). Cette variabilité n'est pas réduite lorsque l'on restreint l'analyse aux 20 meilleures exploitations (production laitière comprise entre 7700 et 8800 kg/vache/an).

3 / Etude des différences entre troupeaux

3.1 / Liaisons entre les effets troupeau TP et les caractéristiques des exploitations

L'écart de taux protéique entre les 4 groupes d'effet troupeau TP est maximal en hiver où il dépasse 2 g/kg entre les 2 groupes extrêmes (figure 1). Dès la mise à l'herbe, cet écart diminue en raison d'une augmentation du taux protéique à cette période 2 fois moins importante dans le groupe d'effet supérieur que dans le groupe d'effet inférieur (+0,7 contre +1,5 g/kg, $P < 0,1$). Ces différences d'évolution au cours de l'année ne sont pas dues à des différences de

répartition des vêlages (voisine dans les 4 groupes). L'index TP est légèrement plus faible dans le groupe d'effet troupeau supérieur (-0,3 g/kg par rapport au groupe d'effet troupeau de plus faible). Mais ces groupes se différencient essentiellement par la qualité de l'alimentation hivernale (tableau 2) : le groupe d'effet troupeau le plus élevé présente un foin de valeur nutritive légèrement supérieure à celle du groupe d'effet troupeau le plus faible, utilise beaucoup plus souvent le séchage en grange ($P < 0,1$), et distribue plus fréquemment des fourrages d'appoint. La quantité de concentré offerte y est légèrement inférieure, mais de valeur énergétique supérieure ($P < 0,01$), et les pratiques de conduites particulières en début de lactation y sont plus fréquentes. Par contre, la conduite des animaux au pâturage ne présente pas de fortes différences d'un groupe à l'autre.

3.2 / Liaisons entre les effets troupeau TB et les caractéristiques des exploitations

Contrairement aux groupes d'effet troupeau TP, l'écart de taux butyreux entre les différents groupes d'effet troupeau TB est plus important l'été que l'hiver, en raison d'un meilleur maintien du taux butyreux au printemps dans le groupe supérieur (figure 2). L'index TB est légèrement supérieur dans ce groupe (+0,4 g/kg

Figure 2. Evolution de la composition chimique du lait selon les groupes d'effet troupeau TB.

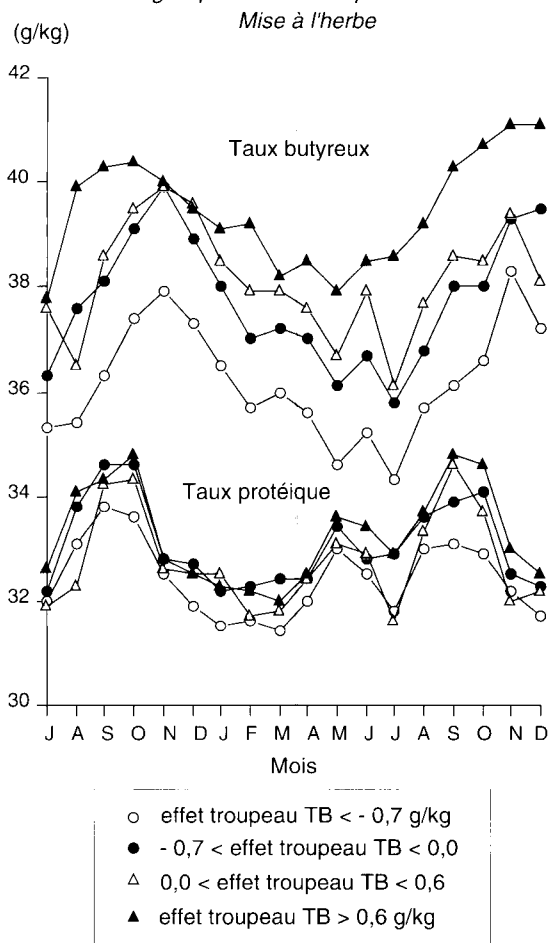


Tableau 2. Caractéristiques des différents groupes d'effet troupeau TP.

Groupe d'effet troupeau TP	1	2	3	4	ETR	signif ³⁾
Effet troupeau TP (g/kg)¹⁾	-0,7	-0,1	0,4	1,3		
Nombre de troupeaux	19	19	19	19		
Altitude (m)	630	690	600	520	202	+
SAU (ha)	59	65	70	66	29	ns
Effectif de vaches	33	33	43	35	15	ns
Lait (kg/vache/an)	7250	7583	7239	7466	578	ns
Taux butyreux (g/kg)	36,9	37,8	36,9	38,1	1,4	**
Taux protéique (g/kg)	31,9	32,1	32,6	33,5	0,6	**
Index lait (kg)	486	562	512	552	167	ns
Index TB (g/kg)	1,0	0,7	0,9	0,7	0,8	ns
Index TP (g/kg)	0,3	0,1	0,1	0,0	0,4	ns
Effet troupeau lait (kg) ¹⁾	794	1119	914	955	642	ns
Effet troupeau TB (g/kg) ¹⁾	-0,6	0,2	-0,6	0,6	1,1	**
Répartition des vélages						
% en août, sept, oct	42	41	38	37	15	ns
% en nov, déc, janv	34	35	35	37	5	ns
% en fév, mars, avr	20	19	20	20	9	ns
Alimentation hivernale						
- utilisation de fourrages d'appoint (betteraves)	4	1	7	7		+
- utilisation de regain	8	10	9	10		ns
- utilisation du séchage en grange	8	9	9	14		+
- qualité du foin ²⁾	2,8	2,5	2,4	2,4		ns
Pâturage						ns
- seul ou avec un peu de foin	10	11	7	8		
- + foin (tout l'été)	5	6	9	6		
- + foin + autres fourrages	4	2	3	5		
Concentrés offerts (kg/j) pour une production de 30 kg/j						
- hiver	7,5	7,0	7,1	7,1	1,6	ns
- été	4,9	4,3	5,3	5,2	1,9	ns
Utilisation de concentrés riches en énergie	9	10	12	18		**
Distribution de concentré durant la traite	7	8	9	8		ns

¹⁾ Ecart entre l'effet troupeau des exploitations enquêtées et l'effet troupeau moyen des 3 départements.

²⁾ Note entre 4 (médiocre) et 1 (excellent) selon la valeur nutritive du foin.

³⁾ + P < 0,1 ; *P < 0,05 ; **P < 0,01 ; ns : non significatif.

par rapport au groupe d'effet troupeau le plus faible). Entre le premier et le 3ème groupe d'effet troupeau TB, on observe une augmentation, hiver comme été, de la part des fourrages d'appoint dans la ration (essentiellement des betteraves l'hiver et du maïs et de la luzerne l'été), une légère amélioration de la qualité du foin, une légère diminution de la quantité de concentré offerte mais surtout une modification significative ($P < 0,01$) de sa méthode de distribution (durant la traite dans les 2 premiers groupes, hors des heures de traites dans le groupe 3) (tableau 3). Par contre, le groupe d'effet troupeau TB le plus élevé se différencie très nettement du groupe précédent : la ration hivernale est à base de foin seul, la quantité de concentré offerte est élevée, le foin (en général en faible quantité) est le seul fourrage distribué l'été. Ce groupe présente cependant certaines caractéristiques propres liés en particulier au pâturage de printemps : la durée de transition à la mise à l'herbe est longue, les animaux ne pâturent que le jour au cours de cette période, le retour sur les repousses est plus tardif. Par contre, ces exploitations ne présentent pas de pratiques très particulières de

distribution ou de composition de l'aliment concentré : 1/4 seulement distribuent l'aliment concentré en plus de 2 repas (mais les 3/4 hors de la traite), et une seule utilise du bicarbonate dans l'alimentation.

Discussion

Cette étude montre que, même au sein d'un groupe d'exploitations homogène de par la race des animaux, le type de ration de base utilisé et le niveau de production laitière, il peut subsister des différences importantes de composition chimique du lait, voisines de celles observées dans des échantillons plus diversifiés (Agabriel *et al* 1990), même si les taux butyreux et protéique moyens de notre échantillon sont supérieurs à ceux de la population du Contrôle Laitier. La totalité de l'écart entre cette population et notre échantillon et la majeure partie des variations à l'intérieur de cet échantillon sont dus à des facteurs du milieu qui apparaissent donc prépondérants pour expliquer les différences d'une exploitation à l'autre. Cette étude confirme en cela les

Tableau 3. Caractéristiques des différents groupes d'effet troupeau TB.

Groupe d'effet troupeau TB	1	2	3	4	ETR	signif ⁽³⁾
Effet troupeau TB (g/kg) ⁽¹⁾	-1,7	-0,3	0,4	1,4		
Nombre de troupeaux	19	19	19	19		
Altitude (m)	630	610	580	620	211	ns
SAU (ha)	86	58	59	58	27	**
Effectif de vaches	48	34	32	30	14	**
Lait (kg/vache/an)	7280	7561	7262	7434	584	ns
TB (g/kg)	35,7	37,4	37,9	38,8	1,0	**
TP (g/kg)	32,0	32,7	32,4	33,9	0,8	*
Index lait (kg)	530	536	494	552	169	ns
Index TB (g/kg)	0,6	0,8	0,8	1,0	0,8	ns
Index TP (g/kg)	0,0	0,1	0,2	0,1	0,4	ns
Effet troupeau lait (kg) ⁽¹⁾	891	1184	849	859	637	ns
Effet troupeau TP (g/kg) ⁽¹⁾	0,0	0,4	0,2	0,4	0,8	ns
Répartition des vêlages						
% en août, sept, oct	43	38	40	37	15	ns
% en nov, déc, janv	32	37	36	36	5	ns
% en fév, mars, avr	20	18	18	22	9	ns
Alimentation hivernale						
- utilisation de fourrages d'appoint (betteraves)	5	4	8	2		ns
- utilisation de regain	8	11	12	6		ns
- utilisation du séchage en grange	12	10	9	9		ns
- qualité du foin ⁽²⁾	2,7	2,6	2,2	2,6		ns
Pâturage						+
- Pâturage seul ou avec un peu de foin	10	7	7	12		
- Pâturage + foin (tout l'été)	7	9	4	6		
- Pâturage + foin + autres fourrages	2	3	8	1		
Concentrés offerts (kg/j) pour une production de 30 kg/j						
- hiver	7,0	7,7	6,7	7,3	1,6	ns
- été	4,9	5,3	4,7	4,7	2,0	ns
Utilisation de concentrés riches en énergie	11	14	12	12		ns
Distribution de concentré durant la traite	9	14	4	5		**

⁽¹⁾ Ecart entre l'effet troupeau des exploitations enquêtées et l'effet troupeau moyen des trois départements.

⁽²⁾ Note entre 4 (médicore) et 1 (excellent) selon la valeur nutritive du foin.

⁽³⁾ + P < 0,1 ; *P < 0,05 ; **P < 0,01; ns : non significatif.

observations faites par ailleurs et à plus grande échelle dans d'autres situations (Foster *et al* 1988, Agabriel *et al* 1990, Vacelet 1990). Les différences génétiques entre troupeaux sont faibles par suite d'une grande similitude dans les choix génétiques des éleveurs vis à vis des caractéristiques de production (Vacelet 1990). En revanche, à l'intérieur d'un troupeau, il subsiste une forte variabilité d'origine génétique (variabilité des ascendances, imprécision du choix sur ascendance, variabilité génétique résiduelle entre pleines soeurs).

Pour le taux protéique, les facteurs du milieu ont pu être identifiés et confirment les connaissances expérimentales : c'est d'abord le niveau des apports énergétiques qui joue (Sutton 1989, Spörndly 1989, Coulon et Rémond 1991), et les écarts sont particulièrement importants au cours de la période hivernale. Une classification des exploitations réalisée à partir de la composition chimique de leur lait (tableau 4) montre que la couverture des besoins énergétiques des animaux pouvait être atteinte de différentes manières :

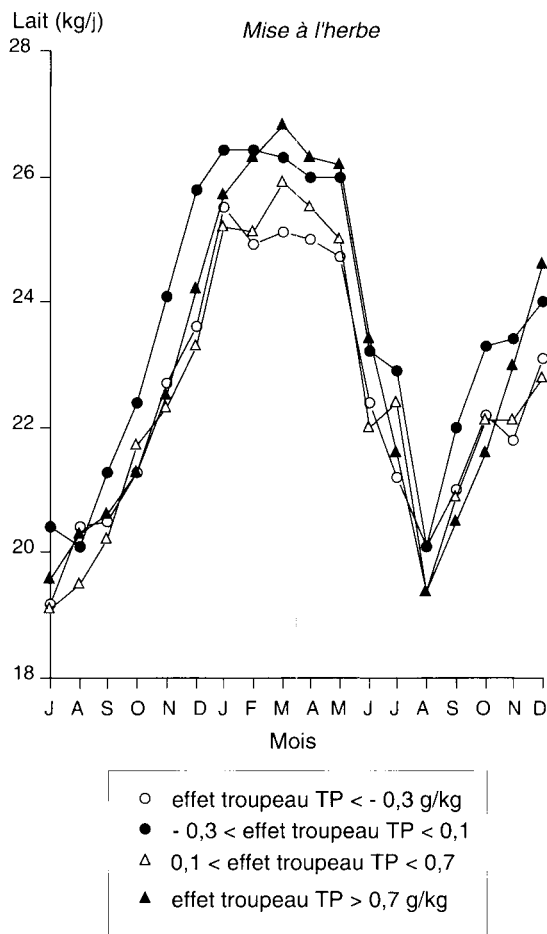
- par l'amélioration de la qualité de la ration de base (classes 2 et 4) ; cette amélioration est en particulier permise par l'utilisation du séchage en grange dont l'intérêt économique a déjà été mis en évidence (Baud *et al* 1987), mais aussi en y introduisant du regain (classe 2) et/ou des fourrages complémentaires (betteraves) permettant de diminuer les apports de concentrés (classe 4).

- par l'utilisation de quantités importantes de concentrés riches en énergie (classe 3).

Comme c'est couramment observé (Gordon 1976, Hoden *et al* 1985), la mise à l'herbe conduit à une remontée des taux d'autant plus forte qu'ils étaient plus faibles en fin d'hiver. Cependant, compte tenu des niveaux de production élevés de ces exploitations, de la remontée des taux protéiques à la mise à l'herbe même dans le groupe d'effet troupeau supérieur, et de l'absence d'effet sur la production laitière (figure 3), on peut se demander si l'herbe de printemps ou, d'une manière plus générale, les conditions de la mise à l'herbe, n'ont pas, indépendamment de l'effet du niveau des apports énergétiques, un effet

propre fugace et favorable sur le taux protéique. Des augmentations du taux protéique du lait à la mise à l'herbe ont d'ailleurs déjà été observées expérimentalement chez des animaux bien alimentés au cours de l'hiver (Coulon et al 1988). Cet effet pourrait être dû à la richesse en azote, et en particulier en cer-

Figure 3. Evolution de la production laitière selon les groupes d'effet troupeau TP.



tains acides aminés, de l'alimentation à cette période, dont on connaît l'effet favorable sur le taux protéique (Rulquin 1992). La période estivale reste par ailleurs une période difficile : malgré l'avancement du stade physiologique, favorable à l'augmentation des taux, ceux-ci sont les plus faibles en juillet-août, sous l'effet cumulé de la saison (Coulon et al 1991) et surtout d'une gestion difficile des apports alimentaires à cette période.

Pour le taux butyreux, les situations que nous avons observées sont parfois contradictoires avec les facteurs de variation connus expérimentalement. D'une part, il apparaît que les écarts de taux butyreux sont les plus importants en été, en raison d'un effet très variable de la mise à l'herbe sur le taux butyreux. Or, avec des rations hivernales à base d'herbe, la plupart des travaux expérimentaux mettent en évidence une augmentation du taux butyreux à la mise à l'herbe (Demarquilly et Journet 1962, Decaen et Ghadaki 1970, Coulon et al 1986), sauf lorsque l'herbe offerte est très jeune et la transition rapide (Murphy 1985). D'autre part, si les facteurs alimentaires connus expliquent bien l'augmentation du taux butyreux dans les 3 premiers groupes d'effet troupeau (présence de betteraves ou de maïs en vert dans la ration en particulier), ils sont pratiquement absents dans le groupe supérieur. En dehors de quelques pratiques particulières au printemps (longue transition, durée importante de la première phase de pâturage) qui ont pu contrer les effets défavorables sur le taux butyreux de l'ingestion brutale d'une herbe très jeune, il est possible que des facteurs qualitatifs (nature des prairies) non appréhendés dans cette enquête puissent expliquer ces fortes différences : on a ainsi pu observer des variations importantes de la composition chimique du lait et en particulier du taux butyreux, à même apport de concentré, lors de changement de nature de pâturage (Demarquilly 1963, Haltel et Bornard 1989).

Tableau 4. Classification des exploitations selon la composition chimique de leur lait : principales caractéristiques d'alimentation associées.

Classes ¹⁾	1	2	3	4
Nombre d'exploitations	18	11	9	9
Lait (kg/vache/an)	7322	7486	7180	7194
Taux protéique (g/kg)	31,7	33,1	33,3	32,7
Index TP (g/kg)	-0,1	0,4	-0,1	0,0
Taux butyreux (g/kg)	36,0	39,3	38,0	36,5
Index TB (g/kg)	0,4	1,3	0,7	0,7
Ration hivernale				
Présence de fourrage d'appoint	4	1	3	5
Utilisation de regain	7	5	2	4
Utilisation du séchage en grange	8	6	4	7
Qualité du foin ²⁾	3,0	2,5	2,7	2,1
Quantité de concentré (kg/j) ³⁾	7,2	7,2	8,2	6,9
Utilisation de concentrés riches en énergie	11	8	8	6

¹⁾ 5 classes ont été constituées à partir d'une classification ascendante hiérarchique, réalisée sur les variables de niveau et de variabilité des taux butyreux et protéique. Seules les 4 classes les plus intéressantes pour illustrer les relations entre l'alimentation et le taux protéique sont décrites ici.

²⁾ noté entre 4 (médiocre) et 1 (excellent) en fonction de la valeur nutritive du foin.

³⁾ pour une production de 30 kg/j.

Dans cette étude, nous n'avons pas pu mettre en évidence de liaison entre les effets troupeau lait et TP (figure 4). Les facteurs de variations alimentaires de ces 2 variables sont pourtant les mêmes (Coulon et Rémond 1991). Ceci peut être dû :

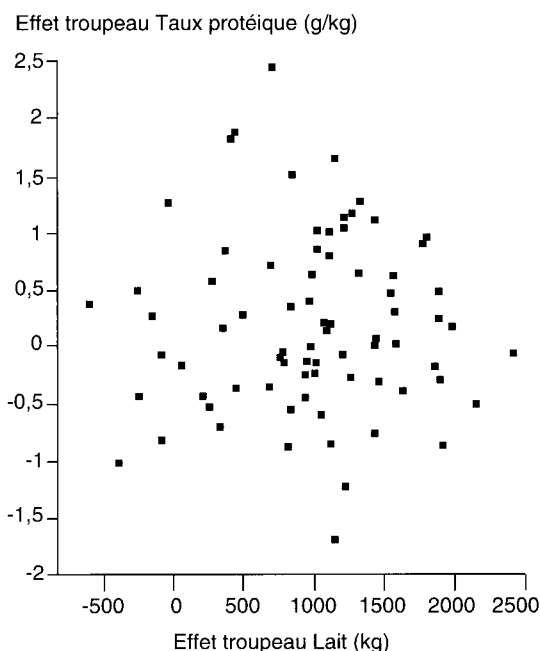
1) à la faible variabilité de la production laitière liée aux critères de choix de l'échantillon. Lorsque l'on travaille sur une population représentant l'ensemble des exploitations, on observe en effet une liaison significative entre ces 2 effets ($R=0,38$, Vacelet 1990)

2) à la réponse linéaire du taux protéique aux apports énergétiques, même au delà de la couverture des besoins, contrairement à la production laitière (Coulon et Rémond 1991),

3) à l'existence de facteurs particuliers ou ayant des effets plus ou moins importants dans des situations un peu extrêmes comme celles de cette étude : l'absence de liaison entre les variations du taux protéique et celles de la production laitière à la mise à l'herbe en est un exemple.

D'un point de vue pratique, cette étude montre que dans des exploitations de pointe (près de la moitié de notre échantillon fait partie des 150 meilleures étables françaises en race Montbéliarde), les solutions techniques, en particulier alimentaires, permettant d'atteindre des niveaux de production très élevés, peuvent être très variées et toutes aussi efficaces. Elle montre également que des niveaux et des évolutions de la composition chimique du lait très variables et indépendantes pour les taux butyreux et protéique peuvent être observées, sans que des facteurs difficiles à modifier à court terme soient en cause (index génétique, période de vêlage). Il subsiste donc des marges de manoeuvre non négligeables pour faire varier le niveau moyen et les courbes d'évolution des taux butyreux et protéique de manière indépendante, en particulier par l'intermédiaire de facteurs alimen-

Figure 4. Liaison entre les effets troupeau TP et lait.



taires (composition de la ration, niveau des apports, modes de présentation et de distribution) (Hoden et Coulon 1991). Enfin, la période estivale présente une importance considérable, supérieure à celle habituellement observée, en liaison avec des facteurs de conduite alimentaire qui n'ont pu être que partiellement identifiés, en particulier pour le taux butyreux. Des travaux complémentaires doivent donc être entrepris pour préciser ces facteurs.

Cet article a été publié, en anglais, dans *Journal of Dairy Science*, 1993, 76.

Nous tenons à remercier les éleveurs qui ont participé à l'enquête et les étudiants de l'ENITA Clermont-Fd qui l'ont réalisée.

Références bibliographiques

Agabriel C., Coulon J.B., Marty G., Cheneau N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. Etude dans les exploitations du Puy-de-Dôme. *INRA Prod. Anim.*, 3, 137-150.

Baud G., Liénard G., Cayla D., 1987. Intérêt technico-économique de la ventilation du foin en grange. In C. Demarquilly Ed., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation*. INRA, Paris, 595-607.

Bonaïti B., 1985. Composition du lait et sélection laitière chez les bovins. *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 59, 51-61.

Bonaïti B., Boichard D., Verrier E., Ducrocq V., Barbat A., Briend M., 1990. La méthode française d'évaluation génétique des reproducteurs laitiers. *INRA Prod. Anim.*, 3, 83-92.

Bonaïti B., Boichard D., 1990. Benefits from animal model evaluation of dairy cattle in France. In "Proceeding of the 4th world congress on genetics applied to livestock production". W.G Hill, R. Thompson et J.A. Woolliams Eds., Edinburgh, Ecosse, 364-373.

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., D'hour P., Petit M., 1988. Influence of transition feeding pattern on milk production at the turnout of cows to pasture. *Livest. Prod. Sci.*, 20, 119-134.

- Coulon J.B., Rémond B., 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow : a review. *Lives. Prod. Sci.*, 29, 31-47.
- Coulon J.B., Chilliard Y., Rémond B., 1991. Effet du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. *INRA Prod. Anim.*, 4, 219-228.
- Decaen C., Ghadaki M.B., 1970. Variation de la sécrétion des acides gras des matières grasses du lait à la mise à l'herbe et au cours des 6 premières semaines d'exploitation du fourrage vert. *Ann. Zootech.*, 19, 399-411.
- Demarquilly C., 1963. Influence de la nature du pâturage sur la production laitière et la composition du lait. *Ann. Zootech.*, 12, 69-104.
- Demarquilly C., Journet M., 1962. Variations de la composition du lait à la mise à l'herbe. 16ème congrès international de laiterie, Kobenhavn, pp 33-48.
- Foster W.W., McGilliard M.L., James R.E., 1988. Association of herd average genetic and environmental milk yield with dairy herd improvement variables. *J. Dairy Sci.*, 71, 3415-3424.
- Gibson J.P., 1989. Altering milk composition through genetic selection. *J. Dairy Sci.*, 72, 2815-2825.
- Gordon F.J., 1976. Effect of concentrate level and stocking rate on performance of dairy cows calving in late winter. *Anim. Prod.*, 22, 175-187.
- Haltel L., Bornard A., 1989. Production laitière permise par le pâturage des pelouses de haute montagne. 6ème réunion du sous-réseau FAO des herbages de montagne, Cracovie (Balice).
- 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.
- Hoden A., Coulon J.B., 1991. Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4, 361-367.
- 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.
- Keown J.F., 1988. Relationship between herd management practices in the midwest on milk and fat yield. *J. Dairy Sci.*, 71, 3154-3165.
- Labussière J., 1985. Composition du lait et techniques de traite chez quelques espèces domestiques. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA*, 61, 49-58.
- Murphy J.J., 1985. Effect of feeding sodium bicarbonate in the concentrate or beet pulp on milk yield and composition in cows after turnout to pasture in spring. *Ir. J. Agric. Res.*, 24, 143-149.
- Pecsok S.R., Conlin B.J., Steuernagel G.R., 1991. Estimating effects of herd characteristics on milk production in Minnesota dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 74, 3573-3582.
- Rulquin H., 1992. Intérêts et limites d'un apport d'acides aminés dans l'alimentation des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 5, 29 - 36.
- Seegers H., Blain J.J., Lebras C., 1989. Variations du taux protéique du lait de vache. Facteurs associés aux écarts entre exploitations en région Pays de Loire. *Rec. Méd. Vét.*, 165, 879-890.
- Spörndly E., 1989. Effects of diet on milk composition and yield of dairy cows with special emphasis on milk protein content. *Swed. J. Agric. Res.*, 19, 99-106.
- Sutton J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, 2801-2814.
- Vacelet J.M., 1990. A l'occasion de l'introduction du modèle animal : influence du choix des mâles sur la variabilité génétique entre troupeaux. *ENITA Clermont-Fd*, 45 pp.

Summary

Changes in fat and protein concentrations in farms with high milk production.

Seventy-six dairy farms composed of high-producing (6200 to 8800 kg/yr) Montbéliarde cows that were fed hay-based rations were included in a detailed survey involving the herd and the farm structure, quality of forage, winter and summer feeding practices, and genetic characteristics (breeding value and herd effect for milk production, fat concentration, and protein concentration). These data permitted analysis of the variations of milk composition among farms. The mean annual fat and protein concentrations varied greatly among farms in spite of the homogeneity of the farm sample with regard to milk produced, breed, and type of winter roughage. Such variability results essentially from environmental factors. When farms were classified according to their

level of herd effect (fat or protein concentrations), 1) protein concentration variations were greater in winter and linked to different feed characteristics (hay quality, type of concentrate), and 2) variations in fat concentration among farm groups were as marked, if not more so, in summer than in winter. These variations are only partly linked to feeding practices that are beneficial or detrimental to fat concentration (presence of sugar beet in the ration, concentrate distribution method). No correlation occurred between fat and protein herd effects. Therefore, these two variables may be controlled independently by manipulating environmental factors (especially feeding factors).

AGABRIEL Claire, COULON J-B., MARTY Geneviève, BONAÏTI B., 1992. Facteurs de variation de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production. *INRA Prod. Anim.*, 6 (1), 53 - 60.