

Claire AGABRIEL, J.B. COULON\*,  
Geneviève MARTY, B. BONAÏTI\*\*,  
P. BONIFACE\*\*\*

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

\*\*\* CCPA, 12 rue des Beaux soleils,  
95520 Osny

# Effets respectifs de la génétique et du milieu sur la production et la composition du lait de vache. Etude en exploitations<sup>(1)</sup>

Les écarts de production et de composition du lait entre exploitations sont très importants. On sait maintenant quantifier la part de ces écarts d'origine génétique et celle liée à des facteurs du milieu. Parmi ces derniers, largement étudiés de façon expérimentale, quels sont les plus importants à l'échelle d'un élevage ?

La production et la composition chimique du lait de vache varient sous l'effet conjoint de facteurs liés à l'animal (en particulier génétiques) et au milieu. La nouvelle méthode d'indexation française (Bonaïti *et al* 1990) permet maintenant de distinguer les effets d'origine génétique et environnementale sur la production de lait et sur chacun des 2 taux séparément. En pratique, la majeure partie des variations des performances d'une exploitation à l'autre sont attribuables à des facteurs du milieu (Regaldo 1992). Les différences génétiques entre troupeaux sont en

effet faibles, en raison d'une grande similitude dans les choix génétiques des éleveurs vis à vis des caractéristiques de production.

Il est donc important de connaître la signification réelle des effets des facteurs liés au milieu, parmi lesquels l'alimentation (niveau et nature des apports, forme de présentation, fréquence de distribution...) joue un rôle majeur. La plupart de ces facteurs ont été largement étudiés de manière expérimentale (Sutton 1989, Coulon et Rémond 1991). Mais, à l'échelle de l'exploitation, ils peuvent interagir de façon variable selon les situations et les caractéristiques des animaux (Coulon 1991). D'autre part, si les facteurs du milieu ont pu être correctement identifiés pour le taux protéique dans les études réalisées récemment sur ce sujet (Coulon et Binet 1987, Seegers *et al* 1989, Agabriel *et al* 1990, Seegers et Journot 1992) un certain nombre de questions restent cependant posées. Elles concernent notamment le taux butyreux dont des valeurs très élevées ont été observées dans des situations a priori peu favorables (Agabriel *et al* 1993).

L'objectif de cette étude a été d'analyser de manière conjointe les variations de la production laitière, du taux butyreux et du taux protéique dans des exploitations où la variabilité phénotypique de ces caractéristiques était relativement importante. Compte tenu des acquis des travaux précédents réalisés sur le même thème et des questions qu'ils avaient mis en évidence (Coulon 1991), des observations et des mesures particulières ont été

## Résumé

Soixante-trois exploitations laitières du Massif Central adhérentes au Contrôle Laitier et élevant des vaches Holstein 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 (y compris leur composition chimique), 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). L'état corporel et le tour thoracique des animaux ont par ailleurs été mesurés. Ces données ont permis d'analyser conjointement les variations de la production et de la composition chimique du lait d'une exploitation à l'autre, et de préciser certains facteurs du milieu responsables de ces variations. La production moyenne par vache et par an a varié de 5040 à 8330 kg, le taux butyreux de 36,5 à 42,9 g/kg et le taux protéique de 28,1 à 32,4 g/kg. Ces écarts sont principalement liés aux facteurs du milieu. Les performances les plus faibles sont rencontrées dans les exploitations où les pratiques alimentaires sont les moins favorables : une alimentation énergétique insuffisante chez les génisses puis chez les vaches en production, se traduisant par un état corporel médiocre et un faible développement corporel des animaux est associée aux productions laitières et aux taux protéiques les plus faibles. L'absence de liaison significative entre les effets troupeau taux protéique et lait, qui conduit à observer les taux protéiques les plus élevés dans des exploitations où la production laitière est moyenne est discutée. En particulier, le rôle de la nature des aliments (valeur laitière de la ration), de l'état corporel des animaux et de leur état sanitaire est mis en évidence. Les variations du taux butyreux du lait sont d'abord liées à la nature de la ration de base (présence ou non d'ensilage de maïs).

(1) Cette étude a été réalisée avec la participation financière de l'association GALA et de la DGER.

réalisées pour appréhender de manière objective la valeur nutritive des aliments, le format et l'état corporel des animaux, et les conditions de leur conduite pendant la phase d'élevage.

## 1 / Conduite de l'étude

Soixante trois exploitations des départements du Cantal (50), du Lot (11), de la Corrèze (1) et de l'Aveyron (1) ont été choisies de manière aléatoire à l'intérieur de la population des exploitations adhérentes au Contrôle Laitier, en race Holstein, et faisant l'objet d'un suivi technico-économique de la part de l'entreprise Centre Lait.

Sur chacune de ces exploitations, des données relatives à leur structure, à l'utilisation des surfaces, à la conduite et au rationnement hivernal et estival des animaux ont été recueillies par enquête (cf annexe).

Au cours de ces enquêtes (février 1992) des prélèvements des fourrages utilisés par les vaches laitières ont été réalisés, pour détermination de leur composition chimique, complétée, pour les ensilages, de leur pH. Les teneurs en cellulose brute (méthode de Weende), en matières azotées totales (méthode Kjeldhal) et en matières minérales des différents fourrages (45 foin, 41 ensilages d'herbe et 45 ensilages de maïs) ont été mesurées. Ces mesures ont permis de déterminer la valeur nutritive de ces aliments (UFL, PDIN et PDIE) à partir des équations proposées par Andrieu et Demarquilly (1987). En même temps, une notation de l'état corporel (par maniement) d'une douzaine de vaches par exploitation (dont 1/3 de primipares) représentatives du troupeau, se trouvant entre leur 2ème et leur 6ème mois de lactation, a été réalisée ainsi que la mesure de leur tour thoracique.

Par ailleurs, les caractéristiques zootechniques (âge, niveau de production, répartition des vêlages...) et génétiques (valeurs génétiques moyennes et effets troupeau) du troupeau concernant la campagne 1991-92 ont été recueillies auprès du Contrôle Laitier. Enfin, les valeurs mensuelles de la composition chimique du lait ont été relevées à l'échelle du troupeau entre novembre 1990 et mars 1992 (données laiteries, moyennes de 3 prélèvements par mois). Toutes les données de composition chimique du lait ont été exprimées en g/kg.

## 2 / Traitement des données

Une partie des données recueillies a été utilisée en l'état (cas des données de composition chimique du lait). Les autres ont servi à la construction de données synthétiques relatives à un aspect particulier de la conduite des animaux. Par exemple, la répartition mensuelle des vêlages a été appréhendée en calculant la part de vêlages réalisée dans chaque exploitation au cours des mois de septembre-octobre-novembre d'une part et de décembre-janvier-février d'autre part ; une variable de conduite

du pâturage au printemps a été construite en fonction du chargement sur la surface de base et du nombre de passages sur chacune des parcelles de cette surface. L'ensemble des variables retenues est précisé en annexe. Une analyse factorielle des correspondances (logiciel LADDAD) a ensuite été réalisée sur un tableau de contingence comprenant en colonne les variables de production et de composition du lait, et en ligne les variables explicatives de ces performances (annexe). De cette façon il est possible de juger d'une part des relations entre les variables de performances entre elles et d'autre part des relations entre ces variables et les données d'enquête explicatives. Les performances des exploitations ont ensuite été projetées sur les plans factoriels de l'analyse. Une classification des exploitations bien représentées sur les 3 axes de l'analyse factorielle les plus explicatifs des performances des exploitations (axes 1 et 2 pour la production laitière et le taux protéique, axes 1 et 6 pour le taux butyreux) a été réalisée. La signification des écarts entre les caractéristiques des 5 groupes retenus a été appréhendée par analyse de variance pour les variables quantitatives, et par le test du Khi deux pour les variables qualitatives.

Sur les 63 exploitations enquêtées, 23 disposaient d'une proportion de vaches indexées inférieure à 40 %. Les données génétiques de ces exploitations n'ont pas été retenues pour l'étude conjointe des effets génétiques et liés au milieu. La démarche d'analyse présentée précédemment a donc été réalisée sur la population totale enquêtée d'une part, et sur les 40 exploitations présentant des données génétiques suffisamment fiables d'autre part. Dans cette seconde analyse, les index génétiques ont été introduits comme variables explicatives des performances des troupeaux. Les résultats de cette seconde analyse ont été très voisins de celle réalisée sur l'échantillon total. Aussi, seule cette dernière sera présentée.

Les évolutions de la production et de la composition chimique du lait au cours de l'année ont été corrigées pour tenir compte des effets de la saison (Coulon *et al* 1991) et du stade de lactation moyen du troupeau à un mois donné, en retenant une persistance mensuelle de la production de 0,9 et une augmentation des taux protéique et butyreux de 1 g/kg par mois, entre le 2ème et le 10ème mois de lactation (Faverdin *et al* 1987, Coulon *et al* 1991).

## 3 / Résultats

### 3.1 / Caractéristiques générales de l'échantillon

En moyenne, les taux butyreux et protéique annuels observés sur les 63 exploitations ont été de 40,3 g/kg (36,5 à 42,9) et 30,2 g/kg (28,1 à 32,4), pour une production laitière par vache et par an de 6575 kg (5040 à 8330). Ces valeurs sont supérieures, surtout pour la production laitière et le taux butyreux, à celles observées sur l'ensemble de la population du

Contrôle Laitier (tableau 1). Par contre, les caractéristiques génétiques des exploitations ont été identiques dans les 2 populations. Sur les 40 troupeaux suffisamment indexés, les index lait ont varié de -179 à +641 kg, les index TB de -1,4 à +1,0 g/kg, et les index TP de -0,5 à +0,3 g/kg. Pour une même variable, aucune relation n'a été mise en évidence entre la valeur phénotypique des taux et les index génétiques correspondants (figure 1). Comme c'est couramment observé, les écarts inter-exploitations de composition du lait sont donc d'abord liés aux facteurs du milieu, en raison de la faible variabilité des index des reproducteurs utilisés (l'écart entre les valeurs extrêmes des index TP moyens par exploitation ne représente que 3% du taux protéique moyen observé). Lorsque cette variabilité est plus importante, comme dans le cas de la production laitière dans cette étude (où l'écart entre les valeurs extrêmes des index atteint 12% de la production moyenne observée), la liaison avec la valeur phénotypique devient sensible (figure 1). Enfin, aucune relation n'a été observée entre les différents effets troupeaux (figure 1).

Certains facteurs du milieu ont présenté une grande homogénéité dans l'échantillon enquêté : il s'agit d'abord des variables de structure (taille des exploitations, âge et formation des exploitants ...), mais aussi de certaines pratiques de conduite des animaux. En particulier, dans la majorité des élevages les vêlages sont groupés sur la période hivernale (54% des élevages présentent plus de 70% des vêlages entre septembre et mars). Par contre, la conduite alimentaire des animaux (vaches et génisses) présente une variabilité très importante.

Tableau 1. Caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées et comparaison avec celles adhérentes au Contrôle Laitier du département du Cantal en 1991.

	Exploitations enquêtées		Contrôle laitier
		(1)	
nombre d'exploitations	63	40	634
lait (kg/vache/an)	6575	6612	5740
taux butyreux (g/kg)	40,3	40,5	38,6
taux protéique (g/kg)	30,2	30,3	29,9
index lait (kg)		219	228
index TB (g/kg)		0,0	0,1
index TP (g/kg)		0,0	0,0
effet troupeau lait (kg)(2)		54	
effet troupeau TB (g/kg)(2)		0,3	
effet troupeau TP (g/kg)(2)		0,1	

(1) Exploitations présentant une proportion de vaches indexées supérieure ou égale à 40%.

(2) Les effets troupeau ont été exprimés en écarts à la moyenne de l'effet troupeau observé dans le département du Cantal.

L'état corporel des vaches, mesuré il est vrai à la période la plus défavorable (fin d'hiver et milieu de lactation), a été faible et variable : sur les 935 notations retenues (301 primipares et 634 multipares), il a été de 1,8 en moyenne et a varié de 0,5 à 4,5. Le tour thoracique de ces animaux a varié de 178 à 243 cm (respectivement 197 et 204 cm en moyenne pour les primipares et les multipares) (figure 2).

La composition chimique des différents fourrages analysés est précisée sur le tableau 2. Leur valeur énergétique (figure 3) et azotée ont varié de respectivement 0,57 à 1,04 UFL

Figure 1. Relations entre valeurs génétiques, valeurs phénotypiques et effets troupeaux.

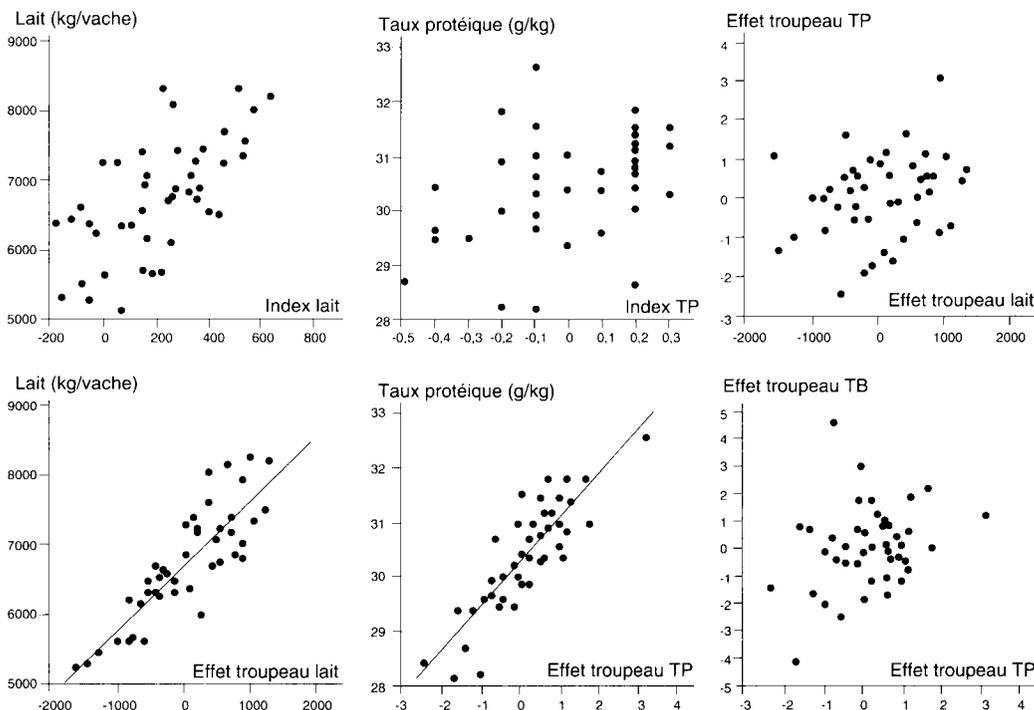


Figure 2. Etat corporel et tour thoracique des vaches.

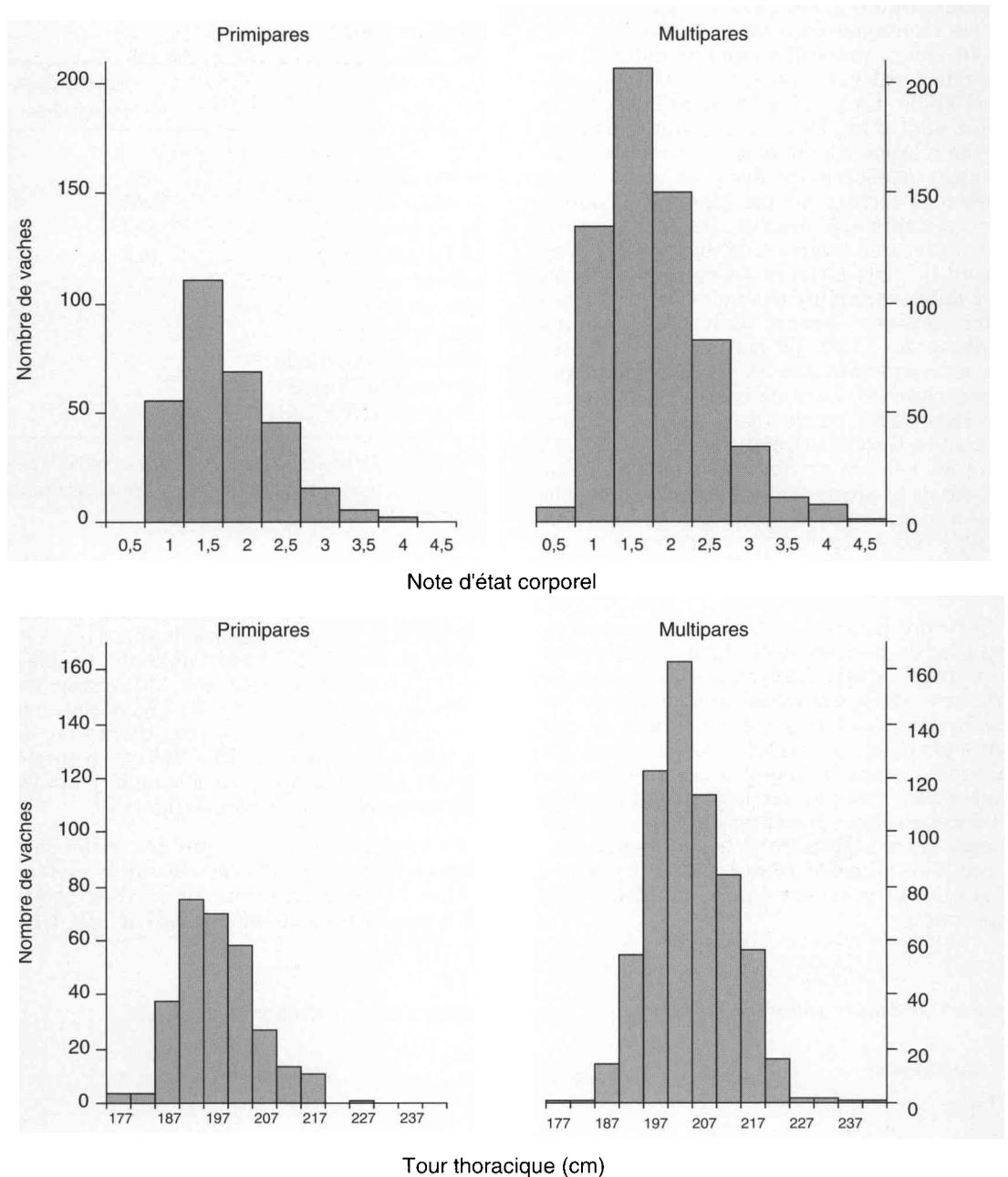
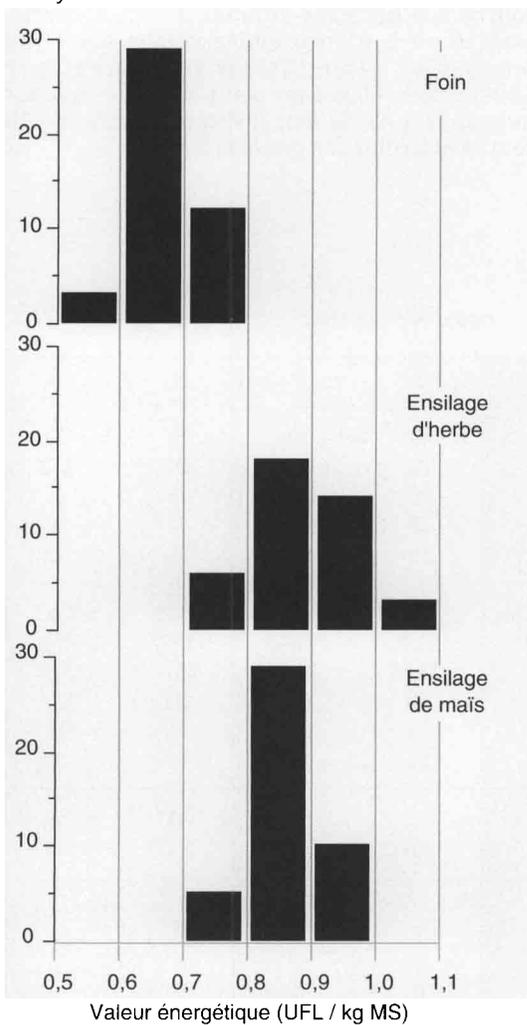


Tableau 2. Composition chimique et valeur nutritive des fourrages analysés.

	Foin	Ensilage d'herbe	Ensilage de maïs
n	45	41	45
Matière sèche (MS)(%)	86,9	24,7	34,0
MAT (% MS)	11,1	15,6	8,8
CB (% MS)	33,9	29,4	22,4
pH		4,2	4,0
UFL (/kg MS)	0,67	0,88	0,86
PDIN (g/kg MS)	69	90	54
PDIE (g/kg MS)	75	67	67

(0,80 UFL en moyenne), 42 à 133 g PDIN/kg MS (70 en moyenne), 52 à 93 g PDIE/kg MS (70 en moyenne). La valeur des rations utilisées (au moment de l'enquête), estimée en pondérant la valeur des différents fourrages par leur part dans la ration, a varié de respectivement 0,72 à 0,92 UFL/kg MS (0,84 en moyenne), 48 à 111 g PDIN/kg MS (77 en moyenne), 58 à 79 g PDIE/kg MS (69 en moyenne). La teneur en matière sèche des ensilages d'herbe a varié de 16,2 à 39,8 et celle des ensilages de maïs de 26,3 à 44,5. Le pH a varié de 3,7 à 5,4 pour l'ensilage de maïs (70% des échantillons présentaient un pH inférieur à 4,0) et de 3,7 à 5,0 pour l'ensilage d'herbe (dans les échantillons dont la teneur en matière sèche était

Figure 3. Valeur énergétique des fourrages analysés.



inférieure à 30%, plus de la moitié présentaient un pH supérieur à 4). Ce résultat assez médiocre est à mettre en relation avec la faible utilisation de conservateur lors de la réalisation des ensilages d'herbe (25% seulement des exploitants déclarent utiliser un conservateur).

### 3.2 / Relation entre les caractéristiques du troupeau et les performances de production

L'essentiel des relations entre les performances des animaux et les caractéristiques de leur conduite peut être décrit par l'analyse des 2 premiers axes de l'analyse factorielle réalisée sur les 63 exploitations (et dans une moindre mesure l'axe 6 pour le taux butyreux). Ces 2 axes permettent d'opposer nettement (figure 4 et tableau 3) les exploitations présentant à la fois des taux protéiques et butyreux faibles et une production laitière faible (respectivement 28,7 g/kg, 38,1 g/kg et 5811 kg/vache)(groupe 1), à celles présentant soit une production laitière élevée et un taux protéique moyen (7595 kg/vache et 30,6 g/kg)(groupe 2), soit une production laitière moyenne et un taux protéique élevé (6415 kg/vache et 31,3 g/kg)(groupe 3). Les faibles performances du groupe 1 sont associées à une série de facteurs décrivant tous le niveau d'alimentation, en particulier énergétique, des animaux : malgré un apport important en moyenne de concentré au cours de l'hiver la qualité de la ration reste insuffisante, en raison de la valeur énergétique limitée de la ration de base (0,79 UFL/kg MS contre 0,86 dans les groupes 2 et 3,  $P < 0,01$ ), composée dans la majorité des cas de foin et d'ensilage d'herbe. Ceci se traduit par un faible état corporel des animaux (1,7 contre 2,0,  $P < 0,05$ ) et un taux protéique très faible en fin

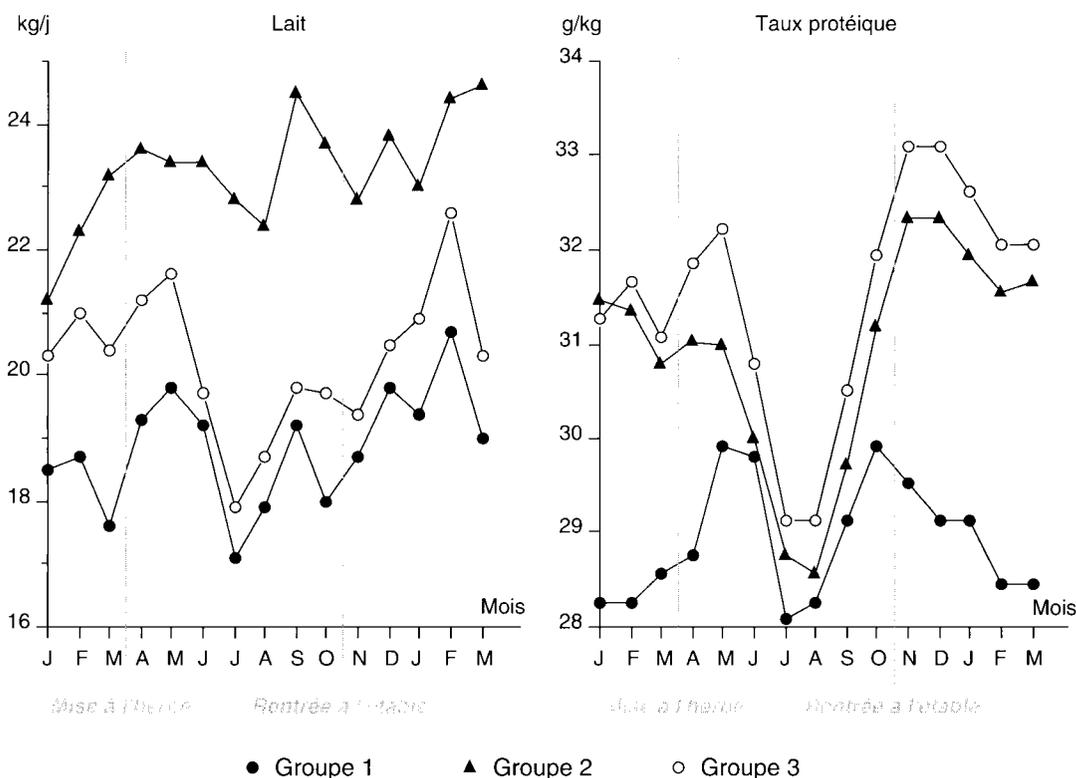


Figure 4. Evolution de la production et de la composition du lait dans les groupes d'exploitations 1, 2 et 3 (valeurs corrigées des effets de la saison et du stade de lactation).

d'hiver, où l'écart avec les groupes 2 et 3 dépasse 3 g/kg (figure 4). Ce déficit hivernal n'est pas rattrapé durant l'été, au contraire, en raison d'une exploitation du pâturage peu maîtrisée (faible pression de pâturage, pas ou peu de fourrage complémentaire en été). Cette sous-alimentation énergétique se retrouve chez les génisses, et conduit, dans ces exploita-

tions, à un format des animaux le plus faible de la population (197 cm de tour thoracique contre 205 dans les groupes 2 et 3,  $P < 0,01$ ), malgré un âge au premier vêlage élevé (32 mois). Ces exploitations présentent par ailleurs des vêlages un peu plus étalés que les autres. Le prix de leur lait est inférieur de 15 centimes à celui des groupes 2 et 3.

Tableau 3. Principales caractéristiques des différents groupes d'exploitations.

Groupe	1	2	3	4	5
Nombre d'exploitations	11	10	10	10	10
Altitude	880	627	657	679	672
SAU (ha)	52	46	47	46	41
Nombre de vaches	36	35	45	38	36
N° lactation moyen	3,3	2,7	3,3	2,9	3,2
Lait (kg/vache/an)	5811	7595	6415	6483	7025
Taux butyreux (g/kg)	38,1	41,1	41,4	41,7	40,0
Taux protéique (g/kg)	28,7	30,6	31,3	30,6	29,9
Index lait (kg)	118	294	52	271	322
Index taux butyreux (g/kg)	-0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
Index taux protéique (g/kg)	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,1
% lait d'hiver	48	52	51	51	50
% vêlages d'automne (1)	35	47	46	44	39
Ration hivernale :					
Type de fourrages EM+F	1	1	6	4	1
EM+EH	1	6	2	4	5
EH+F	8	0	0	0	2
Valeur UFL de la ration de base	0,79	0,86	0,86	0,85	0,84
Distribution simultanée des fourrages et des concentrés	1	4	3	3	5
Type de concentré normal	6	5	4	1	6
riche en énergie	5	5	6	9	4
Quantité distribuée pour 25 kg lait	6,7	5,4	4,9	4,9	5,6
Ration estivale :					
Apport de fourrages conservés					
- à la mise à l'herbe	4	4	8	7	3
- durant l'été	1	7	4	3	5
Pâturage jour et nuit l'été	10	3	8	7	7
Pression de pâturage (2)	faible	élevée	moyenne	élevée	moyenne
Alimentation des génisses	faible	excellente	bonne	bonne	bonne
Age au premier vêlage (mois)	33	29	32	30	29
Vaches taries isolées et complémentées	0	5	1	2	4
Préparation au vêlage	8	10	5	7	9
Note d'état	1,7	2,0	1,9	1,7	1,8
Tour thoracique (cm)	197	205	203	203	202
% chutes de lait (3)	26	18	27	24	21
Prix moyen du lait (F/l)	1,80	1,94	1,95	1,93	1,89

(1) Pourcentage de vêlages durant les mois de septembre, octobre et novembre.

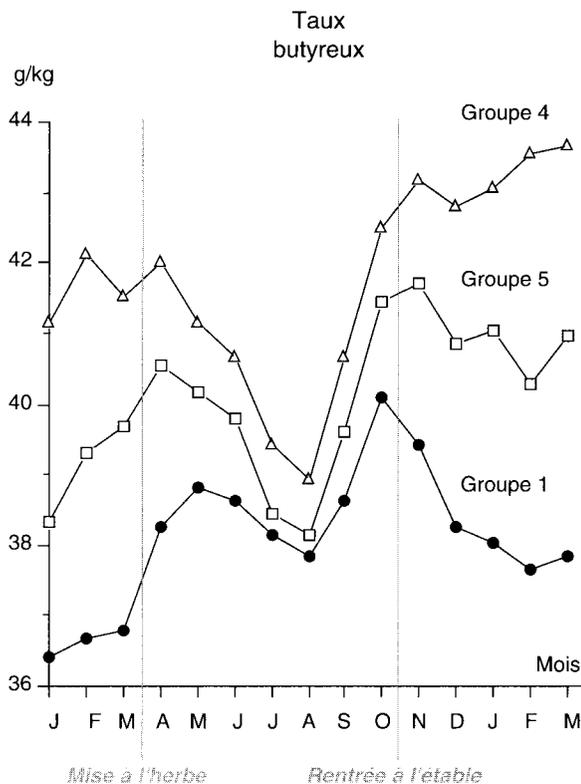
(2) cf annexe

(3) Source Contrôle Laitier

L'écart de production laitière entre les groupes 2 et 3 (1180 kg/vache/an), qui est plus marqué en été qu'en hiver (figure 4), s'explique en partie par un niveau génétique supérieur dans le groupe 2 (de 250 kg,  $P < 0,05$ ). Par ailleurs, si l'ensilage de maïs est dominant dans la ration hivernale de ces 2 groupes, il est plutôt associé à de l'ensilage d'herbe dans le groupe 2 et à du foin dans le groupe 3. D'autre part, la conduite du pâturage est différente dans ces 2 groupes : si la mise à l'herbe semble mieux maîtrisée dans le groupe 3 (par un apport important d'ensilage de maïs), permettant à la fois une augmentation de production et de taux protéique, la période de pâturage estivale l'est beaucoup plus dans le groupe 2 où les animaux disposent pratiquement toujours de fourrage d'appoint en quantités importantes, distribué en stabulation. L'écart de production, corrigé des effets du stade de lactation et de la saison, atteint ainsi 4 kg/j au cours des mois de juin à septembre, entre les exploitations du groupe 2 et celles des groupes 1 et 3 (figure 4). Enfin, les exploitations du groupe 2 présentent une proportion de chutes de production laitière individuelles beaucoup moins importante que celles du groupe 3 (18 contre 27 %,  $P < 0,05$ ). Cette différence peut être liée à une fréquence de troubles sanitaires, en particulier de mammites, plus élevée dans les exploitations de ce dernier groupe, comme le suggère leur plus fort niveau de contamination cellulaire : 4 exploitations de ce groupe présentent des taux de cellules au niveau du tank supérieurs à 300 000/ml 8 fois ou plus dans l'année, contre 2 dans le groupe 2. Les génisses des exploitations du groupe 2 sont très bien alimentées, ce qui conduit à un format élevé des animaux, malgré un vêlage plus précoce.

Les variations inter-exploitations du taux butyreux sont bien expliquées par les axes 1 et 6 de l'analyse factorielle qui opposent les exploitations du groupe 1 (faible taux butyreux), déjà décrites précédemment, à celles des groupes 4 (taux butyreux élevé, 41,7 g/kg) et 5 (taux butyreux moyen, 40,0 g/kg) (tableau 3). L'écart de taux butyreux entre ces 3 groupes a lieu essentiellement l'hiver (figure 5) où il atteint respectivement 5 et 2,5 g/kg entre les groupes 1 et 4 et entre les groupes 4 et 5. Ces 3 groupes se différencient surtout par le type de ration de base hivernale, mais aussi par les méthodes de distribution des aliments. Le groupe 1 est caractérisé par l'absence d'ensilage de maïs dans la ration. La distribution des fourrages et des concentrés y est la plupart du temps séparée, et les fourrages sont apportés en 1 ou 2 repas. Les 2 autres groupes se différencient essentiellement par une présence un peu plus importante de foin dans la ration dans le groupe 4, l'utilisation quasi systématique dans cette classe de concentrés riches en énergie (maïs pas enrichis en matières grasses), et une distribution des fourrages et des concentrés plus souvent simultanée, permettant vraisemblablement une meilleure répartition de l'ingestion. Il n'y a pas de différence importante dans le prix du lait des exploitations de ces 2 classes.

Figure 5. Evolution de la production et de la composition du lait dans les groupes d'exploitations 1, 4 et 5 (valeurs corrigées des effets de la saison et du stade de lactation).



#### 4 / Discussion et conclusion

Cette étude confirme l'importance prépondérante des facteurs du milieu dans les variations des performances de production d'une exploitation à l'autre, comme cela a déjà été mis en évidence sur des effectifs semblables (Agabriel *et al* 1990 et 1993), ou à plus grande échelle (Regaldo 1992). Elle confirme par ailleurs l'importance des facteurs liés à l'alimentation énergétique sur la production laitière et le taux protéique (Coulon et Rémond 1991), et montre que la conduite de l'alimentation doit se concevoir non seulement à court terme sur les animaux en production, mais aussi à moyen et long terme sur les vaches tarées et les génisses. La relation significative entre la note d'état corporel ou le format des animaux, qui peuvent être considérés comme de bons indicateurs du passé alimentaire énergétique de l'animal, et le taux protéique en est une illustration, comme Balch et Argenteria Gutierrez (1992) l'ont récemment montré. L'absence de liaison significative entre le taux protéique et la production de lait en ce qui concerne l'effet troupeau, qui a déjà été mise en évidence à grande échelle par Régaldo (1992), est étonnante. Ces 2 variables répondent en effet dans le même sens aux variations du niveau des apports énergétiques (Coulon et Rémond 1991) qui est le principal facteur de variation du taux protéique du lait. Elle peut s'expliquer par le rôle d'autres facteurs dont

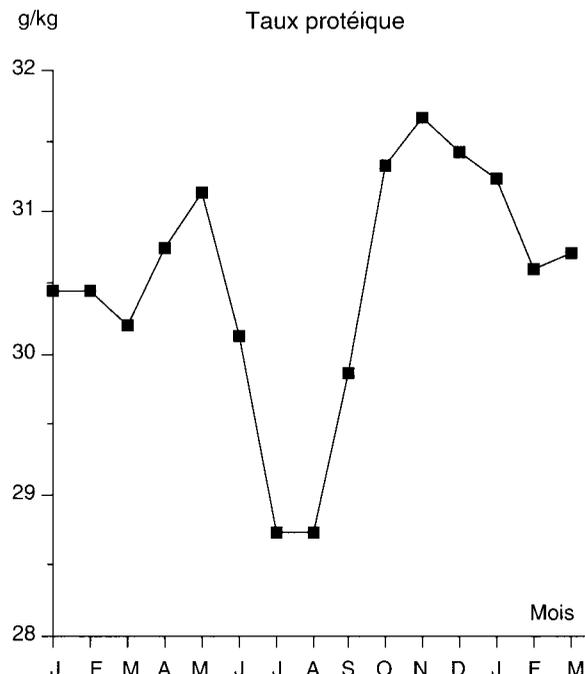
les effets ne sont pas identiques sur les 2 variables. Il s'agit 1) de l'état des réserves corporelles des animaux, qui peuvent permettre de limiter les baisses de production suite à une sous-alimentation, mais pas les baisses de taux protéique (Larnicol 1984), 2) du niveau des apports azotés, dont les variations ont des effets plus importants sur la production laitière que sur le taux protéique (Rémond 1985), 3) de la nature de la ration de base : à même apport énergétique, les rations à base de foin conduisent à des productions laitières inférieures mais à des taux protéiques légèrement supérieurs à ceux des rations à base d'ensilage d'herbe (Rémond 1978, Coulon et Garel 1993). Ceci est dû à un partage de l'énergie ingérée plus favorable à la sécrétion lactée qu'à la constitution des réserves corporelles avec les rations à base d'ensilage d'herbe (Vérité et Journet 1971). Les quantités de matières produites sont donc plus diluées et les taux observés un peu plus faibles. Les différences de rations de base observée entre les groupes 2 et 3 vont dans le sens de cette hypothèse, 4) de facteurs non alimentaires, en particulier sanitaires, pouvant entraîner des chutes importantes de production laitière sans modification du taux protéique, comme cela est observé lors de mammites (Miller 1983, Serieys 1989). Ces chutes de production sont ainsi beaucoup plus fréquentes dans le groupe 3 qui présente par ailleurs les taux protéiques les plus élevés. Il est donc possible que dans ces exploitations, la production laitière soit en partie au moins limitée par des facteurs autres qu'alimentaires (sanitaires notamment).

Les variations du taux butyreux d'une exploitation à l'autre sont essentiellement expliquées par l'effet propre favorable bien connu des rations à base d'ensilage de maïs (Hoden *et al* 1985), en raison des orientations des fermentations dans le rumen auxquelles elles conduisent (production importante d'acide acétique et d'acide butyrique, précurseurs des matières grasses à chaîne courte et moyenne du lait) et de leur apport en acides gras longs (Vérité et Journet 1971). Il est possible que le mode d'apport de la ration (distribution séparée des concentrés et des fourrages) et la forme de présentation de ses différents constituants, dont on connaît les effets sur les variations du taux butyreux (Gibson 1984, Grant *et al* 1990), aient accentué les écarts de taux butyreux entre le groupe 1 et les groupes 4 et 5 et soient en partie responsables des écarts entre ces 2 derniers groupes, bien que les données d'enquête disponibles ne permettent qu'en partie de le confirmer. La détermination des facteurs qui permettent d'expliquer les variations du taux butyreux en exploitations nécessite en fait une connaissance très précise des pratiques de conduite alimentaire des animaux. Contrairement au taux protéique, la seule prise en compte du niveau d'apport nutritif de la ration ne permet pas d'expliquer les variations du taux butyreux (Journet et Chilliard 1985, Coulon et Rémond 1991). Si la nature de la ration, et dans une moindre mesure les modalités de sa distribution peuvent être déterminées par enquête, la proportion des concentrés dans cette ration, qui est

un facteur de variation prépondérant du taux butyreux (Journet et Chilliard 1985) reste difficile à appréhender en l'absence de mesures des quantités ingérées par les animaux.

En pratique, cette étude montre qu'il reste une marge de progrès importante en matière de taux protéique dans les exploitations enquêtées. Si dans les meilleures exploitations (groupes 2 et 3), ces taux sont voisins de ceux observés dans d'autres régions, avec le même type d'animaux et de ration (Seegers *et al* 1989), ils restent faibles dans la plupart des autres. Ceci peut s'expliquer d'une part par une alimentation énergétique insuffisante qui se traduit par un état corporel faible, même lorsque les animaux présentent un format élevé (dans les exploitations du groupe 2 les formats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus en station expérimentale, sur des vaches de type Holstein dans des conditions de milieu comparables (D'hour *et al* non publié)), et d'autre part par un déficit estival important. Une fois pris en compte les effets du stade de lactation et de la saison, toutes les exploitations présentent une chute considérable du taux protéique en été (figure 6). Cette chute n'est pas observée dans d'autres régions (Agabriel *et al* 1990, Coulon 1991), ni dans des situations expérimentales où la conduite du pâturage estival est bien maîtrisée (Coulon *et al* 1990).

Figure 6. Evolution du taux protéique du lait au cours de l'année dans les 63 exploitations enquêtées (valeurs corrigées des effets de la saison et du stade de lactation).



#### Remerciements

Nous tenons à remercier les éleveurs qui ont participé à l'enquête et les étudiants de l'ENITA de Clermont-Fd qui l'ont réalisée ainsi que J.C. Demaison pour sa participation à la fourniture des informations et J.P. Fénelon pour les conseils qu'il nous a apportés dans la démarche de traitement des données.

## 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.
- Agabriel C., Coulon J.B., Marty G., Bonaïti B., 1993. Facteurs de variations de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production. *INRA Prod. Anim.*, 6, 53-60.
- Andrieu J., Demarquilly C., 1987. Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. *Bull. Tech. CRZV Theix INRA*, 70, 61-74.
- Balch C.C., Argamenteria Gutierrez A., 1992. A note on the potential conjoint use of body condition scores and milk protein concentrations as an index of dietary adequacy in lactating dairy cows. *Anim. Prod.*, 55, 437-439.
- 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.
- 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., 1990. Niveaux et répartition des apports de concentrés hivernaux chez la vache laitière. Résultats sur primipares. *INRA Prod. Anim.*, 3, 319-328.
- Coulon J.B., 1991. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. Réflexions à partir de résultats d'enquêtes. *INRA Prod. Anim.*, 4, 303-309.
- 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.
- Coulon J. B., Rémond B., 1991. Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. *INRA Prod. Anim.*, 4, 49-56.
- Coulon J.B., Garel J.P., 1993. Effet de la nature de la ration de base sur la production et la composition du lait de vache. A paraître.
- Gibson J.P., 1984. The effect of frequency of feeding on milk production of dairy cattle : an analysis of published results. *Anim. Prod.*, 38, 181-189.
- Grant R.J., Colenbrander V.F., Albright J.L., 1990. Effect of particule size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 73, 3158-3164.
- 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.
- 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.
- 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.
- Larnicol S., 1984. Etat d'engraissement des vaches laitières à la mise-bas : effet sur quelques paramètres zootechniques selon le niveau d'alimentation en début de lactation. Thèse ENSA Montpellier.
- Miller R.H., Emanuelsson U., Persson E., Brolund L., Philipsson J., Funke H., 1983. Relationships of milk somatic cell counts to daily milk yield and composition. *Acta Agric. Scand.*, 33, 209-223.
- Regaldo D., 1992. Effets troupeaux et niveaux génétiques des cheptels : évolution des cheptels aux niveaux racial, départemental et individuel depuis 1980. Compte-rendu n° 1936. Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, Paris.
- Rémond B., 1978. Influence de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait. In "La vache laitière", 231-244. Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.
- Seeghers 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.
- Seeghers J., Journot V., 1992. Effets "troupeau" : cohérence avec les indicateurs technico-économiques de l'appui technique OPTILAIT. Relations avec les indicateurs techniques de la maîtrise du taux protéique en élevage. Etude 92042. Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, Paris.
- Serieys F., 1989. Les mammites des vaches laitières. Collection "Le point sur", ITEB, 149 rue de Bercy, Paris.
- Sutton, J. D. 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, 2801-2814.
- Vérité R., Journet M., 1971. Utilisation comparée de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe pour la production laitière. *Ann. Zootech.*, 20, 153-167.

## Summary

---

*Changes in milk production and fat and protein contents in farms : effects of genetic and environmental factors.*

Sixty three dairy farms with Holstein cows were included in a detailed survey involving the herd and the farm structure, quality of forage (including chemical composition), winter and summer feeding practices, and genetic characteristics (breeding value and herd effect for milk production, fat content and protein content). Body condition of the cows were recorded. These data permitted analysis of the variations of milk production and composition among farms. The mean annual production varied from 5040 to 8330 kg, fat content from 36.5 to 42.9 g/kg and protein content from 28.1 to 32.4 g/kg. Such variability results essentially from environmental factors. The

lowest milk and protein content occurred in farms where feeding factors were the least favourable (insufficient roughage energy value for heifers and then for producing cows) and where body condition of the cows the lowest. The absence of correlation between milk production herd effect and protein content herd effect is discussed. In particular, the role of the type of roughage, body condition of the animals and their health is envisaged. Variations in fat content were mainly related to the type of ration (presence or absence of maize silage).

AGABRIEL Claire, COULON J.B., MARTY Geneviève, BONAÏTI B., BONIFACE P., 1993. Effets respectifs de la génétique et du milieu sur la production et la composition du lait de vache. Etude en exploitations. INRA Prod. Anim., 6 (3), 213 - 223.

## Annexe

Caractéristiques du troupeau			Caractéristiques du lait (variables actives)						
Critères	Classes	Effectif							
Nombre moyen de vaches présentes (avr.91 à mar.92)	14,6-33,1	20	Pourcentage de vaches inséminées en race pure	0-59	21	Taux butyreux moyen (avr.91 à mar.92) g/l	37,7-40,6	16	
	33,2-41,5	22		60-80	22		40,7-41,8	16	
	41,6-71,2	21		81-100	20		41,9-42,5	14	
Numéro moyen de lactation (bilan GTTL 1991)	2,1-2,8	22	Age moyen au premier vêlage (mois) (Bilan GTTL 1991)	24-29	23	Variabilité du taux butyreux (avr.91 à mar.92) g/l	1,11-1,70	17	
	2,9-3,2	21		30-32	18			1,71-2,04	14
	3,3-4,5	20		33-39	22			2,05-2,32	15
Pourcentage de vêlages d'hiver (Déc. 90 à fév. 91)	10,5-25,0	18	Pourcentage de lait d'hiver (Bilan GTTL 1991)	41-48	20	Taux protéique moyen (avr.91 à mar.92) g/l	29,0-30,4	15	
	25,1-30,0	13		49-51	21			30,5-31,2	14
	30,1-35,9	16		52-56	22			31,3-31,8	15
Pourcentage de vêlages d'automne (Sept. 91 à nov. 91)	16,1-34,1	15	Pourcentage de chutes anormales (Bilan GTTL 1991)	10-19	22	Variabilité du taux protéique (avr.91 à mar.92) g/l	0,46-1,03	18	
	34,2-42,5	17		20-27	20			1,04-1,20	13
	42,6-46,4	14	Note de santé	28-39	21			1,21-1,47	15
Intervalle moyen entre deux vêlages (j) (Bilan GTTL 1991)	46,5-62,2	13		7-13	18		1,48-2,20	17	
	360-375	21	Note d'état corporel (février 92)	1,00-1,62	20	Lait annuel moyen (l/VL) (avr.91 à mar.92)	5040-5681	15	
	376-385	21		1,63-1,96	22			5682-6510	16
386-445	21		1,97-2,54	21			6511-7116	16	
Durée moyenne de tarissement (j) (Bilan GTTL 1991)	63-71	23	Tour thoracique (cm) (février 92)	191-200	22	Variabilité du lait individuel (avr.91 à mar.92) (l)	114-234	16	
	72-76	20		201-203	20			235-322	16
	77-97	20		204-213	21			323-370	16
							371-466	15	

Alimentation des vaches laitières			Alimentation des génisses et des vaches tarées				
Ration de base hivernale	EM>50% + foin	18	Pression pâturage (chargement de la surface de base et rapidité de rotation sur cette surface au printemps)	durée moyenne (60 à 80j) et % surface de base fort (> 33)	13		
	EM>50% + EH (+foin)	13		durée moyenne (60 à 80j) et % surface de base faible (≤ 33)	16		
	EM<50% + foin (+EH)	8		durée courte (< 60j) et % surface de base faible (≤ 33)	10		
	EH (40 à 70%) + foin (30 à 60%)	16		Mode de pâturage des vaches laitières (juillet août)	jour ou nuit, tournant ou au fil	18	
	succession EH/EM ou EM/EH	8			24 h au fil	32	
Valeur énergétique de la ration de base distribuée en février 92 (UFL)	0,72-0,81	19	24 h tournant ou libre		13		
	0,82-0,84	15	Complémentation au pâturage (juin à août)		pâturage seul ≥ 2mois	23	
	0,85-0,87	13			pâturage dominant (ensilage d'herbe ou foin <5 kg MS)	19	
	0,88-0,92	16		pâturage + fourrage >5 kg MS (EM, EH, EM+EH, EM+foin)	21		
	Tri des parties altérées de l'ensilage	oui		46	Quantité annuelle de concentré distribuée par vache présente (kg)(avr.91 à mar.92)	615-1108	22
non		17		1109-1352		20	
Fréquence de distribution et sollicitations		non en partie	18	Alimentation des génisses et des vaches tarées		Alimentation des génisses et des vaches tarées	
						de 1 à 3 ans au pâturage	40
						pas de complément	7
	complément un été et rien l'autre été				16		
	complément les deux étés ou un seul si vêlage à 24 mois				16		
≤ 2 repas et sollicitations rares (≤3 fois/j)	11	Ration hivernale des génisses de 1 à 3 ans	fouillage seul les deux hivers	19			
≤ 2 repas et sollicitations fréquentes (4 ou 5 fois/j)	19		fouillage + concentré le 1er hiver et fourrage seul le 2ème	13			
≤ 2 repas et sollicitations très fréquentes (> 5 fois/j)	12		fouillage et concentré les deux hivers	31			
≥ 3 repas et sollicitations rares (≤3 fois/j)	13		Type de fourrage distribué aux génisses pendant l'hiver	foin ou paille ou spathes à l'ammoniac	21		
≥ 3 repas et sollicitations fréquentes (> 3fois/j)	8			ensilage d'herbe + foin ou regain	24		
Distribution simultanée des fourrages et du concentré	non	25		ensilage de maïs + ensilage d'herbe et/ou foin	17		
	en partie	20		Ration de base hivernale des vaches tarées	identique à celle des vaches en production	18	
	oui	18			différente de celle des vaches en production	45	
	Quantité maximale de concentré distribué en hiver (kg)	5,0-8,0	22		Durée de distribution du concentré avant vêlage pendant l'hiver (jours)	0-15	20
		8,1-9,5	17			16-20	29
9,6-14,0		22	21-30			14	
Quantité minimale de concentré distribué en hiver (kg)		0-1,2	17	Pâturage et complément fourrager des vaches tarées		Conduites avec les vaches en production avec le même complément	12
		1,3-2,2	23			Conduites avec les vaches en production sans complément	13
	2,3-4,0	23	Isolées et complémentées		10		
	Nature du concentré hivernal	riche en énergie (UFL ≥1) mais pas en azote (PDIE < 200g)	33		Isolées sans complément	28	
		riche en azote (PDIE ≥ 200g) et en énergie (UFL > 0.95)	8		Conduite particulière avant vêlage pendant l'été	aucune	11
autre (0.95<UFL<1 et PDIE<200g) ou (UFL≤0.95 et PDIE>200g)		22	réintroduction dans le troupeau sans concentré	3			
Apport particulier après vêlage pendant l'hiver		aucun	41	réintroduction dans le troupeau avec concentré		49	
		complément azoté, additif ou autre	22				
	Quantité de concentré distribué pendant l'hiver pour une production de 25 kg de lait	1,7-4,5	22				
		4,6-6,0	24				
		6,1-10,0	17				
Quantité de concentré distribué pendant l'été pour une production de 25 kg de lait		0,1-4,0	24				
		4,1-5,2	18				
	5,3-8,0	21					
	Complément fourrager à la mise à l'herbe	≤ 3 kg de M.S. d'ensilage d'herbe (+ foin) par jour	9				
		> 3 kg de M.S. d'ensilage d'herbe (+ foin) par jour	9				
≤ 5 kg de M.S. d'ensilage de maïs		14					
> 5 kg de M.S. d'ensilage de maïs		22					
foin ou rien		9					
Fraîcheur de l'herbe (durée de pâturage de la surface de base et proportion de la surface de base dans la surface pâturée)	durée longue (≥ 80j) et surface de base fort (> 33)	17					
	durée longue (≥ 80j) et surface de base faible (≤ 33)	7					