

## Effet du niveau des apports énergétiques sur les performances de vaches laitières de race Holstein ou Tarentaise \*

JB Coulon, P D'Hour

avec la collaboration technique d'E Albaret et M Jaworek

*INRA, laboratoire Adaptation des herbivores aux milieux, Theix,  
63122 Saint-Genès-Champanelle, France*

(Reçu le 4 octobre 1993; accepté le 14 mars 1994)

**Résumé** — Cent vingt vaches laitières de race Holstein (25 primipares et 27 multipares) ou Tarentaise (26 primipares et 42 multipares) ayant vêlé en moyenne le 15 décembre ont été utilisées. Au cours de l'hiver, tous les animaux ont reçu une ration composée de foin de prairie naturelle offert à volonté. À partir du 10<sup>e</sup> jour de lactation et pendant au moins 16 sem, 2 lots ont été constitués à l'intérieur de chaque race et de chaque numéro de lactation (primipares et multipares). Les animaux des lots H recevaient des quantités de concentrés de manière à couvrir au mieux leurs besoins. Ceux des lots B recevaient, pour un même niveau de production attendue, 3 kg/j de concentré de moins que ceux du lot H. La composition du concentré a été adaptée de manière à ce que les apports azotés soient non limitants et voisins dans les lots H et B. En moyenne au cours des 16 premières semaines de lactation, les vaches Holstein primipares ont produit la même quantité de lait dans les lots B et H, alors que les primipares Tarentaises du lot B ont réduit leur production de près de 3 kg/j. Les pertes maximales de masse corporelle observées chez les primipares des lots B et H ont été respectivement de 68 et 52 kg chez les Holstein, et de 34 et 33 kg chez les Tarentaises. La sous-alimentation énergétique a eu le même effet sur les multipares des 2 races (respectivement -1 et -1,2 kg/j de lait entre les lots B et H chez les Holstein et les Tarentaises). Dans tous les lots B, cette sous-alimentation a entraîné une diminution significative du taux protéique du lait (de 0,8 à 1,9 g/kg), mais n'a pas modifié le taux butyreux. Elle n'a pas entraîné de modifications importantes des performances de reproduction des animaux. Les primipares et les multipares Tarentaises ont présenté des performances de reproduction meilleures que les animaux Holstein. Les raisons de ces différences de réponse de la production laitière à la sous-alimentation énergétique selon les races sont discutées, en particulier en liaison avec la mobilisation des réserves corporelles et la répartition de l'énergie ingérée entre la production de lait et la croissance.

**vache laitière / apports énergétiques / race**

\* Étude réalisée dans le cadre du Programme de recherche-développement des Alpes du Nord

**Summary — The effect of level of concentrate feeding on the performance of dairy cows of different breeds.** We have studied 120 Holstein (25 primiparous and 27 multiparous) or Tarentaise (26 primiparous and 42 multiparous) dairy cows with a mean calving date of 15 December. In winter, the animals were fed a diet of native meadow hay ad libitum. From the 10th lactation day and for at least 16 weeks, the animals were divided into 2 groups within each breed and each lactation number (primiparous and multiparous). Animals of the H groups received concentrate amounts to best cover their requirements. Animals of the B groups received 3 kg/d less concentrate than those of the H groups, for the same projected level of production. Concentrate composition was adapted so as to ensure that nitrogen supplementation was not limiting and was similar in both groups H and B. During the first 16 lactation weeks, Holstein cows of groups B and H produced the same mean quantity of milk (23.2 and 23.5 kg/d, respectively), whereas the primiparous Tarentaise cows of the B group reduced their milk yield by almost 3 kg/d (9.9 versus 12.8 kg/d in the H group). The maximal body mass losses observed in primiparous cows of groups B and H were 68 and 52 kg in Holstein, and 34 and 33 kg in Tarentaise cows. Energy undernutrition had the same effect on milk production of multiparous cows of both breeds (−1.0 and −1.2 kg/d milk between groups B and H in Holstein and Tarentaise cows, respectively). In all B groups, undernutrition induced a significant decrease in milk protein content (from 0.8 to 1.9 g/kg), but did not affect fat content. It did not induce any marked modifications of the animals' reproduction performance. Tarentaise primiparous and multiparous cows exhibited better reproduction performance than Holstein cows. The reasons for such differences in the cows' response to energy undernutrition are discussed, in particular in relation to body reserves mobilization and energy partition between milk production and growth.

*dairy cow / energy supply / breed*

## INTRODUCTION

La conduite des vaches laitières pose des problèmes particuliers lorsque des conditions de milieux difficiles (climat, relief) imposent des contraintes spécifiques (longueur de la période de stabulation hivernale, culture du maïs impossible, maîtrise délicate du pâturage, variations brutales des conditions climatiques...) qui rendent plus difficile l'obtention de quantités importantes de fourrages de bonne qualité. Cette situation se rencontre en particulier dans les zones herbagères de montagne (Liénard et Baud, 1981). Il est alors nécessaire de distribuer aux animaux les plus forts producteurs des quantités élevées d'aliments concentrés pour satisfaire leurs besoins. La question se pose alors de savoir i) s'il est toujours souhaitable d'extérioriser le potentiel des animaux et, si non, de quelle manière limiter les apports d'aliments concentrés sans conséquences majeures sur les performances des animaux (Coulon *et al*, 1987 ; Coulon *et al*, 1994); et ii) quel type de

vaches est le plus apte à supporter une sous-alimentation, ou s'il existe une interaction entre le type d'animal et le niveau d'alimentation (Syrstad, 1976) ? La plupart des travaux entrepris sur ce thème ont été réalisés soit avec des vaches d'une même race et de potentiels de production différents (Johnson, 1979, 1983 ; Holmes *et al*, 1983 ; Gordon, 1984) ou issus de taureaux différents (Mao et Burnside, 1969 ; Richardson *et al*, 1971 ; Lamb *et al*, 1977 ; Danell, 1982), soit avec des vaches de race différente mais présentant un niveau de production assez voisin (Dickinson *et al*, 1969 ; Korver, 1982 ; Oldenbroek, 1984 ; Coulon *et al*, 1985, 1994 ; Gruber *et al*, 1991). Dans ces conditions, rares sont les travaux qui ont mis en évidence une interaction génotype/alimentation importante (Mao et Burnside, 1969 ; Oldenbroek, 1986 ; Gruber *et al*, 1991). L'objectif de cette étude (conduite au cours de 3 années consécutives) a été de comparer la réaction de vaches laitières de 2 types génétiques différents (Holstein et Tarentaise) à une réduction prolongée

des apports énergétiques (16 premières semaines de lactation), et de préciser l'ampleur de cette réaction selon qu'elles étaient primipares ou adultes.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Animaux et alimentation*

Au cours de 3 années expérimentales, 25 vaches Holstein (HO) et 26 vaches Tarentaises (TA) ont été utilisées. Leur âge au premier vêlage était de 36 mois en moyenne. Elles ont réalisé 120 lactations expérimentales (51 de rang 1, 46 de rang 2 et 23 de rang 3). Les lactations de rang 2 et 3 n'ont pas été retenues dans l'expérience lorsque leur date de vêlage ne permettait pas une durée de lactation hivernale supérieure à 14 sem. Au total, 52 lactations de vaches Holstein et 68 de vaches Tarentaises ont été utilisées. Les vaches étaient conduites en stabulation entravée faiblement paillée et traitées en salle de traite 2 fois par jour. Leurs dates de vêlage s'évaluaient entre le 20 octobre et le 6 février (15 décembre en moyenne). Leur potentiel de production, estimé par la production moyenne des 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> jours de lactation (production initiale) était respectivement de 18,9 et 10,6 kg/j pour les primipares Holstein et Tarentaises et de 23,6 et 15,2 kg/j pour les multipares (tableau II).

Au cours de l'hiver (début novembre à début mai), tous les animaux ont reçu une ration de base composée de 2 foins de prairie naturelle (tableau I), l'un distribué à volonté et l'autre à raison de 4 kg/j. En fin de gestation et durant les 10 premiers j de lactation, toutes les vaches ont été complémentées de la même manière, selon les recommandations INRA (1988), en utilisant un aliment concentré équilibré (107 PDI/UFL, tableau I). Au cours des 3 dernières semaines de gestation, elles ont reçu entre 21 et 56 kg de concentré, selon leur production attendue. En début de lactation, les apports de concentré sont passés de 2 à 3 kg/j le premier jour à 4 à 7 kg/j le 10<sup>e</sup> jour, selon le niveau de production maximale attendue. À partir du 11<sup>e</sup> jour de lactation, *intra* race et *intra* numéro de lactation (primipares ou multipares), 2 lots ont été constitués sur la base de la date de vêlage, de la production initiale et du poids vif. Pour les vaches multipares, nous avons aussi tenu compte du traitement expérimental de lactation antérieure, et du numéro de lactation (2 ou 3). Les animaux des lots hauts (H) ont alors continué d'être complémentés suivant les recommandations INRA, de manière à couvrir leurs besoins énergétiques et azotés le plus rapidement possible. Les animaux des lots bas (B) ont reçu, pour un même niveau de production attendue, 3 kg/j de concentré de moins que ceux des lots H. De manière à assurer une couverture des besoins azotés identique à celle des lots H, 1 kg/j de tourteau tanné a été offert, en substitution à 1 kg de concentré de production, aux animaux des lots B (0,5 kg lorsque la production attendue deve-

**Tableau I.** Composition chimique et valeur nutritive des aliments.

	Foin à volonté	Foin limité	Concentré de production <sup>a</sup>	Tourteau tanné <sup>b</sup>
MS (%)	86	86	88	88
MO (g/kg MS)	919	912	928	914
MAT (g/kg MS)	98	104	190	457
CB (g/kg MS)	315	324	93	80
DMO (%)	59,4	62,7		
UFL (kg MS)	0,69	0,70	1,07	1,12
PDIN (g/kg MS)	61	65	126	397
PDIE (g/kg MS)	74	75	115	374

<sup>a</sup> Composition : 43,5% de céréales, 38% de pulpes de betteraves, 8,5% de tourteau de soja, 2% d'urée et 3% de minéraux. <sup>b</sup> Composition : 60% de soja et 40% de colza.

**Tableau II.** Production laitière et quantités ingérées des vaches primipares (valeurs ajustées par l'analyse de variance).

	Race				ETR <sup>f</sup>	Signification <sup>g</sup>		
	Holstein		Tarentaise			Race	Lot	Race*lot
	B	H	B	H				
Effectif	14	11	11	15				
Poids au vêlage (kg)	579	577	520	513	35	**	NS	NS
État au vêlage	2,1	1,9	2,6	2,5	0,4	**	NS	NS
Production initiale	18,8	19,0	9,9	11,2	2,6	**	NS	NS
<i>Semaines 3 à 16</i>								
Lait (kg/j)	23,2	23,5	9,9	12,8	2,0	**	**	*
Taux butyreux (g/kg)	35,1	36,2	35,0	35,0	2,7	NS	NS	NS
Taux protéique (g/kg)	28,0	28,9	30,1	30,9	1,4	**	*	NS
Fourrages (kg MS/j)	10,5	8,9	10,3	8,7	0,9	NS	**	NS
Concentrés (kg MS/j)	7,1	9,4	2,5	5,2	0,7	**	**	NS
Bilan énergétique (UFL/j)	-0,5	0,0	0,9	0,9	1,0	**	NS	NS
Bilan azoté (g PDI/j)	406	325	380	291	114	NS	*	NS
Perte maximale de poids vif (kg) <sup>b</sup>	68	52	34	33	18	**	NS	+
Variation d'état <sup>c</sup>	-0,9	-0,5	-0,5	-0,3	0,6	+	+	NS
<i>Lactation totale</i>								
Durée de lactation (j)	314	334	284	296	40	**	+	NS
Lait en 40 sem (kg)	5253	5302	2106	2757	508	**	*	*
Concentrés (kg MS)	1272	1721	411	812	158	**	**	NS
Taux butyreux (g/kg)	37,1	37,8	36,5	36,3	3,0	NS	NS	NS
Taux protéique (g/kg)	30,6	31,0	32,3	32,6	1,5	**	NS	NS
Gain de poids l'été (kg) <sup>d</sup>	58	55	75	64	22	+	NS	NS
Variation de poids (kg) <sup>e</sup>	31	43	61	58	28	*	NS	NS
Variation d'état <sup>e</sup>	-0,6	-0,8	-0,1	-0,4	0,6	*	NS	NS

<sup>a</sup> H : couverture normale des besoins énergétiques des animaux ; B : -3 kg de concentré/j/animal ; <sup>b</sup> corrigée pour tenir compte des variations de contenu digestif (Chilliard *et al*, 1987) ; <sup>c</sup> entre le vêlage et la 12<sup>e</sup> semaine de lactation ; <sup>d</sup> au cours des 16 premières semaines de pâturage ; <sup>e</sup> entre 2 vêlages successifs (chez les 46 vaches ayant réalisé 2 lactations) ; <sup>f</sup> écart type résiduel ; <sup>g</sup> \*\* :  $P < 0,01$ , \* :  $P < 0,05$ , + :  $P < 0,1$ .

nait inférieure à 15 kg/j). Les quantités d'aliments concentrés distribuées ont été prédéterminées pour tout l'hiver : la production maximale potentielle a été estimée à partir de la production initiale selon les équations proposées par Favardin *et al* (1987), et nous avons retenu une persistance mensuelle de la production au-delà de la 12<sup>e</sup> semaine de 0,94 pour les primipares et de 0,90

pour les multipares (Favardin *et al*, 1987). Les quantités de concentrés maximales offertes ont été atteintes entre la 3<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> semaine de lactation et ont été maintenues jusqu'en 10<sup>e</sup> à 13<sup>e</sup> semaine selon le potentiel des animaux. L'aliment concentré a été distribué à l'auge, en 2 repas par jour, sauf lorsque les quantités offertes dépassaient 8 kg/j (3 repas). Par ailleurs, les

vaches ont reçu 100 g/j (lots H) ou 200 g/j (lots B) d'un complément minéral (10 P et 14 Ca) enrichi en oligo-éléments.

Les inséminations ont été réalisées sur chaleurs naturelles. Après 3 retours en chaleur successifs et en cas de non apparition en œstrus après 12 sem de lactation, une induction hormonale de l'œstrus a été réalisée selon la méthode décrite par De Fontaubert (1988), suivie d'une insémination 12 j plus tard.

## Mesures

La quantité de lait produite a été pesée individuellement à chaque traite et les taux butyreux et protéique ont été déterminés 2 fois par semaine (sur 4 traites consécutives). Les quantités ingérées d'aliments concentrés ont été mesurées individuellement tous les jours et celles de fourrages 2 j successifs par semaine durant l'hiver. La teneur en MS du foin a été déterminée une fois par semaine. La composition chimique des foins (2 par hiver) a été déterminée à la récolte puis une à 3 fois au cours de l'hiver. Leur digestibilité (matière sèche et matière organique) a été mesurée en utilisant des lots de 6 moutons durant les périodes de mesures de 6 j après une période d'adaptation de 15 j. Les caractéristiques des aliments utilisés sont précisées au tableau I. Les vaches ont été pesées toutes les 2 sem. Une double pesée a été réalisée au vêlage (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> jour de lactation), en 6<sup>e</sup> et en 12<sup>e</sup> semaine de lactation et juste avant la mise à l'herbe. À ces mêmes périodes, une notation individuelle de l'état corporel des animaux a été réalisée par manèvement (note de 0 à 5).

## Analyse des données

Les bilans énergétiques et azotés ont été calculés par différence entre les apports et les besoins correspondants, selon les recommandations INRA (Andrieu et Demarquilly, 1987 ; Vérité *et al*, 1987 ; Vermorel *et al*, 1987). Les apports énergétiques ont été corrigés pour tenir compte de l'accroissement de plus en plus faible de la valeur énergétique des rations avec l'augmentation du niveau alimentaire et de la proportion d'aliment concentré dans la ration (Vermorel *et al*, 1987).

Les pertes de masse corporelle ont été calculées en corrigeant les poids vifs pour tenir

compte des variations de contenu digestif entraînées par celles des quantités ingérées entre les différents pesées, d'après les recommandations de Chilliard *et al* (1987).

Les données ont été traitées par analyse de variance (procédure GLM, SAS 1987), séparément pour les primipares et les multipares. Les facteurs introduits ont été l'année, la race, le lot, ainsi que l'interaction race\*lot. Les interactions année\*race et année\*lot n'ayant jamais été significatives, elles n'ont pas été introduites dans le modèle d'analyse final. La production laitière initiale a été introduite comme covariable dans toutes les analyses.

## RÉSULTATS

Au cours des 3 années expérimentales, les principaux troubles sanitaires observés ont été les mammites qui ont concerné respectivement 40 et 25% des vaches Holstein et Tarentaises. Quatre vaches (3 Holstein et 1 Tarentaise) ont été éliminées de l'essai suite à des mammites sévères survenues en début de lactation.

## Quantités ingérées

Chez les vaches primipares des lots bas, les quantités ingérées de fourrages sont passées en moyenne de 8,6 kg MS/j en 1<sup>re</sup> semaine de lactation à 11,4 kg MS/j en 16<sup>e</sup> semaine (+ 33%) ; chez celles des lots haut, au contraire, ces quantités ont peu varié au cours de l'hiver, au moins jusqu'en 12<sup>e</sup> semaine de lactation (+ 0,5 kg MS/j en moyenne). À l'échelle de l'hiver, les quantités ingérées de fourrages n'ont pas été différentes d'une race à l'autre (respectivement 9,7 et 9,5 kg MS/j pour les Holstein et les Tarentaises, tableau II), mais les quantités de MS ingérées totales ont été largement supérieures chez les Holstein, même lorsqu'elles sont rapportées au poids vif des animaux (3,10 kg MS/j/100 kg de poids vif contre 2,58 chez les vaches Tarentaises).

Chez les multipares, les quantités ingérées de fourrages ont été maximales beaucoup plus rapidement, en particulier dans le lot HOH, où elles n'ont pratiquement pas augmenté en début de lactation et ont chuté au cours du 3<sup>e</sup> mois de lactation suite à des diminutions importantes chez quelques individus. À l'échelle de l'hiver, les quantités de fourrages ingérés ont été supérieures de près de 2 kg MS/j ( $P < 0,01$ , tableau III) chez les Holstein comparativement aux Tarentaises (respectivement 12,8 et 10,9 kg MS/j), et les quantités ingérées totales rapportées au poids vif ont été supérieures d'environ 30% chez les Holstein (3,37 kg MS/j/100 kg de poids vif contre 2,53 chez les Tarentaises). Les taux de substitution fourrage/concentré (calculés sur les 16 premières sem de lactation) ont donc été plus élevés chez les primipares (respectivement 0,69 et 0,61 pour les Holstein et les Tarentaises) que chez les multipares (respectivement 0,53 et 0,27). Le concentré a représenté selon les lots, en moyenne, de 17 (lot TAB) à 44% de la MS de la ration totale (lot HOH), mais sa proportion a dépassé 50% dans 13 lactations des lots H.

### **Production laitière**

Au cours de la période expérimentale, les primipares Tarentaises du lot B ont produit 2,9 kg/j de moins que celles du lot H ( $P < 0,01$ ), soit respectivement 9,9 et 12,8 kg/j, alors que la production des 2 lots de primipares Holstein est restée identique tout au long de l'hiver (respectivement 23,2 et 23,5 kg/j pour les lots B et H) (tableau II et fig 1). En revanche, les vaches multipares des 2 races ont réagi significativement ( $P < 0,05$ ), et de la même manière à la sous-alimentation énergétique (respectivement -1,0 et -1,2 kg/j pour les Holstein et les Tarentaises). Chez les Holstein, cet écart s'est accentué au cours de l'hiver pour atteindre, en fin de période, 2,2 kg/j ( $P < 0,01$ ). Chez

les vaches du lot HOH, la production laitière moyenne présente un léger affaissement entre les semaines 6 et 11 (fig 1), lié à une diminution rapide de la production chez certaines vaches recevant des quantités très importantes de concentré à cette période, sans que des troubles sanitaires, en particulier d'origine métabolique, aient été diagnostiqués.

Le taux butyreux du lait n'a pas été différent d'un lot à l'autre, quel que soit le rang de lactation des animaux. Le taux protéique du lait produit dans les lots H a toujours été supérieur à celui produit dans les lots B (de 0,8 à 1,9 g/kg selon les races et le rang de lactation,  $P < 0,01$ ). L'écart a atteint 3 g/kg en fin de période hivernale chez les multipares Holstein (fig 1).

Il n'y a pas eu de différence significative de taux butyreux entre les 2 races (respectivement 35,1 et 35,2 g/kg en moyenne sur l'hiver pour les vaches Holstein et Tarentaises). En revanche, le taux protéique a été supérieur de plus de 2 g/kg chez les vaches Tarentaises (30,0 g/kg contre 27,8 g/kg,  $P < 0,01$ ).

À la mise à l'herbe, l'écart de production laitière et de taux protéique entre les lots a diminué rapidement, en raison de l'effet d'autant plus favorable de la mise à l'herbe que les animaux étaient plus sous-alimentés au cours de la période hivernale. En moyenne pour les 2 races, un mois après la mise à l'herbe, la production laitière et le taux protéique des lots H et B ont ainsi été pratiquement identiques (respectivement 16,8 et 16,5 kg/j pour la production laitière et 32,8 et 32,7 g/kg pour le taux protéique). La réponse de production laitière et de taux protéique à la mise à l'herbe a été voisine dans les 2 races, mais supérieure chez les multipares comparativement aux primipares, en particulier dans les lots B : dans ces lots, l'écart entre l'avant-dernière quinzaine de stabulation et la seconde quinzaine de pâturage a été respectivement de 1,6 et 5,0 kg/j de lait et 1,9 et 3,0 g/kg de

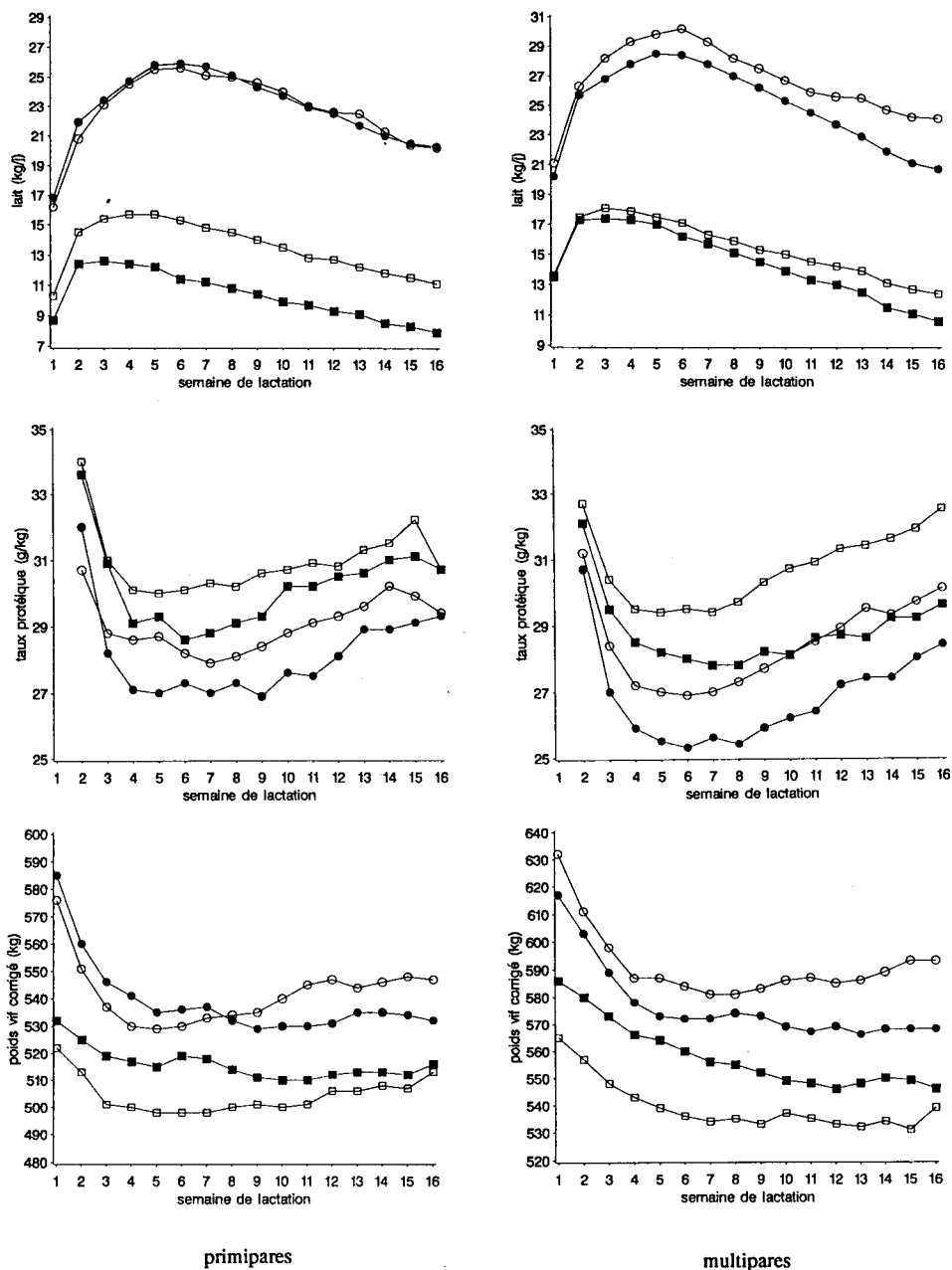


Fig 1. Évolution de la production laitière, du poids vif corrigé et du taux protéique du lait chez les vaches des différents lots. ●—● : HOB ; ○—○ : HOH ; ■—■ : TAB ; □—□ : TAH.

**Tableau III.** Production laitière et quantités ingérées des vaches multipares (valeurs ajustées par l'analyse de variance).

	Race				ETR <sup>e</sup>	Signification <sup>f</sup>		
	Holstein		Tarentaise			Race	Lot	Race*Lot
	B	H	B	H				
Effectif	13	14	21	21				
Poids au vêlage (kg)	616	632	585	565	39	**	NS	NS
État au vêlage	1,4	1,5	2,2	2,2	0,5	**	NS	NS
Production initiale (kg/j)	23,2	23,9	15,3	15,1	2,5	**	NS	NS
<i>Semaines 3 à 16</i>								
Lait (kg/j)	25,6	26,6	14,3	15,5	1,7	**	*	NS
Taux butyreux (g/kg)	34,0	35,1	34,9	36,1	2,9	NS	NS	NS
Taux protéique (g/kg)	26,4	28,1	28,6	30,5	1,7	**	**	NS
Fourrages (kg MS/j)	13,5	12,1	11,2	10,5	1,5	**	**	NS
Concentrés (kg MS/j)	6,9	9,6	2,4	5,0	0,4	**	**	NS
Bilan énergétique (UFL/j)	0,2	0,8	-0,8	0,5	1,2	*	**	NS
Bilan azotée (g PDI/j)	429	361	187	204	114	**	NS	NS
Perte maximale de poids vif (kg) <sup>a</sup>	63	58	48	40	15	**	+	NS
Variation d'état <sup>b</sup>	-0,5	-0,2	-0,8	-0,3	0,5	NS	**	NS
<i>Lactation totale</i>								
Durée de lactation (j)	299	289	273	284	31	*	NS	NS
Lait en 40 sem (kg)	5758	5696	2978	3317	455	**	NS	+
Concentrés (kg MS)	1093	1450	357	706	86	**	**	NS
Taux butyreux (g/kg)	36,2	36,9	35,7	37,6	2,8	NS	+	NS
Taux protéique (g/kg)	29,1	30,2	31,0	32,3	1,6	**	**	NS
Gain de poids l'été (kg) <sup>c</sup>	67	64	85	68	23	+	+	NS
Variation de poids (kg) <sup>d</sup>	20	28	26	24	26	NS	NS	NS
Variation d'état <sup>d</sup>	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	NS	NS	NS

<sup>a</sup> Corrigée pour tenir compte des variations de contenu digestif (Chilliard *et al*, 1987) ; <sup>b</sup> entre le vêlage et la 12<sup>e</sup> semaine de lactation ; <sup>c</sup> au cours des 16 premières semaines de pâturage ; <sup>d</sup> entre 2 vêlages successifs (chez les 59 vaches ayant démarré une lactation ultérieure) ; <sup>e</sup> écart type résiduel ; <sup>f</sup> \*\* :  $P < 0,01$ , \* :  $P < 0,05$ , + :  $P < 0,1$ .

taux protéique, pour les primipares et les multipares.

Au total, à l'échelle de la lactation (40 sem), la production des Holstein primipares a été identique dans les 2 lots alors que celle des Tarentaises a été supérieure

de 650 kg (soit + 30%) dans le lot H ( $P < 0,01$ ). Chez les vaches multipares, la production des Holstein a été voisine dans les 2 lots, en raison d'un meilleur maintien de la production en fin de période de pâturage dans le lot B. Les Tarentaises du lot H ont en



revanche produit 399 kg de lait en plus que celles du lot B, soit +11% ( $P < 0,05$ ).

À l'échelle de l'hiver ou de la lactation totale, l'efficacité apparente du concentré a donc été nulle chez les Holstein primipares et égale à 1,1 kg de lait par kg de concentré supplémentaire chez les Tarentaises primipares, soit 1,6 kg de lait/UFL supplémentaire. Chez les multipares, cette efficacité a été plus faible et voisine, au cours de la période hivernale, chez les 2 races (en moyenne 0,4 kg de lait par kg MS de concentré supplémentaire et 0,5 kg de lait par UFL supplémentaire).

### **Poids vif et état corporel**

En moyenne, les vaches Tarentaises ont eu un poids au vêlage inférieur de 61 kg (chez les primipares) et de 49 kg (chez les multipares) à celui des Holstein. Au cours de la période hivernale, les variations de poids vif corrigées ont été plus importantes chez les Holstein que chez les Tarentaises ( $P < 0,01$ ), quel que soit l'âge des animaux. Chez les primipares, alors que les Tarentaises des 2 lots ont présenté des pertes de poids vif corrigées identiques et faibles (33 kg), les Holstein du lot B ont perdu plus de poids que celles du lot H (68 contre 52 kg,  $P < 0,05$ ) (tableau II). Chez ces dernières, les pertes de poids ont été en moyenne limitées aux 5 premières sem de lactation, alors que dans le lot HOB elles se sont poursuivies jusqu'à la fin de la période hivernale (fig 1). Les vaches multipares Holstein ont présenté des pertes maximales de poids identiques à celles des primipares, alors que celles observées chez les multipares Tarentaises étaient supérieures de 10 kg à celles des primipares. Dans les 2 races, les vaches multipares des lots B ont perdu un peu plus de poids que celles des lots H (5 à 8 kg,  $P < 0,1$ ). Ces pertes se sont poursuivies plus longtemps que chez les primipares (jusqu'en 8<sup>e</sup> à 16<sup>e</sup> semaine de lactation selon les lots) (fig 1).

Les vaches Holstein ont démarré leur lactation en moins bon état corporel que les Tarentaises. L'écart a été particulièrement important chez les multipares (respectivement 1,5 et 2,2 de note d'état,  $P < 0,01$ ). Au cours de l'hiver, les vaches ont perdu entre 0,2 (multipares du lot HOH) et 0,9 point d'état corporel (primipares du lot HOB) (tableaux II et III). L'écart de perte d'état entre les lots bas et haut a été le plus élevé chez les multipares Tarentaises et le plus faible chez les primipares Tarentaises.

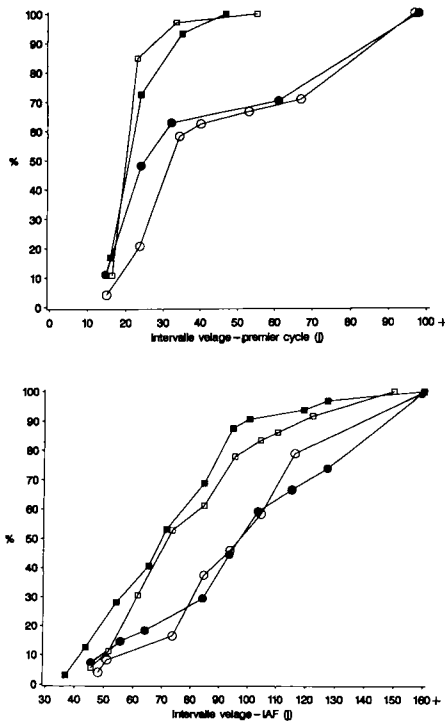
Au cours des 4 premiers mois de pâturage, en première lactation comme au cours des lactations suivantes, les Tarentaises ont repris en moyenne 13 kg de poids vif de plus que les Holstein ( $P < 0,1$ ). Cet écart a été plus important chez les animaux des lots B (18 kg), en raison de la reprise de poids supérieure des vaches Tarentaises lorsqu'elles étaient sous-alimentées au cours de l'hiver (de respectivement + 11 et + 17 kg chez les primipares et les multipares, comparativement aux lots Haut correspondants). Chez les Holstein, la reprise de poids au cours de la période de pâturage n'a pas été différente d'un lot à l'autre (tableaux II et III).

Chez les primipares ayant démarré une seconde lactation expérimentale ( $n = 46$ ), l'augmentation de poids vif entre le premier et le deuxième vêlage a été plus importante, et les pertes d'état corporel plus faibles, chez les Tarentaises que chez les Holstein (respectivement + 59 kg contre + 36 kg,  $P < 0,05$  et - 0,3 point d'état contre - 0,7,  $P < 0,05$ ). Chez les multipares les évolutions de poids vif d'une lactation à l'autre n'ont pas été significativement différentes d'un lot à l'autre (tableau III).

### **Reproduction**

En moyenne, les vaches Tarentaises ont présenté un intervalle vêlage-insémination

fécondante inférieur d'environ 30 j ( $P < 0,01$ ) à celui des vaches Holstein, aussi bien chez les primipares que chez les multipares. Cet écart est dû à la fois à un retour en chaleur plus précoce (toutes les vaches Tarentaises ont été cyclées dans les 2 mois suivant le vêlage contre seulement 67% des Holstein,  $P < 0,01$ ) (fig 2), et à une meilleure réussite à la première insémination, en particulier chez les vaches primipares (65% de réussite à la première insémination chez les primipares Tarentaises contre 32% chez les Holstein). *Intra* race les paramètres de la reproduction n'ont pas été significativement différents d'un lot à l'autre (fig 2).



**Fig 2.** Fréquence cumulée des intervalles vèlage-premier cycle et vèlage-insémination fécondante, selon la race et le niveau d'apport énergétique. ●-● : HOB ; ○-○ : HOH ; ■-■ : TAB ; □-□ : TAH.

## DISCUSSION

Cette étude a mis en évidence une réponse significativement différente des vaches Holstein et Tarentaises à la sous-alimentation énergétique, mais en première lactation uniquement. Dans des essais semblables à celui-ci, Oldenbroek (1984) et Coulon *et al* (1994) n'ont pas observé d'interaction significative sur la production laitière entre des vaches de différents génotypes et le niveau de sous-alimentation, vraisemblablement en raison de l'écart plus faible de potentiel de production entre les différents types de vaches utilisés. Avec des vaches multipares plus fortes productrices soumises à une sous-alimentation énergétique, Oldenbroek (1979) a observé une diminution de la production laitière plus forte chez des vaches Pie-Rouge ou Frisonnes que chez des vaches Holstein, contrairement à Korver (1982). Dans notre essai, contrairement aux Tarentaises, les vaches primipares Holstein sous-alimentées n'ont pas diminué leur production laitière. Ce résultat confirme les observations d'Oldenbroek (1979) et Macleod *et al* (1983), réalisées sur des vaches Holstein d'un niveau de production semblable ou supérieur, mais sont contraires aux résultats de la plupart des travaux comparables (Krohn *et al*, 1983 ; Phipps *et al*, 1987 ; Coulon *et al*, 1994). Cet absence d'écart de production entre les 2 lots est peut-être due en partie à une extériorisation incomplète du potentiel de production des vaches Holstein du lot Haut, puisque l'écart entre la production initiale et la production maximale hebdomadaire de ces animaux a été en moyenne de 7,6 kg, soit une valeur sensiblement inférieure à celle observée chez des animaux comparables bien alimentés (Faverdin *et al*, 1987). Les vaches primipares Holstein ont fait face à une sous-alimentation énergétique relativement sévère en augmentant fortement leurs quantités ingérées de fourrages. Le taux de substitution observé dans

cette étude est largement supérieur à celui obtenu dans des situations comparables chez des animaux recevant des rations à base d'ensilage d'herbe (Gordon, 1984 ; Phipps *et al*, 1987 ; Coulon *et al*, 1987, 1994) ou de foin (Korver, 1982 ; Coulon *et al*, 1985), ce qui a conduit à réduire sensiblement l'écart d'apport d'énergie entre les lots. Cette ingestion élevée a vraisemblablement été favorisée par l'alimentation libérale en azote (Journet et Rémond, 1981 ; Journet *et al*, 1983). D'autre part les vaches primipares Holstein ont fortement mobilisé leurs réserves corporelles, de manière voisine ou légèrement supérieure à ce qui est observé chez des primipares fortement sous-alimentés en début de lactation (Strikland et Broster, 1981 ; Oldenbroek, 1984 ; Phipps *et al*, 1987 ; Crosse et Murphy, 1990) mais de manière sensiblement supérieure à ce que l'on considère tolérable pour ne pas avoir de conséquences importantes sur la production laitière chez des vaches primipares de ce potentiel de production (Faverdin *et al*, 1987), d'autant plus que ces vaches étaient peu grasses au vêlage. Cette mobilisation a été beaucoup moins forte chez les vaches Tarentaises, ce qui va dans le sens des observations faites *intra* race et montrant la liaison entre la capacité de mobilisation et le potentiel de production (Hoden et Journet, 1971 ; Chilliard *et al*, 1984 ; Grainger *et al*, 1985 ; Faverdin *et al*, 1987).

Cette mobilisation importante des réserves chez les primipares Holstein durant l'hiver n'a pas été suivie d'une reprise de poids et d'état suffisante au cours de la période de pâturage, de sorte que ces animaux sont arrivés au vêlage suivant dans un état corporel inférieur à celui des vaches Tarentaises. Pour les 2 races, l'augmentation de poids vif entre la première et la deuxième lactation ne s'est pas accompagnée d'un gain d'état corporel, au contraire. Ce résultat pourrait être à relier à l'orientation préférentielle des nutriments vers la

protéinogénèse chez les primipares après le pic de lactation (Vérité et Chilliard, 1992).

Au cours des lactations ultérieures, cette différence de réponse à la sous-alimentation énergétique entre les 2 races disparaît, en raison du faible état corporel des vaches Holstein qui ne leur a pas permis de mobiliser leurs réserves à un niveau supérieur à la première lactation. Ce faible état corporel a cependant conduit les vaches Holstein des 2 lots à accroître leur capacité d'ingestion (Bines *et al*, 1969 ; Garnsworthy, 1988), et celles recevant un faible niveau d'apport de concentré à augmenter leur ingestion de fourrage, plus fortement que les vaches Tarentaises recevant le même traitement. Celles-ci ont réagi à la sous-alimentation essentiellement par le biais d'une mobilisation de leurs réserves. Chez les vaches multipares des 2 races, la réponse de la production laitière au niveau d'apport énergétique (0,5 kg de lait/UFL) a été relativement faible, inférieure à celle couramment observée compte tenu de la durée et de l'intensité de la sous-alimentation (*cf* revue de Coulon et Rémond, 1991). Chez les animaux Holstein, la plus forte diminution de la production laitière des multipares comparativement aux primipares suite à la sous-alimentation énergétique confirme les résultats de Strikland et Broster (1981), Crosse et Murphy (1990) et Coulon et Rémond (1991).

Cette étude a par ailleurs confirmé, quels que soient la race et le numéro de lactation, l'effet dépressif de la sous-alimentation énergétique sur le taux protéique du lait (Spörndly, 1989 ; Coulon et Rémond, 1991). Cette diminution a été un peu plus accentuée chez les vaches multipares comparativement aux vaches primipares, ce qui va dans le sens des résultats antérieurs, au moins en début de lactation (Coulon et Rémond, 1991).

Bien qu'en matière de reproduction il soit toujours délicat de tirer des conclusions à partir de résultats obtenus sur de faibles

effectifs, cette étude n'a pas mis en évidence d'effet important de la sous-alimentation énergétique en début de lactation sur les paramètres de la reproduction, contrairement à ce que nous avons observé, dans un essai comparable réalisé avec des vaches Holstein ou Montbéliardes, mais avec des effectifs d'animaux supérieurs (Coulon *et al*, 1994). Les vaches des lots Hauts ont pourtant été en bilan énergétique positif plus rapidement après le vêlage que celles des lots Bas, ce qui est un facteur favorable à la reprise de la cyclicité et la réussite à l'insémination (Lamond, 1970 ; Nebel et McGilliard, 1993). Cependant, de nombreux auteurs s'accordent pour dire qu'il est très difficile, sauf dans des conditions extrêmes (Broster, 1973 ; Grainger et Wilhelms, 1979), de mettre en évidence un effet net du niveau des apports énergétiques en début de lactation sur les résultats de reproduction (Johnson, 1977 ; Ostergaard, 1979 ; Gordon, 1984 ; Reeves *et al*, 1986). Cette étude a en revanche mis en évidence de meilleures performances de reproduction chez les vaches Tarentaises. Ce résultat est vraisemblablement dû en partie, au moins chez les primipares, à la faible mobilisation des réserves corporelles chez ces animaux en début de lactation, même chez ceux qui étaient sous-alimentés (Heinonen *et al*, 1988 ; Staples et Thatcher, 1990 ; Nebel et McGilliard, 1993), et à leur meilleur état corporel au vêlage, comme cela a été mis en évidence chez les vaches allaitantes (Agabriel *et al*, 1992). D'autres facteurs doivent cependant intervenir ; les résultats concernant les relations entre niveau de production, mobilisation corporelle et reproduction sont en effet contradictoires (Broster, 1973 ; Ducker et Morant, 1984 ; Raheja *et al*, 1989 ; Harrison *et al*, 1990 ; Villa-Godoy *et al*, 1990), et chez les vaches multipares de cet essai le bilan énergétique au cours de l'hiver n'a pas été très différent entre les 2 races, bien que les vaches Holstein aient perdu plus de poids que les vaches Tarentaises.

En définitive cette étude a mis en évidence des différences sensibles entre les 2 types d'animaux utilisés. Il est vraisemblable que la diminution beaucoup moins importante de la production laitière chez les primipares Holstein lorsqu'elles sont sous-alimentées comparativement aux primipares Tarentaises, ainsi que leur croissance inférieure au pâturage reflètent une précocité supérieure des animaux de type Holstein comparativement aux autres races laitières. Cette précocité a bien été mise en évidence sur le plan sexuel (Troccon et Petit, 1989 ; D'Hour *et al*, 1995). Les animaux de type Holstein semblent d'autre part atteindre plus rapidement leur potentiel de production et leur format adulte (D'Hour *et al*, 1995) que les vaches Tarentaises. Ces dernières ont encore en première lactation un besoin prioritaire de croissance corporelle, et le partage des nutriments énergétiques se fait en faveur du développement corporel plutôt que de la production de lait. Dans cette étude, chez les 31 vaches ayant réalisé 3 lactations successives, la production initiale observée en première lactation a représenté respectivement 78% et 73% de celle observée en 3<sup>e</sup> lactation, chez les Holstein et les Tarentaises, et le poids vif au premier vêlage respectivement 93% et 88% de celui atteint au 3<sup>e</sup> vêlage. Ces résultats confirment les observations faites en France à partir des données du Contrôle laitier (D Boichard, communication personnelle).

Enfin, cette étude a confirmé que l'alimentation de vaches laitières d'un potentiel relativement élevé (7 000 kg de potentiel chez les adultes) dans des zones de montagne avec des fourrages traditionnels (foins séchés au champ) et des vêlages de début d'hiver était délicate. Compte tenu de la valeur des fourrages disponibles, les quantités de concentrés nécessaires pour les vaches les plus fortes productrices (7 000 kg/lactation) vêlant début décembre ont atteint environ 1,8 t/an dans le lot Haut, et il

est difficile pour ces animaux, en l'absence de complémentation au pâturage, de reprendre le poids et l'état perdu au cours de la période hivernale.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions E Albaret, M Jaworek et leur équipe du domaine INRA de Marcenat pour la réalisation des mesures et le soin aux animaux.

## RÉFÉRENCES

- Agabriel J, Grenet N, Petit M (1992) État corporel et intervalle entre vêlage chez la vache allaitante. Bilan de deux années d'enquêtes en exploitation. *INRA Prod Anim* 5, 355-369
- Andrieu J, Demarquilly C (1987) Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 61-74
- Bines JA, Suzuki S, Balch CC (1969) The quantitative significance of long-term regulation of food intake in the cow. *Br J Nutr* 23, 695-704
- Broster WH (1973) Live-weight change and fertility in the lactating dairy cow: a review. *Vet Rec* 93, 417-420
- Chilliard Y, Rémond B, Agabriel J, Robelin J, Vérité R (1987) Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 117-132
- Chilliard Y, Robelin J, Rémond B (1984) *In vivo* estimation of body lipid mobilization and reconstitution in dairy cattle. *Can J Anim Sci* 64 (suppl), 236-237
- Crosse S, Murphy J (1990) The effect of energy concentration in complete diets on the performance of heifers and mature cows. *Anim Prod* 51, 15-21
- Coulon JB, Gareil JP, Hoden A, Journet M, Liénard G (1985) Production laitière en zone de montagne : effets pluriannuels du type de ration hivernale et du niveau de complémentation. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 61, 31-48
- Coulon JB, Petit M, D'Hour P, Gareil JP (1987) The effect of level and distribution of concentrate supplementation on performance of dairy cows. *Livest Prod Sci* 17, 117-133
- Coulon JB, 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. *Livest Prod Sci* 29, 31-47
- Coulon JB, D'Hour P, Gareil JP, Petit M (1994) Level and pattern of winter concentrate allocation in dairy cows: results of first lactation cows. *Anim Prod* (sous presse)
- Danell B (1982) Interaction between genotype and environment in sire evaluation for milk production. *Acta Agric Scand* 32, 33-46
- De Fontaubert Y (1988) La maîtrise des cycles sexuels chez les bovins. Le point en 1988. *INRA Prod Anim* 1, 179-185
- D'Hour P, Coulon JB, Petit M, Gareil JP (1995) Caractérisation zootechnique de génisses de race Holstein, Montbéliarde et Tarentaise *Ann Zootech* (à paraître)
- Dickinson FN, McDaniel BT, McDowell RE (1969) Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *J Dairy Sci* 52, 489-497
- Ducker MJ, Morant SV (1984) Observations on the relationships between the nutrition, milk yield, live weight and reproductive performance of dairy cows. *Anim Prod* 38, 9-14
- Faverdin P, Hoden A, Coulon JB (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 133-152
- Garnsworthy PC (1988) The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In : *Nutrition and Lactation in Dairy Cow* (PC Garnsworthy, ed), Butterworths, London, 157-170
- Gordon FJ (1984) The effect of level of concentrate supplementation given with grass silage during the winter on the total lactation performance of autumn-calving dairy cows. *J Agric Sci* 102, 163-179
- Grainger C, Wilhelms G (1979) Effect of duration and pattern of underfeeding in early lactation on milk production and reproduction of dairy cows. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 19, 395-401
- Grainger C, Davey AWF, Holmes CW (1985) Performance of Friesian cows with high and low breeding indexes. *Anim Prod* 40, 379-388
- Gruber L, Steinwender R, Krimberger K, Sölkner J (1991) Roughage intake of Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian cows fed rations with 0, 25 and 50% concentrates. *Livest Prod Sci* 27, 123-136
- Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conley AJ, Freeman AE (1990) Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J Dairy Sci* 73, 2749-2758
- Heinonen K, Ettala E, Alanko M (1988) Effect of postpartum live weight loss on reproductive functions in dairy cows. *Acta Vet Scand* 29, 249-254
- Hoden A, Journet M (1971) Le rationnement des vaches laitières au début de la lactation. *Bull Techn CRZV Theix, INRA* 5, 5-28
- Holmes CW, Brookes IM, Ngarmasak S, Mitchell KD, Davey AWF (1983) Effects of level of feeding at different times of the year on milk production by Friesian cows of high or low genetic merit. *Proc NZ Soc Anim Prod* 43, 13-16

- INRA (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (R Jarrige, ed). INRA publications
- Johnson CL (1977) The effect of the plane and pattern of concentrate feeding on milk yield and composition in dairy cows. *J Agric Sci* 88, 79-94
- Johnson CL (1979) The effect of level and frequency of concentrate feeding on the performance of dairy cows of different yield potential. *J Agric Sci* 92, 743-751
- Johnson CL (1983) The effect of level and pattern of feeding on the yield of milk constituents from cows of different yield potential. *J Agric Sci* 101, 717-726
- Journet M, Rémond B (1981) Response of dairy cows to protein level in early lactation. *Livest Prod Sci* 8, 21-35
- Journet M, Favardin P, Rémond B, Vérité R (1983) Niveau et qualité des apports azotés en début de lactation. *Bull Techn CRZV Theix INRA* 51, 7-17
- Korver S (1982) Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Ph D Thesis, Agr Univ, Wageningen
- Krohn CC, Hvelplund T, Andersen PE (1983) The effect on performance of different energy concentrations in complete rations for first lactation cows before and after calving. *Livest Prod Sci* 10, 223-237
- Lamb RC, Walters JL, Anderson MJ, Ploman RD, Mikkelsen CH, Miller RH (1977) Effects of sire and interaction of sire with ration on efficiency of feed utilization by Holsteins. *J Dairy Sci* 60, 1755-1767
- Lamond DR (1970) The influence of undernutrition on reproduction in the cow. *Anim Breed Abstr* 38, 359-372
- Liénard G, Baud G (1981) Les problèmes de la production laitière en montagne. In : *La production laitière française*, INRA Publ, 235-236
- Macleod GK, Grieve DG, McMillan I (1983) Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several ratios of forage to concentrate. *J Dairy Sci* 66, 1668-1674
- Mao IL, Burnside EB (1969) Sire by herd environment interaction for milk production. *J Dairy Sci* 52, 1055-1062
- Nebel RL, McGilliard ML (1993) Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci* 76, 3257-3268
- Oldenbroek JK (1979) Differences in the intake of roughage between cows of three breeds fed two levels of concentrates according to milk yield. *Livest Prod Sci* 6, 147-151
- Oldenbroek JK (1984) Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: performance in first lactation. *Livest Prod Sci* 11, 401-415
- Oldenbroek JK (1986) The performance of Jersey heifers and heifers of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. *Livest Prod Sci* 14, 1-14
- Ostergaard V (1979) Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. *Beret Statens Husdybrugs Fors* 482, 114-123
- Phipps RH, Weller RF, Bines JA (1987) The influence of forage quality and concentrate level on dry matter intake and milk production of British Friesian heifers. *Grass For Sci* 42, 49-58
- Raheja KL, Burnside EB, Schaeffer LR (1989) Relationships between fertility and production in Holstein dairy cattle in different lactation. *J Dairy Sci* 72, 2670-2678
- Reeves A, Thompson W, Hodson RG, Baker RD, Carswell AJP (1986) The effect of level of concentrate supplementation in winter and grazing allowance on the milk production and the financial performance of spring-calving cows. *Anim Prod* 42, 39-51
- Richardson DO, Owen JR, Plowman RD, Miles JT (1971) Importance of sire x ration interactions in production and feed intake traits of dairy cattle. *J Dairy Sci* 54, 1518-1525
- Spörndly E (1989) Effects of diets on milk composition and yield of dairy cows with special emphasis on milk protein content. *Swed J Agric Res* 19, 99-106
- Staples CR, Thatcher WW (1990) Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci* 73, 983-947
- Strickland MJ, Broster WH (1981) The effect of different levels of nutrition at two stage of the lactation on milk production and live-weight change in Friesian cows and heifers. *J Agric Sci* 96, 677-690
- Syrstad O (1976) Interaction between genotype and nutrition in dairy production. A review. *World Rev Anim prod* 12, 33-38
- Trocco JL, Petit M (1989) Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures. *INRA Prod Anim* 2, 55-64
- Vérité R, Michalet-Doreau B, Chapoutot B, Peyraud JL, Poncet C (1987) Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 19-34
- Vérité R, Chilliard Y (1992) Effect of age of dairy cows on body composition changes throughout the lactation cycle as measured with deuterated water. *Ann Zoo-tech* 41, 118
- Vermorel M, Coulon JB, Journet M (1987) Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 9-18
- Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Stanisiewski EP, Fogwell RL (1990) Influence of energy balance and body condition on oestrus cycles in Holstein heifers. *J Dairy Sci* 73, 2759-2765