

J.B. COULON, P. D'HOUR*, et M. PETIT
avec la collaboration technique
de E. ALBARET* et M. JAWOREK*

INRA Laboratoire de la Lactation
et de l'Elevage des Ruminants
Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(*) INRA Domaine expérimental
de Marcenat, 15190 Marcenat

Niveau et répartition des apports de concentré hivernaux chez la vache laitière. Résultats sur primipares. (1)

La production laitière en zone herbagère pose un certain nombre de problèmes spécifiques parmi lesquels le niveau de complémentation de la ration hivernale apparaît très important. Comment réagissent les vaches laitières à différentes stratégies d'apport de concentré au cours de l'hiver et quelles sont leur capacité de récupération au pâturage, de manière à ne pas compromettre leur carrière ultérieure ?

L'alimentation hivernale des vaches laitières fortes productrices pose des problèmes particuliers lorsque les fourrages disponibles sont de qualité moyenne, comme c'est souvent le cas dans les zones herbagères où la culture du maïs n'est pas possible. Dans ces conditions, il est nécessaire de distribuer aux animaux des quantités élevées d'aliment concentré pour satisfaire leurs besoins. Cependant, l'efficacité de ces apports est variable (Steen et Gordon 1980a et b ; Coulon *et al* 1985 ; Reeves *et al* 1986) et dépend en particulier de la qualité du fourrage et du niveau de satisfaction des besoins des animaux (Gordon 1980 ; Gordon 1984 ; Faverdin *et al* 1987). On peut alors se demander :

Résumé

Cent dix neuf vaches laitières en première lactation ayant vêlé en moyenne le 6 décembre ont été utilisées au cours d'un essai conduit 3 années consécutives. Au cours de l'hiver, tous les animaux recevaient une ration de base composée d'ensilage d'herbe (à volonté) et de foin (4 kg/j). Chaque année 5 lots ont été constitués : 3 niveaux d'apport de concentré au cours de la période hivernale (haut H, moyen M et bas B), et pour chacun des 2 niveaux inférieurs, 2 modes de répartition du concentré (classique (C) ou uniforme (U)), ont été comparés (figure 1). Au pâturage toutes les vaches ont été conduites ensemble. Au cours de la période expérimentale (semaine 4 à 18 de lactation), les vaches du lot H et des lots M et B ont ingéré respectivement 6,3, 4,8 et 3,5 kg MS/j de concentré et 9,2, 9,5 et 9,8 kg MS/j de fourrages. Les vaches du lot H ont produit en moyenne plus de lait (1,2 et 3,1 kg/j par rapport à celles des lots MC et BC), lait d'une teneur plus élevée en protéines (+ 0,6 et + 1,7 g/kg). Au cours de l'hiver, les variations de poids vifs ont été respectivement de + 1, - 26 et - 39 kg dans les lots H, M et B. A l'échelle de la lactation (305 j) les écarts de production atteignent 169 et 577 kg pour des écarts d'apport de concentré de 202 et 420 kg MS. Il n'y a pas eu d'effet significatif du mode de répartition du concentré sur les performances des animaux. Ces résultats sont discutés en fonction du niveau de production des animaux, et de leur conséquence sur leur carrière ultérieure.

1) s'il est toujours souhaitable d'extérioriser totalement le potentiel laitier d'animaux forts producteurs,

2) jusqu'où pourrait-on réduire les apports d'aliments concentrés au cours de l'hiver sans trop pénaliser les performances globales des animaux (production laitière, composition du lait, reproduction) ni leur état de santé ou leur longévité,

3) dans cette hypothèse, quelle répartition de cette faible quantité de concentré est la plus appropriée ?

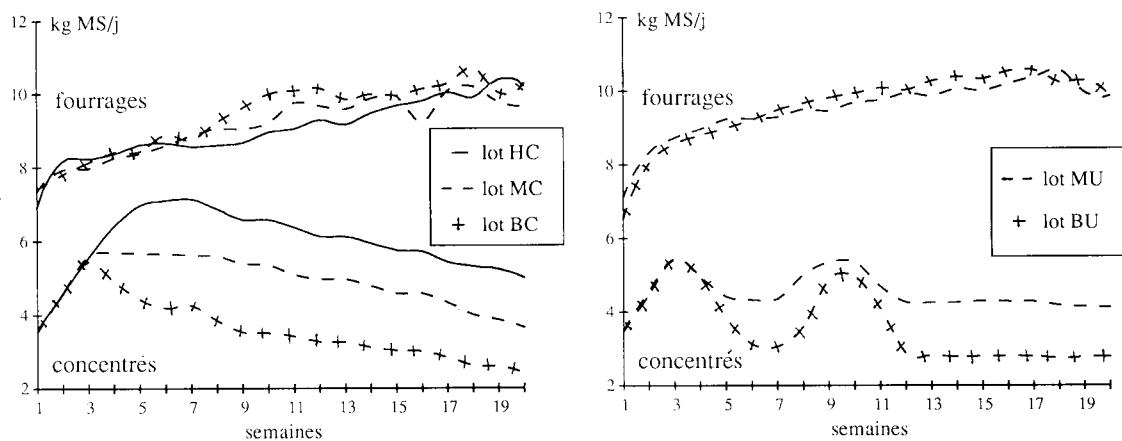
Pour répondre à ces questions, un essai à long terme a été mis en place sur le domaine INRA de Marcenat (1100 m d'altitude) à l'automne 1985. Cinq traitements hivernaux y sont comparés : 3 niveaux d'apport d'aliment concentré et 2 modes de répartition ; une répartition « classique », visant à suivre au mieux l'évolution des besoins des animaux (lots C), et une répartition « uniforme » où les apports d'aliment concentré sont constants durant toute la période hivernale, pour un niveau de production donné (lots U). Les résultats présentés concernent uniquement les vaches primipares (3 années expérimentales).

Conditions expérimentales

Au cours de 3 années expérimentales, 119 vaches laitières primipares (respectivement 35, 40 et 44 au cours des années 1, 2 et 3), pour moitié de race montbéliarde et pour moitié de type pie-noir, ont été utilisées. Elles étaient

(1) Cette étude a fait l'objet d'un soutien financier du Conseil Régional d'Auvergne.

Figure 1. Evolution des quantités ingérées au cours de l'hiver (voir texte pour la signification des lots).



conduites en stabulation entravée faiblement paillée et traites en place 2 fois par jour. Leurs dates de vêlage s'étaient entre le 11 novembre et le 14 janvier (6 décembre en moyenne), et leur âge au vêlage était compris entre 32 et 38 mois (36 mois en moyenne).

Au cours de l'hiver (début novembre à début mai), tous les animaux ont reçu une ration composée de foin (4 kg/j, distribué le soir) et d'ensilage d'herbe de prairie permanente (offert à volonté, le matin). L'ensilage avait été récolté entre le 5 et le 28 juin, en coupe directe à l'aide d'une machine à tambours, réalisant des brins d'une longueur moyenne de 2,8 cm (\pm 2,0 cm), et systématiquement additionné d'un mélange d'acide formique (70 %) et de formol (30 %) à raison de 3,5 l/t de matière verte.

En fin de gestation et durant les 3 premières semaines de lactation, toutes les vaches ont été alimentées de la même manière. Elles ont reçu respectivement 1, 2 et 3 kg/j d'un aliment concentré de type production (tableau 1) au cours des 3 dernières semaines de gestation. En première semaine de lactation, elles ont reçu 4 kg/j de concentré, puis 5,5 et 7 kg/j respectivement en semaine 2 et 3 si leur production initiale était supérieure à 20 kg/j et 5 et 6 kg/j si cette production était inférieure à 20 kg/j.

A la fin de la 3^e semaine de lactation, les vaches ont été réparties en 5 lots sur la base

(intra race) de leur date de vêlage, de leur production et de la composition de leur lait au cours des 3 premières semaines de lactation, et de leur poids vif au vêlage. Trois niveaux d'apports d'aliment concentré, répartis de manière « classique » sur l'hiver ont été comparés (lots HC, MC et BC). De plus, pour les 2 niveaux d'apports inférieurs, une répartition « uniforme » au cours de l'hiver de la même quantité de concentré que celle offerte aux animaux du lot classique correspondant a été testée (lots MU et BU).

Les quantités d'aliment concentré distribuées ont été prédéterminées pour tout l'hiver : la production maximale potentielle (Pmax, kg/j) a été estimée à partir de la production moyenne des 3 premières semaines de lactation (P13, kg/j) à l'aide de l'équation suivante (établie à partir des valeurs observées sur des vaches primipares des troupeaux INRA de Marcenat et d'Orcival, correctement alimentées en début de lactation) :

$$Pmax = 4,18 + 1,02 * P13 \quad N = 63, R = 0,93$$

Pour les 3 lots « classiques », les quantités de concentré ont été modifiées de 1,5 kg par semaine à partir de la 3^e semaine jusqu'à atteindre des quantités maximales qui ont été maintenues jusqu'en 7^e semaine de lactation. Une décroissance de la production laitière de 8 % par mois a ensuite été retenue.

Tableau 1. Composition chimique et valeur nutritive des aliments.

	Ensilage d'herbe	Foin	Concentré de production	Tourteau de soja-colza tanné
Matière sèche (%) (1)	22,3	85,9	87,6	86,0
Matières azotées totales (% MS)	13,9	13,2	18,4	48,6
Cellulose brute (% MS)	26,1	30,3	9,6	7,0
Digestibilité de la matière organique	0,68	0,63		
UFL (/kg MS)	0,78	0,72	1,04	1,06
PDIN (g/kg MS)	84	83	122	355
PDIE (g/kg MS)	66	83	121	358

(1) Corrigée pour tenir compte des pertes à l'étuve.

Quelle que soit l'année, on a considéré que la ration de base couvrait les besoins d'entretien plus ceux nécessaires à la production de 3 (lot HC), 7 (lots MC et MU) ou 11 kg de lait (lots BC et BU). Le concentré a été distribué à raison de 1 kg par tranche de 2,5 kg de lait au dessus de ces niveaux.

Pour les lots « uniformes », les quantités d'aliment concentré distribuées ont été déterminées de la manière suivante : pour chaque tranche de potentiel de production laitière, les quantités totales distribuées aux vaches MC et BC pendant une période expérimentale hivernale s'étendant du 21/12 (vêlage au 1/12) au 6/5 (mise à l'herbe), soit 136 jours, ont été calculées. Les quantités journalières distribuées aux vaches MU et BU dans le schéma « uniforme » ont été établies en divisant cette quantité totale par 136, quelle que soit la date de vêlage des animaux, et réfaction faite de la quantité nécessaire au flushing. En effet, afin de favoriser la reproduction, dans les lots « uniformes », un flushing a été réalisé, au cours des 8^e, 9^e et 10^e semaines de lactation (figure 1). Les quantités de concentré supplémentaire distribuées au cours de cette période ont été de respectivement 1,5 et 2,5 kg/j pour les lots MU et BU.

Au cours des 6 premières semaines de lactation, dans tous les lots, 1 kg/j de tourteau tanné (tableau 1) a été substitué à 1 kg de concentré production. Un complément minéral (10P-14Ca) comprenant des oligo-éléments (tableau 1) a été distribué à tous les animaux, à raison de 250 g/j. L'aliment concentré a été distribué en 2 fois chaque jour, pendant les traitements.

La mise à l'herbe a eu lieu au cours de la première semaine de mai. Au pâturage, tous les animaux ont été conduits de la même façon (système tournant, chargement d'environ 3,5 vaches/ha au printemps et 1,8 vaches/ha à l'automne) et le rationnement en aliment concentré a été identique pour tous les lots. On a considéré que l'herbe couvrait la production de 17 kg de lait au printemps (mai-juin), de 14 kg en été (juillet-août) et de 11 kg à l'automne (septembre-octobre). Les apports d'aliment concentré ont été réduits à partir de la mise à l'herbe à raison de 2 kg par semaine jusqu'à atteindre les niveaux prévus. L'aliment concentré a été distribué en 2 fois par jour comme au cours de la période hivernale.

Les inséminations ont été réalisées sur chaleurs naturelles. Les animaux n'ayant pas été vus en chaleur 12 semaines après le vêlage ont subi une induction d'oestrus (De Fontaubert 1988).

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 (au cours de 4 traitements consécutifs). Les quantités ingérées d'aliment concentré ont été mesurées individuellement tous les jours et celles de fourrages 2 jours successifs par semaine durant l'hiver. La teneur en MS des fourrages a été déterminée une fois par semaine

pour le foin et chaque jour de contrôle pour l'ensilage d'herbe. La teneur en MS de l'ensilage a été corrigée pour tenir compte des pertes de matière sèche volatile lors du séchage à l'étuve (Dulphy et Demarquilly 1981). La composition chimique des foins (2 à 3 foins par hiver) a été déterminée à la récolte, puis une à trois fois durant l'hiver. La composition chimique de l'ensilage d'herbe (5 à 8 silos par hiver) a été déterminée 4 à 5 fois par silo. Les digestibilités de la matière sèche et de la matière organique des différents fourrages utilisés ont été mesurées en utilisant des lots de 6 moutons durant des périodes de mesure de 6 jours après une période préexpérimentale de 15 jours. Les caractéristiques des aliments utilisés sont précisées au tableau 1. Les vaches ont été pesées 2 jours consécutifs en 1^{ère} et 6^{ème} semaines de lactation, 2 semaines avant et 2 semaines après la mise à l'herbe et à la rentrée à l'étable ; elles ont aussi été pesées 2 fois par mois en période hivernale et une fois par mois au pâturage. Leur état corporel (noté de 0 à 5) a été apprécié, par maniements, au vêlage, en 6^{ème} et 12^{ème} semaines de lactation, 2 semaines avant la mise à l'herbe, au tarissement et à la rentrée à l'étable.

Chez les animaux n'ayant pas été observés en chaleur 40 jours après le vêlage (55 jours la première année), l'activité ovarienne a été mesurée tous les 10 jours par dosage de la progestéronémie.

Les bilans énergétiques et azotés ont été calculés par différences entre les apports et les besoins correspondants, selon les recommandations INRA (Andrieu et Demarquilly 1987, Vérité *et al* 1987 ; Vermorel *et al* 1987). En particulier, 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).

L'analyse des résultats a été réalisée à l'échelle de l'hiver (18 premières semaines de lactation), ou de la lactation complète, ramenée ou non à une durée standard de 305 jours, par la méthode proposée par Poutous et Mocquot (1975). Ces données ont été traitées par analyse de variance ; les facteurs introduits ont été les traitements hivernaux, la race et l'année. Les interactions traitement hivernal-année et traitement hivernal-race n'ont jamais été significatives et n'ont pas été introduites dans les analyses définitives. Pour chaque analyse, la valeur de la production laitière au cours de la période de référence (semaines 1 à 3) a été introduite comme covariable. Pour l'analyse de la composition chimique du lait, les valeurs observées pendant la période de référence ont aussi été introduites comme covariables.

Résultats

La production laitière des animaux a été significativement ($P < 0,01$) inférieure au cours de la 3^e année comparativement aux 2 premières (de l'ordre de 10 %, au cours de la période expérimentale comme pour la lactation

totale), bien que les productions de référence aient été semblables. Ces résultats sont dûs à la fois à la moins bonne qualité de la ration de base disponible en 3^e année, ayant entraîné une ingestion et des apports énergétiques hivernaux inférieurs de 9 et 12 % respectivement, et aux plus mauvaises conditions de pâturage, qui se sont traduites par des reprises de poids vif à l'herbe inférieures de 30 kg à celles observées au cours des 2 premières saisons. Il n'y a cependant pas eu d'interaction entre le traitement hivernal et l'année. Les résultats présentés sont donc des moyennes des 3 années expérimentales.

Au cours des 3 années expérimentales, les principaux troubles sanitaires observés ont été les affections podales et les mammites qui ont concerné respectivement 29 et 29 % des vaches et représenté 43 et 35 % des troubles totaux. Cinquante vaches n'ont jamais présenté de troubles.

1 / Quantités ingérées

Les quantités de fourrage ingérées ont augmenté en moyenne de 3,3 kg MS/j (+ 47 %) entre la première et la 18^e semaine de lactation, de manière régulière et voisine entre les lots

(figure 1). Dans le lot HC, ces quantités ont cependant diminué passagèrement au cours du second mois de lactation, période pendant laquelle les quantités de concentré ingérées ont été les plus élevées (jusqu'à 9 kg MS/j chez certaines vaches). Au cours de l'ensemble de la période expérimentale (semaine 4 à 18), les quantités de fourrages ingérées ont été peu différentes d'un lot à l'autre (de 0,1 à 0,7 kg MS/j d'écart entre les lots) (tableau 2). Le taux de substitution a donc été faible (respectivement 0,16 et 0,20 entre les lots HC et MC et MC et BC), mais variable selon le stade de lactation. Il a été nul au cours du second mois de lactation et maximum au cours du 3^e mois (0,33 entre les lots HC et MC, comme entre les lots MC et BC).

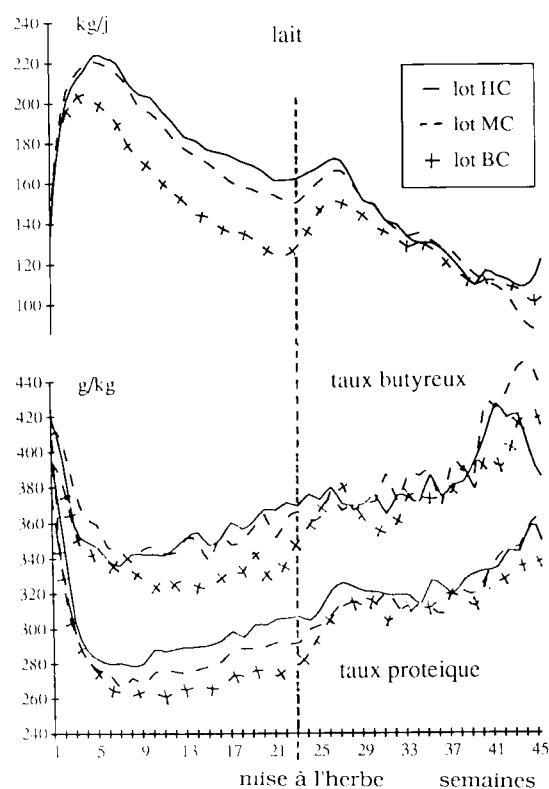
Les quantités de MS totales ingérées, très liées aux quantités de concentré distribuées, ont été maximales dès le début du 2^e mois de lactation dans le lot HC (15,7 kg/j soit 2,76 kg/100 kg PV), mais seulement un mois après dans les autres lots (14,8 kg/j et 2,54 kg/100 kg PV pour les lots MC et MU, et 14,2 kg/j et 2,46 kg/100 kg PV pour les lots BC et BU). L'aliment concentré a représenté en moyenne sur la période expérimentale entre 26 (lots BC et BU) et 41 % (lot HC) de la MS totale ; cette proportion a atteint 48 % chez les animaux les plus

Tableau 2. Production laitière, quantités ingérées et variations de poids vif (les valeurs suivies de lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$)).

Lot	HC	MC	MU	BC	BU	Moyenne générale	ETR
Effectif	23	24	23	24	25	119	
Production laitière de référence (kg/j) (1)	17,7	18,2	17,5	17,6	17,6	17,7	
Poids au vêlage (kg)	568	582	585	574	579	578	
Etat au vêlage	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	2,7	
Durée (j)	308	311	318	314	325	315	
Lactation totale (2)							
Lait 305 j (kg)	4783 ^a	4614 ^a	4352 ^b	4206 ^b	4171 ^b	4425	382
Taux butyreux (g/kg)	36,4	36,0	36,5	36,1	36,6	36,3	2,1
Taux protéique (g/kg)	30,3 ^a	29,8 ^a	29,5 ^{ab}	29,1 ^b	30,0 ^a	29,7	1,3
Concentré (kg MS)	996	794	763	576	605	747	
Période expérimentale (semaines 4 à 18) (2)							
Lait (kg/j)	19,9 ^a	18,7 ^b	17,8 ^b	16,8 ^c	16,8 ^c	18	1,5
Taux butyreux	34,7	34,2	34,0	33,2	34,1	34,0	2,0
Taux protéique	28,4 ^a	27,8 ^{ab}	27,4 ^{bc}	26,7 ^c	27,1 ^{bc}	27,5	1,3
Concentré (kg MS/j)	6,3	5,0	4,6	3,6	3,5	4,6	
Ration de base (kg MS/j)	9,2 ^a	9,3 ^a	9,7 ^{ab}	9,7 ^{ab}	9,9 ^b	9,6	0,8
Ration totale (kg MS/100 kg PV)	2,73 ^b	2,48 ^b	2,45 ^b	2,32 ^c	2,32 ^c	2,46	0,18
Bilan énergétique (UFL/j)	-0,4	-1	-0,6	-0,9	-0,9	-0,8	0,8
Bilan azoté (g PDI/j)	127 ^a	32 ^b	54 ^b	-18 ^c	-15 ^c	36	81
Persistance S6-S18 (%)	91,5 ^a	89,6 ^{ab}	91,8 ^a	88,0 ^b	88,6 ^b	89,9	3,7
Variations de poids (kg) (2)							
Semaines 1 à 12	-7 ^a	-24 ^b	-19 ^b	-27 ^b	-26 ^b	-21	21
Période hivernale	1 ^a	-31 ^{bc}	-22 ^b	-41 ^c	-37 ^{bc}	-26	29
Mise à l'herbe	-48	-40	-39	-37	-38	-40	14
Pâturage	63	62	56	70	72	65	30

(1) 3 premières semaines de lactation.

(2) Valeurs ajustées par analyse de variance (voir texte).



forts producteurs du lot HC en fin de 2^e mois de lactation. L'augmentation importante d'apport d'aliment concentré par suite du flushing au cours des semaines 9 et 10 dans les lots MU et BU (respectivement + 1 et + 2 kg MS/j) ne s'est accompagnée d'aucune diminution des quantités de fourrage ingérées (figure 1). Les quantités de MS totale ingérées ont augmenté avec le potentiel de production des animaux, de manière voisine dans tous les lots (+ 0,2 kg MST/kg de lait, en moyenne).

2 / Production laitière

Au cours de la période expérimentale, les vaches du lot HC ont produit en moyenne respectivement 1,2 et 3,1 kg/j de lait de plus que celles des lots MC et BC ($P < 0,01$). Cela est dû, en premier lieu, à une meilleure extériorisation du potentiel dans le lot HC: d'une part l'augmentation de production entre la période de référence et la semaine de production maximale a été respectivement de 5,2, 4,4 et 3,2 kg/j dans les lots HC, MC et BC, et d'autre part la persistance mensuelle de production (calculée entre les semaines 6 et 18) a été plus élevée dans le lot HC (91,5 %) que dans les lots MC (89,6 %) et BC (88 %) ($P < 0,01$). Les écarts de production se sont donc accrus pour atteindre en 18^e semaine respectivement 1,3 et 3,6 kg/j.

Le taux protéique du lait produit dans le lot HC a été supérieur de respectivement 0,6 et 1,7 g/kg ($P < 0,01$) à ceux des lots MC et BC. Ces écarts ont atteint 0,7 et 2,2 g/kg en fin de période hivernale (18^e semaine de lactation). Le taux butyreux n'a pas été significativement différent d'un lot à l'autre (tableau 2).

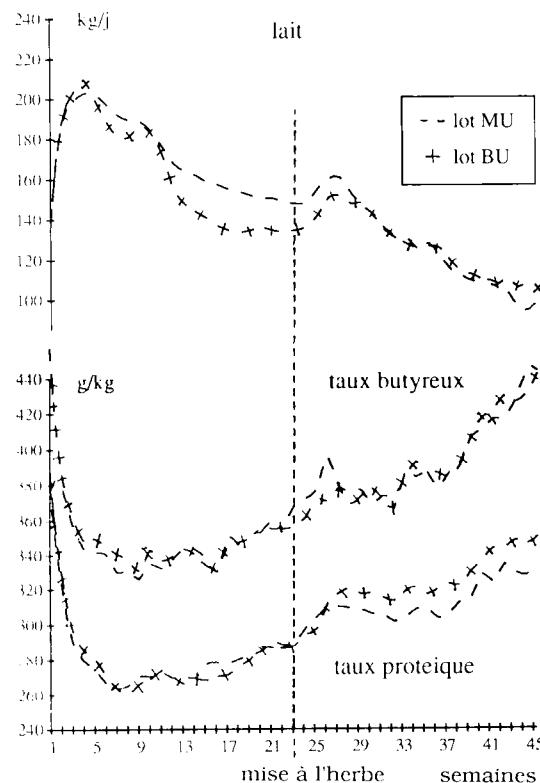


Figure 2. Evolution de la production et de la composition du lait au cours de l'hiver.

A même niveau d'apport, la répartition de l'aliment concentré au cours de l'hiver n'a pas eu d'effet significatif sur la production et la composition du lait (tableau 2). La persistance de la production a cependant été plus élevée dans les lots uniformes (et en particulier dans le lot MU) que dans les lots classiques correspondants. L'augmentation importante d'apport d'aliment concentré lors du flushing au cours des 9^e et 10^e semaines de lactation dans les lots uniformes a entraîné un maintien (lot MU) ou une légère augmentation (lot BU) de la production laitière et du taux protéique (figure 2).

Au pâturage, 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 (tableau 2). Au cours du 3^e mois de pâturage, les écarts de production laitière entre les lots ont ainsi été inférieurs à 0,5 kg/j (figure 2).

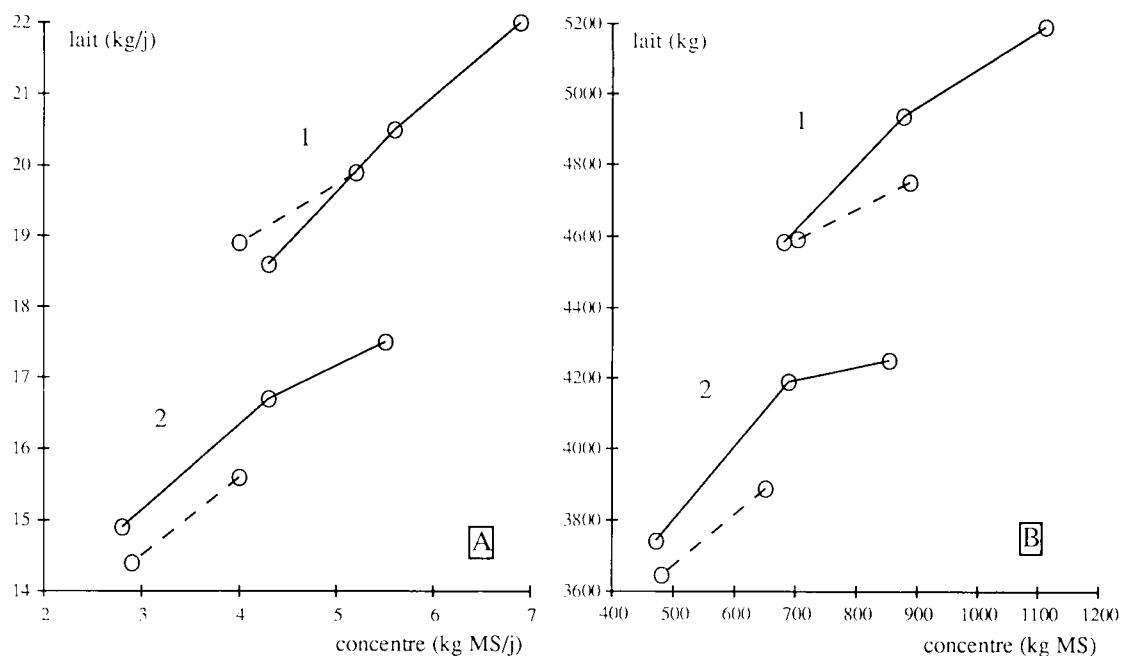
Au total, à l'échelle de la lactation (305 j), les animaux du lot HC ont produit respectivement 169 et 577 kg de lait de plus que ceux des lots MC et BC ($P < 0,01$). Leur taux protéique a été supérieur de respectivement 0,5 et 1,2 g/kg ($P < 0,01$) et leur taux butyreux a été semblable (tableau 2). A même niveau d'apport d'aliment concentré, les animaux des lots classiques ont produit un peu plus de lait que ceux des animaux des lots uniformes quand le niveau d'apport était moyen, mais la même quantité lorsqu'il était fortement réduit.

3 / Efficacité de l'aliment concentré

Au cours de la période expérimentale, l'efficacité marginale du concentré (kg lait en plus/

Les écarts de production laitière et de taux protéique ont été 2 à 3 fois plus élevés entre les lots « Bas » et « Moyen » qu'entre les lots « Moyen » et « Haut ».

Figure 3.
Réponse de la production laitière aux différents niveaux d'apports d'aliment concentré au cours des 18 premières semaines de lactation (A) ou de la lactation complète (B) selon le niveau de production des animaux :
1 : potentiel de production élevée ($P_{13} < 17 \text{ kg/j}$)
2 : potentiel de production faible ($P_{13} > 17 \text{ kg/j}$)



kg MS concentré supplémentaire) a été de 0,92 kg de lait entre les lots HC et MC, et de 1,36 kg entre les lots MC et BC (soit 1,15 kg entre les lots HC et BC). Exprimée par UFL ingérée supplémentaire, elle est de 0,94 et 1,69 kg de lait. A l'échelle de la lactation, elle a été respectivement de 0,84 et 1,87 kg de lait/kg MS de concentré supplémentaire. Cette efficacité augmente avec le potentiel de production des animaux : entre les lots HC et MC et les lots MC et BC, elle a été respectivement de 1,15 et 1,46 kg de lait/kg MS de concentré supplémentaire au cours de la période expérimentale chez les vaches d'une production laitière de référence supérieure à 17 kg/j, et respectivement de 0,67 et 1,20 kg de lait/kg MS chez celles d'une production de référence inférieure à 17 kg/j (figure 3).

Entre les lots MU et BU, l'efficacité marginale du concentré a été en moyenne inférieure (0,91 kg/kg MS de concentré supplémentaire) à celle observée entre les lots MC et BC (figure 3). D'autre part, contrairement aux lots « classiques », elle n'a pas été influencée par le potentiel de production des animaux, voire a varié en sens inverse.

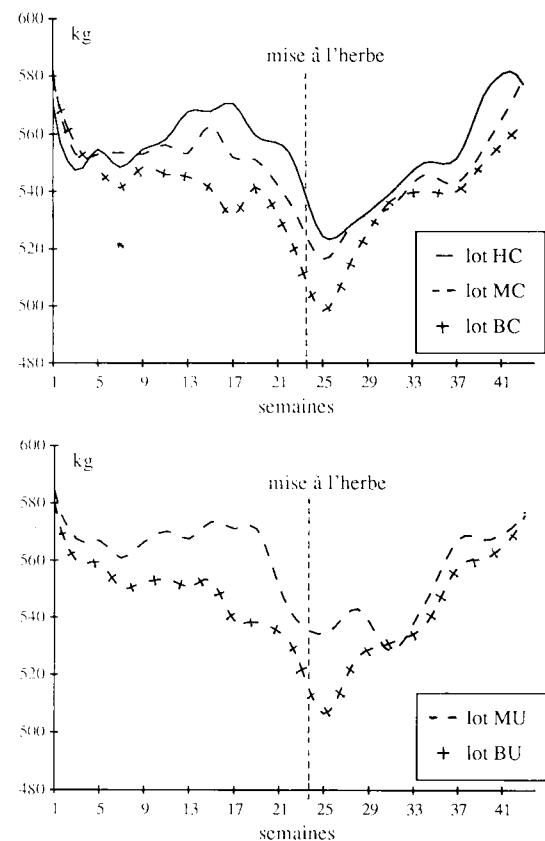
4 / Poids vif et état corporel

Au cours de la période hivernale, les variations de poids vif ont été beaucoup plus importantes chez les vaches des lots MC et BC (respectivement - 31 et - 41 kg) que chez celles du lot HC (+ 1 kg). Ces dernières ont repris du poids vif dès la 5^e semaine de lactation, alors que les vaches du lot BC n'ont pas cessé d'en perdre jusqu'à la mise à l'herbe (figure 4).

Les pertes de poids vif hivernales ont été un peu moins importantes dans le lot MU que dans le lot MC, mais équivalentes dans les lots BC et BU (tableau 2).

Au cours des 12 premières semaines de lactation, les pertes de poids vif (corrigées pour tenir compte des variations des contenus diges-

Figure 4. Evolution du poids vif au cours de la lactation.



tifs (Chilliard *et al* 1987)) ont été d'autant plus importantes que le potentiel des animaux était plus élevé : elles ont augmenté en moyenne de 4 kg quand la production laitière de référence (semaines 1 à 3) augmentait de 1 kg/j ($P < 0,01$). Il n'y a pas eu d'interaction significative entre la production de référence et les traitements. Pour l'ensemble des vaches, les pertes de poids vif corrigées ont augmenté

significativement avec le déficit énergétique cumulé sur cette période (figure 5), de 0,15 kg par UFL de déficit supplémentaire.

A la mise à l'herbe, les vaches ont perdu entre 37 (lot BC) et 48 kg (lot HC) de poids vif (tableau 2). Au cours de la période de pâturage elles ont repris entre 56 (lot MU) et 72 kg (lot BU), mais ces différences n'ont pas été significatives (tableau 2). Sauf dans le lot MC, ces reprises de poids ont été d'autant plus faibles que les vaches avaient une production laitière de référence plus élevée ($P < 0,05$).

Au cours de l'hiver, les vaches ont perdu entre 0,4 (lot HC) et 0,8 point d'état corporel (lot BU). Durant l'été, elles ont repris entre 0 (lot MU) et 0,3 point d'état (lot BU).

Chez les vaches ayant réalisé une seconde lactation ($n = 85$), l'augmentation de poids vif entre le premier et le deuxième vêlage a été plus élevée dans le lot HC (+ 31 kg) que dans les autres lots (+ 9 à 20 kg).

5 / Bilans énergétiques et azotés

Le bilan énergétique a été moins longtemps et moins fortement déficitaire chez les animaux des lots HC et MU que chez ceux des autres traitements (tableau 2 et figure 6). Calculé sur les 12 premières semaines de lactation, le déficit cumulé atteint respectivement 120 et 167 UFL dans ces 2 groupes ($P > 0,05$). Dans aucun des lots l'équilibre n'a été atteint avant la fin du 3^e mois de lactation, et dans les lots MC, BC et BU le bilan est resté inférieur à -2 UFL/j pendant près de 2 mois. Ce déficit a été d'autant plus important que la production de référence des vaches était plus élevée (+ 21 UFL de déficit pour 1 kg de lait/j en plus pendant la période de production de référence ; $P < 0,01$).

Le bilan azoté a été pratiquement toujours équilibré, mais beaucoup plus largement dans le lot HC (+ 127 g PDI/j au cours de la période expérimentale) que dans les lots MU et MC (+ 43 PDI g/j) et surtout que dans les lots BC et BU (- 16 PDI g/j).

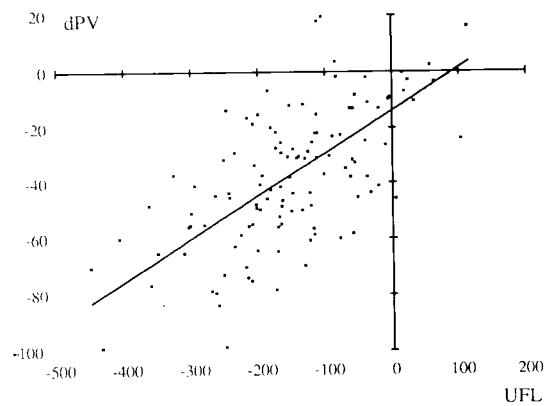
6 / Reproduction

La répartition des intervalles vêlage-insémination fécondante a été très différente d'un lot

Figure 5. Evolution des pertes de poids vif corrigées au cours des 12 premières semaines de lactation (DPV/kg) en fonction du bilan énergétique corrigé cumulé sur les 12 premières semaines de lactation (BUF)

$$DPV = -13,9 + 0,15 \text{ BUF} \pm 19,5$$

$R = 0,66 \quad n = 119$



La période de pâturage n'a pas permis aux animaux sous-alimentés au cours de l'hiver de compenser totalement leurs pertes de poids vif hivernales.

à l'autre (figure 7) : les lots HC, MC et MU sont caractérisés par une proportion relativement faible (20 %) d'intervalles élevés (> 150 j). A l'intérieur de ce groupe, c'est dans le lot H que l'on observe la part la plus forte (36 %) d'intervalles courts (< 90 j). A l'inverse, les lots BC et BU sont caractérisés par une proportion importante d'intervalles élevés (respectivement 33 et 40 %), même si la part d'intervalles courts y est aussi importante (42 % dans le lot BC). Une répartition uniforme du concentré, associée à un flushing, n'a pas entraîné d'amélioration globale des performances de reproduction. Les différences ne sont pas expliquées par des écarts de cyclicité d'un lot à l'autre ; dans tous les lots, la majorité des animaux (67 %) ont en effet été cyclés avant 90 j (figure 7).

7 / Effet de la race

En moyenne, les vaches montbéliardes ont produit 4,3 kg/j de lait de moins que les vaches pie-noires au cours de la période expérimentale, et 1 020 kg de moins sur la lactation complète ($P < 0,01$). Ces écarts ne sont dus qu'en

Figure 6. Evolution du bilan énergétique au cours de l'hiver.

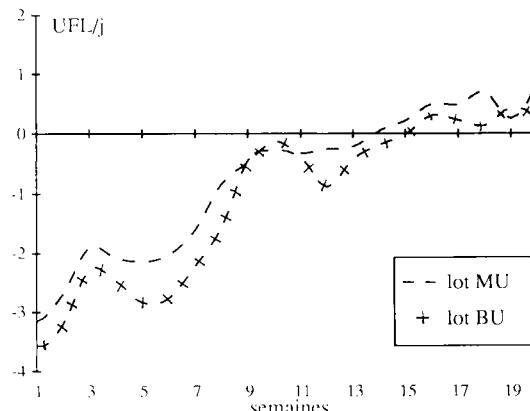
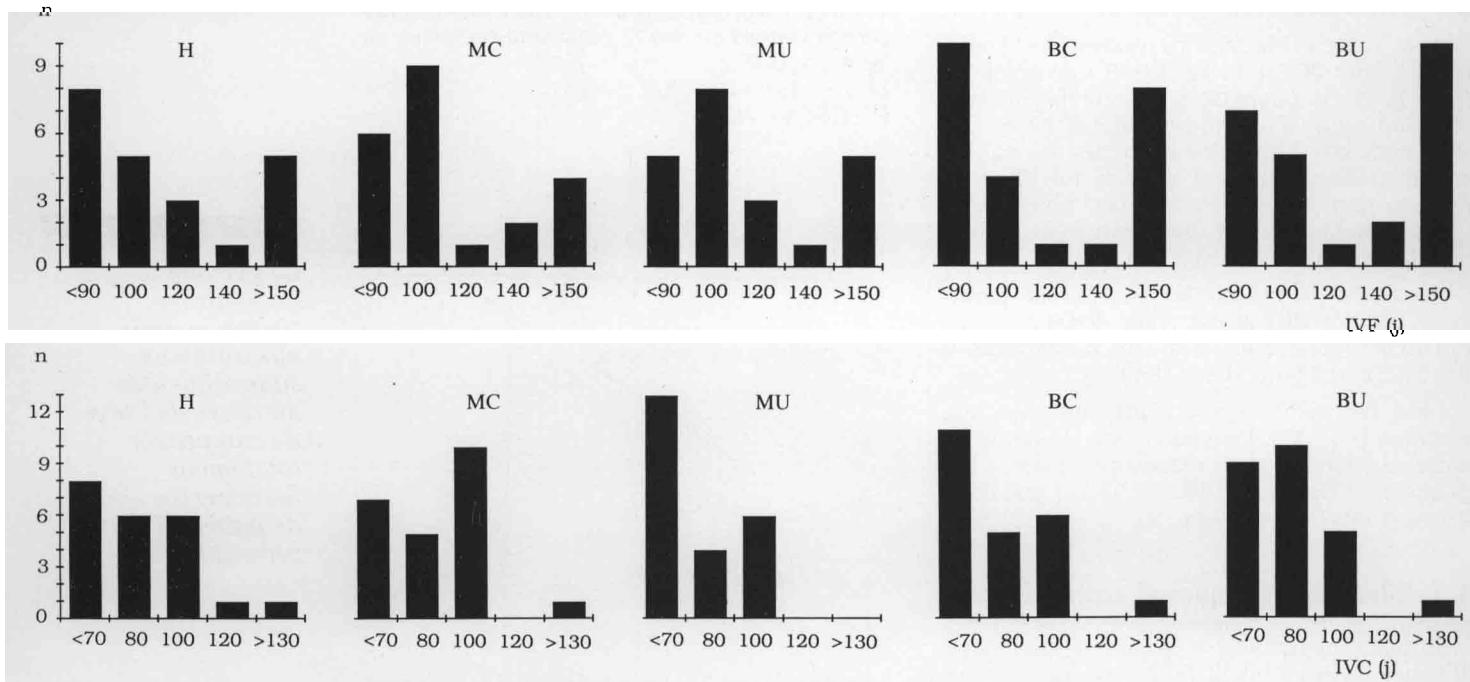


Figure 7. Répartition des effectifs selon l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IVF) et selon l'intervalle vêlage-1er cycle (IVC) dans les différents lots (les vaches vides ont été comptées dans l'intervalle IVF > 150 g).



partie à une différence de potentiel de production des 2 types d'animaux (3,4 kg/j d'écart de production au cours de la période de référence). A même niveau de production laitière de référence, il subsiste un écart de 1,8 kg/j sur la période expérimentale, et de 410 kg sur la lactation complète. Cet écart est dû essentiellement à une ingestion de fourrage inférieure, de 0,9 kg MS/j au cours de la période expérimentale, et non à une utilisation préférentielle de l'énergie ingérée pour la croissance. Au contraire, les vaches montbéliardes ont, à même niveau de production laitière de référence, perdu plus de poids au cours de l'hiver que les vaches pie-noires (14 kg d'écart de perte de poids vif corrigé au cours des 12 premières semaines de lactation, $P < 0,01$). Cet écart n'a pratiquement pas été rattrapé au pâturage (+ 2 kg de reprise de poids en plus pour les montbéliardes). Les lactations ultérieures devraient permettre de préciser les différences de performances entre les 2 génotypes.

Discussion

Au cours de l'hiver, l'efficacité marginale directe de l'aliment concentré a été en moyenne élevée, en raison du niveau important de sous-alimentation énergétique dans les lots BC et BU. Elle a été supérieure à celle observée avec des rations de base comparables complémentées libéralement (Ostergaard 1979 ; Steen et Gordon 1980 ; Korver 1982 ; Gordon 1984 ; Reeves *et al* 1986), mais de l'ordre de celle obtenue lorsque les quantités de concentré offertes sont modérées (Gordon 1984 ; Coulon *et al* 1987), ou que l'on maintient constante les quantités ingérées de fourrages (Johnson 1977). L'importance des phénomènes de substitution, d'autant plus forte que le niveau de couverture des besoins énergétiques des animaux est plus

élevé (Dulphy *et al* 1987), explique en partie ces différences. Exprimée en kg de lait par UFL disponible supplémentaire, les écarts d'efficacité marginale entre les différents auteurs se réduisent donc sensiblement. Il est aussi possible que cette efficacité élevée soit liée 1) à l'augmentation conjointe des apports azotés entre les lots B et H (Vérité 1989 ; Coulon et Rémond 1991), 2) à l'utilisation de vaches primipares (donc encore en croissance) dont l'état corporel n'était pas très bon. Ceci a pu conduire à une mobilisation des réserves corporelles plus limitée qu'avec des multipares (Strickland et Brosser 1981).

Cette efficacité a d'autre part été d'autant plus élevée que les animaux étaient plus sous-alimentés, suivant ainsi la loi des rendements marginaux (Leaver 1988 ; Steen et Gordon 1980 ; Wiktorsson 1979 ; Coulon et Rémond 1990), et qu'ils avaient un potentiel de production plus élevé. Ce dernier résultat est en partie dû au rythme d'apport de l'aliment concentré au delà de la production théoriquement couverte par les apports de la ration de base, identique quel que soit le niveau de production des animaux. Cette pratique conduit à sous-alimenter les animaux forts producteurs par rapport aux plus faibles producteurs, car elle ne tient pas compte de l'accroissement de plus en plus faible de la valeur énergétique de la ration avec l'augmentation du niveau alimentaire et de la proportion d'aliment concentré dans la ration (Vermorel *et al* 1987). Elle peut expliquer que certains auteurs observent une efficacité supérieure chez les vaches fortes productrices (Brosster et Broster 1984 ; Broster *et al* 1985 ; Wiktorsson 1979) contrairement à d'autres (Wiktorsson 1971 ; Johnson 1979 ; Gordon 1984).

Parallèlement aux variations de production, les écarts de variations de poids vif au cours de l'hiver ont été très importants d'un niveau d'apport à l'autre. Dans cette étude, la période de

pâturage, bien que conduite dans des conditions favorables, n'a pas permis aux animaux des lots Bas de reprendre totalement le poids perdu au cours de l'hiver, contrairement à ce qui est observé avec des vaches multipares et/ou des sous-alimentations hivernales plus modérées (Broster et Thomas 1981 ; Coulon *et al* 1985 et 1987).

Lorsque les apports d'aliment concentré sont élevés (supérieures à 50 % de la matière sèche totale), ou que les fourrages sont d'excellente qualité, le mode de répartition de cet aliment au cours de la période hivernale n'a pas d'effet sur la production et la composition du lait à l'échelle de l'hiver ou de la lactation (Ostergaard 1979 ; Gordon 1982 ; Johnson 1983 ; Taylor et Leaver 1984a et b ; Chénais 1988), ni sur la reproduction, même si une tendance à de meilleurs résultats est parfois observée avec la répartition « uniforme » (Gordon 1982). Dans la plupart de ces essais, les pics de production ont cependant été moins élevés (mais les pertes après le pic supérieures) dans les lots « uniformes » comparativement aux lots « classiques ». La présente étude montre que ces conclusions sont aussi valables lorsque les apports de concentrés sont modérés ou faibles, et confirment les observations de Steen et Gordon (1980), Coulon *et al* (1987) et Andries *et al* (1988). Il faut cependant noter que l'existence d'une période de référence de 3 semaines en début de lactation commune à tous les traitements, suivie d'un flushing au cours du 3ème mois de lactation ont limité en pratique la différence de répartition du concentré entre les lots C et U (figure 1).

En définitive, les premiers résultats de cette étude confirment l'effet important, à l'échelle

de la lactation complète, d'une sous-alimentation sévère au cours de l'hiver (lots B), quelle que soit la stratégie de répartition de cette sous-alimentation au cours des premiers mois de lactation (lot classique ou uniforme). Cette sous-alimentation affecte à la fois la production laitière (- 12 %), la composition chimique du lait (- 1,2 g/kg de taux protéique), les variations de poids vifs et les performances de reproduction. Ils montrent d'autre part que si une sous-alimentation hivernale modérée (lot MC) n'a que peu d'effet sur la production laitière (- 4 %), elle s'accompagne cependant 1) d'une diminution sensible du taux protéique (- 0,5 g/kg à l'échelle de la lactation), 2) de performances de reproduction légèrement inférieures, même s'il est difficile d'interpréter des résultats sur de petits effectifs, et 3) d'une perte importante de poids vif au cours de l'hiver qui n'est que partiellement compensée au pâturage. Chez des vaches primipares, il est ainsi possible que la poursuite de la croissance au cours de la première lactation n'ait pas été assurée dans les lots M, et à plus forte raison dans les lots B. Avec des primipares vêtant à 2 ans, ce qui n'est pas le cas dans cette étude, ce déficit de croissance pourrait être plus important et plus préjudiciable pour les lactations ultérieures. Ces résultats peuvent avoir des répercussions importantes sur la carrière des animaux (Coulon *et al* 1990) que la suite de cette expérimentation permettra de préciser. Cette étude montre enfin que, même avec des rations de densité énergétique moyenne ou faible (lots M et B), une répartition uniforme des apports de concentré au cours de l'hiver ne modifie pas les performances globales des animaux comparativement à une distribution suivant l'évolution de leurs besoins.

Références bibliographiques

- ANDRIES J.I., DE BRABANDER D.L., BUYSSE F.X., 1988. Feeding strategies for dairy cattle. Comparison of flake feeding and standard feeding during early lactation. Arch. Anim. Nutr., 38, 651-661.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1987. Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 61-74.
- BROSTER W.H., SUTTON J.D., BINES J.A., BROSTER V.J., SMITH T., SIVITER J.W., JOHNSON V.W., NAPPER D.J., SCHULLER E., 1985. The influence of plane of nutrition and diet composition on the performance of dairy cows. J. Agric. Sci., 104, 535-557.
- BROSTER W.H., BROSTER V.J., 1984. Reviews of the progress of dairy science : long term effects of plane of nutrition on the performance of the dairy cow. J. Dairy Res., 51, 149-196.
- CHÉNAIS F., 1988. Une simplification dans la complémentation. Le concentré constant. In « Stratégies de complémentation des vaches laitières », ITEB, 149 rue de Bercy, 75595 Paris, p 61-64.
- CHILLIARD Y., REMOND B., AGABRIEL J., ROBELIN J., VERITE R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 117-132.
- COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., JOURNET M., LIENARD 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 J.B., PETIT M., D'HOUR P., GAREL J.P., 1987. The effect of level and distribution of concentrate supplementation on performance of dairy cows. Livest. Prod. Sci., 17, 117-133.
- COULON J.B., REMOND B., 1991. Variations de la quantité de lait produite et de sa teneur en protéines et en matières grasses en fonction des apports énergétiques chez la vache laitière. INRA Prod. Anim., sous presse.
- DE FONTAUBERT Y., 1988. La maîtrise des cycles sexuels chez les bovins. Le point en 1988. INRA Prod. Anim., 1, 179-185.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages: In : prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed INRA Publications, route de St-Cyr, 78000 Versailles, p 81-104.
- DULPHY J.P., FAVERDIN P., MICOL D., BOCCUIER F., 1987. Révision du système des Unités d'Encombrement (UE). Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 35-48.
- FAVERDIN P., HODEN A., COULON J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 133-152.
- GORDON F.J., 1982. The effect of pattern of concentrate allocation on milk production from autumn-calving heifers. Anim. Prod., 34, 55-61.
- GORDON F.J., 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.

- GORDON F.J., 1980. Feed input-milk output relationships in the spring calving dairy cow. In Recent advances in animal nutrition. Ed W. Haresign, Butterworth, London, p 15-31.
- JOHNSON C.L., 1977. The effect of plane and pattern of concentrate feeding on milk yield and composition in dairy cows. *J. Agric. Sci.*, 88, 79-94.
- JOHNSON C.L., 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 C.L., 1984. Influence of feeding pattern on the biological efficiency of high-yielding dairy cows. *J. Agric. Sci.*, 100, 191-199.
- LEAVER J.D., 1988. Level and pattern of concentrate allocation to dairy cows. In Nutrition and lactation in the dairy cow. Ed P.C. Garnsworthy, Butterworth, London. p 315-326.
- OSTERGAARD V., 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. *Beret. Statens Husdyrbrugs fors.*, 482, 114-123.
- POUTOUS M., MOCQUOT J.C., 1975. Etudes sur la production laitière des bovins. III. Relations entre critères de production, durée de lactation et intervalle entre le premier et le deuxième vêlage. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 7, 181-189.
- REEVES A., THOMPSON W., HODSON R.G., BAKER R.D., CARSWELL A.J.P., 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.
- STEEN R.W.J., GORDON F.J., 1980a. The effect of level and system of concentrate allocation to january/february calving cows on total lactation performance. *Anim. Prod.*, 30, 39-51.
- STEEN R.W.J., GORDON F.J., 1980b. The effect of type of silage and level of concentrate supplementation offered during early lactation on total lactation performance of january/february calving cows. *Anim. Prod.*, 30, 341-354.
- TAYLOR W., LEAVER J.D., 1984a. Systems of concentrate allocation for dairy cattle. 1 A comparison of three patterns of allocation for autumn-calving cows and heifers offered grass silage ad libitum. *Anim. Prod.*, 39, 315-324.
- TAYLOR W., LEAVER J.D., 1984b. Systems of concentrate allocation for dairy cattle. 2 A comparison of two patterns of allocation for autumn-calving cows offered two qualities of grass silage ad libitum. *Anim. Prod.*, 39, 325-333.
- VERITE R., MICHALET-DOREAU B., CHAPOUTOT B., PEYRAUD J.L., PONCET C., 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 19-34.
- VERMOREL M., COULON J.B., JOURNET M., 1987. Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 9-18.
- WIKTORSSON H., 1971. Studies on the effects of different levels of nutrition to dairy cows. *Swedish J. Agric. Res.*, 1, 83-103.
- WIKTORSSON H., 1979. General plane of nutrition for dairy cows. In Feeding strategy for the high yielding dairy cow. Ed W.H. Broster and H. Swan, St Albans, Grana-
da. p 149-169.

Summary

The effect of level and distribution of concentrate supplementation on performance of first calving dairy cows.

A total of 119 dairy cows in their first lactation and with a mean calving date of 6 december were used in a 3-year experiment. The experiment was designed to examine the effect of level and distribution of concentrate given during the winter period in addition to grass silage (ad libitum) and hay (4 kg/d) on total lactation performance. Each year the same 5 treatments were compared : 3 levels of concentrate supply during the winter period (high H, medium M and low B), and, for levels M and B, 2 different allocation patterns (« classic » (C) or « uniform » (U)). Concentrate allocation was individually pre-determined according to expected milk production. During summer, all animals grazed together as a single treatment. During the experimental period (weeks 4 to 18

of lactation), concentrate and roughage intakes were 6.3, 4.8 and 3.5 kg DM/d and 9.2, 9.5 and 9.8 kg DM/d in treatment H, M and C respectively. Milk production and protein content of treatment H were higher than treatment MC (+ 1.2 kg/d and + 0.6 g/kg) or BC (+ 3.1 kg/d and + 1.7 g/kg). During winter, liveweight changes were + 1, - 26 and - 39 kg for treatment H, M and B respectively. On total lactation (305 d), milk production and concentrate supply differences were 169 kg and 202 kg DM between treatments H and M, and 577 kg and 420 kg DM between treatments H and B. There was no significative difference between treatments C and U.

COULON J.B., D'HOUR P., PETIT M., 1990. Niveau et répartition des apports de concentré hivernal chez la vache laitière. Résultats sur primipares. INRA, Prod. Anim., 3 (5), 319-328.