



HAL
open science

Alimentation, pathologie et productivité de la vache laitière : interrelations à l'échelle de la carrière

Jb Coulon, E Landais, Jp Garel

► **To cite this version:**

Jb Coulon, E Landais, Jp Garel. Alimentation, pathologie et productivité de la vache laitière : interrelations à l'échelle de la carrière. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 1990, 21 (1), pp.33-47. <hal-00901919>

HAL Id: hal-00901919

<https://hal.science/hal-00901919v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Alimentation, pathologie et productivité de la vache laitière : interrelations à l'échelle de la carrière

JB Coulon ¹, E Landais ², JP Garel ³

¹ INRA, Laboratoire de la lactation, CRZV Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

² INRA-SAD, CNRA, Route de St-Cyr, 78000 Versailles

³ INRA Domaine expérimental, 15190 Marcenat, France

(Reçu le 19 décembre 1988; accepté le 24 mars 1989)

Résumé — L'influence de l'alimentation hivernale (à base de foin ou d'ensilage d'herbe, complémentés à bas ou haut niveau d'apport d'aliments concentrés) et de la pathologie sur la longévité de 136 vaches françaises Frisonnes ou Montbéliardes a été étudiée au cours de 6 années consécutives. La race a eu peu d'effet sur la longévité. Les vaches recevant une ration hivernale à base d'ensilage d'herbe faiblement complémentée ont présenté une carrière plus courte que celles recevant les autres rations (2,5 lactations contre 3,2 à 3,5). Les vaches présentant en 1^{re} lactation des troubles sanitaires graves (boiteries multiples) ont eu une carrière plus courte de 1,1 lactation que les vaches indemnes en 1^{re} lactation. En dehors des lactations indemnes qui se succèdent à elles-mêmes dans 41% des cas, les profils pathologiques ne sont pas stables d'une lactation à l'autre : en particulier, les boiteries très récidivantes à l'échelle d'une lactation ne le sont plus d'une lactation à l'autre. Les caractéristiques de la 1^{re} lactation (pathologie, reproduction, productivité) apparaissent primordiales pour la carrière des animaux. En moyenne, la production laitière et le poids vif ont augmenté de respectivement 352 et 24 kg entre la 1^{re} et la 2^e lactation et de 270 et 27 kg entre la 2^e et la 3^e lactation. Les animaux recevant une ration hivernale à base de foin (complémenté à haut ou bas niveau) ou d'ensilage d'herbe complémenté à haut niveau ont augmenté plus fortement leur production laitière entre la 1^{re} et la 3^e lactation (+ 752 kg) que ceux recevant une ration à base d'ensilage d'herbe complémenté à bas niveau (+ 359 kg). A l'échelle de 3 lactations, l'écart de production laitière entre les lots extrêmes (foin haut et ensilage bas) atteint 2 770 kg, soit 26%. La race n'a pas eu d'effet important sur les variations de production laitière ou de poids vif d'une lactation à l'autre. Ces données conduisent à reconsidérer certaines conclusions issues de résultats obtenus à l'échelle de l'hiver ou de la lactation.

vache laitière / pathologie / longévité / carrière

Summary — **Feeding, pathology and milk productivity of the dairy cow: inter-relations during the milk production period.** *The influence of winter feeding (hay versus grass silage-based diets, supplemented with a high or low level of concentrate) and disease on the longevity of 136 Friesian or Montbeliarde dairy cows was studied in a long-term experiment spanning 6 consecutive years. Breed had no great effect on longevity. The longevity of cows given a silage diet with a low level of supplementation was lower than that of cows given any one of the other diets (2.5 lactation/cycle versus 3.2–3.5). Cows that developed frequent lameness during the 1st lactation had a shorter period of productivity (–1.1 lactation/cycle) than comparable healthy animals. Among the different pathological lactation profiles, only the profile "healthy lactation" recurs from one lactation to the next (41% of the cases). In particular, lameness (which is very recurrent during a single lactation) is not recurrent from one lactation to the next. The characteristics of the 1st lactation cycle (disease, milk production, reproduction) appeared to be determinant for the productive future of the animals. On aver-*

age, milk production and live-weight increased by 352 and 24 kg respectively between the 1st and 2nd lactation and by 270 and 27 kg between the 2nd and 3rd lactation. Cows given a hay diet (with a low or high level of supplementation) or a silage diet with a high level of supplementation showed a greater increase in production between the 1st and 3rd lactation (+ 752 kg) than those given a silage diet with a low level of supplementation (+ 359 kg). Over 3 lactations, the cumulative effects of the type of winter feeding can become marked: differences in milk production can attain up to 2770 kg between a hay / high concentrate and a silage / low concentrate diet. These results question the validity of conclusions drawn from experiments conducted over 1 winter or 1 lactation cycle only.

dairy cow / disease / longevity / career

INTRODUCTION

Si l'influence du niveau des apports alimentaires et/ou du type de ration de base sur les performances des vaches laitières a fait l'objet de très nombreux travaux à court terme (1-3 mois) ou même à l'échelle d'une lactation (Broster et Broster, 1984), peu d'études ont été entreprises à l'échelle de plusieurs lactations (Wiktorsson, 1971 et 1979; Oldenbroek 1984; Broster *et al*, 1985) et aucune à notre connaissance ne prend en compte, dans l'analyse à long terme des résultats de production laitière, la pathologie, la reproduction et la réforme des animaux.

A long terme pourtant, la production laitière est sous la dépendance de nombreux facteurs, alimentaires, pathologiques, environnementaux (Broster et Broster, 1984). Ceci rend l'interprétation de ces résultats difficile, d'autant plus que les effectifs expérimentaux sont nécessairement réduits, alors même que la pathologie, la reproduction ou la réforme sont des phénomènes au niveau desquels il est nécessaire de disposer d'un grand nombre d'individus pour pouvoir mettre en évidence des effets significatifs.

L'objectif de cette étude est donc de préciser l'influence à long terme, c'est-à-dire sur plusieurs lactations successives, du niveau des apports alimentaires et du type de ration de base hivernale sur les

performances des vaches laitières et les interrelations possibles avec leur pathologie, leur reproduction et leur réforme. Cette étude prolonge les travaux réalisés sur le même thème, mais à l'échelle de la lactation isolée (Coulon *et al*, 1985 et 1989; Landais *et al*, 1989).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Conditions expérimentales

Cette étude a été réalisée à partir de données recueillies sur le domaine INRA de Marcenat (Cantal) entre 1975 et 1980. Elle porte sur 136 carrières (de 1 à 6 lactations) de vaches laitières appartenant aux races française Frisonne Pie Noire et Montbéliarde, entrées en expérience en première lactation.

Ces animaux ont reçu durant toute leur carrière un régime hivernal à base de foin ou d'ensilage d'herbe, la ration de base étant complétée à 2 niveaux énergétiques, au-dessus de 5 (lots Foin haut et Ensilage haut) ou de 10 kg de lait produit par jour (lots Foin bas et Ensilage bas). Un 5^e lot a été étudié, avec une ration de base mixte (40% de foin et 60% d'ensilage); cette ration n'a été testée qu'au bas niveau de complémentation (lot Mixte bas). Les conditions expérimentales et les résultats d'ordre zootechnique de cet essai ont été publiés en détail par ailleurs (Coulon *et al*, 1985), ainsi que les règles de notation des troubles sanitaires, leur fréquence d'apparition, leurs principaux facteurs de

variation (Landais *et al*, 1989), et leur incidence sur les performances des animaux (Coulon *et al*, 1989).

Relevés

Parallèlement aux mesures zootechniques classiques (production laitière, poids vif, quantités ingérées), les performances de reproduction, les manifestations pathologiques et les causes de réforme ont systématiquement été relevées.

Structure des échantillons

L'échantillon utilisé pour l'étude de la pathologie et de la longévité comprend les 136 carrières débutant en première lactation. Sur ce total, seules 87 carrières ont été suivies entièrement, c'est-à-dire jusqu'à la réforme des vaches. Les 49 autres se poursuivaient lorsque l'expérimentation fut interrompue, après 6 années d'observation.

Pour analyser l'effet cumulatif des traitements alimentaires sur les performances zootechniques, nous avons retenu, parmi les 136 carrières disponibles, celles des 50 vaches ayant réalisé au moins 3 lactations expérimentales consécutives, et pour lesquelles au moins 6 semaines (en moyenne 115 j) de chaque lactation se sont déroulées en période hivernale, et ont été soumises aux traitements alimentaires. Les résultats relatifs aux vaches ayant réalisé au moins 2 lactations expérimentales ($n = 84$) ne sont pas présentés, car ils sont tout à fait semblables à ceux observés sur les 2 premières lactations des vaches de l'échantillon précédent.

Analyse des données

Analyse de la pathologie et de la longévité

Les vaches ont été introduites progressivement dans le troupeau expérimental, et non toutes en années 1. Ainsi la période expérimentale a-t-elle été relativement courte par rapport à la carrière de nombreuses vaches, et notre échantillon de carrières complètes s'est avéré sensiblement biaisé par un effet de sélection de carrières les plus courtes. L'analyse de la longévité a donc nécessité une correction destinée à éliminer le biais entraîné par l'interruption des carrières en cours. Cette correction a été obtenue en reconstituant un profil de carrière fictif ne tenant compte que des sorties correspondant aux réformes réellement observées (tableau I).

Tableau I. Correction de la structure de l'échantillon des carrières pour l'analyse de la longévité des vaches. ^a Ramené à un échantillon fictif de 100 lactations.

Rang de lactation	Effectif réel	Nombre de réformes (%)	Nombre de lactations interrompues	Effectif corrigé ^a
1	136	27 (20)	13	100,0
2	96	25 (26)	15	80,1
3	56	11 (20)	7	59,3
4	38	16 (42)	9	47,4
5	13	6 (46)	4	27,4
6	3	2 (67)	1	14,7

Elle a été successivement appliquée à l'échantillon complet et aux sous-échantillons correspondant aux facteurs race, régime et profil pathologique de la 1^{re} lactation.

L'analyse de la pathologie à l'échelle de la carrière des animaux a été conduite à partir de l'étude de la succession des profils pathologiques caractérisant chaque lactation. Ces profils pathologiques de lactation ont été définis au préalable (Landais *et al*, 1989). Huit types de profils sont distingués : type indemne (000); types affectés par 1, 2, 3 boiteries ou plus (types B1, B2 et B3+ respectivement); types affectés par une mammite (M1) ou plus (M2+); type affecté à la fois de mammite(s) et de boiteries(s) (M*B); type affecté uniquement par un trouble d'une autre nature (AU).

La caractérisation globale de la carrière des animaux a également été recherchée à partir de l'enchaînement des classes de lactation qui caractérisent chaque lactation, et sont définies au préalable par une classification ascendante hiérarchique utilisant un ensemble de variables relatives à la production laitière, à la reproduction, à la pathologie et à la réforme des animaux (Coulon *et al*, 1989). Quatre classes de lactation sont distinguées : lactations à faible potentiel de production sans problèmes particuliers (classe 1); lactations avec mammites (classe 2); lactations à fort niveau de production, associées

à des problèmes de reproduction fréquents, et à un taux de réforme élevé (classe 3); lactations à fort potentiel, affectées par des troubles pathologiques graves (boiteries par répétitions et «autres troubles»), et associées à un taux de réforme extrêmement élevé (classe 4).

Analyse des performances zootechniques

Les données relatives à la production laitière et aux variations de poids vif ont été traitées à l'aide d'un modèle d'analyse de variance à effets fixes (Seebeck, 1973), les facteurs de variation retenus étant le régime alimentaire, la race, le rang de lactation et les interactions (régime x rang de lactation) et (race x rang de lactation).

RÉSULTATS

Analyse de la longévité

Après correction, la longévité moyenne de la carrière productive des vaches de

Tableau II. Variations de la longévité moyenne des vaches selon la race, le régime alimentaire et le profil pathologique de la 1^{re} lactation (les valeurs accompagnées d'indices différents sont significativement différentes au seuil de 5%). ^a Exprimée en nombre de lactations réalisées.

<i>Facteur</i>	<i>Effectif</i>	<i>Longévité moyenne</i> ^a	
Race	Frisonnes	65	3,29
	Montbéliardes	71	3,31 ns
Régime alimentaire	Foin bas	26	3,18 bc
	Foin haut	29	3,25 bc
	Ensilage bas	28	2,50 a
	Ensilage haut	27	3,47 c
	Mixte bas	25	3,02 b
Profil pathologique en 1 ^{re} lactation	000	60	3,43 d
	M1/M2+	14	2,80 b
	B1	22	3,12 c
	M*B	10	3,22 cd
	B2/B3+	12	2,31 a
	AU	18	2,62 b

l'échantillon ressort à 3,30 lactations. Le tableau II présente les résultats obtenus dans les sous-échantillons étudiés.

La race n'a pas eu d'effet significatif sur la durée moyenne des carrières (respectivement 3,29 et 3,31 lactations pour les Frisonnes et les Montbéliardes). Cependant, les profils de carrière sont distincts d'une race à l'autre, en raison de taux de réforme différents, notamment à l'issue de la 1^{re} lactation (23% pour les Montbéliardes contre 14% pour les Frisonnes). Après une sélection plus sévère en début de carrière, principalement pour des raisons relatives à leurs performances de production jugées insuffisantes, les vaches Montbéliardes manifestent donc une longévité supérieure à celle des Frisonnes (fig 1).

Le régime alimentaire a eu un effet significatif sur la longévité (tableau II). Les vaches recevant une ration de base contenant de l'ensilage d'herbe associée à un faible niveau de complémentation (lot Ensilage bas et dans une moindre mesure Mixte bas) présentent la longévité la plus faible (respectivement 2,50 et 3,02). Celles qui reçoivent un haut niveau de complémentation ont la longévité la plus élevée (respectivement 3,25 et 3,45 pour les lots Foin haut et Ensilage haut).

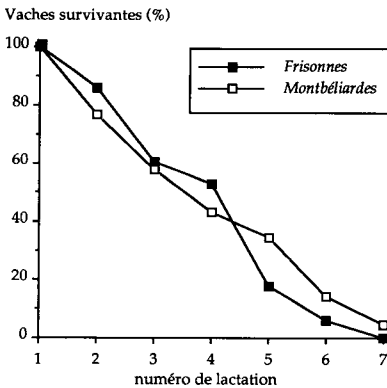


Fig 1. Effet du type génétique sur la longévité des vaches.

L'effet du profil pathologique de la 1^{re} lactation sur la longévité des vaches est également significatif (tableau II). Les vaches indemnes (000) ou atteintes des troubles les plus bénins (M*B et B1) au cours de leur première lactation présentent une longévité supérieure de 0,6 lactation à celle des vaches atteintes de troubles graves (M1/M2 et AU) et supérieure de 1 lactation à celle des vaches atteintes de troubles très graves (B2/B3+).

Évolution des profils pathologiques de lactation au cours de la carrière

Distribution des profils pathologiques et lactation selon le rang de lactation (tableau III)

La fréquence des différents profils est relativement stable d'une lactation à l'autre, bien qu'une amélioration sanitaire sensible soit observée en 2^e lactation (51% de profils 000 contre 44% en 1^{re} lactation, et 5% de profils B2/B3+ contre 8% en 1^{re} lactation). Mais cette distribution dépend forte-

Tableau III. Effectifs des profils pathologiques de lactation et des réformes associées (entre parenthèses), selon le rang de lactation.

Profil pathologique	Numéro de lactation		
	1	2	3
000	60 (8)	49 (11)	23 (2)
B1	22 (3)	13 (4)	8 (1)
MB	10 (2)	3 (1)	4 (0)
M1	9 (2)	12 (33)	6 (1)
M2+	5 (1)	11 (0)	0 (0)
AU	18 (6)	13 (3)	7 (4)
B2	8 (3)	4 (2)	7 (3)
B3+	4 (2)	1 (1)	1 (0)
Total	136 (27)	96 (25)	56 (11)

ment des réformes, très différentes d'un profil à l'autre, de l'interruption des carrières consécutive à la fin de l'expérimentation et de l'évolution des profils pathologiques de lactation au sein d'une même carrière. L'analyse longitudinale présentée ci-dessous précise l'influence de ces facteurs.

Étude des séquences de lactations consécutives

Deux lactations $L(i)$ et $L(i+1)$ (tableau IV)

Le type 000, qui se succède à lui-même dans 41% des cas, est de beaucoup le plus stable, suivi par le type AU (26%) et le type M1/M2+ (14%). Les types caractérisés par la présence d'une boiterie (B1, B2/B3+, et MB) sont très instables, ce qui ne s'explique que très partiellement par le jeu des réformes (52% d'animaux réfor-

més après 1 lactation B2/B3+, mais seulement 26 et 18% pour les types B1 et MB respectivement). Ainsi, les boiteries, particulièrement récidivantes à l'échelle d'une lactation, n'apparaissent pas comme des troubles susceptibles de caractériser une carrière.

Séquence des 3 premières lactations

Cette étude a été conduite sur l'échantillon complet des carrières comprenant les 3 premières lactations ($n = 56$). Sur les 512 ($8 \times 8 \times 8$) séquences théoriquement possibles, seules 12 sont significativement représentées (au moins 2 fois : probabilité d'apparition $P < 0,01$) et parmi elles, seules 4 séquences sont représentées 3 fois ou plus ($P < 0,001$). Ces 4 séquences sont les suivantes : 000/000/000 (7 cas), B1/000/000 (5 cas), AU/000/000 (3 cas) et 000/000/B2 (3 cas). Il faut noter que toutes

Tableau IV. Enchaînement des profils pathologiques entre 2 lactations successives. Les profils pathologiques sont classés par ordre de gravité croissante. De ce fait, les séquences situées sous la diagonale (caractères gras) correspondent à une amélioration de l'état sanitaire de l'animal considéré entre la lactation i et la lactation $(i + 1)$. Les séquences situées au-dessus de la diagonale correspondent à l'inverse à une dégradation de cet état, d'autant plus marquée que l'on s'éloigne de la diagonale.

Lactation (i)	Lactation (i + 1)							
	Type de profil				Réformes		Total	
	000	B1/MB	M1/M2+	AU/B2/B3+	Maladies	Autres	Nb	%
	<i>Fréquence (% dans chaque ligne)</i>							
000	41 ^a	14	9	14	0	22	129	43
B1	37	8	10	18	6	21	49	16
MB	18	23	29	12	6	12	17	6
M1/M2+	22	24	13	11	8	22	37	13
AU	18	8	3	26	11	34	38	13
B2/B3+	26	15	0	7	33	19	27	9
Total								
Nb	96	42	27	45	20	67	297	
%	46	20	13	21				100

les carrières correspondantes ($n = 18$) se sont poursuivies au-delà de 3 lactations. Les séquences les plus représentées sont donc aussi celles qui sont les plus favorables en termes de longévité (30% des carrières correspondant aux autres séquences pathologiques sont interrompues à l'issue de la 3^e lactation).

Au-delà de ces conclusions, il n'apparaît pas possible, au vu de notre échantillon, de caractériser efficacement les carrières des vaches laitières à partir de critères d'ordre exclusivement pathologique.

Évolution des classes de lactation au cours de la carrière

Distribution des classes de lactation selon le rang de lactation (tableau V)

Les évolutions les plus nettes concernent la classe 4, dont la fréquence ne cesse d'augmenter avec le rang de lactation, en dépit de l'intensité des réformes qui lui sont associées et la classe 1, dont la fréquence diminue à partir de la 2^e lactation.

Tableau V. Effectifs des classes de lactation et des réformes associées (entre parenthèses) selon le rang de lactation.

Classes de lactation	Rangs de lactation		
	1	2	3
1	81 (2)	64 (6)	27 (1)
2	21 (4)	6 (1)	11 (1)
3	30 (17)	19 (12)	12 (3)
4	4 (4)	7 (6)	6 (6)

Étude des séquences de lactations consécutives

Deux lactations $L(i)$ et $L(i+1)$ (tableau VI)

Seule la classe 1 présente une certaine stabilité d'une lactation sur l'autre, se succédant à elle-même dans 51% des cas. Les 3 autres classes sont en revanche remarquablement instables. La classe 4, qui débouche dans 93% des cas sur une réforme, est clairement une classe de fin de carrière. La classe 3, qui regroupe de nombreuses lactations de rang 1, débouche principalement sur des réformes liées aux problèmes de reproduction et sur des lactations de classe 1. La classe 2 (caractérisée par la présence de mammites), bien que regroupant de nombreuses lactations de vaches âgées, débouche sur un faible taux de réforme (16%), et dans plus de 40% des cas sur des lactations de classe 1.

Au total, 8 séquences regroupent à elles seules 80% des séquences enregistrées : 1/1 (78 cas sur 291), 3/réforme liée à la reproduction (37 cas), 1/3 (32 cas), 3/1 (19 cas), 2/1 (17 cas), 1/2, 1/4 et 4/réforme pour maladie (16 cas chacune).

Globalement, la fréquence des différentes classes reste très stable d'une lactation sur l'autre, sous l'effet de la politique de réforme appliquée, qui contrecarre la tendance spontanée à l'accroissement de la fréquence des types 3 et 4.

Séquence des 3 premières lactations

Seules 4 séquences sont significativement représentées ($P < 0,01$) : 1/1/1 (14 cas), 1/1/3 (9 cas), 2/1/2 (5 cas) et 1/1/2 (4 cas, $P < 0,05$). Elles représentent ensemble 32 séquences sur 56 (57%). Dans 30 cas sur 32, les carrières correspondantes se sont poursuivies au-delà de la 3^e lactation. Ce sont donc les classes 2 et surtout 1 qui sont les plus favorables à la longévité des

Tableau VI. Enchaînement des classes de lactations entre 2 lactations successives.

Lactation (i)	Lactation (i + 1)							
	Classes de lactations				Réformes		Total	
	1	2	3	4	Maladies	Autres	Nb	%
	<i>Fréquence (% dans chaque ligne)</i>							
1	51	10	21	10	0	8	154	53
2	41	12	19	12	7	9	42	14
3	29	3	6	5	1	56	66	23
4	3	0	0	4	55	38	29	10
Total								
Nb	115	23	44	25	20	64	291	
%	56	11	21	12				100

vaches : parmi les carrières de plus de 3 lactations, 67% ont débuté par une lactation de classe 1, et 24% par une lactation de classe 2; 56% ont débuté par une séquence de type 1/1 et 18% par une séquence de type 2/1. Au total, les lactations de classe 1 ont représenté 63% des lactations constitutives des séquences de 3 lactations; les lactations de classe 2 en ont représenté 13%. A l'inverse, les carrières courtes (moins de 3 lactations) sont caractérisées par la fréquence élevée (32%) des lactations de classe 3.

Évolution des performances zootechniques au cours de la carrière

Production laitière (tableau VII)

En moyenne, les 50 vaches de l'échantillon retenu pour cette étude ont produit chacune 3 794 kg de lait en 1^{re} lactation, puis ont augmenté leur production de 352 kg en 2^e lactation (+ 9,3%) et de 270 kg en 3^e lactation (+ 6,1%). La production initiale

moyenne a parallèlement augmenté de 29,3% et de 4,1%, et la production moyenne des 6 premières semaines de 22,6% et de 2,6%.

Cependant, les valeurs des différentes composantes de la production laitière et leur évolution avec le rang de lactation sont très variables, notamment sous l'effet des facteurs expérimentaux.

Effet du régime alimentaire (fig 2)

La variabilité s'exprime à la fois entre régimes et à l'intérieur de chaque lot. La moyenne des écarts types intralots est ainsi de 800 kg pour la production totale et de 3,7 kg/j pour la production des 6 premières semaines de lactation.

Les vaches recevant une ration à base de foin ont produit (en moyenne sur les 3 premières lactations) plus de lait que celles recevant une ration à base d'ensilage d'herbe, aussi bien au cours des 6 premières semaines de lactation (19,3 kg/j contre 17,9), qu'au cours de la lactation totale (4 359 kg contre 3 871), et ce d'autant

Tableau VII. Effets du régime alimentaire et du type génétique sur les principales composantes de la production laitière des 3 premières lactations et valeur de 2 variables explicatives : la quantité de concentré ingérée et la durée de lactation hivernale. ^a Valeurs ajustées par analyse de variance. ^b Moyenne des 4^e, 5^e et 6^e j de lactation. ^c Moyenne de la production de la meilleure semaine.

Rang de lactation	Régime alimentaire					Race		Moyenne générale
	FB	FH	EB	EH	MB	FF	MO	
<i>Effectif</i>	10	9	6	12	13	22	28	50
	<i>Production laitière (kg/lactation) ^a</i>							
1	3 811	4 161	3 425	3 775	3 797	3 916	3 672	3 794
2	4 244	4 456	3 568	4 269	4 154	4 381	3 895	4 138
3	4 670	4 808	3 660	4 526	4 280	4 492	4 180	4 389
Moyenne	4 242	4 475	3 551	4 190	4 077	4 263	3 951	4 107
	<i>Production initiale (kg/j) ^{a,b}</i>							
1	13,8	13,4	13,7	12,0	13,4	14,0	12,7	13,3
2	16,7	17,3	16,8	17,1	17,4	18,3	16,0	17,2
3	19,0	18,1	17,7	17,7	16,9	18,2	16,8	17,9
Moyenne	16,7	16,2	16,1	15,6	15,9	16,8	15,4	16,1
	<i>Production maximale (kg/j) ^{a,c}</i>							
1	18,7	19,5	17,2	18,9	18,3	19,2	17,5	18,5
2	22,1	23,4	20,4	22,6	21,5	23,0	21,0	22,0
3	24,1	23,9	20,2	23,6	21,8	23,2	22,2	22,7
Moyenne	21,6	22,3	19,2	21,7	20,5	21,9	20,2	21,1
	<i>Production moyenne des 6 premières semaines (kg/j) ^a</i>							
1	15,1	16,5	14,9	15,6	16,0	16,7	15,0	15,9
2	19,5	20,8	18,4	19,6	19,4	20,7	18,4	19,5
3	21,3	21,1	18,0	20,6	18,8	20,4	19,5	20,0
Moyenne	19,1	19,4	17,1	18,6	18,0	19,3	17,6	18,5
	<i>Durée de lactation (j)</i>							
1	286	295	282	280	285	279	291	286
2	292	284	273	295	300	305	280	291
3	289	314	272	297	292	292	295	294
Moyenne	289	298	275	291	292	292	289	290
	<i>Quantités de concentré ingérées (kg MS/lactation)</i>							
1	515	706	360	641	474	619	488	545
2	413	607	345	614	378	548	416	474
3	490	604	326	615	366	534	444	483
Moyenne	473	639	344	623	406	567	449	501
	<i>Durée de la lactation hivernale (j)</i>							
1	138	120	97	107	116	117	116	117
2	140	110	92	112	115	125	109	116
3	131	107	96	101	114	116	107	111
Moyenne	136	112	95	115	115	119	111	115

plus que leur rang de lactation avançait: l'écart de production laitière est ainsi passé de 387 kg en 1^{re} lactation à 646 kg en 3^e lactation.

Les vaches recevant un haut niveau de complémentation énergétique ont produit, toujours en moyenne sur 3 lactations, 1,1 kg/j de lait supplémentaire au cours des 6 premières semaines, et 376 kg de plus à l'échelle de la lactation totale, par

rapport aux vaches recevant un faible niveau de complémentation. L'écart d'apport de concentré (1 UFL et 120 g PDI/kg) entre les 2 niveaux a été en moyenne de 223 kg.

Une interaction significative ($P < 0,01$) a été mise en évidence entre le type de ration de base et le niveau des apports énergétiques: l'écart de production à l'échelle de la lactation est ainsi en moyenne de 223 kg entre les lots Foin bas et Foin haut, et de 639 kg entre les lots Ensilage haut et Ensilage bas. La figure 3 illustre bien ce phénomène, quel que soit le paramètre utilisé pour caractériser la production laitière (production initiale, production maximale ou production totale). L'efficacité alimentaire de l'aliment concentré a été pratiquement 2 fois plus importante avec la ration à base d'ensilage d'herbe qu'avec celle à base de foin (respectivement + 1,4 et + 2,3 kg de lait produit en plus par kg de concentré supplémentaire, à l'échelle des 3 premières lactations).

La durée de lactation a été comparable d'un lot à l'autre, à l'exception du lot Ensilage bas, pour lequel elle a été en moyenne inférieure de 20 j à la moyenne générale.

L'incidence de la pathologie et son évolution ont été sensiblement différentes selon le régime alimentaire: en particulier, la fréquence des lactations atteintes de troubles graves (profils pathologiques AU, B2 et B3+) est passée de 40 à 10% entre la 1^{re} et la 3^e lactation dans le lot Foin bas et à l'inverse de 21 à 37% dans les lots Hauts.

En définitive, 2 groupes d'animaux s'opposent, au vu de l'évolution de leurs performances de production au cours de leurs 3 premières lactations: le 1^{er} est constitué des animaux des lots Foins bas, Foin haut et Ensilage haut, le 2^e, des animaux des lots Ensilage bas et Mixte bas. Les animaux du 1^{er} groupe ont présenté des aug-

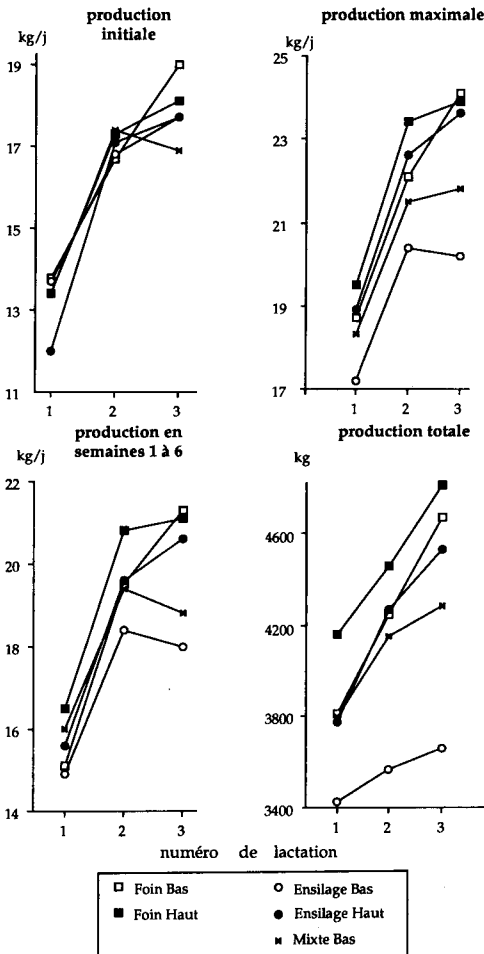


Fig 2. Évolution des principales composantes de la production laitière selon le rang de lactation, en fonction du régime alimentaire.

mentations de production importantes et régulières entre la 1^{re} et la 3^e lactation (respectivement + 752 kg, + 4,8 kg/j et + 5,3 kg/j pour la production totale, la production maximale et la production des 6 premières semaines). Pour les animaux du 2^e groupe, ces augmentations ont été faibles (respectivement + 359 kg, + 3,3 kg/j et + 3,0 kg/j, voire négatives entre la 2^e et la 3^e lactation (fig 3). Les animaux du lot «Foin bas» ont présenté l'évolution la plus régulière, comblant en troisième lactation une partie du retard pris en 2^e lactation vis-à-vis des animaux recevant un haut niveau de concentré.

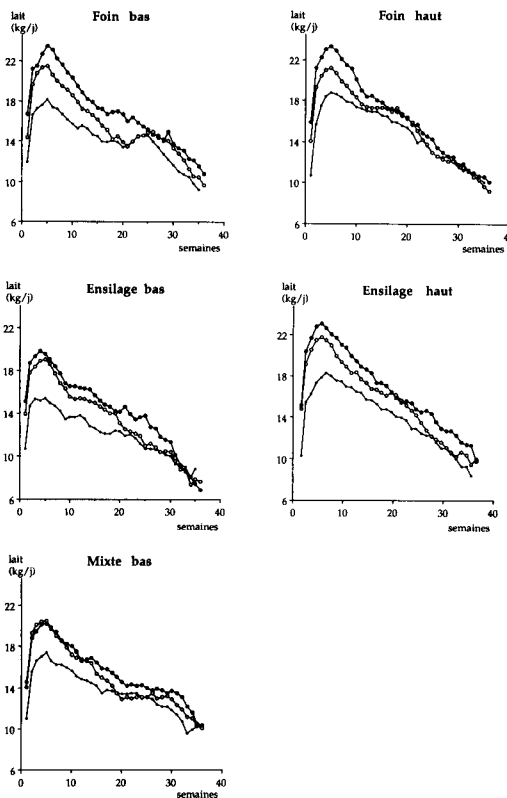


Fig 3. Évolution de la production laitière des 36 premières semaines de lactation selon le rang de lactation et le régime alimentaire. (•) Lactation 1; (○) Lactation 2; (●) Lactation 3.

Au total, les traitements alimentaires hivernaux ont entraîné, sur l'ensemble des 3 premières lactations, des écarts cumulés de production importants, atteignant 2 772 kg de lait entre les lots extrêmes (Foin haut et Ensilage bas), soit 26% de la production totale du lot Ensilage bas.

L'examen des courbes d'évolution hebdomadaire de la production laitière de chaque lot d'alimentation confirme et précise ces résultats (fig 3). Les courbes des premières lactations mettent en évidence la troncature qui affecte les pics de production des animaux recevant un bas niveau de complémentation, et la persistance hivernale élevée des lactations des vaches recevant un haut niveau de complémentation.

Effet du type génétique

L'évolution de la production laitière totale des vaches Frisonnes et Montbéliardes entre la 1^{re} et la 3^e lactation a été comparable (respectivement + 576 kg de lait contre + 508 kg), mais elle a été acquise plus rapidement chez les Frisonnes que chez les Montbéliardes : chez les Frisonnes, l'augmentation de production entre la 1^{re} et la 2^e lactation a été 2 fois plus importante (+ 465 kg contre + 223 kg), et les augmentations des composantes de cette production ne se sont pas poursuivies au-delà de la 2^e lactation (tableau VII).

Poids vif (fig 1)

Les pertes hivernales de poids vif ont été d'autant plus importantes que le numéro de lactation des vaches était plus élevé (respectivement -16, -23 et -37 kg pour les lactations 1, 2 et 3) et que leur niveau d'alimentation était plus faible (-19 kg pour les lots à haut niveau de complémentation

contre -34 kg dans les lots Bas). A l'inverse, les gains de poids vif estivaux ont été légèrement plus élevés dans les lots Bas (+ 97 kg en 20 semaines de pâturage) que dans les lots à haut niveau de complémentation (+ 70 kg), de sorte que les variations de poids vif entre la 1^{re} et la 3^e lactation ont été en moyenne peu différentes d'un lot à l'autre (+ 35 à + 58 kg selon les lots). L'évolution de ces variations a cependant été très différente entre le lot Ensilage bas, où les vaches n'ont pas gagné de poids entre la 1^{re} et la 2^e lactation, et les autres lots, où l'augmentation de poids

vif a été beaucoup plus régulière : en moyenne + 30 kg entre la 1^{re} et la 2^e mise-bas puis + 25 kg entre la 2^e et la 3^e.

Il n'a pas été possible de mettre en évidence de relation entre les évolutions individuelles de poids vif et celles de la production laitière d'une lactation à l'autre.

Les variations de poids vif ont été identiques, quel que soit le numéro de lactation, entre les vaches Frisonnes et les vaches Montbéliardes.

DISCUSSION

Difficultés inhérentes aux expérimentations de longue durée

Le traitement des données a posé un certain nombre de problèmes, liés en partie aux conditions de l'étude mais pour la plupart inhérents à la notion même d'essai à long terme. Malgré les précautions prises au niveau du protocole (maintien d'un niveau génétique constant au cours de l'essai, règles strictes de réformes), et en raison de l'introduction progressive d'animaux dans l'essai, l'analyse des carrières de ces animaux a en effet été perturbée par l'évolution des conditions d'environnement (effet «année») et de certaines caractéristiques du troupeau : c'est particulièrement le cas pour l'état sanitaire des animaux, dont on a montré qu'il s'était fortement amélioré entre le début et la fin de l'essai (Landais *et al*, 1989). La pathologie n'a donc pas eu la même incidence sur les carrières débutées en début ou en milieu d'essai, entraînant donc des variations des causes de réforme et de la longévité des vaches.

D'autre part, dans l'analyse des carrières, l'échantillon retenu est nécessairement tronqué par la fin de l'expérience, ce

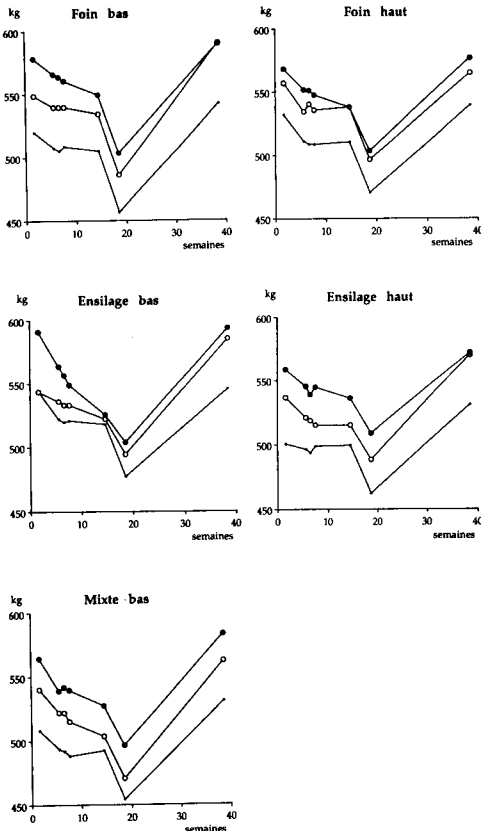


Fig. 4. Evolution du poids vif au cours de la lactation selon le rang de lactation et le régime alimentaire (+) Lactation 1; (O) Lactation 2; (●) lactation 3.

qui impose d'appliquer une correction pour éliminer le biais dû à la sélection des carrières les plus courtes. Ce biais peut être évalué dans notre échantillon : la durée moyenne des carrières de production complètes des vaches de cet échantillon s'élève à 2,48 lactations, alors que la longévité moyenne est estimée, après correction du biais expérimental, à 3,30 lactations, soit 33% de plus.

De plus, le choix d'un échantillon sélectionnant, en vue de l'analyse des effets à long terme des traitements expérimentaux, les carrières comptant un nombre minimal de lactations, peut également conduire à des artefacts. Il est donc essentiel, pour comparer ces traitements, de tenir compte non seulement des performances de production des animaux, mais aussi de leur longévité, et donc des facteurs qui influent sur la réforme (performances de reproduction et état sanitaire).

Dans notre étude, comme dans pratiquement toutes les études à long terme (Wiktorsson, 1971; Oldenbroek, 1984; Broster, *et al*, 1985), l'échantillon est de petite taille (6 à 13 carrières par traitement) et la variabilité intra-traitement est élevée. En ce qui concerne la production laitière, il n'a pas été possible de réduire cette variabilité par une correction utilisant la production initiale comme covariable, puisqu'il est probable que les productions initiales ne sont pas indépendantes des traitements expérimentaux dont on se propose précisément d'évaluer les effets à long terme. De ce fait, la plupart des différences observées, bien que souvent très importantes, ne sont pas forcément statistiquement significatives. Pour remédier à cet inconvénient, Wiktorsson (1971) a introduit une période préexpérimentale couvrant une lactation entière, durant laquelle tous les animaux subissaient un traitement identique, et même (Wiktorsson 1979) une période postexpérimentale de même

durée, ce qui alourdit considérablement le dispositif. Dans notre échantillon, l'interprétation des résultats de production est compliquée par les différences de potentiel de production (estimé par la production initiale de la première lactation) des animaux d'un lot d'alimentation à un autre, en particulier par le niveau plus faible du lot Ensilage haut (tableau VII). De même, en ce qui concerne l'évolution pondérale des animaux, il est difficile de mesurer les conséquences des écarts de poids initiaux, qui concernaient principalement le lot Ensilage bas (542 kg contre 510 kg en moyenne pour les animaux des 4 autres lots) et les 2 types génétiques en comparaison (537 kg pour les Montbéliardes contre 495 pour les Frisonnes).

Il faut enfin signaler que l'insuffisance des données vétérinaires (gravité des affections relevées, étiologie des troubles de la reproduction, etc.) interdit souvent d'analyser finement les relations santé-reproduction-production. Notre étude s'est heurtée à cette limite.

Effets des traitements alimentaires hivernaux sur la production laitière

Cette étude met en évidence un effet cumulatif important des traitements alimentaires hivernaux sur la production laitière : l'écart de production qui était en moyenne à l'échelle de la lactation de 160 kg entre les lots Foin bas, Foin haut et Ensilage haut et les lots Ensilage bas et Mixte bas (Coulon *et al*, 1985) passe à près de 500 kg par lactation quand on considère les 3 premières lactations. Surtout, cet écart augmente fortement d'une lactation sur l'autre, atteignant successivement 305, 462 et 698 kg, ce qui confirme la nature cumulative de l'effet observé. Pourtant, rien ne distinguait *a priori* les 50 vaches retenues pour cette étude de l'ensemble des

primipares, ni au niveau du potentiel de production (les productions initiales de la première lactation s'élevaient respectivement à 13,3 et 12,9 kg/j, soit une différence de 3% seulement), ni au niveau du poids vif.

Des effets cumulatifs du niveau d'alimentation énergétique ont déjà été observés, importants quand l'expérimentation débutait avec des primipares (Korver, 1982; Broster *et al*, 1985) mais faibles ou nuls lorsqu'il s'agissait de multipares (Wiktorsson, 1971 et 1979). Obtenues dans des conditions expérimentales assez différentes de celles de ces essais (niveau moyen des apports alimentaires, durée de la période hivernale, niveau de production des animaux), nos données semblent confirmer l'hypothèse évoquée par Broster *et al* (1985), selon laquelle le rang de la lactation expérimentale initiale avait un effet sensible sur l'ampleur des effets cumulatifs, de même que le nombre de lactations consécutives considéré (3 dans notre étude contre 2 dans les essais cités précédemment). Ces effets semblent en effet plus importants en 3^e qu'en 2^e lactation. Tout ceci conduit à penser qu'il est souhaitable d'étudier plus de 2 lactations successives pour analyser correctement les effets cumulatifs à long terme, surtout si l'on commence en 1^{re} lactation, ce qui semble également souhaitable. Il est à noter à ce sujet que le caractère particulier de la 2^e lactation a souvent été relevé, en particulier par les épidémiologistes vétérinaires et par les généticiens.

Il apparaît donc que, dans les conditions de l'essai, si la période de pâturage permet, à l'échelle d'une lactation, un rattrapage partiel important des écarts de production hivernale dus aux traitements alimentaires (Coulon *et al*, 1985), ceci ne suffit pas à assurer un redémarrage satisfaisant de la lactation suivante.

L'effet à long terme sur la production laitière des traitements ne permettant pas un

apport énergétique suffisant (lots Ensilage bas et Mixte bas) peut s'expliquer par :

(i) Une moins bonne reconstitution des réserves corporelles au cours des lactations successives, qui conduit à une dégradation de l'état des animaux et donc à une sensibilité accrue à la sous-alimentation (Wiktorsson, 1979; Broster *et al*, 1984; Rémond *et al*, non publié).

(ii) Une partition différente de l'énergie ingérée d'une lactation à l'autre (Broster *et al*, 1984 et 1985) : ainsi, dans le lot Ensilage bas, tout se passe comme si au cours de la 1^{re} lactation les vaches perdaient du poids pour produire du lait alors qu'au cours de la 2^e lactation, elles reconstituent leurs réserves et n'augmentent pas leur production.

(iii) Un moindre développement du tissu sécréteur et/ou une activité réduite de ce tissu au cours de la lactation en particulier des premières semaines, puisqu'il semble que le développement du tissu mammaire puisse continuer après le 1^{er} vêlage (Knight et Peaker, 1982).

Effets associés

L'effet à long terme des traitements alimentaires hivernaux sur la production laitière s'est accompagné d'un effet important sur la longévité des animaux : ce sont les lots qui ont le plus augmenté leur production au cours des 3 lactations étudiées qui ont aussi la longévité la plus élevée. Ceci est dû à la fois à l'incidence plus importante des troubles sanitaires «graves» (boiteries répétées) dans les lots recevant de l'ensilage d'herbe (Coulon *et al*, 1989), et aux réformes liées à la reproduction, plus importantes dans les lots Ensilage bas et Mixte bas. A l'échelle du troupeau, les conséquences des traitements alimentaires sont donc bien supérieures aux

simples différences de production laitière. Ainsi, malgré les difficultés d'ordre méthodologique mentionnées précédemment, cette étude montre nettement l'influence de la pathologie et plus généralement du complexe pathologie reproduction productivité sur la longévité des vaches laitières : ce sont bien les animaux dont la 1^{re} lactation était indemne de toute atteinte pathologique, ou appartenait à la classe 1 de notre classifications qui représentent l'essentiel de notre échantillon de carrières.

L'analyse typologique doit cependant être poursuivie et enrichie sur de plus larges effectifs, au niveau des carrières où elle n'est qu'ébauchée dans cette étude, comme au niveau des lactations.

Enfin, il est important de souligner que cette étude amène à reconsidérer en partie les conclusions établies antérieurement à partir des résultats obtenus par un traitement plus classique des données du même essai, à l'échelle de la période hivernale ou de la lactation.

RÉFÉRENCES

- Broster WH, Broster VJ (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
- Broster WH, Clements AJ, Broster VJ (1984) Multiple lactation feeding of the dairy cow. *World Rev Anim Prod* 20, 61-69
- Broster WH, Sutton JD, Bines JA, Broster VJ, Smith T, Siviter JW, Johnson VW, Napper DJ, Schuller E (1985) The influence of plane of nutrition and diet composition on the performance of dairy cow. *J Agric Sci* 104, 535-557
- Coulon JB, Garel 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, Landais E, Garel JP (1989) Pathologie et productivité de la vache laitière: interrelations à l'échelle de la lactation. *Ann Rech Vét* 20, 443-459
- Faverdin P, Hoden A, Coulon JB (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 70, 133-152
- Knight CH, Peaker M (1982) Development of the mammary gland. *J Reprod Fert* 65, 521-536
- Korver S (1982) Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Doctoral thesis, Department of Animal Breeding and Nutrition, Agricultural University Wageningen, The Netherlands
- Landais E, Coulon JB, Garel JP, Hoden A (1989) Caractérisation de la pathologie de la vache laitière à l'échelle de la lactation. Principaux facteurs de variation et typologie des profils pathologiques de lactation. *Ann Rech Vét* 20, 277-294
- Oldenbroek JK (1984) Holstein friesians, dutch friesians and dutch red and whites on two complete diets with a different amount of roughage: differences in performance between first and second lactation. *Livest Prod Sci* 11, 417-428
- Seebeck RM (1973) The effect of body weight loss on the composition of Brahman cross and Africander cross steers. I. Empty body weight dressed carcass and offal components. *J Agric Sci* 80, 201-210
- Wiktorsson H (1971) Studies on the effects of different levels of nutrition to dairy cows. *Swed 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*, (Broster WH, Swan H, eds). Granada, St Albans, UK, 148-170