

*INRA Prod. Anim.,
2003, 16 (3), 183-195*

*L. DELABY, J.L. PEYRAUD,
R. DELAGARDE*

*INRA-ENSA, UMR Production du Lait,
35590 Saint Gilles*

Courriel : luc.delaby@rennes.inra.fr

Faut-il complémenter les vaches laitières au pâturage ?

Dans les régions tempérées, l'herbe consommée par les vaches laitières au pâturage est souvent suffisante pour produire du lait et ce, à moindre coût. Mais pour les animaux de potentiel de production élevé, le pâturage seul ne couvre pas la totalité des besoins alimentaires ; l'apport d'aliment concentré peut alors être intéressant. Cet article fait le point sur les résultats récents concernant les réponses à la complémentation en concentré, en fonction des conditions de pâturage, du potentiel des animaux et de l'objectif de production.

Dans la majorité des pays du nord-ouest de l'Europe, l'alimentation des vaches laitières au pâturage permet de réduire les coûts de production du lait en comparaison d'une ali-

Résumé

L'herbe pâturée est un fourrage de valeur nutritive élevée, peu coûteux à produire et à récolter et qui peut constituer le seul aliment de la ration de la vache laitière. En l'absence de toute complémentation, la production et la composition du lait d'une vache laitière au pâturage dépend d'abord de l'animal et de son potentiel au moment de la mise à l'herbe. Mais les conditions de pâturage (chargement, hauteur en début et fin de parcelle) imposées par l'éleveur pour valoriser au mieux l'herbe produite ne permettent pas aux vaches laitières de satisfaire la totalité de leurs besoins énergétiques. En conséquence, l'apport de concentré est aujourd'hui plus efficace que par le passé et des réponses de 1 kg de lait par kg de concentré, accompagnées d'une baisse du taux butyreux et d'une augmentation du taux protéique, sont souvent rapportées. Les travaux récents conduits à l'INRA montrent que cette efficacité varie peu dans les conditions habituelles de pâturage. De même, dans le cas d'apport identique de concentré entre vaches, l'efficacité semble indépendante du niveau de production entre 25 et 45 kg de lait par jour à la mise à l'herbe. Ces résultats permettent de proposer des simplifications dans les modalités d'attribution du concentré au pâturage. Comme en alimentation hivernale, la nature de l'énergie du concentré n'a réellement d'influence sur la composition du lait (taux butyreux) que pour des quantités élevées, supérieures à 5 kg de concentré. L'incorporation de matières premières riches en protéines, même protégées, ne se justifie que dans le cas d'herbe pâturée pauvre en azote. L'apport de fourrages complémentaires au pâturage présente peu d'intérêt et, dans la pratique, contribue souvent à une dégradation des conditions de pâturage. Seules les situations de pénurie fourragère ou de chargement très élevé permettent de bien valoriser à la fois l'herbe pâturée et les fourrages conservés distribués en complément.

mentation à base de fourrages récoltés et stockés. Pour profiter au mieux de cet avantage, il importe d'une part de développer des conduites de pâturage qui permettent de maximiser l'ingestion d'herbe et d'autre part d'optimiser l'utilisation des intrants, notamment la complémentation en concentré (Mayne et Peyraud 1996). Des revues déjà anciennes (Journet et Demarquilly 1979, Leaver 1985) ont bien décrit les effets moyens d'un apport de concentré et leurs facteurs de variation, mais n'ont pu en quantifier les lois de réponses. Selon ces auteurs, le concentré distribué au pâturage était généralement peu efficace (0,4 à 0,6 kg lait par kg de concentré) et modifiait peu les teneurs en matières grasses et en protéines du lait. Seules les situations particulières caractérisées par des chargements élevés et/ou des troupeaux d'un niveau de production moyen supérieur à 30 kg de lait par jour à la mise à l'herbe permettaient d'obtenir des réponses plus importantes. De même, l'apport de fourrages conservés améliorait peu ou pas les performances et ne se justifiait qu'en cas de pénurie d'herbe (surface accessible limitée, sécheresse estivale), afin d'accroître l'ingestion totale ou de prolonger la saison de pâturage (Leaver 1986).

Depuis la publication de ces revues, le potentiel génétique des animaux n'a cessé d'augmenter et diverses publications plus

récentes rapportent des efficacités moyennes du concentré égales ou supérieures à 1 kg de lait par kg de concentré (Wilkins *et al* 1994, Delaby et Peyraud 1997, Dillon *et al* 1997, Robaina *et al* 1998, Kennedy *et al* 2002). Concernant l'apport de fourrages, des travaux américains (Bargo *et al* 2002b) ont montré l'intérêt de l'apport d'une ration complète comportant 50 % de fourrages chez des vaches laitières à haut potentiel (45 kg de lait par jour) au pâturage.

L'objectif de cet article est de décrire les lois de réponse à la complémentation en intégrant à la fois la quantité de concentré consommée, le potentiel individuel de production des animaux et les caractéristiques de conduite du pâturage afin de redéfinir les modalités d'utilisation du concentré ou les conditions favorables à la distribution de fourrages complémentaires au pâturage. Cette synthèse s'appuie pour l'essentiel sur les expériences réalisées entre 1995 et 2001 (Delaby et Peyraud 2001 et 2003) sur les domaines INRA de Méjusseume (35 - Le Rheu), du Pin au Haras (61 - Exmes) et des Monts Dore (63 - Orcival). Les principales caractéristiques des troupeaux utilisés sont présentées au tableau 1.

1 / Performances des vaches laitières au pâturage sans complémentation

L'herbe pâturée se caractérise par une valeur nutritive élevée, assez bien équilibrée en énergie et azote (0,90 à 1,00 UFL/kg MS ; 90 à 100 g PDIE/UFL ; 90 à 140 g PDIN/UFL) et peut ainsi constituer l'aliment unique de la ration d'une vache laitière. Lors des expériences réalisées à l'INRA, la présence systématique d'un lot de vaches laitières au pâturage sans complémentation permet de quantifier les performances permises par l'herbe seule et sert de référence pour évaluer les réponses au concentré. Au printemps, la production laitière atteint en moyenne 22,0 et 24,4 kg par jour et par vache avec l'herbe seule respectivement à Méjusseume et au Pin au Haras. Cette valeur est de 19,9 et 21,5 kg de lait par jour en moyenne durant toute la saison de pâturage au Pin au Haras et à Orcival (tableau 2). Cette production par vache, tout comme la composition du lait, est en fait extrêmement variable, puisque l'écart observé entre animaux d'un même troupeau est de 14 kg de lait par jour chez les primipares et de 21 kg de lait par jour chez les multipares.

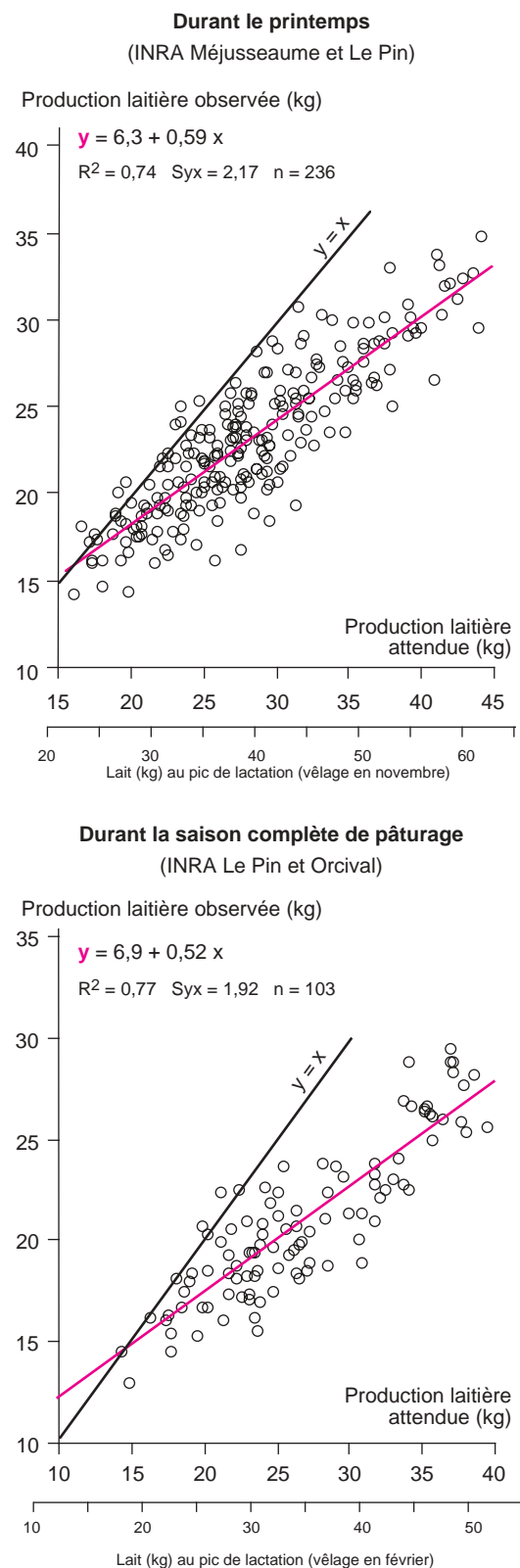
Tableau 1. Caractéristiques des troupeaux INRA de vaches laitières utilisés lors des expériences de complémentation au pâturage.

Troupeau (département)	Méjusseume (35)	Le Pin au Haras (61)	Orcival (63)
Années expérimentales	1995 à 1999	1995 à 2000	2000 à 2002
Race	Holstein	Holstein et Normande	Holstein
Effectif total (dont primipares)	344 (100)	353 (114)	134 (26)
Période de vêlage	Automne	Hiver	Automne et Hiver
Stade de lactation (jours) au 01/04	142 ± 42	82 ± 28	114 ± 56
Date de mise à l'herbe	Début avril	Début avril	Début mai
Performances à la mise à l'herbe			
Lait (kg)	29,2 ± 5,9	32,0 ± 6,3	28,0 ± 6,9
Taux butyreux (g/kg)	39,2 ± 4,4	40,2 ± 4,0	40,1 ± 4,7
Taux protéique (g/kg)	30,5 ± 2,2	31,8 ± 2,6	31,3 ± 2,4
Prairies utilisées	Ray-grass anglais	Ray-grass anglais et prairies permanentes	Ray-grass anglais et Dactyle

Tableau 2. Performances des vaches laitières au pâturage sans complémentation (moyenne, minimum et maximum).

Site	Printemps		Saison complète	
	Du 05/05 au 05/07	Du 21/04 au 05/07	Du 27/05 au 03/09	Du 21/04 au 10/10
Effectif (% de primipares)	Méjusseume 150 (29 %)	Le Pin au Haras 86 (35 %)	Orcival 31 (19%)	Le Pin au Haras 72 (36 %)
Stade de lactation (jours) au 01/04	148 31 – 203	82 21 – 120	112 9 – 190	82 21 – 120
Lait (kg)	22,0 14,5 – 31,8	24,4 17,2 – 36,3	21,5 13,2 – 31,3	19,9 13,1 – 28,2
Taux butyreux (g/kg)	39,4 29,6 – 49,6	39,5 31,7 – 48,5	38,8 28,7 – 43,8	40,4 32,2 – 48,2
Taux protéique (g/kg)	30,2 25,6 – 34,8	30,9 24,3 – 37,2	31,3 26,6 – 38,9	32,0 25,3 – 38,5
Poids vif moyen (kg)	589 474 – 682	657 544 – 787	595 445 – 741	655 549 – 783
Variation de poids vif (kg/jour)	+ 0,24 -1,00 – +1,14	+ 0,02 -0,89 – +0,96	+ 0,09 -0,79 – +0,69	+ 0,04 -0,50 – +0,50

Figure 1. Relation entre la production laitière attendue et observée chez les vaches laitières au pâturage et ne recevant pas de concentré.



En l'absence de toute complémentation, les performances des vaches laitières au pâturage dépendent d'abord des performances observées à la mise à l'herbe (Delaby *et al* 1999), qui varient avec le potentiel génétique de l'animal et son stade de lactation. Afin d'évaluer le rôle de ce potentiel, nous avons

proposé la notion de production laitière attendue (PLatt) calculée à partir des performances observées à la mise à l'herbe (Delaby *et al* 1999). Pour généraliser ce concept, il est également possible d'évaluer cette PLatt à partir de la production maximale (PLmax) observée en début de lactation et du stade moyen de lactation durant la période de pâturage considérée : $PLatt = PLmax \times 0,985^{(stade - 6)}$ avec PLatt et PLmax en kg/jour et stade = stade de lactation en semaines pour intégrer une persistance hebdomadaire de 98,5 % au-delà du pic de lactation fixé en moyenne pour toutes les vaches à 6 semaines. Les relations entre la production laitière attendue ainsi calculée et celle réellement observée (PLObs) au printemps ou durant toute la saison de pâturage sont présentées à la figure 1. Ces relations indiquent qu'au-delà de 15 kg de lait, 59 et 52 % de chaque kg de lait attendu peut être produit avec l'herbe seule selon les observations réalisées respectivement au printemps et durant la saison complète de pâturage. Cela signifie qu'une vache en milieu de lactation dont on attend 40 kg de lait par jour au printemps est capable de produire 30 kg de lait par jour sans aucun apport de concentré (figure 1). Ces résultats confortent les hypothèses avancées à partir des mesures de quantités ingérées, à savoir la capacité de l'animal à couvrir environ 60 % de ses besoins supplémentaires par kg de lait attendu avec de l'herbe seule (Peyraud *et al* 1995). En pratique, ces relations mettent en évidence que la notion de « lait permis par l'herbe » (par exemple 22 kg de lait) appliquée comme seuil unique à l'ensemble du troupeau pour raisonner individuellement la complémentation en concentré (Hoden *et al* 1988) est simplificatrice puisqu'elle ne tient pas compte de l'aptitude de chaque animal à accroître son ingestion d'herbe en fonction de son niveau de production laitière au pic de lactation ou à la mise à l'herbe.

Malgré cette aptitude, l'écart entre la production laitière attendue et celle observée au pâturage s'accroît avec le niveau de production des animaux (figure 1). Au printemps, cet écart est de 4 kg de lait par jour pour une production attendue de 25 kg et atteint 10 kg chez un vache dont la production attendue est de 40 kg de lait par jour. La production laitière observée au pâturage en l'absence de concentré augmente avec le potentiel génétique des animaux, mais s'éloigne de plus en plus de la production laitière attendue. L'augmentation de l'écart entre PLatt et PLObs reflète l'inadéquation entre les apports nutritifs permis par la consommation d'herbe seule au pâturage et les besoins théoriques des animaux. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Kolver et Muller (1997) qui ont bien mis en évidence une diminution importante de la production laitière (-14,5 kg) chez des vaches à haut potentiel (45 kg de lait par jour) alimentées au pâturage sans concentré en comparaison à des vaches en stabulation nourries avec une ration complète (50 % de fourrages). Au fil des années, l'accroissement du potentiel de production de lait des animaux semble avoir été plus rapide que l'accroissement de leur capacité d'ingestion d'herbe au pâturage. Ainsi, à la mise à

Au-delà d'une production de 15 kg de lait par jour, l'herbe seule permet de produire plus de 50 % de chaque kg de lait attendu supplémentaire.

l'herbe, lors de la suppression du concentré, la production laitière diminue d'autant plus vite que la vache produit plus de lait et a donc reçu plus de concentré durant l'hiver (figure 2). Chaque vache adapte alors sa production de lait aux apports nutritifs permis par sa capacité à consommer de l'herbe. A l'échelle de la saison de pâturage, même chez les vaches fortes productrices, la production laitière moyenne observée sans aucune complémentation n'est pas réalisée au détriment des réserves corporelles ou de leur reconstitution.

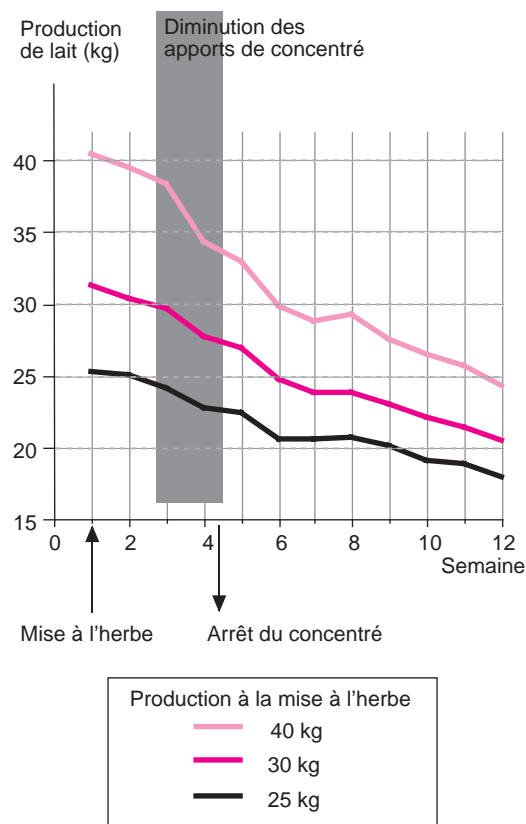
2 / Effet de l'apport de concentré sur les performances des vaches laitières au pâturage

2.1 / Réponses moyennes à la complémentation

La réponse de la production laitière à l'apport de concentré est très variable comme l'atteste la synthèse bibliographique que nous avons réalisée (tableau 3). Cette synthèse recense 48 articles comportant d'une part un lot de référence sans concentré et d'autre part des lots avec concentré, l'apport de concentré étant inférieur à 6 kg de MS par jour. En moyenne, sur 178 réponses calculées par différence entre le ou les lots avec concentré et le lot sans concentré, et pour un apport moyen journalier proche de 3,0 kg MS de concentré, l'efficacité du concentré est de 0,74 kg de lait par kg de MS de concentré ingéré. Mais cette efficacité varie selon les auteurs entre - 0,57 et + 2,4 kg de lait. Elle tend à être plus élevée dans les expériences les plus récentes, puisqu'elle atteint 0,94 kg de lait par kg de MS de concentré ingéré pour les expériences publiées ou réalisées après 1990 (n=24). Cette valeur est supérieure à celle rapportée dans la synthèse de Journet et Demarquilly (1979) et est proche des données publiées récemment par Bargo *et al* (2003).

En moyenne, l'apport de concentré entraîne une baisse du taux butyreux et une augmentation du taux protéique du lait de respectivement de - 0,30 g/kg et + 0,24 g/kg pour chaque

Figure 2. Evolution de la production laitière au pâturage selon le niveau de production à la mise à l'herbe (INRA - Le Pin).



kg de MS de concentré consommé (tableau 3). Enfin, la complémentation au pâturage a également pour effet d'accroître le gain de poids des animaux, d'environ 50 g/j par kg de MS de concentré, avec néanmoins des écarts importants entre expériences. Ces effets sur la composition du lait et les variations de poids restent du même ordre de grandeur dans les travaux publiés après 1990.

Ces réponses moyennes sont la conséquence de la double action du concentré décrite à la figure 3. Dans des conditions normales de pâturage, l'apport de chaque kg de concentré entraîne une réduction des quantités d'herbe ingérées et une augmentation des quantités totales ingérées (Delagarde *et al* 2001). Avec

Tableau 3. Réponses des vaches laitières à l'apport de concentré au pâturage (Synthèse bibliographique – Résultats exprimés par kg de MS de concentré ingéré).

	Nombre de données	Moyenne ± écart type	Minimum	Maximum
Toutes données (48 articles) ⁽¹⁾				
Concentré ingéré (kg MS/jour)	178	2,96 ± 1,25	0,88	5,86
Lait (kg)	178	+ 0,74 ± 0,46	- 0,57	+ 2,39
Taux butyreux (g/kg)	163	- 0,30 ± 0,57	- 1,93	+ 1,76
Taux protéique (g/kg)	134	+ 0,24 ± 0,31	- 0,52	+ 1,34
Variation de poids vif (g/jour)	128	+ 49 ± 54	- 83	+ 265
Données publiées après 1990 (24 articles)				
Concentré ingéré (kg MS/jour)	93	3,15 ± 1,29	1,00	5,40
Lait (kg)	93	+ 0,94 ± 0,40	- 0,18	+ 2,22
Taux butyreux (g/kg)	87	- 0,25 ± 0,55	- 1,65	+ 1,75
Taux protéique (g/kg)	84	+ 0,21 ± 0,27	- 0,52	+ 0,81
Variation de poids vif (g/jour)	77	+ 60 ± 60	- 83	+ 265

⁽¹⁾ Pour chaque expérience, qui comprend entre 2 et 4 doses de concentré, la réponse est calculée comme la différence de performances des lots avec et sans concentré rapportée à la quantité de concentré consommée.

un taux de substitution global de 0,4, les apports énergétiques totaux (herbe + concentré) n'augmentent en fait que de 0,6 UFL environ pour chaque kg de concentré consommé. Puis, selon les réponses décrites précédemment chez des vaches en milieu de lactation, cet apport supplémentaire d'énergie se répartit entre la production de lait et la reprise d'état corporel dans un rapport proche de 70/30. Cette augmentation de l'énergie disponible induit également une augmentation du taux protéique du même ordre de grandeur que celle décrite Coulon et Rémond (1991) sur les régimes hivernaux. La baisse fréquente du taux butyreux lorsque l'apport de concentré augmente semble être d'abord un effet de dilution, dans la mesure où l'apport de concentré accroît la production de matières grasses. Certains auteurs ont cependant observé une baisse de la synthèse des matières grasses du lait (Meijs et Hoekstra 1984, Sayers *et al* 2000, Mathieu *et al* 2001). Il ne faut donc pas exclure de possibles modifications du profil fermentaire ruminal (Delagarde *et al* 1999, Reis et Combs 2000), notamment dans le cas d'apports élevés de concentré associés à une herbe riche en feuilles, offerte en quantités élevées.

2.2 / Lois de réponse à la complémentation

Les expériences réalisées à l'INRA ont toutes comparé trois à quatre niveaux d'apports de concentré, ce qui permet de quantifier les lois de réponse à la complémentation.

Tableau 4. Lois de réponse à l'apport de concentré au pâturage.

Exemples d'utilisation des équations : une vache laitière qui produit 30 kg de lait à la mise à l'herbe et qui a chaque jour à sa disposition 16 kg de MS d'herbe et 0 kg de concentré produira environ 22,2 kg de lait au printemps puisque, selon l'équation obtenue à Méjusseaume et au Pin :

$$\text{Lait} = -4,2 + (0,68 \times 16) - (0,0133 \times 16 \times 16) + (0,63 \times 30) + (0,95 \times 0) = 22,2$$

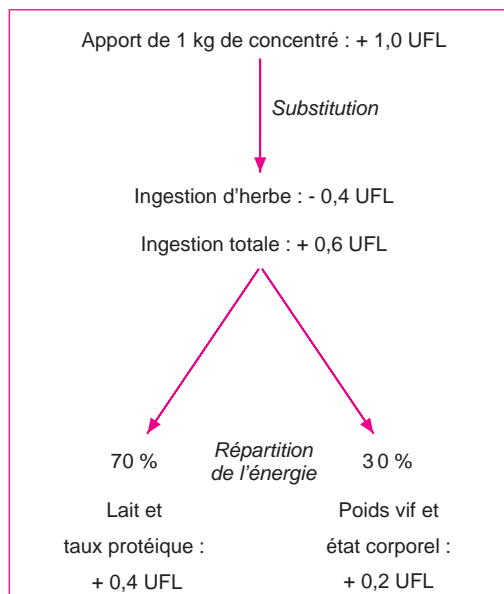
Avec une distribution de 4 kg de concentré, la production atteint 26 kg de lait puisque, avec la même équation : Lait = -4,2 + (0,68 x 16) - (0,0133 x 16 x 16) + (0,63 x 30) + (0,95 x 4) = 26,0

	Origine	Herbe offerte ⁽¹⁾ (kg MS/jour)	Performances ⁽²⁾ à la mise à l'herbe	Concentré ingéré (kg MS)	R ²	Syx
Méjusseaume et Le Pin – Printemps – n=550 – 9 semaines						
Lait (kg)	- 4,2	0,68 [- 0,0133]	0,63	0,95	0,91	1,47
Taux butyreux (g/kg)	12,7	- 0,37 [0,009]	0,77	- 0,45	0,79	1,80
Taux protéique (g/kg)	3,5	0,33 [- 0,006]	0,74	0,20	0,79	1,02
Variation de poids vif (g/jour)	- 60	14,2	- 8,5	58,0	0,40	275
Le Pin – Saison complète – n=293 – 24 semaines						
Lait (kg)	- 8,2	0,99 [- 0,0205]	0,52	0,94	0,87	1,51
Taux butyreux (g/kg)	7,2	ns	0,82	- 0,28	0,75	1,92
Taux protéique (g/kg)	8,2	0,03	0,73	0,22	0,77	1,14
Variation de poids vif (g/jour)	309	ns	- 11,5	44,4	0,28	181
Variation d'état corporel (pts)	0,28	ns	- 0,03	0,11	0,28	0,46
Orcival – Saison complète – n=111 – 14 semaines						
Lait (kg)	3,37	/	0,62	0,77	0,84	2,19
Taux butyreux (g/kg)	10,4	/	0,72	- 0,42	0,60	2,77
Taux protéique (g/kg)	10,0	/	0,70	0,22	0,68	1,30
Variation de poids vif (g/jour)	883	/	- 25,6	43,4	0,63	242
Variation d'état corporel (pts)	0,16	/	- 0,025	0,10	0,46	0,46

⁽¹⁾ Le coefficient entre crochets est un terme quadratique.

⁽²⁾ Les performances à la mise à l'herbe sont respectivement la production laitière, le taux butyreux, le taux protéique, la production laitière et la production laitière pour les 4 ou 5 équations successives obtenues sur chaque site expérimental.

Figure 3. Effet moyen de l'ingestion de 1 kg de concentré sur la substitution et la répartition de l'énergie ingérée.



Dans ces essais, toutes les réponses de production, de composition du lait et d'état corporel sont restées linéaires jusqu'aux niveaux maximal d'apport de concentré, à savoir de 0,0 à 5,4 kg de MS à Méjusseaume et au Pin et de 0,0 à 7,9 kg de MS à Orcival (tableau 4).

En zone de plaine (Bretagne et Normandie), au printemps comme durant toute la saison de pâturage, l'efficacité du concentré est proche

L'efficacité du concentré est élevée : jusqu'à 1 kg de lait par kg MS de concentré.

de 1 kg de lait par kg de MS de concentré consommé. En zone de demi-montagne (1000 m d'altitude), à Orcival, cette efficacité est un peu plus faible mais reste élevée (0,77 kg de lait par kg de MS concentré). Dans le même temps, le taux butyreux diminue systématiquement (de - 0,28 à - 0,45 g/kg par kg de MS de concentré consommé) mais avec des coefficients différents selon les expériences (tableau 4). Ces coefficients sont plus élevés lors des expériences de printemps, de durée plus courte. La composition en acides gras de la matière grasse du lait est également un peu modifiée par l'apport de concentré, avec notamment une baisse systématique et linéaire de la proportion relative des acides gras longs poly-insaturés en C18:3 (Delaby *et al* 2002). Le taux protéique augmente dans tous les essais d'environ 0,20 g/kg pour chaque kg de MS de concentré consommé en plus. Enfin l'apport de concentré a également pour effet d'accroître le gain de poids vif (entre 40 et 50 g/j par kg de MS de concentré) ou la reprise d'état corporel (+ 0,1 point par kg de MS de concentré) tout au long de la saison de pâturage.

Ces résultats sont en accord avec les travaux récents publiés par Bargo *et al* (2002a) ou Sayers *et al* (2000). Avec un apport de 8 kg MS de concentré par jour, Bargo *et al* ont obtenu une efficacité globale de 0,95 kg de lait par kg de MS de concentré tandis que Sayers *et al*, avec des apports de concentré de 5 et 10 kg MS/jour ont observé une efficacité marginale supérieure à 0,60 kg de lait par kg de MS de concentré ingéré en plus. De même, l'analyse des résultats de la bibliographie obtenus

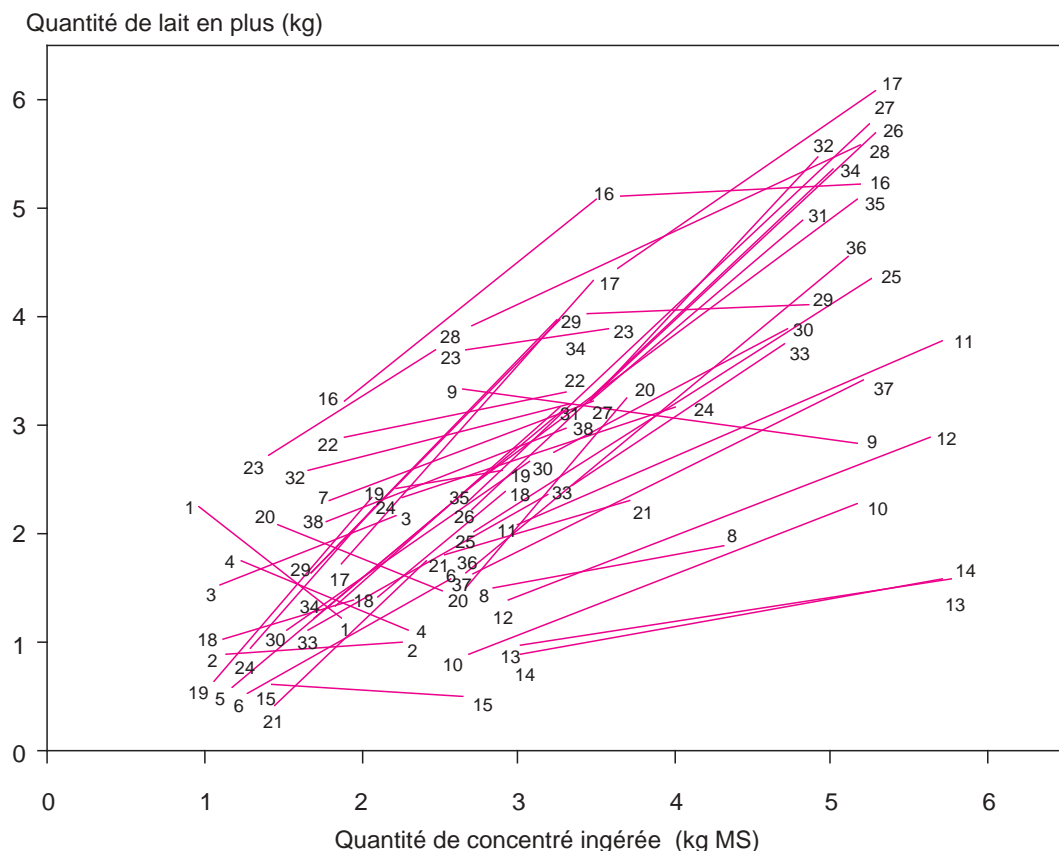
lors d'expériences comportant plusieurs niveaux d'apports de concentré n'a pas permis de mettre en évidence une réduction de l'efficacité du concentré avec l'accroissement de la quantité consommée, au moins jusqu'à 6 kg de MS (figure 4). Finalement, rares sont les auteurs qui ont observé un baisse significative de l'efficacité du concentré en relation avec l'accroissement des quantités distribuées (Ettala *et al* 1986, Delaby et Peyraud 2001). Dans leurs expériences, la diminution de l'efficacité correspond à des situations de quantités d'herbe offertes élevées incompatibles avec une bonne utilisation de celles-ci et des performances élevées par hectare.

Ces réponses positives et constantes de la production laitière jusqu'à des apports de concentré assez élevés mettent bien en évidence toute la difficulté – voire l'impossibilité – pour une vache laitière de satisfaire la totalité de ses besoins énergétiques avec l'herbe pâturée seule.

2.3 / Facteurs de variation de la réponse à la complémentation

Les principaux facteurs de variation de la réponse à l'apport de concentré au pâturage ont été décrits dans diverses revues bibliographiques (Journet et Demarquilly 1979, Mayne 1991, Stockdale *et al* 1997). Mais, selon les propos de Leaver (1985), il reste difficile de prévoir les réponses quantitatives de production et de composition du lait à la complémentation. Ces facteurs de variation s'organisent autour des trois acteurs de la

Figure 4. Réponse de la production laitière à l'apport croissant de concentré au pâturage (réponse exprimée par différence avec la production laitière du lot sans concentré ; synthèse bibliographique de 38 articles).



réponse à la complémentation que sont l'herbe, la vache et le concentré. Outre les quantités distribuées, la nature du concentré (composition en matières premières, teneur en PDI) et ses modalités d'attribution aux animaux sont susceptibles de modifier la réponse moyenne à la complémentation. Les vaches, qui diffèrent par leur race, leur rang ou leur stade de lactation ou leur potentiel de production, tout comme les conditions de pâturage, caractérisées par des quantités d'herbe offertes ou des niveaux de chargement, vont également moduler ces réponses au concentré. Les interactions multiples qui en découlent expliquent la variabilité importante observée dans la bibliographie.

a / Influence des conditions de pâturage

Au pâturage, l'augmentation des quantités d'herbe offertes se traduit généralement par un accroissement des quantités d'herbe ingérées (Delagarde *et al* 2001) et de la production laitière individuelle (tableau 4). En conséquence, la réponse à la complémentation devrait être d'autant plus faible que les quantités d'herbe offertes sont plus élevées ou que les conditions de pâturage sont plus libérales. En fait, cette interaction entre les conditions de pâturage et l'apport de concentré n'a été mise en évidence que par les auteurs qui ont imposé des quantités d'herbe offertes très faibles, à savoir moins de 12 kg de MS d'herbe au-dessus de 5 cm par vache et par jour (Grainger et Matthews 1989, Bargo *et al* 2002a). Dans la gamme de quantités d'herbe offertes (au-dessus de 5 cm) utilisées dans nos conditions expérimentales (entre 14 et 25 kg MS par vache et par jour), les lois de réponse au concentré présentées au tableau 4 ne varient pas significativement avec les conditions de pâturage. La réponse à l'apport de concentré reste constante et additive. De même, en pâturage tournant simplifié, l'écart de performances entre des vaches complé-

mentées et non complémentées ne varie pas au cours du temps de séjour sur la parcelle (Hoden *et al* 1987). A chaque début de parcelle, alors que les quantités d'herbe offertes sont très élevées, la production laitière augmente avec la même amplitude chez les vaches complémentées ou non et conduites ensemble sur la même parcelle (figure 5).

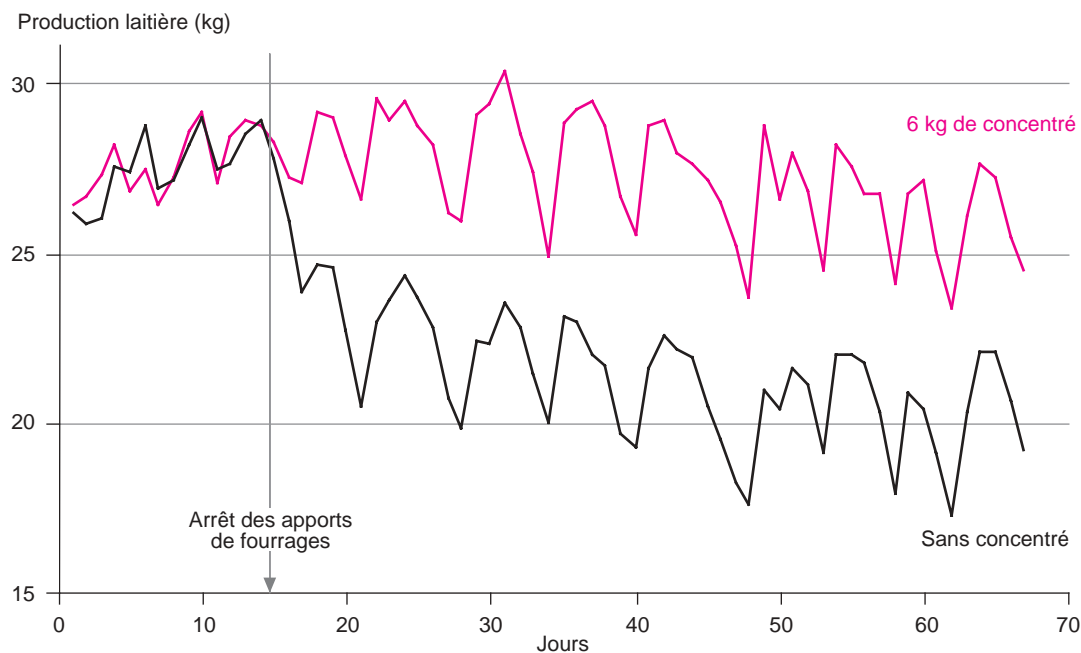
Selon les paramètres du tableau 4, la production laitière et le taux protéique augmentent avec l'accroissement des quantités d'herbe offertes mais de moins en moins : la relation est curvilinéaire. Ainsi, l'accroissement des quantités d'herbe offertes est un facteur beaucoup moins efficace que le concentré pour accroître les performances individuelles au pâturage. Par rapport à des conditions de pâturage normales correspondant à une hauteur d'herbe en sortie de parcelle de 6 cm environ, il faut offrir 4 à 5 kg de MS d'herbe en plus par vache et par jour pour espérer obtenir 1 kg de lait en plus. Ce qui se traduit par une augmentation inévitable de la hauteur d'herbe en sortie de parcelle, préjudiciable à la qualité des repousses et à leur valorisation ultérieure.

b / Influence des modalités d'attribution du concentré et du potentiel des animaux

En France, la complémentation des vaches laitières au pâturage est souvent raisonnée selon le niveau de production de chaque vache. La méthode d'attribution du concentré repose sur le principe d'un rythme d'apport au-delà d'un seuil (par exemple 1 kg de concentré pour 3 kg de lait au-dessus de 20 kg de lait). Chaque vache reçoit alors une quantité différente et plus elle produit de lait, plus elle reçoit de concentré. Dans ces conditions, l'efficacité du concentré augmente avec le niveau de production des vaches (Hoden *et al*

Le supplément de production de lait permis par le concentré ne varie pas avec les conditions de pâturage dans la mesure où la quantité d'herbe offerte reste suffisante.

Figure 5. Evolution de la production laitière au pâturage selon le niveau d'apport de concentré lors de la succession des parcelles pâturées (2 x 10 vaches laitières, INRA - Orcival, 2000).



1991), ce qui justifiait la méthode d'attribution utilisée. Selon les travaux de Hoden *et al* (1991), l'efficacité du concentré évolue de 0,20 à 0,80 kg de lait par kg MS de concentré chez des vaches produisant de 23 à 35 kg de lait par jour à la mise à l'herbe et pour un niveau d'apport qui augmente respectivement de 1 kg à 5 kg brut par vache. Ainsi, il semblait intéressant de n'attribuer du concentré au pâturage qu'aux animaux dont le niveau de production est supérieur à 30 kg de lait par jour au printemps (Hoden *et al* 1987).

Cependant, les lois de réponses établies au tableau 4, qui reposent pour l'essentiel sur des apports de concentré en quantités identiques à toutes les vaches d'un même lot, n'ont pas révélé de différences d'efficacité du concentré selon le niveau de production laitière à la mise à l'herbe (figure 6). De plus, les rares expériences qui ont comparé différentes méthodes d'attribution du concentré, individualisée ou identique pour toutes les vaches (Andries *et al* 1989, Delaby et Peyraud 1997 ; tableau 5) n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les performances moyennes des troupeaux. Avec la

méthode d'attribution en rythme, l'apport de concentré faible et peu discriminant entre vaches à faible niveau de production (entre 20 et 25 kg de lait par jour) ne permet pas de mettre en évidence des réponses significatives au concentré. De même, selon nos résultats, la baisse du taux butyreux et l'accroissement du taux protéique associé à l'apport de concentré n'ont pas varié avec les taux observés à la mise à l'herbe. L'augmentation du taux protéique avec l'apport de concentré a été également indépendante du niveau de production laitière à la mise à l'herbe.

Sur le domaine du Pin au Haras, la présence de deux races, Holstein et Normande, a permis d'évaluer les réponses au concentré en fonction de la race des animaux. Quelles que soient les modalités d'attribution du concentré, en rythme ou constante, aucune interaction significative entre la race et l'apport de concentré n'a été mise en évidence sur la production laitière, le taux butyreux, la reprise de poids et la variation d'état corporel. Les animaux des deux races, malgré des différences de performances bien connues à

L'efficacité du concentré ne varie pas avec le niveau de production laitière entre 25 et 45 kg par jour. Adapter la quantité de concentré à chaque vache n'est donc pas indispensable.

Figure 6. Effet de la production laitière à la mise à l'herbe et du niveau d'apport de concentré sur les performances des vaches laitières durant la saison de pâturage (4 x 44 vaches laitières, INRA - Le Pin, 1998-2000).

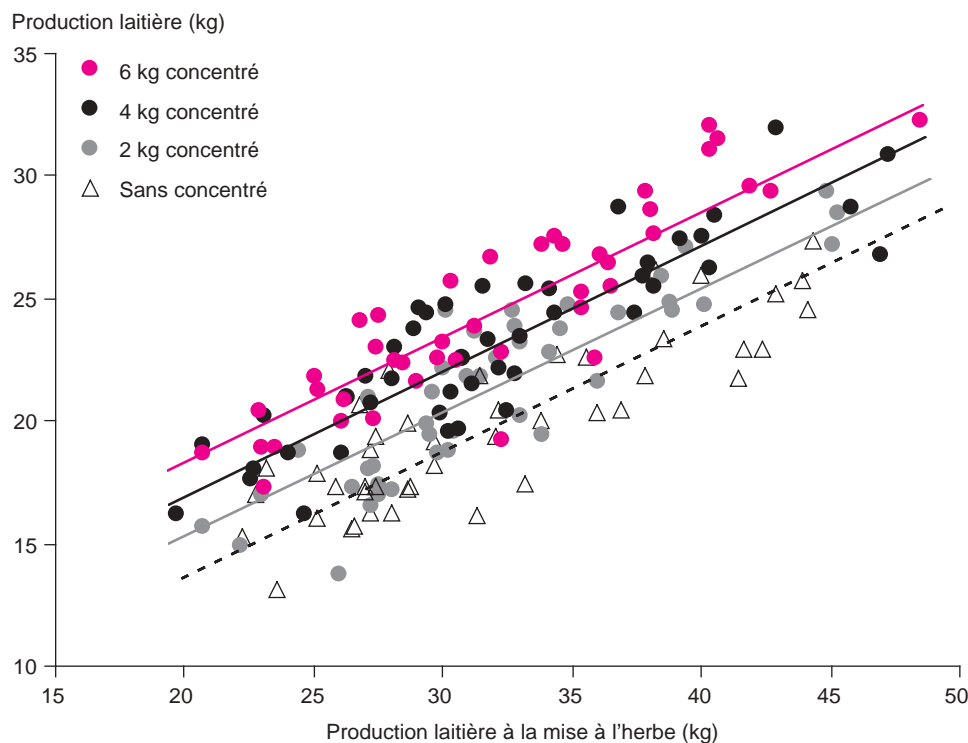


Tableau 5. Effet des modalités d'apport de concentré sur les performances moyennes des vaches laitières au pâturage (64 vaches laitières, 8 semaines, INRA-Méjusseau ; Delaby et Peyraud 1997).

Modalité d'apport	En rythme ⁽¹⁾	Constant	Syx	Prob.
Concentré ingéré (kg MS)	2,9	2,7		
Lait (kg)	26,1	26,0	1,57	ns
Taux butyreux (g/kg)	37,5	37,1	1,94	ns
Taux protéique (g/kg)	30,3	30,0	0,92	ns
Poids moyen (kg)	603	603	14,5	ns
Variation de poids vif (g/jour)	693	628	300	ns

⁽¹⁾ Rythme : 1 kg de concentré pour 3 kg de lait au-dessus de 20 kg de lait à la mise à l'herbe

la mise à l'herbe, n'ont pas réagi de manière différente à l'apport de concentré. Seule, l'augmentation du taux protéique du lait avec la quantité la plus élevée de concentré (6 kg brut) a été plus importante chez les vaches Holstein que chez les vaches Normandes (tableau 6). L'absence de différences significatives dans les lois de réponse à la complémentation a également été observée sur l'ensemble des paramètres étudiés lors des comparaisons entre primipares et multipares.

Au pâturage, l'attribution de concentré en quantités identiques pour toutes les vaches induit des réponses à la complémentation qui ne varient pas avec les caractéristiques de l'animal à la mise à l'herbe. Ce résultat original conforte l'idée qu'au pâturage, la majorité des vaches dont le niveau de production est supérieur à 20 kg de lait par jour ne parviennent pas à satisfaire la totalité de leurs besoins énergétiques et que l'ingestion d'herbe au pâturage serait un facteur limitant qui concerne toutes les vaches.

3 / Effet de la nature du concentré sur les performances des vaches laitières au pâturage

3.1 / Nature du concentré énergétique

Avec des niveaux d'apport de concentré inférieurs à 5 kg par vache par jour, les effets de la nature du concentré sur les performances sont modérés et variables. Lors d'une comparaison entre des concentrés (3,5 kg MS) à base de blé (75 % amidon rapidement fermentescible) ou de pulpes et son de blé (80 % parois végétales rapidement fermentescibles), Delaby et Peyraud (1994) n'ont mis en évidence que des effets ténus sur la production de lait et le taux protéique (- 0,5 kg et + 0,6 g/kg respectivement avec le blé) sans modification du taux butyreux. Par rapport au concentré à base de pulpes et son, l'utili-

sation de coques de soja (87 % parois végétales lentement fermentescibles) accroît le taux butyreux de 1,0 g/kg, mais sans modifier la production du lait et le taux protéique. Fisher *et al* (1996) ont confirmé cette absence d'effet significatif de la nature du concentré sur la production et la composition du lait lors d'une comparaison réalisée avec 4,5 kg MS/jour d'un concentré comportant 80 % d'orge ou 80 % de pulpes de betteraves.

Avec des quantités plus élevées de concentré (plus de 7 à 8 kg de MS), l'effet le plus souvent rapporté dans la bibliographie concerne une diminution du taux butyreux. Dans les travaux de Valk *et al* (1990), le taux butyreux a diminué régulièrement avec l'accroissement de la teneur en amidon du concentré obtenu grâce à la substitution de pulpes de betteraves par du maïs grain. Dans le même temps, la production de lait et le taux protéique n'ont pas varié significativement. Cet effet du concentré riche en amidon sur la teneur en matières grasses du lait a été encore plus marqué dans les travaux publiés par Sayers *et al* (2000). Ces auteurs ont comparé deux concentrés différant par leurs teneurs en amidon (62 et 470 g/kg MS) et en parois (NDF : 244 et 146 g/kg MS) et distribués à raison de 5 ou 10 kg de MS par vache et par jour (tableau 7). Avec le concentré riche en amidon, le taux butyreux a chuté significativement de 2,8 g/kg avec un apport de 5 kg MS. Cette baisse du taux butyreux a été beaucoup plus importante avec l'apport de 10 kg de MS de concentré puisqu'elle a atteint 6,3 g/kg. Les auteurs ont également rapporté une occurrence de cas d'acidoses et de boiteries associées plus importante chez les vaches qui recevaient le concentré riche en amidon. Dans le même temps, la production laitière n'a pas varié avec la nature du concentré. Le taux protéique du lait a augmenté de 2,1 g/kg avec le concentré riche en amidon, mais seulement avec l'apport de 10 kg MS de concentré.

La nature du concentré n'affecte que modérément la production et la composition du lait du moins tant que les quantités distribuées sont peu élevées. Lorsqu'elles sont plus

Tableau 6. Effet de la race sur la réponse des vaches laitières à un apport constant de concentré durant la saison de pâturage (INRA - Le Pin, 1998-2000).

Race	Holstein				Normande				Syx	Prob. ⁽¹⁾
	0,0	1,7	3,4	5,1	0,0	1,7	3,4	4,9		
Concentré ingéré (kg MS)	0,0	1,7	3,4	5,1	0,0	1,7	3,4	4,9		
Effectif	25	26	26	24	19	17	19	18		
Lait (kg)	20,9	22,6	24,6	25,9	17,3	18,5	20,2	21,6	1,67	ns
Taux butyreux (g/kg)	39,5	38,8	37,8	37,6	41,1	41,2	40,4	39,5	1,96	ns
Taux protéique (g/kg)	31,2	31,3	31,8	32,6	33,9	34,1	34,7	34,1	1,14	0,02

⁽¹⁾ Probabilité de l'interaction entre la race et le niveau d'apport de concentré

Tableau 7. Effet de la nature du concentré et du niveau d'apport sur les performances des vaches laitières au pâturage (Sayers *et al* 2000).

Quantité (kg MS)	5		10		Syx	Prob.		
	Paroi	Amidon	Paroi	Amidon		Niveau	Nature	Interaction
Lait (kg)	31,7	31,6	35,0	34,6	0,77	0,010	ns	ns
Taux butyreux (g/kg)	39,4	36,6	36,2	29,9	0,58	0,001	0,001	0,001
Taux protéique (g/kg)	33,0	33,7	33,4	35,5	0,26	0,001	0,001	0,010

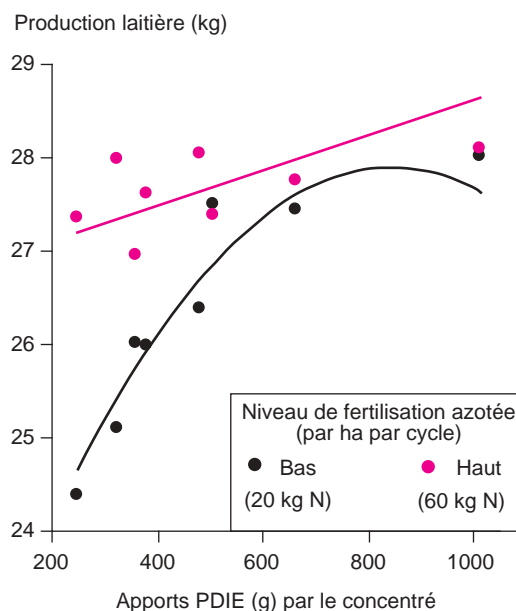
importantes, les concentrés à base d'amidon diminuent, parfois de façon importante, le taux butyreux. Ce résultat est conforme aux données obtenues sur régimes hivernaux (revue de Coulon *et al* 1989). Finalement, si l'apport de concentré au pâturage induit le plus souvent une diminution du taux butyreux, cette diminution sera d'autant plus importante que la quantité de concentré distribuée sera élevée et que ce concentré sera riche en amidon.

3.2 / Complémentation protéique

La teneur optimale en protéines du concentré distribué au pâturage est une question récurrente depuis quelques années, notamment dans les régions d'élevage confrontées à des problèmes d'excédents structurels en azote. Les prairies valorisées par les vaches laitières sont généralement des prairies fertilisées ou comportant des légumineuses (trèfle blanc). En conséquence, la teneur en PDI de l'herbe est rarement le principal facteur limitant de la production laitière au pâturage. Sur prairies de ray-grass anglais bien fertilisées (60 kg N/ha/cycle), avec une herbe offerte dont la teneur en MAT variait de 170 à 220 g/kg MS, l'introduction d'une proportion croissante de tourteaux tannés (de 0 à 100 %) dans un concentré à base de céréales n'a permis d'accroître les performances individuelles que de 0,18 kg de lait et 3,5 g de protéines par jour pour tout apport supplémentaire de 100 g de PDIE à même quantité ingérée de concentré (Delaby *et al* 1996 ; figure 7). En conséquence, la quasi-totalité de l'azote supplémentaire ingéré du fait de l'introduction de tourteaux dans le concentré n'est pas valorisée et est excrétée dans l'urine (Astigarraga *et al* 1994, Delagarde *et al* 1997, Vérité et Delaby 1998).

La situation est différente dans le cas de prairies de graminées peu ou pas fertilisées.

Figure 7. Effet d'un apport croissant de PDI par le concentré sur la production laitière au pâturage selon le niveau de fertilisation azotée des prairies de ray-grass anglais (Delaby *et al* 1996).



La faible teneur en MAT de l'herbe offerte (parfois inférieure à 120 g/kg MS) peut alors limiter l'ingestion (Delagarde *et al* 1999) et les apports de PDI à l'animal. De telles situations existent également dans le cas de prairies d'association non fertilisées mais pauvres en légumineuses ou lorsque les températures élevées associées aux faibles pluies en été limitent la croissance de l'herbe. L'introduction de tourteaux tannés dans le concentré permet alors de compenser un moindre apport d'azote, comme l'indique la réponse de la production laitière décrite à la figure 7. Ces situations restent néanmoins particulières, de durée limitée, et ne peuvent justifier le recours systématique à des concentrés riches en protéines pour les vaches laitières au pâturage (Stockdale *et al* 1997). Dans la majorité des cas, une complémentation à base de céréales ou avec un concentré dont la teneur en MAT est inférieure à 140 g/kg MS est aussi efficace (Mathieu *et al* 1998).

4 / Effet de l'apport de fourrages sur les performances des vaches laitières au pâturage

De nombreux éleveurs maintiennent un apport de fourrages complémentaires aux vaches laitières durant la saison de pâturage, même lorsque la surface disponible par animal est suffisante. L'hypothèse sous-jacente est qu'un apport d'ensilage de maïs (5 à 8 kg MS par jour) réduirait les fluctuations importantes d'apports nutritifs associées au pâturage (mauvaises conditions climatiques, fin de parcelle). A l'échelle du printemps (trois à quatre mois), la synthèse d'expériences françaises réalisée par Chénais *et al* (1997) n'a pas confirmé cet intérêt attribué à l'ensilage de maïs. En moyenne lors de neuf essais, l'apport quotidien de 5 kg de MS d'ensilage de maïs n'a modifié ni la production laitière, ni le taux protéique. Le seul effet significatif a été une augmentation du taux butyreux (+ 1,2 g/kg).

De même, un apport de 2 à 3 kg brut de foin permettrait de ralentir le transit digestif trop rapide associé aux herbes parfois très riches en MAT, en eau et en potassium. A Orcival, l'apport de 3 kg brut de foin par vache et par jour s'est d'abord traduit par une consommation incomplète de ce foin, notamment en début de parcelle. L'apport de foin a entraîné une chute significative du taux butyreux (- 2,1 g/kg de lait) sans améliorer significativement la production laitière. D'autre part, bien que les vaches aient consommé une herbe d'excellente qualité (210 à 220 g de MAT/kg MS), propice à une faible teneur en MS des fèces, cette teneur n'a pas été augmentée par l'apport de foin (tableau 8).

Les résultats récents obtenus par Bargo *et al* (2002b) sont un peu plus marqués. En comparaison avec des vaches au pâturage, non complémentées en fourrages mais recevant néanmoins 10 kg de concentré, le maintien d'une part de ration complète distribuée la nuit à raison de 17 kg de MS/jour (dont 50 % de fourrages), a permis de produire plus de

Lorsque la prairie est bien fertilisée ou comporte des légumineuses, il est inutile d'apporter un concentré riche en protéines.

lait (+ 3,5 kg) et un lait plus riche en matières grasses (+ 2,2 g/kg). Mais, contrairement aux essais réalisés en France, il s'agit aux USA de vaches à très haut niveau de production (45 kg de lait par jour) dont la ration comporte une part d'herbe pâturée assez limitée.

L'intérêt d'un apport de fourrages complémentaires au pâturage dépend d'abord des conditions de pâturage associées. En effet, les réponses rapportées dans la bibliographie (Phillips 1988, Martin et Delaby 1998 ; tableau 9) varient selon que les auteurs ont modifié ou non le chargement, le temps d'accès au pâturage ou les quantités d'herbe offertes pour les animaux complétés en fourrages.

Lorsque les conditions de pâturage restent identiques pour les animaux complétés ou non, l'apport de fourrages (entre 3,0 et 6,5 kg MS ingérés) induit en moyenne une augmentation modérée de la production laitière (+ 0,53 kg de lait par kg de MS de fourrage ingéré), sans modification importante du taux butyreux (- 0,19 g/kg) et du taux protéique (+ 0,13 g/kg). Cette augmentation de production laitière est d'autant plus importante que les conditions de pâturage sont sévères (chargement élevé, quantités d'herbe offertes ou hauteur d'herbe résiduelles faibles). Si les quantités de fourrages distribuées restent faibles (inférieures à 7-8 kg MS par jour et par vache), les réponses exprimées par kg de MS de fourrage consommé ne semblent pas varier avec les quantités distribuées.

Lorsque les animaux complétés en fourrages sont placés dans des conditions de pâturage plus sévères que leurs homologues non complétés, ceci afin de simuler des surfaces disponibles limitantes ou pour assurer une gestion identique des prairies, alors la production et la composition du lait ne sont pas modifiées (tableau 9). En conséquence, pour des vaches en milieu de lactation, lorsque la surface accessible et la productivité des prairies sont suffisantes, le maintien d'un apport de fourrages complémentaires, qui devrait s'accompagner d'une augmentation du chargement, ne semble pas justifié. En situation de pénurie fourragère, l'apport de fourrages complémentaires est au contraire pleinement justifié pour maintenir les performances individuelles.

Conclusion

Au pâturage, l'apport de concentré aux vaches laitières n'est pas nécessaire mais peut être intéressant pour améliorer les performances individuelles. Les lois de réponse présentées dans cet article permettent à chaque éleveur de définir sa politique de complémentation en fonction de ses objectifs de production. La réponse au concentré est proche de 1 kg de lait pour 1 kg de concentré et ce dans un grand nombre de situations de pâturage rencontrées en France. Le concentré peut aussi être utile chez les vaches en fin de lactation afin d'améliorer leur état corporel en vue d'une lactation future. La stratégie d'apport de concentré peut être simplifiée, en

Tableau 8. Effet d'un apport de 3 kg de foin sur les performances des vaches laitières au pâturage (INRA - Orcival, 2000 et 2001).

	Herbe seule	Herbe + Foin	Syx	Prob.
Foin ingéré (kg MS)	0,0	1,5		
Lait (kg)	18,8	18,6	2,10	ns
Taux butyreux (g/kg)	40,1	38,0	2,70	0,01
Taux protéique (g/kg)	32,0	31,9	1,43	ns
Variation de poids vif (g/jour)	+ 330	+ 405	228	ns
Teneur en MS des fèces (%) ⁽¹⁾	8,9	8,8		

⁽¹⁾ Mesures réalisées uniquement en 2000.

Tableau 9. Réponses des vaches laitières à l'apport de fourrages selon les conditions de pâturage (Synthèse bibliographique – Résultats exprimés par kg de MS de fourrages ingéré).

	Nombre de données	Moyenne ± écart type	Minimum	Maximum
Mêmes conditions de pâturage pour les lots complétés ou non en fourrages				
Fourrage ingéré (kg MS/jour)	25	4,4 ± 0,9	3,0	6,5
Lait (kg)	25	+ 0,53 ± 0,28	- 0,02	+ 1,21
Taux butyreux (g/kg)	25	- 0,19 ± 0,72	-1,67	+ 2,12
Taux protéique (g/kg)	24	+ 0,13 ± 0,23	- 0,42	+ 0,46
Conditions de pâturage plus sévères pour le lot complété en fourrages ⁽¹⁾				
Fourrage ingéré (kg MS/jour)	19	6,1 ± 1,9	3,2	10,4
Lait (kg)	19	+ 0,08 ± 0,21	- 0,33	+ 0,51
Taux butyreux (g/kg)	19	+ 0,19 ± 0,35	- 0,34	+ 0,81
Taux protéique (g/kg)	19	0,00 ± 0,19	- 0,47	+0,32

⁽¹⁾ Dans ces expériences, les lots complétés en fourrages (ensilage de maïs, foin ou ensilage d'herbe) ont à leur disposition des quantités d'herbe plus faibles.

La distribution de fourrages complémentaires au pâturage ne se justifie qu'en cas de pénurie d'herbe.

attribuant à un groupe de vaches, voire à tout le troupeau, une même quantité de concentré durant toute la saison de pâturage. Enfin, ce concentré peut être composé exclusivement de céréales produites sur l'exploitation ; l'apport de tourteaux ne se justifie que dans des situations très particulières.

Lorsque la disponibilité en herbe est garantie (surface disponible, croissance de l'herbe soutenue) notamment au printemps, le maintien d'un apport de fourrages complémentaires présente peu d'intérêt, sauf dans les troupeaux de potentiel très élevés. De plus, cet apport de fourrages conservés ne doit pas compromettre la valorisation de l'herbe produite à cause d'une conduite trop libérale qui crée des

situations incontrôlables (refus abondants, herbe trop haute, herbe épiée, excédents à faucher). Avant de compléter les vaches laitières au pâturage, l'éleveur doit mettre en œuvre les techniques de pâturage qui permettent d'utiliser au mieux la ressource herbagère et d'assurer des repousses de qualité.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble du personnel des domaines expérimentaux INRA de Méjusseau, du Pin au Haras et des Monts Dore pour leur participation motivée lors du suivi des expériences et leur précieuse contribution à la réalisation des mesures.

Références

- Andries J.I., de Brabander D.L., Boucqué Ch., Buysse F.X., 1989. Simplification de la distribution des aliments concentrés aux vaches laitières pendant la période de pâturage. Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1129-1130.
- Astigarraga L., Peyraud J.L., Le Bars M., 1994. Effect of level of nitrogen fertilization and protein supplementation on herbage utilization by grazing dairy cows. II Faecal and urine nitrogen excretion. *Ann. Zootech.*, 43, 292.
- Bargo F., Muller L.D., Delahoy J.E., Cassidy T.W., 2002a. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowance. *J. Dairy Sci.*, 85, 1777-1792.
- Bargo F., Muller L.D., Delahoy J.E., Cassidy T.W., 2002b. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.*, 85, 2948-2963.
- Bargo F., Muller L.D., Kolver E.S., Delahoy J.E., 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, 86, 1-42.
- Chénais F., Le Gall A., Legarto J., Kerouanton J., 1997. Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. I- L'ensilage de maïs dans le système d'alimentation. *Fourrages*, 150, 123-136.
- Coulon J.B., Rémond B., 1991. Réponses de la production et de la composition du lait de vaches aux variations d'apports nutritifs. *INRA Prod. Anim.*, 4, 49-56.
- Coulon J.B., Faverdin Ph., Laurent F., Cotto G., 1989. Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 2, 47-53.
- Delaby L., Peyraud J.L., 1994. Influence de la nature du concentré énergétique sur les performances des vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 1, 113-116.
- Delaby L., Peyraud J.L., 1997. Influence of concentrate supplementation strategy on grazing dairy cow's performance. In Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Winnipeg, Canada, Session 29, 137-138.
- Delaby L., Peyraud J.L., 2001. Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. *Anim. Sci.*, 73, 171-181.
- Delaby L., Peyraud J.L., 2003. Effect of two contrasting grazing managements and of levels of concentrate allocated on the response curve of dairy cows performance at grazing. *Anim. Res.*, sous presse.
- Delaby L., Peyraud J.L., Vérité R., Marquis B., 1996. Effect of protein content in the concentrate and level of nitrogen fertilization on the performance of dairy cows in pasture. *Ann. Zootech.*, 45, 327-341.
- Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R., 1999. Production des vaches laitières au pâturage sans concentré. *Renc. Rech. Rum.*, 6, 123-126.
- Delaby L., Rulquin H., Peyraud J.L., 2002. Influence de quelques facteurs zootechniques sur la composition en acides gras du lait de vaches au pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 9, 364.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., 1997. The effect of nitrogen fertilization level and protein supplementation on herbage intake, feeding behaviour and digestion in grazing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 66, 165-180.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., 1999. Influence of carbohydrate or protein supplementation on intake, behaviour and digestion in dairy cows strip-grazing low-nitrogen fertilized perennial ryegrass. *Ann. Zootech.*, 48, 81-96.
- Delagarde R., Prache S., D'Hour P., Petit M., 2001. Ingestion de l'herbe par les ruminants au pâturage. *Fourrages*, 166, 189-212.
- Dillon P., Crosse S., O'Brien B., 1997. Effect of concentrate supplementation of grazing dairy cows in early lactation on milk production and milk processing quality. *Irish J. Agric. Food Res.*, 36, 145-159.
- Ettala E., Rinne K., Virtanen E., Rissanen H., 1986. Effect of supplemented concentrates on the milk yields of cows grazing good pasture. *Ann. Agric. Fenniae*, 25, 111-125.
- Fisher G.E.J., Dowdeswell A.M., Perrott G., 1996. The effects of sward characteristics and supplement type on the herbage intake and milk production of summer-calving cows. *Grass and Forage Sci.*, 51, 121-130.
- Grainger C., Matthews G.L., 1989. Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Australian J. Exp. Agric.*, 29, 355-360.
- Hoden A., Fiorelli J.L., Jeannin B., Huguet L., Muller A., Weiss Ph., 1987. Le pâturage simplifié pour vaches laitières : synthèse de résultats expérimentaux. *Fourrages*, 111, 239-257.
- Hoden A., Coulon J.B., Faverdin Ph., 1988. Alimentation des vaches laitières. In : R. Jarrige (ed), Alimentation des bovins, ovins et caprins, 135-158. INRA Éditions, Paris.
- Hoden A., Muller A., Peyraud J.L., Delaby L., Faverdin Ph., 1991. Pâturage pour vaches laitières. Effets du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié. *INRA Prod. Anim.*, 4, 229-239.
- Journet M., Demarquilly C., 1979. Grazing. In : W.H. Broster and H. Swan (eds), Feeding strategy for the high yielding cow, 295-321. St Albans, Canada Publishing Co.
- Kennedy J., Dillon P., Faverdin Ph., Delaby L., Buckley F., Rath M., 2002. The influence of cow genetic merit for milk production on response to level of concentrate supplementation in a grass-based system. *Anim. Sci.*, 75, 433-445.
- Kolver E.S., Muller L.D., 1997. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 81, 1403-1411.
- Leaver J.D., 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *J. Dairy Res.*, 52, 313-344.
- Leaver J.D., 1986. Effects of supplements on herbage intake and performance. In : J. Frame (ed), Grazing, 79-88. BGS Occ. Symp. N° 19, UK.
- Martin J., Delaby L., 1998. Complémentation des vaches laitières. Effet du niveau d'apport de concentré chez les vaches laitières au pâturage conduit à deux niveaux de fertilisation azotée et de chargement. Mémoire de fin d'études Esitpa, 70 p.

Mathieu Y., Demerlé P., Brunshwig Ph., Champion H., 1998. Valoriser les céréales au pâturage et limiter les rejets azotés des vaches laitières. Renc. Rech. Rum., 5, 213-215.

Mathieu Y., Demerlé P., Piveteau J., Brunshwig Ph., 2001. Réponse de la production et de la composition du lait à un apport de concentré au pâturage. Renc. Rech. Rum., 8, 222.

Mayne C.S., 1991. Effects of supplementation on the performance of both growing and lactating cattle at pasture. In : C.S. Mayne (ed), Management issues for the grassland farmer in the 1990's, 55-71. BGS Occ. Symp. N° 25, UK.

Mayne C.S., Peyraud J.L., 1996. Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. In : G. Parente *et al* (eds), Grassland and land use systems, 347-360. 16th EGF meeting, Grado, Italia.

Meijs J.A.C., Hoekstra J.A., 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. Grass and Forage Sci., 39, 59-66.

Peyraud J.L., Delagarde R., Delaby L., 1995. Influence des conditions d'exploitation du pâturage et des caractéristiques animales sur les quantités ingérées par les vaches laitières : analyse et prédiction. Renc. Rech. Rum., 2, 37-43.

Phillips C.J.C., 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cow. Grass and Forage Sci., 43, 215-230.

Reis R.B., Combs D.K., 2000. Effects of increasing level of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. J. Dairy Sci., 83, 2888-2898.

Robaina A.C., Grainger C., Moate P., Taylor J., Stewart J., 1998. Responses to grain feeding by grazing dairy cows. Australian J. Exp. Agric., 38, 541-549.

Sayers H.J., Mayne C.S., Bartram C.G., 2000. The effect of level and type of supplement and changes in the chemical composition of herbage as the season progresses on herbage intake and animal performance of high yielding dairy cows. In : A.J. Rook, P.D. Penning (eds), Grazing Management, 85-90. BGS Occ. Symp. N° 34, UK.

Stockdale C.R., Dellow D.W., Grainger C., Dalley D., Moate P.J., 1997. Supplements for dairy production in Victoria. Dairy Research and Development Corporation, Melbourne, Australia, 95 p.

Valk H., Klein Poelhuis H.W., Wentink H.J., 1990. Effect of fibrous and starchy carbohydrates in concentrates as supplements in a herbage-based diet for high-yielding dairy cows. Neth. J. Agric. Sci., 38, 475-486.

Vérité R., Delaby L., 1998. Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache. Interrelations avec les performances. Renc. Rech. Rum., 5, 185-192.

Wilkins R.J., Gibb M.J., Huckle C.A., Clements A.J., 1994. Effect of supplementation on production by spring-calving dairy cows grazing swards of differing clover content. Grass and Forage Sci., 49, 465-475.

Abstract

Is it necessary to supplement dairy cows at grazing ?

Grazed grass is a high nutritive value forage, inexpensive to produce and harvest and can be the only feed for a lactating dairy cow. Without supplementation, milk production and composition at grazing vary between animals and are dependant on cow genetic merit. But grazing conditions (stocking rate, pre- and post-grazing height) imposed by the farmer to improve grass utilisation does not allow the dairy cow to satisfy the total energy demand. Consequently, concentrate is now more efficient than in the past and often responses of one kg of milk to one kg of concentrate with declining milk fat content and increasing milk protein content are reported. Recent work at INRA has highlighted small variations in efficiency with different imposed grazing managements. At the same time, in the

case of constant concentrate allocation, the efficiency is quite stable between cows producing 25 to 45 kg at turnout. With these results, it is possible to simplify the concentrate allocation method at grazing. As in winter feeding, the energy source of the concentrate has an influence on milk fat content but only at a high level of supplementation. Including protein rich ingredients, even protected, is only justified in the case of low crude protein content grass. Forage feeding at pasture is not necessary and can contribute to poor grass utilisation. Grazed grass and forage supplementation are well complemented only in periods of grass shortage or with very high stocking rates.

DELABY L., PEYRAUD J.L., DELAGARDE R., 2003. Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage ? INRA Prod. Anim., 16, 183-195.

