

# Effet du niveau d'alimentation sur la composition chimique et la qualité fromagère du lait de vaches Holstein et Normandes

Résultats préliminaires.

Les différences de taux protéique des laits observées entre Normandes et Holstein se répercutent-elles bien jusqu'au niveau de leur aptitude fromagère ? Le niveau d'alimentation peut-il avoir une influence aussi importante que celle observée entre génotypes ?

Avec l'augmentation du potentiel de production des vaches laitières, sous l'effet essentielle-ment de la sélection, il devient de plus en plus difficile de couvrir les besoins nutritifs des animaux. Le déficit énergétique est probablement la cause essentielle d'une baisse du taux protéique du lait (Rémond 1985) et de son aptitude fromagère (Kerjean 1984). Il est en effet bien connu qu'une modification du niveau des apports énergétiques aux alentours du degré de satisfaction des besoins des animaux, se traduit par des variations dans le même sens de la production laitière (Faverdin *et al* 1987) et du taux protéique que Rémond (1985) a pu estimer à environ 0,5 g/kg pour 1 UFL.

Le génotype constitue une autre source de variation importante de la composition du lait. Ainsi, les vaches Normandes produisent en moyenne un lait à taux protéique plus élevé (+ 2,5 g/kg) (Hargrove *et al* 1981, Bonaiti 1985) et de meilleure aptitude fromagère (Grandison 1986, Froc *et al* 1988) que celui des vaches Holstein. Ceci pourrait être partiellement relié au polymorphisme génétique des caséines et en particulier à la fréquence du variant B de la caséine-kappa, plus élevée chez les Normandes que chez les Holstein (Ménard *et al* 1986, Marziali et Ng-Kwai-Hang 1986, Grosclaude 1988).

## Résumé

L'influence du génotype sur la qualité fromagère du lait est étudiée, en interaction avec le système d'alimentation hivernal, dans un essai croisant 3 génotypes (Normand, Holstein témoin et Holstein fortement sélectionné) avec 2 niveaux d'alimentation (haut et bas). Le niveau haut correspond à la couverture des besoins nutritifs alors que le niveau bas se situe à des apports nutritifs inférieurs d'environ 2 UFL/j durant la période hivernale. La meilleure composition chimique du lait des vaches Normandes, comparativement aux Holstein, (+ 10 % pour la teneur en caséine, + 35 % pour le rapport caséine kappa/caséines) se répercute sur sa qualité fromagère (+ 28 % pour la fermeté du gel et + 10 % pour le rendement). Les vaches alimentées au niveau haut produisent un lait de meilleure qualité que celles alimentées au niveau bas et les différences mesurées entre les 2 niveaux d'alimentation sont de même ordre de grandeur que celles observées entre les génotypes Normand et Holstein. Il n'apparaît pas de différence de qualité du lait entre les 2 génotypes Holstein. Les Normandes semblent au moins aussi sensibles à la sous-alimentation que les Holstein mais leur sous-alimentation s'est avérée proportionnellement plus sévère. Les mesures réalisées 3 semaines après la mise à l'herbe lorsque toutes les vaches sont sur des pâturages d'excellente qualité indiquent qu'intra génotype, la qualité des laits est pratiquement indépendante du niveau d'alimentation hivernal. A cette période, les différences de composition chimique et d'aptitude fromagère des laits peuvent être attribuées essentiellement à l'influence du génotype.

L'étude comparée de ces 2 facteurs, génotype et alimentation, n'a pas souvent été réalisée dans des conditions expérimentales permettant d'estimer au mieux l'influence propre de chacun d'entre eux ainsi que leurs éventuelles interactions. De plus, les effets ont rarement été mesurés à la fois sur les propriétés physico-chimiques et les aptitudes technologiques des laits. Une première comparaison a été effectuée en 1987 sur le troupeau de vaches laitières du Domaine INRA du Pin au Haras (Normandie) dans le cadre d'un essai à long terme mis en place depuis 1980 par la Station de Génétique quantitative et appliquée (Colleau *et al*). Cet essai a pour objectif de comparer, selon un schéma factoriel, les performances zootechniques réalisées par des vaches laitières de 3 génotypes : Normand sélectionné (No), Holstein témoin (HF) et Holstein sélectionné (HF+), soumises à deux systèmes de conduite dits haut (H) ou bas (B). Le système H regroupe en particulier des techniques alimentaires optimales permettant une extériorisation du potentiel de production des animaux qui sont cependant soumis à un vêlage précoce (2 ans). Dans le traitement B, la qualité des fourrages utilisés est inférieure et le niveau de complémentation des

vaches est plus faible. Ceci ne permet pas d'extérioriser au mieux la production des vaches qui ne vèlent néanmoins que vers l'âge de 34 mois.

## 1 / Conditions expérimentales

### 1.1 / Constitution des lots et mesures

Pour réaliser cette première étude (1987), 5 lots équilibrés de 10 vaches ont été constitués (tableau 1) en tenant compte du numéro et du stade de lactation ainsi que du polymorphisme intra-race des caséines. Les fréquences des variants B des caséines kappa et alphaS1 sont proches de celles généralement observées pour ces génotypes (Grosclaude 1988). Il n'a pas été possible de réaliser l'étude sur le lot HF+ B en raison de son trop faible effectif.

Une estimation approchée des bilans nutritifs (UFL, PDI) a pu être réalisée, selon les recommandations INRA (1988), à partir des mesures individuelles de quantités ingérées par les vaches en première et deuxième lactations, effectuées durant le troisième mois de lactation (fin de la période hivernale). Pour les autres vaches multipares, nous avons considéré que le niveau d'ingestion de la ration de base était le même qu'en seconde lactation, les quantités d'aliments concentrés ingérées étant connues individuellement. Durant cette période de fin d'hiver, 3 séries de prélèvements de lait ont été effectués sur les 5 lots de vaches.

Durant les 6 premières semaines de pâturage qui ont suivi, tous les animaux ont bénéficié d'un niveau d'alimentation élevé à partir d'une herbe de qualité, offerte à volonté. Deux séries de prélèvements ont été réalisés sur les mêmes vaches, en 3ème et 5ème semaines après la mise à l'herbe afin de comparer, dans ces

Tableau 1. Conditions expérimentales.

Schéma expérimental	Schéma factoriel 3 génotypes × 2 systèmes d'alimentation hivernale.				
Génotype	Normande		Holstein		Holstein +
Niveau d'alimentation	Bas	Haut	Bas	Haut	Haut
Dénomination	NoB	NoH	HFH	HFH	HF+ H
Critère de sélection des pères	No : index de Matière Utile $\geq$ 40 kg HF : les mêmes taureaux depuis 1980 (équivalent à un index d'environ 5 kg en 1988) HF+ : index de Matière Utile $\geq$ 60 kg				
Mode de conduite Logement Vêlages des primipares	Stabulation entravée pour les lactations 1 et 2 pendant 3 mois puis stabulation libre H : vêlages groupés en hiver à 28 mois d'âge B : vêlages groupés en hiver à 33 mois d'âge				
<b>Alimentation</b> Régime hivernal	H : besoins correctement satisfaits ensilage de maïs de qualité à volonté + pulpe de betterave déshydratée (3 kg) complémentation : 1 kg de concentré production pour 2,5 kg lait au-dessus de 20 kg B : apports inférieurs d'environ 2 UFL par rapport à H ensilage d'herbe à volonté + ensilage de maïs (5 kg) complémentation : 1 kg de concentré production pour 3 kg lait au-dessus de 21 kg				
Pâturage	H : excellentes conditions avec apport de fourrages complémentaires si nécessaire B : bonnes conditions mais dépendantes de l'année				
<b>Caractéristiques des vaches prélevées</b>					
Nombre d'animaux par lot	----- 10 ----->				
Numéro de lactation moyen	----- 2,5 ----->				
Caséine kappa : % variant B	----- 85 ----->	----- 20 ----->			
Caséine alphaS1 : % variant B	----- 85 ----->	----- 95 ----->			
Caséine bêta : % variant B	----- 57 ----->	----- 0 ----->			
% variant A1	----- 20 ----->	----- 28 ----->			
% variant A2	----- 23 ----->	----- 72 ----->			
<b>Mesures sur le lait</b>					
Individuelles	Production laitière journalière, taux protéique et butyreux hebdomadaires				
Globales (par lot)	Matière sèche, composition azotée et calcique du lait, qualité fromagère du lait : aptitude à la coagulation, fermeté du gel et rendement				
Prélèvements hivernaux					
Nombre	----- 3 à environ 3 semaines d'intervalle ----->				
Date moyenne	----- 14/03/87 ----->				
Stade de lactation moyen	----- 3,5 mois ----->				
Prélèvements au pâturage					
Nombre	----- 2 à environ 2 semaines d'intervalle ----->				
Date moyenne	----- 16/05/87 ----->				
Stade de lactation moyen	----- 5,5 mois ----->				

conditions de bonne alimentation, les caractéristiques physico-chimiques et technologiques des laits issus des différents génotypes.

## 1.2 / Prélèvements et analyses du lait

Les mesures ont été réalisées en adoptant la même méthodologie que celle proposée antérieurement (Vertès et Hoden 1989). Les prélèvements de lait ont été effectués à la traite du matin et les taux butyreux et protéique des échantillons individuels ont été mesurés par le laboratoire du centre interprofessionnel de l'Orne. A partir de ceux-ci, un lait de mélange d'un volume d'environ 2 litres, obtenu par pondération en fonction des productions individuelles, a été immédiatement constitué pour chaque lot, écrémé puis stocké pendant 24h à 4°C. Les échantillons ont alors été réchauffés à 35°C et standardisés à pH 6,6 (HCl) afin de réaliser les analyses suivantes :

- matière sèche, matières azotées totales, non protéiques (filtrat TCA 15 %) et solubles (filtrat pH 4,6), calcium total et soluble (ultrafiltration),
- analyse de la fraction caséinique par chromatographie FPLC, réalisée à la Station INRA de Recherches laitières de Jouy-en-Josas,
- vitesse de raffermissement du coagulum (viscosimètre Rhéomat 30), fermeté du gel (analyseur de consistance Stevens), rendements frais et azotés corrigés par rapport à un caillé de référence à 30 % de MS et 22 % d'extrait azoté (Vandeweghe 1987).

L'interprétation statistique des résultats a été réalisée par analyse de variance permettant d'estimer l'influence de chacun des effets (race et niveau d'alimentation) et leur interaction tout en tenant compte de la non-indépendance des données intra lot (effet animal) selon un modèle décrit par Rowell et Walters (1976). Afin d'obtenir un schéma équilibré, l'analyse de variance a été réalisée uniquement sur les données des lots NoB, NoH, HFB et HFH. Par ailleurs, une analyse factorielle multiple a permis d'appréhender les relations entre les variables de composition chimique, d'aptitude fromagère et de caractéristiques zootechniques.

## 2 / Résultats et discussion

### 2.1 / Influence des systèmes d'alimentation et du génotype en période hivernale

L'estimation du bilan nutritif (apports - besoins - interactions) a montré que les vaches soumises au niveau d'alimentation B ont été, en moyenne, sous-alimentées d'environ 0,9 UFL et 200 g de PDI par jour aussi bien en No qu'en HF. Simultanément, les vaches du niveau d'alimentation H ont été suralimentées d'environ 0,5 UFL et 50 g de PDI par jour.

Tous systèmes alimentaires confondus, la production laitière des vaches No a été inférieure de 9,6 kg/j à celle des vaches HF mais les taux protéique et butyreux ont été beaucoup

plus élevés : + 2,5 et + 5,5g/kg respectivement ( $P < 0,01$  ; tableau 2). En moyenne, pour les génotypes No et HF, le niveau d'alimentation H a permis une production laitière supérieure de 3,4 kg par jour ainsi que de meilleurs taux protéique (+ 3,4 g/kg) et butyreux (+ 2,3 g/kg) ( $P < 0,01$ ) par rapport au niveau B. Intra-génotype, les écarts de taux protéique observés entre les deux niveaux d'alimentation ont été significativement plus élevés chez les No (4,0 g/kg soit 12,5 %) que chez les HF (2,8 g/kg soit 9,7 %). Ceci est peut être à attribuer aux différences d'apports nutritifs entre les niveaux H et B relativement plus élevées chez les No que chez les HF et/ou aux caractéristiques propres des animaux.

Par ailleurs, les taux protéiques des laits issus des vaches des traitements NoB et HFH n'ont pas été significativement différents (écart de 0,9 g/kg) pour une différence de production laitière de 13 kg.

La composition physico-chimique et l'aptitude fromagère des laits écrémés de mélange ont été significativement meilleures chez les No par rapport à celles des laits de HF (tableau 2 ; figure 1). Ceci a été le cas pour les teneurs en matière azotée totale (+ 8 %), en caséines (+ 10 %) ainsi que pour le pourcentage de caséine-kappa par rapport aux caséines totales (+ 35 %) ( $P < 0,05$ ), en accord avec les observations de Hargrove *et al* (1981). Parallèlement, les laits de

**L'effet du niveau d'alimentation en période hivernale est du même ordre de grandeur que l'effet du génotype sur la composition et les caractéristiques fromagères du lait.**

Figure 1. Effet du génotype et du niveau d'alimentation sur la qualité du lait.

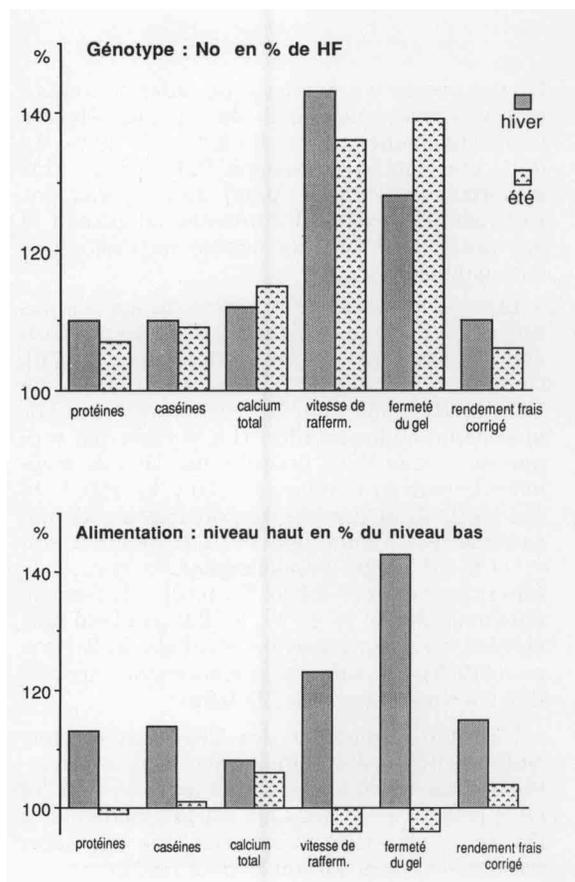


Tableau 2. Influence du génotype et du système d'alimentation sur la qualité du lait en période hivernale (moyenne des 3 prélèvements).

	NoB	NoH	HFB	HFH	HF+ H
<b>Lait entier (1) mesures individuelles</b>					
Lait kg/j	a 14,6	b 18,2	c 24,3	d 27,6	e 31,2
Matière protéique g/j	a 407	b 581	c 631	d 796	e 890
Taux protéique g/kg	b 27,9	c 31,9	a 26,0	b 28,8	b 28,5
Taux butyreux g/kg	c 37,7	d 42,8	b 35,1	b 34,5	a 32,0
<b>Lait écrémé (2) de mélange traite du matin</b>					
MAT g/kg	b 29,9	d 33,9	a 27,8	c 31,2	c 30,1
Protéines g/kg	b 28,5	c 32,5	a 26,2	b 29,7	b 29,5
Caséines g/kg	b 22,6	c 25,5	a 20,3	b 23,5	b 23,2
100* caséines protéines	79,7	78,6	77,4	78,9	78,4
100* caséines kappa/caséines	b 10,2	b 11,2	a 7,2	a 8,7	a 9,1
Calcium total mg/kg	1283	1429	1190	1207	1177
Rendement frais corrigé %	b 9,4	c 10,8	a 8,6	b 9,8	b 9,6
Rendement azoté corrigé %	74,8	76,2	74,5	76,2	75,9
Vitesse raffermissment du coagulum mPa/s <sup>2</sup>	cd 1,97	d 2,31	a 1,28	bc 1,71	ab 1,55
Fermeté g/cm <sup>2</sup>	b 3,42	c 4,78	a 2,53	b 3,87	b 3,67

Les valeurs non indexées des mêmes lettres sont significativement différentes aux seuils  $P < 0,01$  (lait entier) ou  $P < 0,10$  (lait de mélange écrémé).

(1) : Moyenne journalière des 3 semaines de prélèvement.

(2) : Moyenne des 3 prélèvements après pondération selon la production individuelle, 10 vaches/traitement.

No ont présenté une vitesse de raffermissment et une fermeté maximale du gel plus élevées (respectivement + 43 %,  $P < 0,05$  et + 28 %,  $P < 0,01$ ) ainsi qu'un rendement frais corrigé plus important (+ 10 %,  $P < 0,05$ ). Les 2 génotypes Holstein (HF et HF+) alimentés au niveau H ont donné des laits de qualité technologique comparable.

Le rapport caséines/protéines du lait n'a pas été modifié par le niveau d'alimentation comme l'avaient montré Yousef *et al* (1970), Gordon et Forbes (1971), Rémond (1985) et Le Dore *et al* (1986). Pour les génotypes No et HF, le système d'alimentation H a permis, par rapport au niveau B, de produire des laits de meilleure teneur en caséines (+ 3,0 g/kg soit + 14 % ;  $P < 0,05$ ) et dont le rapport caséine-kappa/caséines a été supérieur (+ 1,25 point % soit + 14 % ;  $P < 0,10$ ). Parallèlement, la vitesse de raffermissment (+ 24 % ;  $P < 0,10$ ) et la fermeté maximale du gel (+ 45 % ;  $P < 0,01$ ) ont été plus élevées, en accord avec les résultats de Bartsch *et al* (1979). Par ailleurs, le rendement frais corrigé a été accru de 14 % ( $P < 0,05$ ).

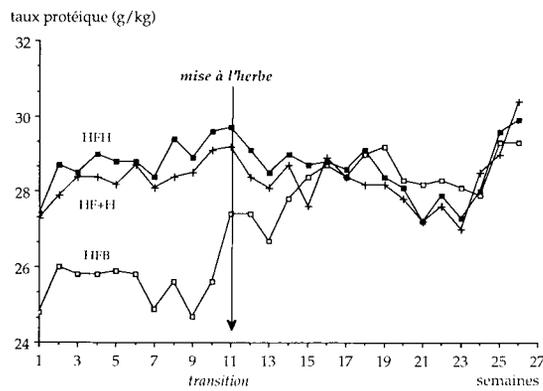
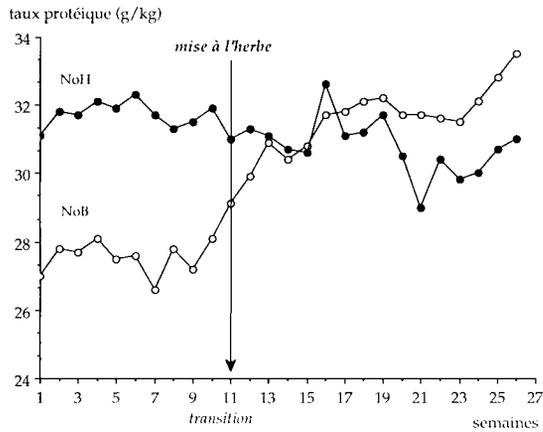
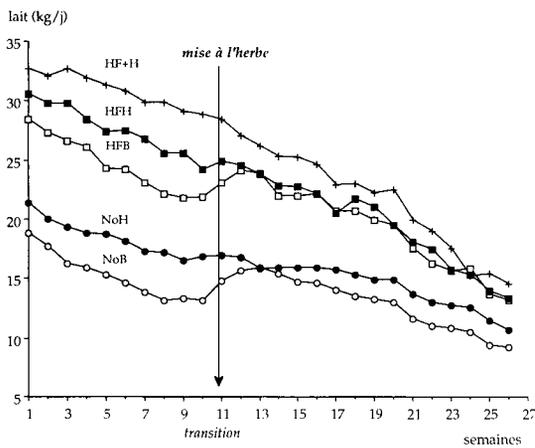
L'aptitude fromagère des laits issus des lots NoB et HFH a été comparable, seul le rendement frais corrigé a été inférieur avec le lot HFH (- 4 % ;  $P < 0,10$ ). Ceci est probablement à relier à la meilleure qualité des caséines (caséine-kappa et variant B) pour les No.

## 2.2 / Effet de la mise à l'herbe

L'effet de la mise à l'herbe a été analysé pour les principaux critères par différence des valeurs observées entre environ 1 mois après (moyenne des 2 prélèvements au pâturage) et 1 mois avant (moyenne des 3 prélèvements en hiver) la transition. Quel que soit le génotype, le passage à l'herbe n'a pas modifié les évolutions de la production laitière et du taux protéique des vaches préalablement alimentées au niveau H (figure 2). En revanche, chez les animaux soumis au niveau B, la mise à l'herbe a provoqué une hausse brutale ( $P < 0,01$ ) de ces paramètres et en particulier du taux protéique (+ 3,1 g/kg pour les No et 2,3 g/kg pour les HF). La production laitière et le taux protéique ont ainsi atteint des niveaux comparables à ceux observés chez les vaches issues des systèmes H comme l'avaient observé Rook *et al* (1960), Rémond (1985) et Coulon *et al* (1986) dans leurs résultats.

La mise à l'herbe a conduit à une sensible réduction de la teneur en calcium total du lait dans tous les cas (- 5 % en moyenne,  $P < 0,10$ ) en accord avec les résultats de Guéguen (1971) et de Grandison *et al* (1985a). Parallèlement aux augmentations du taux protéique, la mise à l'herbe a amélioré l'aptitude fromagère des laits issus des lots NoB et HFB (tableaux 2 et 3) en

Figure 2. Evolution des productions laitières et des taux protéiques (moyennes hebdomadaires).



accroissant respectivement de 46 % et 39 % la vitesse de raffermissement, de 23 % et 15 % la fermeté maximale ( $P < 0,05$ ).

### 2.3 / Différences entre vaches Normandes et Holstein au pâturage

Intra-génotype, les laits produits au pâturage se sont très peu différenciés selon leur niveau alimentaire hivernal d'origine (figure 1). Seul

Tableau 3. Influence du génotype et du système d'alimentation sur la qualité du lait au pâturage (moyenne des 2 prélèvements).

	NoB	NoH	HFB	HFH	HF+ H
<b>Lait entier (1) mesures individuelles</b>					
Lait kg/j	a 15,2	a 15,9	b 22,1	b 22,5	c 24,9
Matière protéique g/j	a 471	a 504	b 626	b 643	c 720
Taux protéique g/kg	b 31,0	c 31,7	a 28,3	a 28,6	a 28,9
Taux butyreux g/kg	c 37,1	d 40,5	a 32,8	a 33,4	b 35,2
<b>Lait écrémé (2) de mélange traité du matin</b>					
MAT g/kg	b 33,0	bc 33,3	a 30,1	ab 30,5	ab 30,5
Protéines g/kg	b 31,6	c 31,8	a 28,7	a 29,1	a 29,1
Caséines g/kg	b 25,0	b 25,0	a 22,7	a 23,3	a 23,2
100* caséines protéines	79,1	78,5	79,1	80,1	79,8
100* caséines kappa/caséines	b 10,8	b 10,9	a 8,9	a 8,3	a 8,6
Calcium total mg/kg	1234	1352	1112	1142	1145
Rendement frais corrigé %	b 10,2	c 10,8	a 9,8	a 9,9	a 9,9
Rendement azoté corrigé %	75,6	75,1	75,5	76,4	75,8
Vitesse raffermissement du coagulum mPa/s <sup>2</sup>	c 2,90	b 2,38	a 1,79	b 2,09	a 1,67
Fermeté g/cm <sup>2</sup>	b 4,2	b 4,1	a 2,9	a 3,0	a 3,2

**Le niveau d'alimentation hivernal n'a quasiment pas d'effet sur la qualité des laits produits au pâturage : les écarts entre laits proviennent surtout d'un effet génotype.**

Les valeurs non indexées des mêmes lettres sont significativement différentes aux seuils  $P < 0,01$  (lait entier) ou  $P < 0,10$  (lait de mélange écrémé).

(1) : Moyenne journalière des 2 semaines de prélèvement.

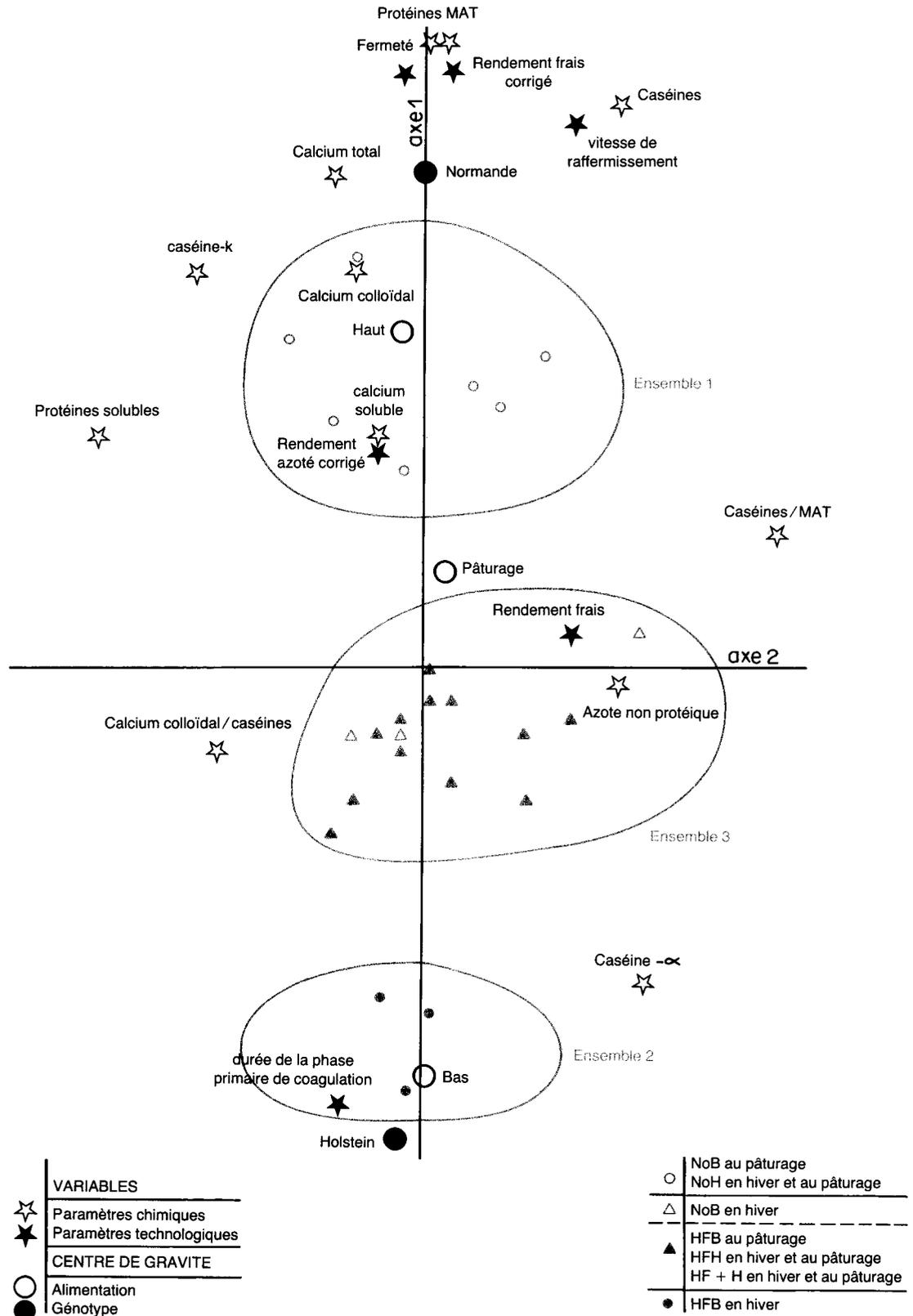
(2) : Moyenne des 2 prélèvements après pondération selon la production individuelle, 10 vaches/traitement.

subsiste encore un écart significatif de 0,7 g/kg du taux protéique entre les laits des lots NoB et NoH; c'est pourquoi nous ne représenterons que les différences relatives aux génotypes. A cette période (moyenne des 2 prélèvements), la production laitière et le taux protéique des No ont été significativement différents ( $P < 0,01$ ) de ceux observés chez les HF (- 6,7 kg/j et + 2,9 g/kg respectivement). La production laitière a

été la seule variable significativement différente entre les génotypes HF et HF+ (+ 2,4 kg/j).

Le rapport caséines/protéines du lait écrémé de mélange des No a été identique à celui des HF, mais la qualité fromagère de leur lait a été supérieure (tableau 3 et figure 1) d'après les mesures de vitesse de raffermissement (+ 36 %) et de fermeté maximale du gel (+ 39 %,  $P < 0,10$ ). Ceci est probablement à relier à

Figure 3.  
Représentation selon  
les axes 1 et 2 de l'AFM  
(25 laits).



la teneur en caséines supérieure de 2 g/kg pour les laits de No par rapport à ceux de HF ainsi qu'au rapport caséine-kappa/caséines plus élevé de 2,3 points % avec les No.

## 2.4 / Relation entre la composition chimique et l'aptitude fromagère des laits

Cette étude a été réalisée à partir de l'ensemble des 25 échantillons de laits écrémés de mélange issus des 5 traitements x 5 périodes de cet essai. Les liaisons entre les différents paramètres mesurés (tableau 4) montrent que le taux protéique explique 58 % des variations de la vitesse de raffermissement du coagulum, 74 % de celles de la fermeté du gel et 85 % de celles du rendement frais corrigé. En prenant en compte des critères supplémentaires, des relations plus précises ont pu être établies par régressions multiples entre la qualité fromagère du lait et sa composition. Ainsi les variations de la vitesse de raffermissement du coagulum ont été expliquées à 70 % en associant au taux protéique le pourcentage de caséine-kappa et le rapport caséines/protéines. Celles de la fermeté maximale l'ont été à 83 % en ajoutant au taux protéique la teneur en calcium. Intra-génotype, ces liaisons sont généralement plus faibles, exception faite de la relation entre le taux protéique et le rendement frais corrigé. Ainsi le taux protéique explique de 42 % (No) à 49 % (HF) des variations de la vitesse de raffermissement du coagulum et de 68 % (No) à 62 % (HF) de celles de la fermeté du gel. Les corrélations positives entre la fermeté du gel et les teneurs en caséines et en calcium sont en accord avec les résultats de Grandison *et al* (1985b) et de Storry *et al* (1983).

L'analyse factorielle multiple (AFMULT sous ADDAD, 1985) des liaisons entre les variables de composition chimique (groupe A), d'aptitude fromagère (groupe B) et des caractéristiques zootechniques (groupe C, variables qualitatives supplémentaires) indique que les 2 premiers axes représentent ensemble 66 % des variations (figure 3). D'une manière générale, les principaux critères du groupe A (matières azotées totales, caséines, calcium total) sont associés à ceux du groupe B (vitesse de raffermissement et fermeté du gel, rendement frais corrigé) et sont très proches de l'axe factoriel 1. Par contre, l'axe 2 traduit une discrimination des laits en fonction des fractions azotées solubles essentiellement. Il est possible de séparer les laits en 3 ensembles selon l'axe 1 de l'AFM (figure 3) :

- ensemble 1 : laits des vaches Normandes au pâturage ou soumises au niveau d'alimentation hivernal haut, associés aux meilleures caractéristiques chimiques et technologiques.

- ensemble 2 : laits hivernaux des vaches Holstein soumises au niveau d'alimentation bas, opposés aux précédents sur tous les critères retenus.

- ensemble 3 : autres laits, (lots NoB en hiver, HFB à l'herbe, HFH et HF+H) qui ont des caractéristiques intermédiaires.

Tableau 4. Pourcentage de variation expliqué entre les paramètres de composition chimique et d'aptitude fromagère ( $R^2$  en % ;  $n = 25$  ; coefficients significatifs au seuil de  $P < 0,01$ ).

vitesse de raffermissement	mPa/s <sup>2</sup>				
rendement azoté corrigé	%			58	
rendement frais corrigé	%		ns		100
fermeté du gel	g/cm <sup>2</sup>		86	ns	
calcium total	mg/kg		74	52	100
caséine kappa *					
caséines	g/kg		38	40	ns
			25	ns	ns
protéines	g/kg		81	ns	ns
			100	64	ns
					29
MAT	g/kg		58	ns	24
					58
vitesse de rafferm.			ns	67	29
rendement azoté corrigé	%		85	52	37
rendement frais corrigé	%		74	ns	100
fermeté du gel	g/cm <sup>2</sup>			36	ns
calcium total	mg/kg				27
caséine kappa					79
caséines	g/kg				

**La qualité fromagère du lait est liée surtout au taux protéique, qui explique plus de 60 % de ses variations, mais aussi à la teneur en calcium et à la proportion de caséine-kappa.**

## Conclusion

Cette étude préliminaire a permis de confirmer, dans nos conditions expérimentales, la meilleure aptitude fromagère des laits produits par les vaches Normandes par rapport à celle des laits de Holstein. De plus, elle a montré que le niveau d'alimentation peut avoir une influence aussi importante que le génotype sur la composition physico-chimique et l'aptitude fromagère du lait. Enfin, elle a indiqué que les vaches Normandes semblaient aussi sensibles que les Holstein à la sous-alimentation. Cette première série de résultats a cependant été obtenue à partir de faibles effectifs d'animaux de génotypes très différents (écarts importants entre les index de matière utile) insuffisamment représentatifs du troupeau et soumis à des traitements alimentaires extrêmes (niveaux d'apports nutritifs). Ces conditions peuvent avoir exagéré les différences et expliquer partiellement les plus faibles écarts obtenus dans d'autres comparaisons (Froc *et al* 1988) et sur la totalité des animaux de ce même troupeau (Colleau, communication personnelle). Par ailleurs, dans le schéma expérimental utilisé, les mêmes animaux n'ont pas été soumis successivement aux 2 niveaux d'alimentation. Des différences individuelles ont pu ainsi introduire des biais intra-génotype. A titre d'exemple, un écart de TB (3,4 g/kg) a été observé entre les lots NoB et NoH au pâturage.

Par ailleurs, certaines opérations de standardisation dans la préparation des échantillons de lait, et en particulier l'écémage total au lieu d'un taux de 29 g/kg pratiqué en industrie laitière, a pu modifier les écarts d'aptitude fromagère des laits entre les traitements.

C'est pourquoi cette première étude a été suivie, en 1988, d'un second essai réalisé sur des laits individuels comportant simultanément la fabrication de micro-fromages.

L'étude des relations entre les paramètres chimiques et technologiques du lait montre que le taux protéique explique, tous génotypes confondus, plus de 60% des variations de l'appétitude fromagère mais n'est cependant pas seul en cause. L'adjonction d'autres critères tels que la teneur en calcium ou la proportion de caséine-kappa permet d'expliquer jusqu'à 80% des variations. De plus, dans notre essai, les laits de Normandes ayant les plus forts taux protéiques sont aussi ceux dont la qualité des caséines est la meilleure.

## Remerciements

Nous tenons à remercier nos collègues de l'INRA, J.J. Colleau et A. Muller (Station de Génétique quantitative et appliquée) pour leur participation à cette étude, J.P. Pélissier et G. Miranda (Station de Recherches laitières) pour l'analyse des caséines sur FPLC, Marie-Françoise Mahé et F. Grosclaude (Laboratoire de Génétique biochimique) pour la réalisation du typage des caséines, P. Faverdin (Station de Recherches sur la Vache laitière) pour ses conseils avisés concernant l'interprétation statistique des résultats et R. Vicaire (ITEB) pour l'attribution d'une bourse ACTA-MRT.

## Références bibliographiques

- BARTSCH B.D., GRAHAM E.R.B., MACLEAN D.M., 1979. Protein and fat composition and some manufacturing properties of milk from dairy cows fed on hay and concentrate in various ratios. *Aust. J. Agric. Res.*, 30, (1), 191-199.
- BONAITI B., 1985. Composition du lait et sécrétion laitière chez les bovins. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA*, 59, 51-56.
- COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., 1986. Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA*, 66, 23-29.
- FAVERDIN P., HODEN A., COULON J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA*, 70, 133-152.
- FROC J., GILBERT J., DALIPHAR T., DURAND P., 1988. Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie noires. 1. Effets de la race. *INRA Prod. Anim.*, 1, (3), 171-177.
- GORDON F.J., FORBES T.J., 1971. Effect of fiber level in the diet of the dairy cow on milk yield and composition. *J. Dairy Res.* 38, (10), 318-391.
- GRANDISON A.S., 1986. Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheese-making. *Dairy Ind. Intern.*, 51, (3), 21-22.
- GRANDISON A.S., FORD G.D., MILLARD D., ANDERSON M., 1985a. Interrelationships of chemical composition and coagulating properties of renneted milks from dairy cows grazing ryegrass or white clover. *J. Dairy Res.*, 52, (1), 41-46.
- GRANDISON A.S., MANNING D.J., THOMSON D.J., ANDERSON M., 1985b. Chemical composition, rennet coagulation properties and flavour of milks from cows grazing ryegrass or white clover. *J. Dairy Res.*, 52, 33-39.
- GROSCLAUDE F., 1988. Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. Relation avec la qualité, la composition et les aptitudes fromagères du lait. *INRA, Prod. Anim.*, 1, (1), 5-17.
- GUEGUEN L., 1971. La composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux du jeune. *Ann. Nutr. Alim.* 25, A335-A381.
- HARGROVE G.L., MBAH D.A., ROSENBERGER J.L., 1981. Genetic and environmental influences on milk and milk component production. *J. Dairy Sci.*, 64, (7), 1593-1597.
- INRA, 1988. Alimentation des Bovins Ovins Caprins. Ed. JARRIGE, INRA Publications, route de Saint Cyr, 78000 Versailles.
- KERJEAN J.R., 1984. La composition chimique du lait et ses incidences technologiques. Dans "La composition chimique du lait et ses incidences technologiques". Colloque INRA-ENSA-INAPG-Rennes, Septembre 1984.
- LE DORE A., REMOND B., GRAPPIN R., JEUNET R., JOURNET M., 1986. Teneurs du lait de vache en ses principales fractions azotées et en matières grasses : effets de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA*, 63, 13-20.
- MARZIALI A.S., NG-KWAI-HANG K.F., 1986. Effects of milk composition and genetic polymorphism on coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.*, 69, (7), 1793-1798.
- MÉNARD J.L., CHOUTEAU Y., DENIEUL F., 1986. Influence du polymorphisme génétique de deux protéines du lait de vache (béta-lactoglobuline, kappa-caséine) sur sa composition et son aptitude fromagère. Mémoire de fin d'étude. E.S.A. Angers.
- REMOND B., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. II. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA*, 62, 53-67.
- ROOK J.A.F., LINE C., ROWLANDS J., 1960. The effect of the plane of energy nutrition of the cow during the late winter feeding period on the changes in the solids-not-fat content of the milk during spring-grazing period. *J. Dairy Res.*, 27, (3), 427-433.
- ROWELL J.G., WALTERS D.E., 1976. Analysing data with repeated observations on each experimental unit. *J. Agric. Sci. Camb.*, 87, 423-432.
- VANDEWEGHE J., 1987. Le rendement en fromage. Prédétermination et mesure. In "Le fromage" C.N.I.E.L. ed. Paris.
- VERTES C., HODEN A., 1989. Qualité fromagère des laits de vaches en fonction des régimes à base d'herbe. *Le Lait* (sous presse).
- YOUSEF I.M., HUBER J.T., EMERY R.S., 1970. Milk protein synthesis as affected by high-grain, low-fiber rations. *J. Dairy Sci.* 53, (6), 734-739.

**Catherine VERTES, A. HODEN, Y. GALLARD. Effect of nutritional level on composition and cheese making quality of milk from Holstein and Normandy cows.**

The purpose of this trial was to determinate the related effects of nutrition and genetic factors on cow milk composition and cheese making quality in a 3 X 2 factorial design. In winter there were 3 genotypes (Normandy, standard Holstein and very high producing Holstein) and 2 nutritional levels (optimum and suboptimum (2 UFL lower)). The compositional quality and cheese making properties of milk produced by Normandy cows were better (+ 10 % for casein content, + 28 % for curd firmness and + 10 % for fresh corrected cheese yield) than those produced by the Holsteins. There was no difference in milk quality between the 2 Holstein genotypes. The quality of milk produced by cows submitted to optimal nutritional level was better than that produced by suboptimal level. The dietary effect in this trial appeared to be as important as the genetic effect. Normandy cows seem to be at least as sensitive as Holstein cows to underfeeding. In fact, due to the poor quality of the grass silage used in the suboptimal diet, the severity of underfeeding was greater for the Normandy cows. In April all cows were turned out to a good quality pasture, so the diet provided a good nutritional level. There was no difference in milk quality between the cows fed previously on optimal or suboptimal levels. This supports the view that the differences observed in winter were mainly due to differences in nutritional levels.

VERTES Catherine, HODEN A., GALLARD Y., 1989. Effet du niveau d'alimentation sur la composition chimique et la qualité fromagère du lait de vaches Holstein et Normandes. Résultats préliminaires. *INRA Prod. Anim.*, 2 (2), 89-96.