

Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques

(aptitude à la coagulation, lipolyse)

La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs, liés à l'animal ou au milieu. Parmi ces différents facteurs, le stade physiologique et la saison, sur lesquels l'éleveur n'a pas les moyens d'agir, jouent un rôle important.

Si les effets du stade physiologique et de la saison sont bien connus et parfois quantifiés pour les teneurs en matières grasses et en protéines du lait, les références sont plus rares en ce qui concerne l'aptitude à la coagulation et la qualité des matières grasses (composition en acides gras, lipolyse). Par ailleurs, il est parfois difficile d'estimer leurs effets propres dans les conditions de conduite des troupeaux laitiers, compte tenu du groupement des vêlages (généralement effectué en automne en France) et de la modification fréquente de l'alimentation des animaux au cours de l'année : le simple examen de l'évolution des caractéristiques du lait au cours de l'année reflète alors à la fois les effets de l'évolution du stade de lactation des animaux, des modifications de l'alimentation (en particulier le passage à l'herbe) et l'effet propre de la saison. Enfin, les variations des caractéristiques du lait en fonction du stade

physiologique n'ont été en général étudiées que sur la période habituelle de lactation (10 mois). Les modifications de la composition du lait et de son aptitude fromagère aux alentours immédiats du vêlage, y compris en l'absence de tarissement, sont encore mal connues.

L'objectif de cet article est d'une part de rappeler l'effet du stade physiologique et de la saison sur les caractéristiques du lait, d'autre part de préciser les variations de ces caractéristiques aux alentours immédiats du vêlage.

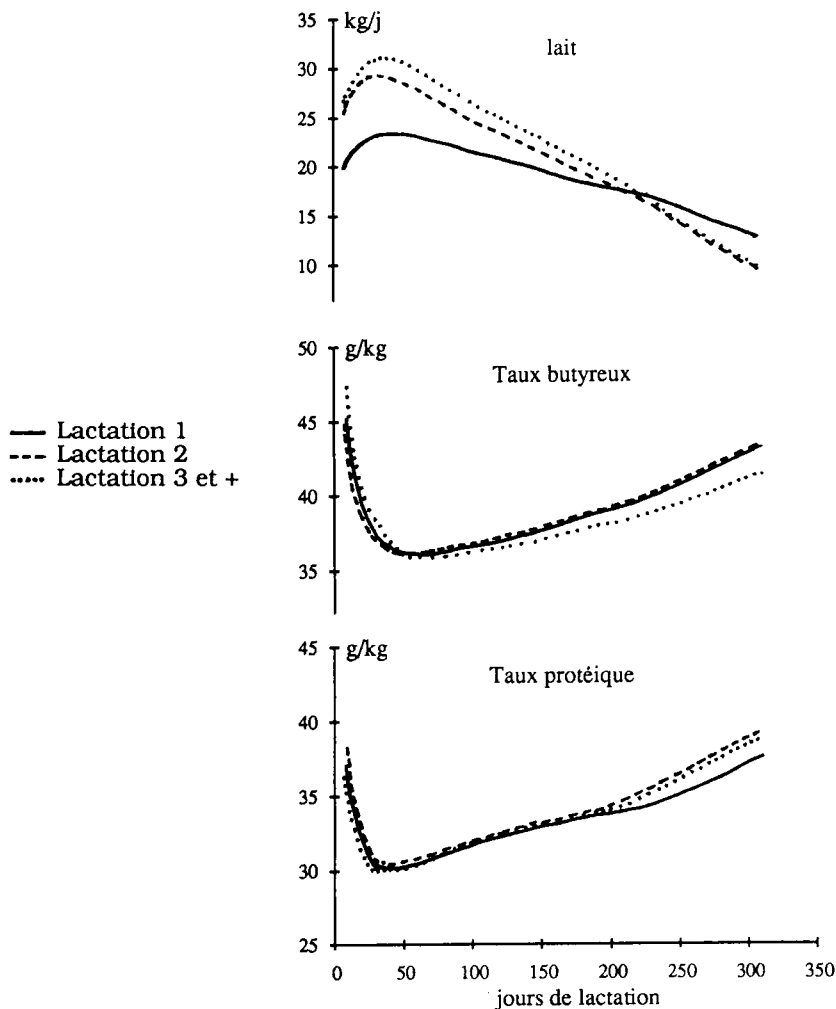
1 / Effet du stade physiologique sur la production et la composition chimique du lait

Les variations de la production et de la composition chimique du lait sous l'effet du stade de lactation ont fait l'objet de très nombreux travaux (Jarrige et Rossetti 1957, Spike et Freeman 1967, Wood 1969, Chilliard *et al* 1981, Rémond 1987, Schultz *et al* 1990). Il en ressort que les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite (figure 1). Elles sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant les 2^e ou 3^e mois de lactation, et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de la lactation. Cette augmentation est due en partie à l'avancement du stade de gestation, qui diminue la persistance de la production laitière. Pour les 2 taux, les écarts entre les mois extrêmes atteignent 7 g/kg (Rémond 1987, Schultz *et al* 1990). En dehors de la première semaine de lactation et, dans une moindre mesure, du dernier mois (7^e mois de gestation en moyenne), la proportion des caséines dans les protéines ne varie pas sous l'effet du stade

Résumé

A partir de données de la bibliographie, on a précisé l'effet de la saison et du stade physiologique (et en particulier de la fin de la gestation chez des animaux non taris) sur la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques. A stade de lactation constant, les taux butyreux et protéique sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver, à l'inverse de la production laitière. Les écarts entre les mois extrêmes atteignent respectivement 3 g/kg, 2 g/kg et 2,5 kg/j. Les paramètres d'aptitude du lait à la coagulation varient pratiquement du simple au double au cours des 2 à 3 premiers mois de lactation : les temps de coagulation augmentent de 30 à 40 %, le temps de raffermissement double pratiquement et la fermeté du gel diminue de moitié. Des variations encore plus importantes ont été observées au cours des dernières semaines de gestation : les temps de coagulation et de raffermissement sont divisés par 4 entre la 5^e et la dernière semaine avant le vêlage. Ces variations semblent dues en grande partie à celles du pH du lait. La lipolyse spontanée du lait dépend essentiellement du stade de gestation et du niveau de production. En absence de tarissement, elle est maximale 2 semaines avant le vêlage (40 fois son niveau normal), et redevient normale dès le premier jour de lactation. Des variations comparables de lipolyse sont induites par injection d'hormones sexuelles à des vaches vides.

Figure 1. Evolution de la production et de la composition chimique du lait au cours de la lactation, après annulation de l'effet de la saison (107000 lactations de vaches Holstein) (d'après Schultz *et al* 1990).



de lactation et reste voisine de 80 % (Ng-Kwai-Hang *et al* 1982, Rémond 1987). Par contre, la composition des matières grasses du lait varie au cours de la lactation : la proportion des acides gras à chaîne courte (C6 à C14) augmente au cours de 2 premiers mois de lactation aux dépens de celles des acides gras à chaîne longue (C18 et +) qui proviennent en partie de la mobilisation des lipides corporels (Decaen et Adda 1970, Chilliard *et al* 1981).

2 / Effet de la saison sur la production et la composition chimique du lait

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires. Il est cependant possible, en appliquant les techniques statistiques appropriées à des données mensuelles individuelles nombreuses,

de décrire l'évolution de la production et de la composition du lait au cours de l'année, indépendamment de l'effet du stade de lactation. Lorsque les facteurs alimentaires varient peu au cours de l'année ou ne sont pas limitants, on dispose ainsi d'une bonne estimation de l'effet propre de la saison (photopériode, température...). A partir de l'ensemble des travaux réalisés sur ce sujet (regroupant respectivement 18, 26 et 16 lots d'animaux pour la production laitière, le taux butyreux et le taux protéique (ou l'extrait sec dégraissé dont les variations reflètent celles du taux protéique)), réalisées en France ou à l'étranger sur des animaux de race et de niveau de production très variables (3 000 à 6 000 kg/lactation), et dans des régions s'étendant du nord de l'Europe au sud des

Figure 2. Evolution de la production et de la composition chimique du lait au cours de l'année, après annulation de l'effet du stade de lactation (écart par rapport à la moyenne, à stade de lactation constant).

Ajustement réalisé à partir des données de Wylie (1925), Brooks (1931), Edwards (1950), Waite *et al* (1956), Lampo *et al* (1966), Spike et Freeman (1967), Wood (1969), Mainland (1985) et Coulon *et al* (1988) pour le lait ; Waite *et al* (1956), Lampo *et al* (1966), Spike et Freeman (1967), Bruhn et Franke (1976), Ng-Kwai-Hang *et al* (1982), Coulon *et al* (1988) et Agabriel *et al* (1990) pour le taux protéique ; Brooks (1931), Becker et Arnold (1935), Waite *et al* (1956), Lampo *et al* (1966), Spike et Freeman (1967), Bruhn et Franke (1976) et Agabriel *et al* (1990) pour le taux butyreux. Dans les études utilisées, la production laitière moyenne par vache et par jour de lactation variait de 10 à 20 kg/j (14,5 kg/j en moyenne), le taux protéique de 28 à 34 g/kg (31,7 g/kg en moyenne) et le taux butyreux de 32 à 42 g/kg (37,5 g/kg en moyenne).

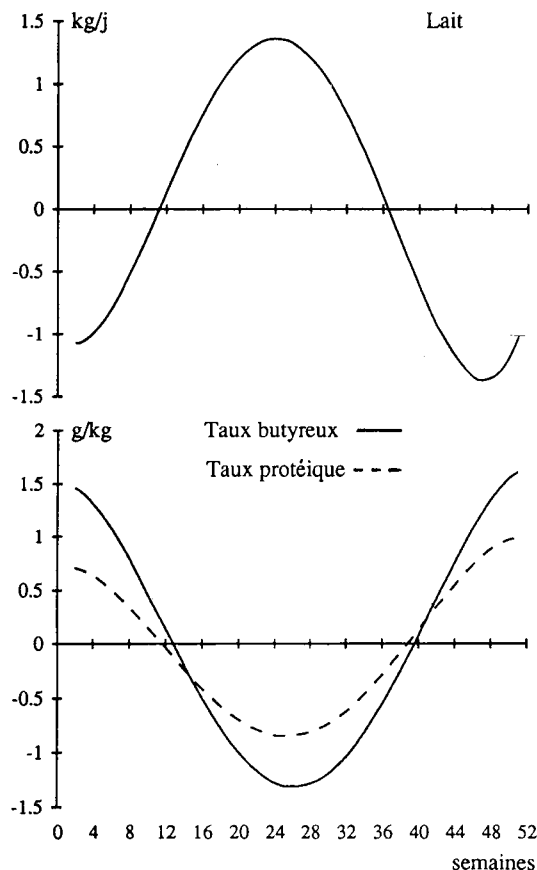
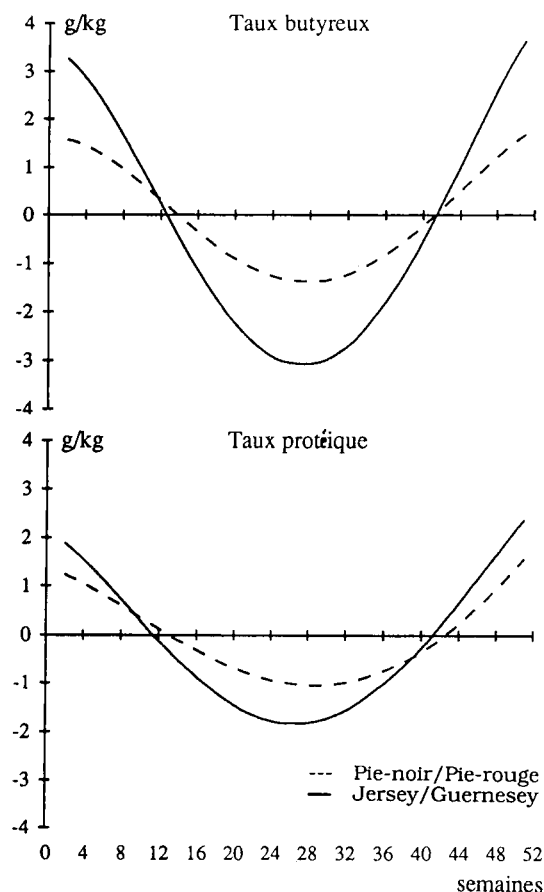


Figure 3. Evolution du taux butyreux et du taux protéique du lait au cours de l'année, après annulation de l'effet du stade de lactation, chez des animaux de type pie-noir ou pie-rouge et chez des animaux de race Jersey ou Guernesey (écart par rapport à la moyenne, à stade de lactation constant).

Ajustement réalisé à partir des données de Brooks (1931), Becker et Arnold (1935), Spike et Freeman (1967) et Bruhn et Franke (1976).



Etats-Unis, il est ainsi possible de mettre clairement en évidence l'effet de la saison sur la production et la composition du lait (figure 2).

La production laitière est maximale au mois de juin et minimale en décembre. Les écarts entre ces mois extrêmes atteignent 2,5 kg/j, et semblent voisins pour les différentes races étudiées qui présentaient pourtant des niveaux de production variant de 3 500 à 5 700 kg/an (Spike et Freeman 1967). A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver. Les écarts entre les mois extrêmes sont d'autant plus importants que les concentrations moyennes sont plus élevées (figure 3). Chez des animaux de type pie-noir, ils atteignent 3 g/kg pour le taux butyreux et près de 2 g/kg pour le taux protéique. En définitive, la production de protéines et de matières grasses varie peu sous l'effet de la saison : une légère augmentation est cependant observée au printemps (+ 7 % environ par rapport à la moyenne annuelle, chez des animaux de type pie-noir, Spike et Freeman (1967)).

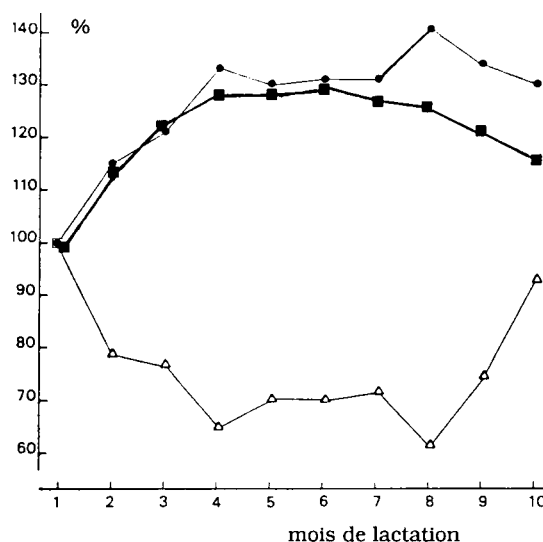
La saison agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des travaux ont en effet montré qu'une durée d'éclaircissement expérimentale longue (15 à 16 h par jour) augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matières utiles (Peters *et al* 1981, Tucker 1985, Bocquier 1985, Stanisiewski *et al* 1985, Phillips et Schofield 1989). Ces accroissements de production laitière sont associés à une augmentation des quantités ingérées (de l'ordre de 1 à 1,5 kg MS/j) (Peters *et al* 1981, Phillips et Schofield 1989), alors que la modification des équilibres hormonaux (augmentation de la prolactinémie notamment) pourrait entraîner une dilution des matières secrétées et donc une diminution des taux butyreux et protéique (Bocquier 1985, Tucker 1985).

3 / Effets du stade physiologique et de la saison sur l'aptitude du lait à la coagulation

Les effets du stade de lactation et de la saison sur les paramètres d'aptitude à la coagulation du lait de vache n'ont fait l'objet que d'un nombre réduit d'études, portant pour la plupart sur le seul temps de coagulation du lait (apprécié soit par l'observation visuelle de l'apparition des premiers flocons après emprésurage du lait, soit par la mesure de l'évolution de la viscosité du lait après emprésurage, à l'aide d'un Formagraph). Le temps de coagulation augmente en début de lactation, reste stable en milieu de lactation et, selon les auteurs, diminue (ITG 1981, Coulon *et al* 1988), reste stable (Auriol 1961, Mariani *et al* 1982) ou augmente ensuite légèrement en fin de lactation (Auriol 1961, Okigbo *et*

Figure 4. Evolution du temps de coagulation et de la fermeté du gel au cours de la lactation (en % de leur valeur au cours du premier mois de lactation).

- temps de coagulation (Coulon *et al* 1988)
- temps de coagulation (Mariani *et al* 1982)
- △ fermeté du gel (Mariani *et al* 1982)

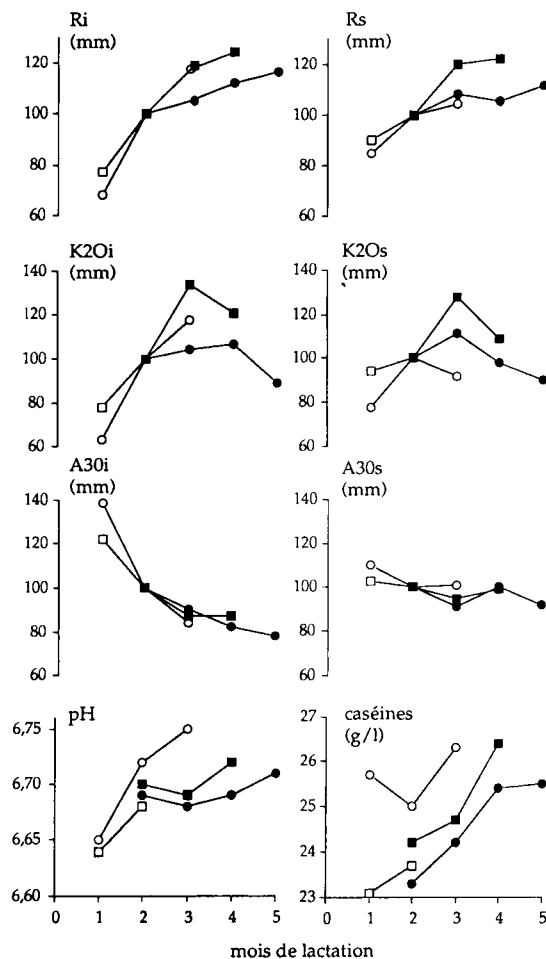


A stade de lactation constant, les taux butyreux et protéique sont plus faibles en été qu'en hiver.

Au cours des 3 premiers mois de lactation, l'aptitude du lait à la coagulation diminue, en liaison avec l'augmentation du pH du lait.

al 1985). Les écarts entre les mois extrêmes sont de l'ordre de 30 à 40 % (figure 4), parfois plus (ITG 1981). Ils semblent d'autant plus importants que les animaux présentent des temps de coagulation moyens plus élevés (ITG 1981). Cette évolution a été mise en relation avec celle du rapport Ca/N du lait (Auriol 1961). Les corrélations inter-individuelles entre ces 2 paramètres sont cependant faibles et variables selon le stade de lactation (ITG 1981).

Figure 5. Evolution, à pH initial du lait (i) ou à pH standardisé (s), du temps de coagulation (R), du temps de raffermissement (K20) et de la fermeté du gel à 30 mn (A30), au cours des 4 premiers mois de lactation (valeurs exprimées en % de la valeur observée au 2^e mois de lactation), pour 4 groupes de 3 à 8 vaches (Macheboeuf et al non publié ; Hurtaud et al non publié)



Les données concernant la fermeté du gel et sa vitesse de raffermissement sont plus fragmentaires. A partir des mesures récemment effectuées dans différents Laboratoires à l'INRA (figure 5) et des travaux de Mariani et al (1982) (figure 4), il semble que, parallèlement à l'augmentation du temps de coagulation au cours des 2 à 3 premiers mois de lactation, le temps de raffermissement double pratiquement et la fermeté du gel diminue de moitié. Ces évolutions semblent en grande partie liées à celles du pH qui augmente de 0,05 à 0,1 unité au

cours de la même période. En effet, mesurées à pH standardisé (6,60), ces différentes caractéristiques ne varient pratiquement plus au cours des 4 premiers mois de lactation (figure 5), ou uniquement au cours des premiers jours pour ce qui concerne la fermeté du gel (Grandison et al 1984). Une liaison négative étroite entre le pH du lait et les différentes caractéristiques d'aptitude à la coagulation du lait est d'ailleurs souvent rapportée (Grandison et al 1985, Okigbo et al 1985, Brulé et Lenoir 1987, Martin et Coulon 1991).

L'évolution des caractéristiques fromagères du lait au cours de l'année a fait l'objet de plusieurs travaux (O'Keefe et al 1982, Schaar 1984, Grandison et al 1985, Okigbo et al 1985, Coulon et al 1988, Martin et Coulon 1991). Ils ont mis en évidence des variations plus ou moins importantes de ces caractéristiques mais sans jamais quantifier l'effet propre de la saison comparativement à celui du stade physiologique ou de l'alimentation. Ainsi, si les laits de printemps et d'été semblent présenter une meilleure aptitude à la coagulation que les laits d'hiver, il est difficile de préciser si cet effet est lié à autre chose qu'à l'amélioration plus ou moins prolongée souvent observée à la mise à l'herbe (cf Hoden et al 1991). Des interactions entre les facteurs physiologiques et saisonniers semblent en effet exister : les laits de fin de lactation présentent ainsi une aptitude à la coagulation médiocre, mais variable selon la période de l'année : dans l'étude de Okigbo et al (1985), respectivement 68, 31 et 0 % des laits de fin de lactation prélevés en hiver, automne et été n'ont pas coagulé en présence de présure.

Figure 6. Variations saisonnières des teneurs en acides gras libres (AGL) et de l'activité lipoprotéine-lipasique (LPL) du lait (Chazal et Chilliard 1986).

△ AGL dans du lait de tank après 22 h de stockage à 4°C
● AGL des laits individuels de la traite du soir (AGL initiaux)
▲ AGL des laits individuels après 22 h de stockage à 4°C (AGL-22)
■ activité LPL

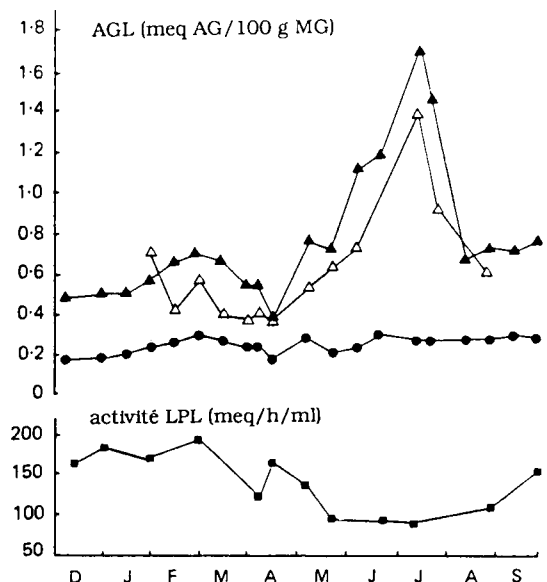
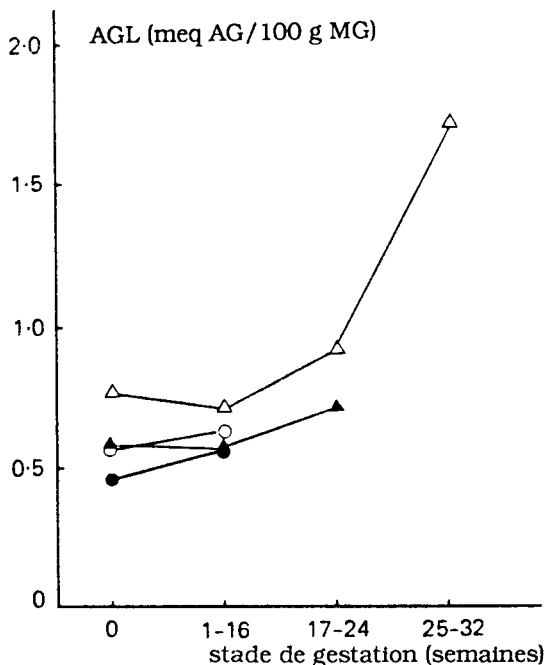


Figure 7. Effet du stade de gestation et du stade de lactation sur la teneur en acides gras libres du lait après 22 h de stockage à 4°C (AGL-22) (Chazal et Chilliard 1986).

Stade de lactation (nombre de valeurs pour chaque point) :

- 1-12 semaines (68-25)
- 13-24 semaines (108-213)
- ▲ 25-32 semaines (53-105-87)
- △ 33-52 semaines (59-32-91-99)



4 / Effets du stade physiologique et de la saison sur la lipolyse du lait

La teneur en acides gras libres du lait est la résultante de la sécrétion d'acides gras libres par la mamelle (AGL initiaux) et de leur augmentation après la traite (lipolyse) due à l'action de la lipo-protéine-lipase naturelle (LPL) pendant la conservation du lait avant pasteurisation (hydrolyse des triglycérides, qui constituent plus de 98 % de la matière grasse du lait).

La lipolyse du lait varie avec la saison, mais on a rarement pu séparer les effets respectifs du stade physiologique, de l'alimentation et de la saison proprement dite. Dans un troupeau où la lipolyse dans le tank à lait avait très fortement augmenté en été (de 0,4 à 1,6 méq/100 g MG) (figure 6), il est apparu que ces variations n'étaient dues ni à une variation importante des AGL initiaux, ni à une augmentation de l'activité LPL du lait (Chazal et Chilliard 1986). Par contre, on a pu l'expliquer presque entièrement par l'influence du stade de gestation (1,7 méq/100 g MG après 24 semaines de gestation, figure 7), alors que l'effet du stade de lactation était faible (0,75 méq/100 g MG après 32 semaines de lactation chez les vaches qui étaient à moins de 16 semaines de gestation). Cet effet du stade de gestation s'ajoute à un effet propre du niveau de production des animaux, car la lipolyse passe de 0,5 à 1,0 méq/

100 g MG lorsque la production laitière de la traite du soir passe de plus de 10 à moins de 5 kg, avant la 24^e semaine de gestation (Chazal et Chilliard 1987).

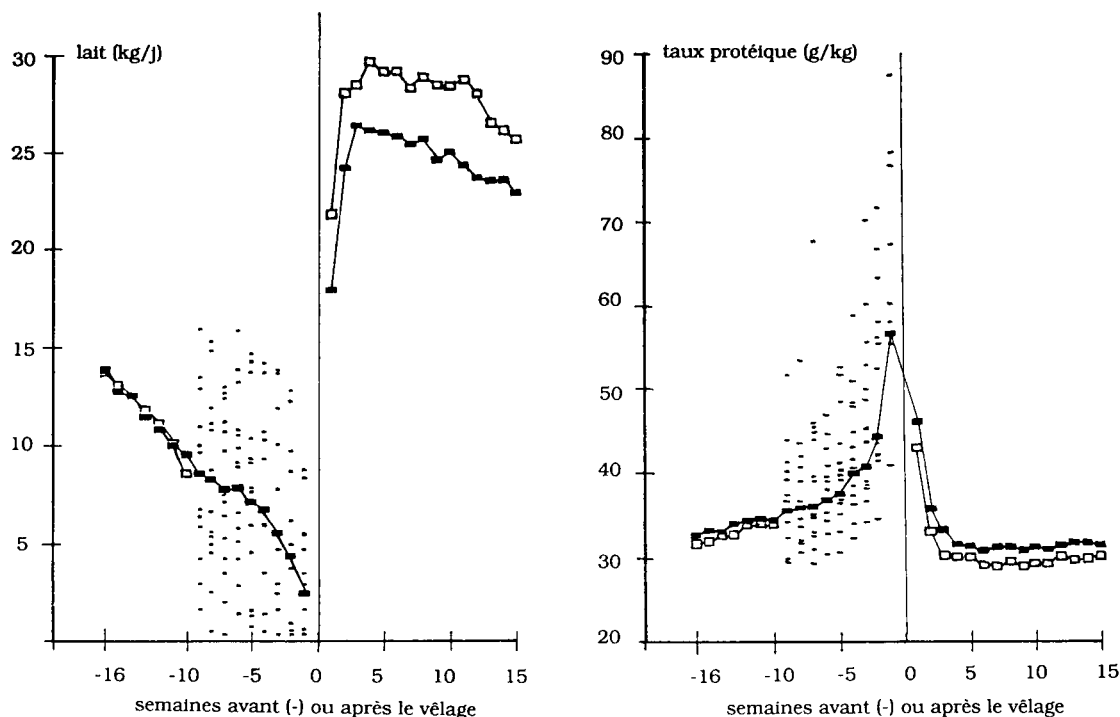
5 / Variations de la composition du lait et de ses caractéristiques technologiques en fin de gestation

5.1 / Composition chimique

Dans la conduite classique d'élevage, les vaches laitières sont tarées 6 à 8 semaines avant la date prévue de leur vêlage. Cette interruption de la lactation permet de terminer la reconstitution de leur réserves corporelles et assure le repos mammaire, conditions nécessaires à une sécrétion maximale de lait au cours de la lactation suivante. La réduction ou la suppression de cette phase de tarissement, qui peut permettre de simplifier la conduite d'un troupeau laitier, peut cependant avoir des conséquences sur l'évolution de la production et de la composition du lait avant et après le vêlage. La majorité des travaux réalisés sur ce sujet ont concerné la comparaison de différentes durées de tarissement (de 20 j à 2 ou 3 mois) sur les performances globales ultérieures des animaux (santé, reproduction, production laitière) (Coppock *et al* 1974, Dias et Allaire 1982, Wood 1985, Keown et Everett 1986) et leurs conséquences économiques (Gill et Allaire 1976). D'autres travaux ont concerné l'influence d'un démarrage de la traite 10 à 15 j avant le vêlage sur l'état sanitaire des animaux et leurs performances ultérieures (Gaunya et Eaton 1953, Zeliger *et al* 1973, Greene *et al* 1988). Mais très peu d'études ont été réalisées sur l'évolution de la composition du lait au cours des semaines qui entourent le vêlage en l'absence totale de tarissement. Dans une étude portant sur 4 vaches, Wheelock *et al* (1965) ont observé que l'augmentation des taux protéique et butyreux en fin de gestation cessait, en même temps que la diminution de la quantité de lait produite, entre le 20^e jour et la veille du vêlage, selon les vaches. Dans une étude plus récente conduite sur 15 vaches, Rémond *et al* (1989) ont observé une augmentation, de plus en plus importante, de la teneur du lait en protéines et en matières grasses en fin de gestation alors que la quantité de lait produite ne cessait de diminuer (figure 8). La proportion de caséines dans les protéines totales était d'autant plus faible, dans les laits individuels, que la quantité journalière de lait produite l'était également, mais elle semblait peu affectée chez les vaches dont la production était encore supérieure à environ 8 kg/j, même au cours de la semaine qui précédait le vêlage. Il s'ensuit donc que la proportion des caséines dans les protéines totales, pondérée par les quantités individuelles de lait produites, était moins affectée que la moyenne des valeurs individuelles. Dans cet essai, la diminution de la proportion des caséines était due à l'accroissement important de la concentration des pro-

La lipolyse du lait dépend essentiellement du stade de gestation : elle augmente fortement au cours du dernier mois et redevient normale dès le début de la lactation suivante.

Figure 8. Evolution de la production laitière et du taux protéique du lait autour du vêlage chez des animaux taris (□) ou non taris (■). (Rémond et al 1989).
 ■ □ moyennes hebdomadaires par lot, pondérées par la quantité de lait produite.
 ■ □ moyennes hebdomadaires individuelles.



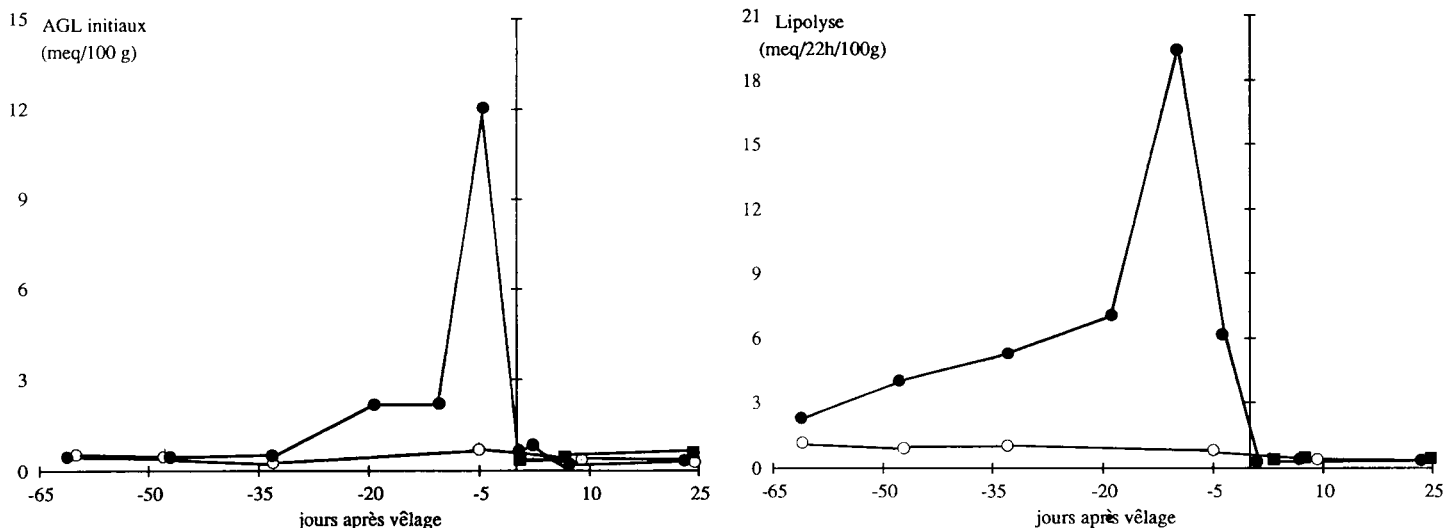
téines solubles, et notamment des immunoglobulines G : respectivement + 16,0 et + 12,6 g/l entre la 7^e et la dernière semaine avant le vêlage (Levieux *et al* 1989). Au cours de la lactation ultérieure, la production laitière des animaux non taris a été inférieure d'environ 4 kg/j à celle des animaux normalement taris, et leur taux protéique supérieur de près de 2 g/kg (figure 8). Ces résultats doivent cependant être confirmés par des travaux ultérieurs.

Figure 9. Evolution de la teneur en AGL initiaux et de la lipolyse du lait autour du vêlage, chez des vaches tarées (■), non tarées (●) ou vides (○). (Chilliard *et al* 1989).

5.2 / Lipolyse

Au cours du dernier mois de gestation chez des vaches non tarées, la teneur en AGL initiaux augmente très fortement (elle passe de 0,4 à 12 méq/100 g MG, figure 9), parallèlement à celle

des cellules somatiques (qui passe de 200 000 à plus de 2 000 000 par ml de lait) (Chilliard *et al* 1989). La lipolyse augmente régulièrement entre 60 et 20 jours avant le vêlage (ce qui confirme la tendance observée à la fin d'une lactation normale, cf paragraphe 4), puis devient très forte 10 jours avant le vêlage (supérieure à 20 méq/100 g MG/22h) et tend à diminuer 5 jours avant la mise-bas (figure 9), peut-être en liaison avec la forte baisse du pH du lait à cette période (figure 11). De très fortes variations individuelles et d'un jour à l'autre sont observées. Il faut aussi souligner que les paramètres de lipolyse se normalisent dès le premier jour de lactation, alors que les protéines solubles (Rémond *et al* 1989) et les cellules somatiques restent élevées pendant les 7 premiers jours au moins (phase colostrale).



La forte augmentation de lipolyse en fin de gestation ne s'explique pas par une variation d'activité LPL (qui tend à diminuer), mais probablement par l'apparition d'une lipase anormale, stimulée par les sels biliaires, dont l'activité est corrélée à la lipolyse (Chilliard *et al* 1989).

Afin de mieux comprendre les mécanismes en cause, on a étudié la composition du lait produit par des vaches non gravides en lactation, traitées par des oestrogènes, seuls ou en combinaison avec de la progestérone. Des injections répétées du mélange oestradiol-progestérone pendant 7 jours diminuent très fortement la production laitière, augmentent très fortement le nombre de cellules et le taux protéique (Cartier et Chilliard 1986) et les teneurs en immunoglobulines et en sérum albumine du lait (Cartier, Levieux et Chilliard, non publié) et diminuent fortement les teneurs en lactose et en matières grasses. Simultanément les teneurs en AGL initiaux et la lipolyse augmentent de façon extrême (respectivement jusqu'à 120 méq/100 g MG et 60 méq/100 g MG/22h, figure 10).

Une injection unique de benzoate d'oestradiol diminue faiblement et très temporairement la production laitière, et augmente très faiblement le nombre de cellules. Le taux protéique

Figure 11. Evolution, à pH initial du lait (i) ou à pH standardisé (s), du temps de coagulation (R), du temps de raffermissement (K20) et de la fermeté du gel à 30 mn (A30), autour du vêlage. (Rémond et Macheboeuf, non publié).

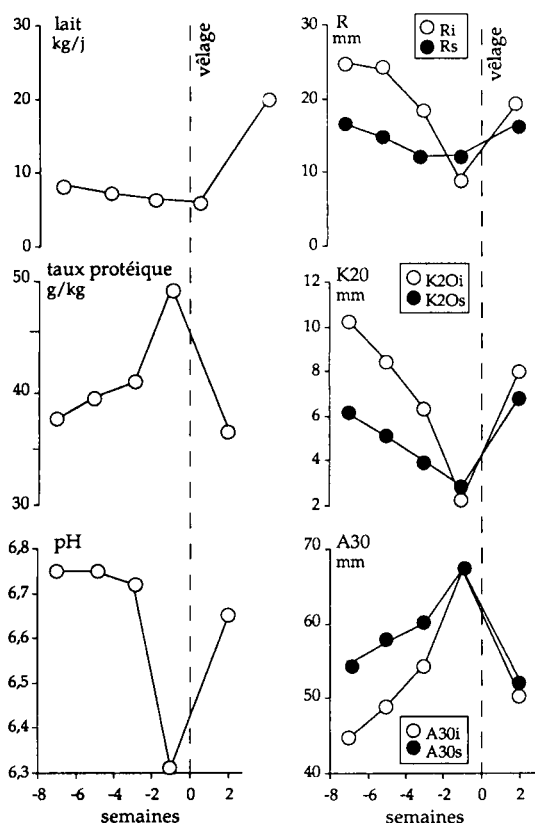
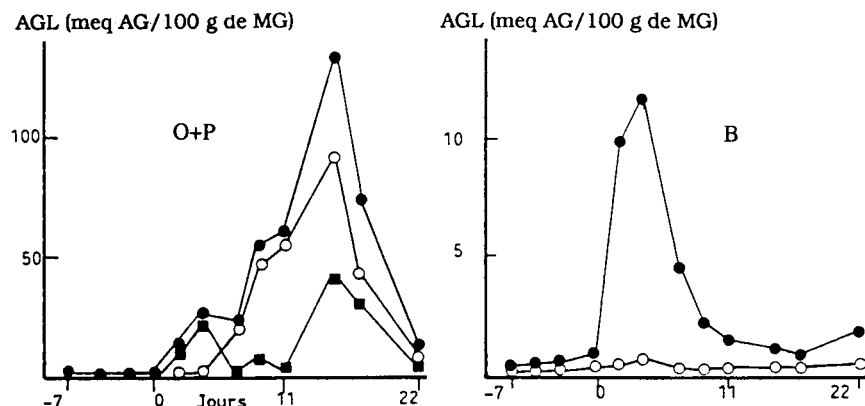


Figure 10. Effets d'injections d'oestradiol et de progestérone (O + P) pendant 7 jours ou d'une injection unique de benzoate d'oestradiol (BO) sur les teneurs en AGL et la lipolyse du lait (Cartier et Chilliard 1986).

- AGL initiaux (AGL0)
- AGL après 22 h de stockage à 4°C (AGL22)
- Lipolyse (AGL22-AGL0)



augmente pendant la semaine qui suit l'injection (+ 2 à 10 g/kg selon les vaches) alors que les teneurs en matières grasses et en lactose ne varient pas significativement. La teneur en AGL initiaux est peu modifiée, mais la lipolyse augmente fortement (jusqu'à 18 méq/100 g MG/22 h) dans la semaine qui suit l'injection (figure 10). Simultanément on note la présence dans le lait d'une activité lipasique différente de la LPL, stimulée par les sels biliaires (Cartier et Chilliard 1986, Cartier 1987).

Les résultats obtenus par ces traitements hormonaux confirment, précisent et développent ceux obtenus précédemment par Bachman (1982) et Bachmann *et al* (1985). Les variations de production et de composition du lait, et de lipolyse, observées pendant le dernier mois de gestation (cf ci-dessus) sont intermédiaires entre celles induites par les 2 traitements hormonaux décrits, ce qui suggère que ce sont 2 modèles intéressants pour l'étude des mécanismes impliqués, que ce soit au niveau du déterminisme hormonal ou au niveau du métabolisme mammaire.

5.3 / Aptitude à la coagulation

Entre la 5^e et la dernière semaine avant le vêlage, les paramètres d'aptitude à la coagulation du lait sont modifiés de manière considérable (Etude actuellement en cours à l'INRA d'Orcival, Rémond et Macheboeuf, non publié) (figure 11) : les temps de coagulation et de raffermissement sont divisés par 4 et la fermeté du gel à 30 min augmente de 50 %. Les laits de fin de gestation présentent ainsi une aptitude à la coagulation exceptionnelle. Parallèlement, le pH reste stable jusqu'à la dernière semaine de gestation où il chute brutalement (-0,4 unité entre l'avant dernière et la dernière semaine de gestation). Le vêlage s'accompagne d'une inversion de ces évolutions : augmentation du pH (+ 0,3 unité entre la dernière semaine de gestation et la deuxième semaine de lactation), augmentation du temps de coagulation et du temps de raffermissement, diminution de la fer-

La fin de gestation s'accompagne de modifications très importantes de la composition chimique du lait et de ses caractéristiques rhéologiques.

meté du gel. Comme cela avait été observé au cours des premiers mois de la lactation, une partie importante de ces variations est due à celles du pH du lait ; mesurées à pH standardisé, ces évolutions restent cependant sensibles, en particulier pour le temps de raffermissement et la fermeté du gel. Elles suivent assez fidèlement celles du taux protéique du lait (figure 11).

Conclusions

Cette étude a permis de quantifier les effets propres respectifs du stade physiologique et de la saison sur la production de lait et ses teneurs en matières grasses et en protéines. Elle peut ainsi contribuer à l'élaboration (actuellement en cours, en particulier à l'ITEB) d'outils pratiques de prévision et de diagnostic des performances des vaches laitières. Il reste cependant à préciser l'existence d'interactions entre, d'une part ces 2 facteurs, et d'autre part entre chacun d'eux et le niveau génétique.

Elle a par ailleurs mis en évidence l'importance des variations des caractéristiques technologiques du lait au cours de la lactation. Ces variations, et notamment celles de la lipolyse du lait, sont particulièrement importantes aux alentours immédiats du vêlage. Mais, alors que l'on observe une continuité entre les laits de fin de gestation et de tout début de lactation pour l'aptitude à la coagulation (comme pour le taux protéique et la teneur en cellules), le vêlage marque une diminution brutale de la lipolyse du lait.

Ces résultats encore partiels posent un certain nombre de questions :

- En ce qui concerne l'influence de l'absence de tarissement des animaux sur leur performances en fin de gestation et au cours de la lactation ultérieure, il semble indispensable de préciser l'effet du niveau de production des animaux, et éventuellement de leur aptitude génétique, sur l'évolution de ces performances. L'évolution de la teneur en caséines en fin de gestation suggère en effet qu'il existe une interaction importante entre le stade de gestation et le niveau de production.

- En ce qui concerne l'aptitude à la coagulation des laits de fin de gestation, il est nécessaire de préciser si elle se traduit aussi par une quantité et une qualité supérieure du fromage. Des observations récentes semblent en effet montrer que les caillés obtenus à partir de ces laits s'égouttent très difficilement (Macheboeuf, non publié).

- On peut enfin s'interroger, au delà de l'intérêt pratique de la suppression du tarissement à l'échelle de l'exploitation, sur l'intérêt technologique et commercial de ces laits, très riches en matière protéiques et autres molécules de qualité particulière, pour des utilisations non alimentaires.

Remerciements.

Nous tenons à remercier D. Macheboeuf, P. Cartier et C. Hurtaud qui nous ont fourni des données d'aptitude à la coagulation et de lipolyse du lait.

Références bibliographiques

- AGABRIEL C., COULON J.B., MARTY G., CHENEAU N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. Etude dans les exploitations du Puy de Dôme. *INRA Prod. Anim.*, 3, 137-150.
- AURIOL P., 1961. Quelques facteurs de variation du temps de coagulation des laits individuels de vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 1, 152-162.
- BACHMAN K.C., 1982. Effect of exogenous estradiol and progesterone upon lipase activity and spontaneous lipolysis in bovine milk. *J. Dairy Sci.*, 65, 907-914.
- BACHMANN E.W., RUSCH P., BACHMANN M.R., 1985. Caractérisation d'un système lipolytique causant la rancidité spontanée dans le lait et les produits laitiers. *Schweiz. Milch. Forschung*, 14, 9-16.
- BECKER R.B., DIX ARNOLD P.T., 1935. Influence of season and advancing lactation on butterfat content of jersey milk. *J. Dairy Sci.*, 18, 389-399.
- BOCQUIER F., 1985. Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et en lactation. Thèse Docteur-Ingénieur, INA Paris-Grignon, 105 p.
- BROOKS H.J., 1931. The influence of environmental temperature on the percentage of butter fat in cow's milk. *J. Dairy Sci.*, 14, 483-493.
- BRUHN J.C., FRANKE A.A., 1976. Monthly variations in gross composition of california herd milks. *J. Dairy Sci.*, 60, 696-700.
- BRULE G., LENOIR J., 1987. La coagulation du lait. In « Le fromage ». Ed A. ECK, p 1-21.
- CARTIER P., 1987. Aspects biochimiques de la lipolyse spontanée du lait de vache. Thèse doct., Université de Clermont-Fd II, Laboratoire de la lactation, INRA Theix.
- CARTIER P., CHILLIARD Y., 1986. Effets des oestrogènes et de la progestérone sur la lipolyse du lait. Résultats préliminaires. CR Convention INRA-GIE Lait-Viande Rhône-Alpes. 39 p.
- CHAZAL M.P., CHILLIARD Y., 1986. Effect of stage of lactation, stage of pregnancy, milk yield and herd management on seasonal variation in spontaneous lipolysis in bovine milk. *J. Dairy Res.*, 53, 529-538.
- CHAZAL M.P., CHILLIARD Y., 1987. Effets respectifs du stade de lactation et du niveau de production sur la lipolyse spontanée du lait de vache. *Le Lait*, 67, 437-450.
- CHILLIARD Y., CARTIER P., RÉMOND B., FLECHET J., 1989. Suppression du tarissement chez les vaches laitières : b) effets sur la lipolyse et les activités lipasiques du lait à la fin de la gestation et au début de la lactation. CR AIP INRA « Qualité du lait ». 16 p.
- CHILLIARD Y., SAUVANT D., MORAND-FEHR P., 1981. La synthèse des matières grasses du lait chez les ruminants et ses implications pratiques. Journées formation continue ENSA Rennes, 23-24 février 1981. 90 p.
- COPPOCK C.E., EVERETT R.W., NATZKE R.P., AINSLIE H.R., 1974. Effect of dry period length on holstein milk production and selected disorders at parturition. *J. Dairy Sci.*, 57, 712-718.
- COULON J.B., ROYBIN D., CONGY E., GARRET A., 1988. Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du Pays de Thônes. *INRA Prod. Anim.*, 1, 253-263.

- DECAEN C., ADDA J., 1970. Evolution de la sécrétion des acides gras des matières grasses du lait au cours de la lactation de la vache. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 10, 659-677.
- DECAEN C., JOURNET M., 1966. Influence saisonnière sur la production et la composition du lait. *Ann. Zootech.*, 15, 259-277.
- DIAS F.M., ALLAIRE F.R., 1982. Dry period to maximize milk production over two consecutive lactations. *J. Dairy Sci.*, 65, 136-145.
- EDWARDS J., 1950. Factors influencing the relationship between the secretion of milk and butterfat. *J. Agric. Sci.*, 40, 100-125.
- GAUNYA W.S., EATON H.D., 1953. Parturition milking. IV. The effect of parturition milking on milk production and length of time required to reach peak of lactation. *J. Dairy Sci.*, 36, 168-172.
- GILL G.S., ALLAIRE F.R., 1976. Relationship of age at first calving, days open, days dry, and herd life to a profit function for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 59, 1131-1139.
- GRANDISON A.S., ANDERSON M., FORD G.D., NEWELL L., LYON-SMITH P., 1985. Effect of variation in the composition of milk supply on the composition and quality of farmhouse cheddar cheese. *J. Dairy Res.*, 52, 573-586.
- GRANDISON A.S., FORD G.D., MILLARD D., OWEN A.J., 1984. Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from cows in early lactation. *J. Dairy Res.*, 51, 407-416.
- GREENE W.A., GALTON D.M., ERB H.N., 1988. Effects of parturition milking on milk production and health performance. *J. Dairy Sci.*, 71, 1406-1416.
- HODEN A., GAREL J.P., COULON J.B., LAURENT F., 1991. Influence de quelques facteurs zootechniques sur l'aptitude fromagère du lait de vache. Journées sur la qualité des laits à la production et aptitude fromagère. Colloque INRA-ENSAR Rennes, 23-24 Janvier.
- ITC, EDE Hte-Savoie, 1981. Etude du temps de coagulation. 16 p. BP 30, 74820 La Roche sur Foron.
- JARRIGE R., ROSSETTI C., 1957. Etudes sur les variations de la richesse en constituants azotés des laits de vache. II Evolution au cours de la lactation et de la gestation. *Ann. Zootech.*, 6, 41-63.
- KEOWN J.F., EVERETT R.W., 1986. Effect of days carried calf, days dry, and weight of first calf heifers on yield. *J. Dairy Sci.*, 69, 1891-1896.
- LAMPO P., WILLEMS A., VANSCHOU BROEK F., 1966. Effect of season, calving period and stage of lactation on milk yield and milk composition in the cow. *Neth. Milk Dairy J.*, 20, 17-36.
- LEVIEUX D., REMOND B., OLLIER A., 1989. Evolution des protéines solubles du lait à la fin de la gestation et au début de la lactation. CR AIP INRA « Qualité du lait ».
- MAINLAND D.D., 1985. A note on lactation curves of dairy cow in Scotland. *Anim. Prod.*, 41, 413-416.
- MARIANI P., PECORARI M., FOSSA E., 1982. Le caratteristiche di coagulazione del latte in rapporto allo stadio della lattazione ed ai livelli di produzione. *Sci. Tecn. Latt. Casearia*, 33, 409-425.
- MARTIN B., COULON J.B., 1991. Aptitude fromagère du lait de vache : influence de l'alimentation. Etude réalisée dans 6 exploitations du Pays de Thônes (Haute-Savoie). *INRA Prod. Anim.*, 4, (3), 209-217.
- NG-KWAI-HANG K.F., HAYES J.F., MOXLEY J.E., MONARDES H.G., 1982. Environmental influences on protein content and composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.*, 65, 1993-1998.
- O'KEEFFE A.M., PHELAN J.A., KEOGH K., KELLY P., 1982. Studies of milk composition and its relationship to some processing criteria. 4. Factors influencing the renneting properties of a seasonal milk supply. *Ir. J. Food. Sci. Technol.*, 6, 39-48.
- OKIGBO L.M., RICHARDSON G.H., BROWN R.J., ERNSTROM C.A., 1985. Variation in coagulation properties of milk from individual cows. *J. Dairy Sci.*, 68, 822-830.
- PETERS R.R., CHAPIN L.T., EMERY R.S., TUCKER H.A., 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone and glucocorticoid response of cows to supplemental light. *J. Dairy Sci.*, 64, 1671-1678.
- PHILLIPS C.J.C., SCHOFIELD S.A., 1989. The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. *Anim. Prod.*, 48, 293-303.
- RÉMOND B., 1987. Influence du stade de lactation et de l'âge sur la composition chimique du lait. in « Le lait, matière première de l'industrie laitière ». INRA publications, route de St-Cyr, 78000 Versailles. p 151-159.
- RÉMOND B., OLLIER A., MIRANDA G., CHILLIARD Y., LEFAIVRE R., PELISSIER J.P., 1989. Suppression du tarissement chez les vaches laitières : a) effets sur la quantité de lait produite et sa composition à la fin de la gestation et au cours de la lactation suivante. CR AIP INRA « Qualité du lait ». 11 p.
- SCHAAR J., 1984. Effects of K-casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milks. *J. Dairy Res.*, 51, 397-406.
- SCHULTZ M.M., HANSEN L.B., STEUERNAGEL G.R., KUCK A.L., 1990. Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73, 484-493.
- SPIKE P.W., FREEMAN A.E., 1967. Environmental influences on monthly variation in milk constituents. *J. Dairy Sci.*, 50, 1897-1904.
- STANISIEWSKI E.P., MELLEBERGER R.W., ANDERSON C.R., TUCKER H.A., 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 68, 1134-1140.
- TUCKER H.A., 1985. Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. in « Recent advances in animal nutrition - 1985 ». W.E. Haresign, D.J.A. Cole Eds., Butterworths. 211-221.
- WAITE R., WHITE J.C.D., ROBERTSON A., 1956. Variations in the chemical composition of milk with particular reference to the solids non fat. I. The effect of stage of lactation, season of year and stage of cow. *J. Dairy Res.*, 23, 65-81.
- WHELOCK J.V., ROOK J.A.F., DODD F.H., 1965. The effect of milking throughout the whole of pregnancy on the composition of cow's milk. *J. Dairy Res.*, 32, 249-254.
- WOOD P.D.P., 1969. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.*, 11, 307-316.
- WOOD P.D.P., 1985. Importance of the calving interval to milk yield in the following lactation of british friesian cows. *J. Dairy Res.*, 52, 1-8.
- WYLIE C.E., 1925. The effect of season on the milk and fat production of jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 8, 127-131.
- ZELIGER Y., VOLCANI R., SKLAN D., 1973. Yield and protein composition in cows milked parturition. *J. Dairy Sci.*, 56, 869-872.

Summary

Effect of physiological stage and season on dairy milk composition and technological characteristics (coagulation properties, lipolysis).

The effect of physiological stage (especially the end of gestation in milk producing cows) and of season on the composition and technological characteristics of milk have been studied on the basis of data reported in the literature.

At a given lactation stage, the milk fat and protein contents are lower in summer than in winter in an opposite pattern to that noted with milk production. The maximum differences between monthly averages of milk fat and protein contents and milk production amounted to 3g/kg, 2g/kg and 2.5 kg/d respectively.

Within the first 2 to 3 months of lactation the coagulation time increased by 30 % to 40 %,

the rate of firming doubled and the curd firmness at 30 min decreased by half. Even higher changes in these parameters were noted within the last weeks of gestation : the coagulation time and the rate of firming were reduced by 75 % between the 5th and the last week before calving. These modifications might result from changes in milk pH. Indeed, spontaneous lipolysis in milk depends primarily on gestation stage and level of production. When cows are not dry, the degree of lipolysis

is at a maximum 2 weeks pre-calving (a level 40 times higher than normal) and decreases back to the normal level on the first day of lactation. Similar changes in lipolysis are induced by treatment with reproductive hormones in non-gestating cows.

COULON J.B., CHILLIARD Y., RÉMOND B., 1991. Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). INRA Prod. Anim., 4 (3), 219-228.