

BIOTECHNOLOGIE ET PRODUCTION LAITIÈRE

1. LA SOMATOTROPINE BOVINE, SES **EFFETS** SUR LES PERFORMANCES **ZOOTECNIQUES** DE LA VACHE EN LACTATION

Mme M. CISSE

Chercheur de l'ISRA,

Direction des Recherches sur la Santé et les Productions Animales

RÉSUMÉ

Cette synthèse bibliographique montre que la somatotropine bovine (BST) augmente la production laitière de la vache en lactation de 10 à 40% lorsqu'elle est administrée quotidiennement (18 et 25 essais de courte et longue durée, respectivement) ou sous une forme « retard » (33 essais de longue durée). L'amplitude de la réponse de production laitière à la BST est influencée par différents facteurs incluant l'animal, la BST, la nutrition, le mode de conduite et des facteurs inconnus. La BST a diminué l'état d'engraissement et les lipides corporels dans 9 essais et augmenté les protéines corporelles dans 2 autres. Les cellules somatiques du lait ont tendance à augmenter sous l'effet de la BST. Les performances de reproduction des vaches ne sont pas perturbées lorsque la BST est administrée environ trois mois post-partum, après la reprise de l'activité ovarienne.

Mots-clés : Vache - Somatotropine - Production laitière - Réserves corporelles - Reproduction.

BIOTECHNOLOGY AND MILK YIELD

1. EFFETS OF BOVINE SOMATOTROPIN ON ZOOTECNIC PERFORMANCES OF DAIRY COW.

SUMMARY

A survey of literature showed that bovine somatotropin (BST) increased milk yield of lactating cow from 10 to 40% when administered daily (18 short-term and 25 long term trials) or in a slow release preparation (33 long term trials). Magnitude of milk yield response to BST was influenced by different factors including animal, BST, nutrition, management or unknown factors. BST decreased condition score and body lipids in 9 trials and increased body proteins in 2 trials. A tendency of increased milk cells content was reported with BST. Cow reproductive performances were not disturbed when BST was administered approximate 3 months post-partum, after ovarian activity reprise.

Key-words : Cow - Somatotropin - Milk yield - Body reserves - Reproduction.

INTRODUCTION

L'effet stimulant de la somatotropine bovine (ou hormone de croissance, ou hormone somatotrope couramment désignée par le sigle anglais « BST » sur la production laitière (galactopoïèse) de la vache en lactation est connu depuis un demi-siècle (7). Cependant cette connaissance était inutilisable dans la pratique de l'élevage bovin en raison des difficultés rencontrées pour extraire de l'hypophyse des quantités importantes d'hormone de croissance où elle n'est présente qu'en faible quantité. La maîtrise de la technique de production de cette molécule par 4 firmes américaines (American Cyanamid, Monsanto, Elanco et Upjohn) a permis la mise en place de nombreuses expérimentations en vue de fournir des dossiers techniques pour l'homologation du produit.

Nous envisageons dans ce texte de passer en revue successivement:

- ① les connaissances générales sur la somatotropine bovine (la structure et le mode d'action, la régulation de la sécrétion et la relation entre la concentration endogène et le potentiel laitier) ;
- ② les effets de l'administration de la somatotropine bovine à des vaches en lactation sur un certain nombre de paramètres zootechniques (les performances laitières, les variations des réserves corporelles, la santé et la reproduction).

GÉNÉRALITÉS SUR LA SOMATOTROPINE BOVINE

STRUCTURE ET MODE D'ACTION

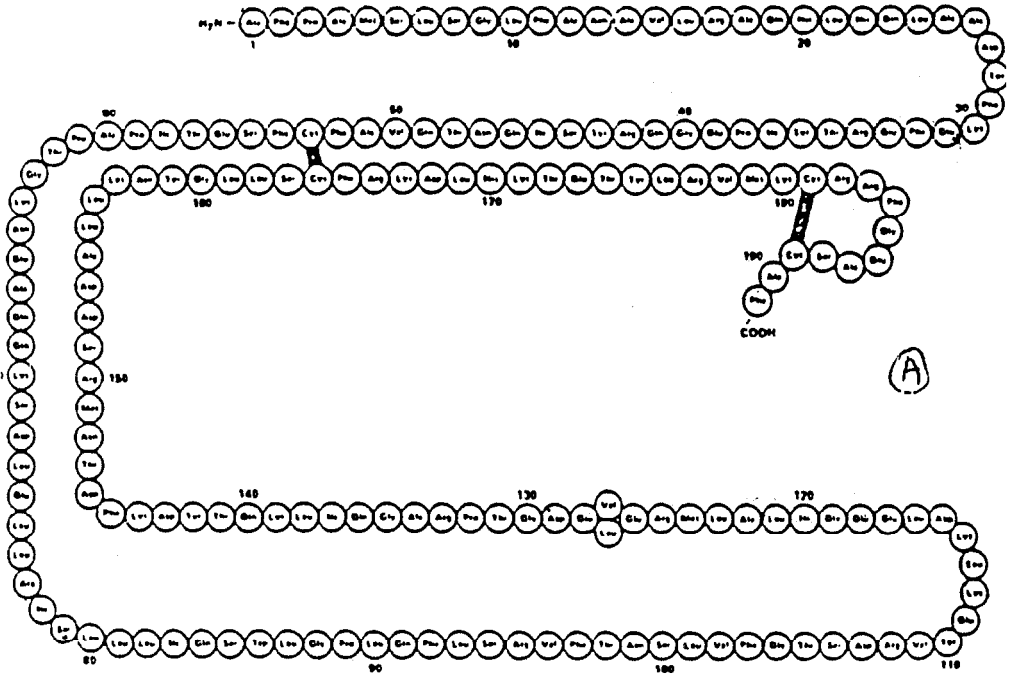
Structure

La somatotropine est un polypeptide de 191 acides aminés (166) et de poids moléculaire 22.000 (55, 61) sécrété par l'hypophyse antérieure. La molécule (Figure 1) possède 2 ponts disulfure reliant les cystéines 53 et 164, et 181 et 189, dont le rôle exact dans la stabilisation et l'activité biologique du peptide est peu connu (52, 74). L'alanine N-terminale est absente dans plus de la moitié des molécules (50). Il existe deux formes allèles spontanées de la BST, la leucine remplaçant la valine en position 127 dans 30% des cas (161, 168).

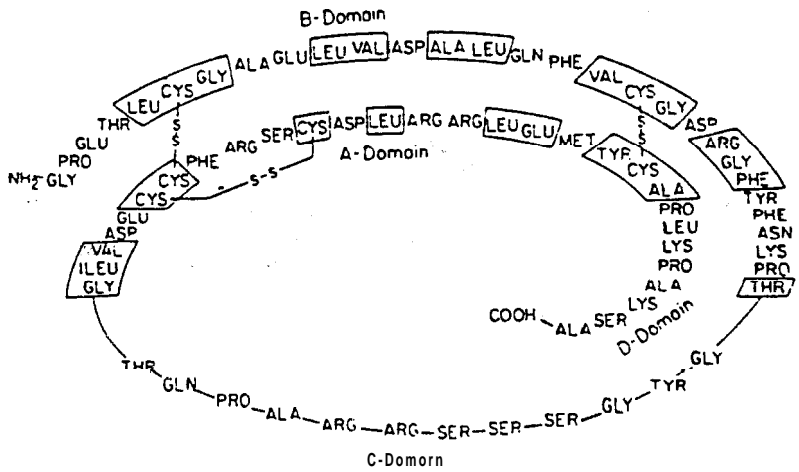
Sur la base des comparaisons de séquence aminée, la somatotropine fait partie d'une famille de protéines homologues dont font partie la prolactine et l'hormone placentaire lactogène (36, 66, 167). Il existe une spécificité de structure liée à l'espèce ; la différence des séquences aminées des somatotropines humaine et bovine est de 35% (168) et l'activité biologique de la BST bovine s'avère nulle chez l'homme (142).

Mode d'action

La somatotropine a des propriétés biologiques multiples qui résultent des interactions entre une variété de récepteurs et différents fragments polypeptidiques de la molécule (111). En plus de son action stimulatrice de la croissance chez le ruminant (46), elle a une variété d'effets métaboliques incluant des actions néoglucogéniques et diabétogènes sur le métabolisme des glucides et des effets lipomobilisants (18). Son mode d'action au niveau cellulaire est relativement obscur. Dans une étude sur adipocytes de lapin,



(A)



(B)

Figure 1 : **Représentation** de la **séquence aminée** de la molécule de somatotropine bovine (A) (Wallis, 1978) et d'**IG-I** humaine (B) (identique à la molécule bovine) (Clemmons, 1989)

BARENTON et al. (1984) signalent que l'adénylcyclase n'est pas **activée** par l'hormone de croissance. Cependant l'implication de l'**AMP** cyclique n'est pas **à écarter** car l'hormone peut inhiber la phosphodiesterase (77).

Récepteur

Il existe très peu d'informations sur les multiples récepteurs pouvant reconnaître les différentes **régions** de la structure tertiaire de l'hormone et sur les événements **post-récepteurs** au niveau des tissus cibles (foie, cartilage, tissu adipeux et tissu conjonctif) (135, 136, 168). Des **récepteurs somatogéniques** ont été mis en Evidence dans le foie de bovin (73, 99) mais leur présence n'a jamais **été signalée** dans le tissu mammaire des ruminants laitiers (98). Le nombre et l'activité des récepteurs **somatogéniques** dans le foie **sont régulés** par une **variété** de facteurs **incluant** la somatotropine, les **stéroïdes**, les hormones thyroïdiennes, l'insuline et des facteurs nutritionnels (23, 24, 25, 72, 73).

Rôle des somatomédines

Les somatomédines ou *insulin-like growth factors* (IGF-1 et IGF-II) sont une famille de polypeptides qui sont structurellement et par l'évolution reliés à la proinsuline. L'administration de l'hormone de croissance entraîne des variations plus importantes des teneurs plasmatiques d'IGF-1 que d'IGF-II (8, 160, 165). Les **molécules d'IGF-I** bovin et humain ont des similitudes (Figure 1) dans la séquence **aminée** (76 acides **aminés**), et dans les activités immunologiques et biologiques (86). Les **IGF-I** seraient les médiateurs de l'action de la BST dans les cellules mammaires bovines et ovines où des récepteurs aux **IGF-I** ont été identifiés (29, 51) ; ils ont un rôle local essentiellement mitogène et stimulateur de la synthèse protéique (19, 20), et également métabolique (**cap-tation** des cations, vitamines, glucose et acides aminés, synthèse de macromolécules et transport enzymatique à la glande mammaire) (95, 111).

RÉGULATION DE LA SÉCRÉTION DE LA SOMATOTROPINE

La somatotropine est synthétisée au niveau des ribosomes du réticulum **endoplasmique** rugueux des cellules adénohypophysaires et sa libération est soumise à un contrôle exercé essentiellement par 2 hormones sécrétées par l'hypothalamus : la somatocroinine (ou GRF : **G**rowth hormone releasing factor) et la somatostatine (ou SRIF : Somatostatin release **i**nhibiting factor) qui sont respectivement **stimulatrice** et inhibitrice de la sécrétion de l'hormone de croissance (138, 154).

La libération de ces deux hormones est à son tour **régulée** par l'activité des neurones localisés dans l'hypothalamus (8). Il existe un **rétrocontrôle** long exercé par les **somatomédines** et court exercé par la somatotropine sur sa propre sécrétion (46, 153). L'élimination plasmatique de l'hormone, principalement assurée par les reins et le foie, est exprimée par son taux de clearance métabolique. Il varie suivant les conditions physiologiques ; chez le veau, il est de $8 \pm 0,9$ l/h et diminue avec la privation de nourriture (158).

Des accroissements substantiels de la production laitière peuvent être obtenus par stimulation de la **sécrétion** endogène de BST. Ainsi, le GRF ou ses analogues et les anticorps anti-SRIF peuvent être utilisés comme agents **galactopoïétiques** et augmentent la production **laitière** de 5 à 19% chez la vache (8, 58, 97, 111, 131).

CONCENTRATION SANGUINE DE LA BST ENDOGÈNE ET POTENTIEL LAITIER

Chez le ruminant, la BST est nécessaire au développement de la glande mammaire et à l'entretien de la sécrétion lactée (ou galactopoïèse) (63). La concentration plasmatique de la BST s'élève en fin de gestation et, pendant la lactation, elle est corrélée positivement avec la production laitière (81, 83) et négativement avec le nombre de jours post-partum (96, 148).

Les vaches à fort potentiel de production laitière ont des concentrations plasmatiques de BST plus élevées que les faibles productrices. SARTIN et ai. (1988) trouvent que, chez les vaches fortes productrices, la somatotropinémie est plus importante au jour 30 qu'au jour 90 de lactation (4,6 vs 2,6 ng/ml). Chez les faibles productrices, les différences ont été très faibles entre les jours 30 et 90 post-partum (2,2 vs 2,5 ng/ml). VASILATOS et WANGSNESS (1981) obtiennent, chez des fortes productrices, des teneurs en BST plasmatique plus élevées au jour 30 qu'au jour 90 post-partum (13,2 vs 9,8 ng/ml). Ces différences liées au taux de sécrétion et/ou à la clearance métabolique de la BST peuvent être inhérentes au génotype, car des variations inter- raciales ont été notées dans les teneurs circulantes de BST et d'IGF-I (147), ou à la demande métabolique plus importante de la mamelle chez la forte productrice pendant la lactation (21, 37, 93, 111).

EFFETS DE L'ADMINISTRATION DE LA BST À DES VACHES LAITIÈRES SUR LEURS PERFORMANCES

Les effets de l'apport de la BST exogène à des vaches en lactation sur leurs performances laitières ont fait l'objet de nombreuses et récentes études (37, 38, 80, 93, 111, 125). Nous synthétisons dans les pages qui suivent les données disponibles.

QUANTITÉ ET COMPOSITION DU LAIT PRODUIT

Quantité de lait produite

La plupart des premiers essais avec la somatotropine hypophysaire ont été réalisés entre les années 40 et 80. Leur nombre est assez faible et la durée du traitement généralement courte (37). Par la suite l'hormone recombinée a été utilisée, soit seule, en injections quotidiennes, soit associée à un excipient destiné à retarder sa libération, en injections généralement espacées de 2 à 4 semaines, dans des essais de courte (inférieure à 4 semaines) ou de longue durée (en général supérieure à 10 semaines).

Le tableau 1 résume les réponses moyennes de quantité de lait produite (lot BST-lot témoin). Lorsque la BST a été injectée quotidiennement, la production laitière a augmenté de 17% avec des doses de 25 à 50 unités/j dans 18 essais de courte durée (inférieure à 4 semaines). Dans 25 essais de longue durée (33 semaines en moyenne), l'augmentation a été de 8, 17, 20 et 24% pour des doses de 5-6, 10-17, 20-27, et 30-50 mg/j.

Avec les formes à libération prolongée, l'augmentation de la sécrétion du lait a été de 19% dans 21 essais avec de la BST de Monsanto ou « Sometribove » (500 mg/14 j) ; de 10, 12, et 14% dans 3 essais avec de la BST de American Cyanamid pour des doses respectives de 140, 350 et 700 mg/14 j ; et de 7, 11 et 15% dans 9 essais avec de la BST de Eli Lilly ou « Somidobove » pour des doses de 320, 640 et 960 mg/28 j.

Tableau 1. Variation de la quantité de lait **secrétée (kg/j¹)** par des vaches en **réponse à des doses et fréquences d'administration différentes de somatotropine bovine.**

	Essais de courte durée (< 4 semaines)				Essais de longue durée (> 10 semaines)							
	Injections quotidiennes				Formes « retard »							
Fréquence des injections	/jour				/14 jours		/14 jours		/28 jours			
Nombre d'essais	18 (a)		25 (b)		21 (c)		3 (d)		9(e)			
Dose ²	25 à 50	5-7	10-17	20-27	30-50	500	140	350	700	320	640	960
Vaches\$ traitées												
Réponse moyenne	4,0	1,6	3,5	5,3	6,6	4,6	2,9	3,4	4,0	1,5	2,5	3,4
Ecart-type	1,3	1,6	1,8	2,2	2,6	1,8	1,8	1,2	0,6	1,8	1,6	2,1
Minimum	2,6	0,6	-0,3	3,0	4,2	2,0	1,4	2,0	3,5	-0,3	0,1	0,4
Maximum	7,6	4,4	6,6	10,1	11,5	8,2	4,9	4,1	4,4	3,9	4,9	6,3
Nombre de vaches	83		1127		1458		92		339			
Durée traitement (semaines)	1 à 3		33±5		29±9		27±2		18±5			
Vaches témoins												
Production laitière moyenne	23,7		26,6		23,7		29,9		23,0			
Ecart-type	7,0		3,9		4,8		1,1		4,4			
Minimum	13,3		20,1		16,8		28,4		16,3			
Maximum	34,6		35,4		32,6		29,9		29,8			
Nombre de vaches			528		773		30		129			

¹ (a) et (c) : lait brut ; (d) : lait à 3.5% de matières grasses ; (b) et (c) : lait brut ou corrigé selon les auteurs. La réponse est égale à la production laitière du lot BST + celle du lot témoin.

² Les doses sont en unités pour (a) et en mg pour (b), (c), (d) et (e).

(a) • Essais analysés par CHILLARD (1988a).

(b) • BAUMAN et al., 1985; BARD et al., 1986; CHALUPA et al., 1986; HUTCHISON et al., 1986; ANNEXSTAD et al., 1987; BURTON et al., 1987; CHALUPA et al., 1987 a; THOMAS et al., 1987; AGUILAR et al., 1988; EINSENBEISZ et al., 1988 b; ELVINGER et al., 1988; HEMKEN et al., 1988; MUNNEKE et al., 1988; NYTES et al., 1988; PALMQUIST, 1988; ROWE-BETCHEL et al., 1988; SODERHOLM et al., 1988; TESSMAN et al., 1988; WEST et al., 1988; HANSEN et al., 1989; DE BOER KENNELLY, 1989 c; Mc DANIEL et al., 1989; MORBECK et al., 1989; RAJAMENDRAH et al., 1989.

(c) • Essais avec de la BST de Monsanto (Sometribove) : PHIPPS, 1987; RIJPKEMA et al., 1987; BAUMAN et al., 1988 a; EPPARD et al., 1988 (bis); GRAVERT et al., 1988; HUBER et al., 1988; LAMB et al., 1988; ANDERSON et al., 1988; PELL et al., 1988; SAMUELS et al., 1988; VEDEAU et SCHOCKMEL, 1988; WHITE et al., 1988; LANZA et al., 1988, a; LOSSOUARN, 1988; THOMAS, 1989; GALION, 1989; ARAMBEL et al., 1989; FRANSON et al., 1989; MATTOS et al., 1989; HUBER et al., 1989.

(d) • Essais avec de la BST de American Cyanamid : JENNY et al., 1988; FIRKINS et al., 1989; JENNY et al., 1989.

(e) • Essais avec de la BST de Eli Lilly (Somidobove) analysés par CHILLARD (1988 b).

Composition du lait

Le traitement BST augmente les sécrétions totales de matière grasse, de matière protéique et de lactose dans le lait de façon pratiquement proportionnelle à l'augmentation de la quantité de lait produite (37, 83) de sorte que la teneur de ces constituants varie en général très peu. Le bilan **énergétique** des vaches au moment du traitement détermine l'effet de la BST sur la composition du lait. Ainsi, lorsque les vaches sont en bilan énergétique et protéique négatif, le taux butyreux du **lait** augmente en moyenne de **0,8 ± 2,3 g/kg** dans les 18 essais de courte durée (37). **BITMAN et al.** (1984) obtiennent, dans le lait de vaches traitées à la BST, une proportion plus importante d'acides gras à longue chaîne (+6% de C18 : 1), **résultant** du prélèvement sanguin mammaire, relativement aux acides gras à courte et moyenne chaîne (-6%) synthétisés par la mamelle. La teneur en protéines diminue également d'environ **0,8 à 1 g/kg** (10, 127, 140), observations par ailleurs attendues dans tous les cas de sous-nutrition énergétique et protéique (94, 139). Ces taux de matière grasse et de matière protéique ne varient pas lorsque les vaches sont en bilan énergétique positif. Une augmentation du taux protéique du lait d'environ **0,9 g/kg** a cependant été obtenue dans des essais avec de la Sometribove (11, 16, 132, 145, 171). La teneur en **lactose** reste en **général** constante ou augmente de **0,6 à 1 g/kg** (15, 37, 65, 129, 140). Une diminution significative du taux de lactose (**47,2 vs 49,4 g/kg**) a cependant été enregistrée chez des vaches traitées au pic de la lactation avec des doses de BST de **0,06 mg/kg** de poids vif (116). La concentration des minéraux majeurs du lait n'est pas modifiée par le traitement BST (111).

Avec les formes « retard », et dans des essais de longue durée, la composition du lait ne varie pas ou varie très peu sur les périodes complètes d'étude. On note par contre des évolutions cycliques assez importantes dans l'intervalle entre deux injections, dont l'amplitude, en réponse au traitement BST, peut atteindre **-2 g/kg** pour le taux protéique, et **+5 g/kg** pour le taux butyreux du lait (38).

Facteurs de variation de la réponse

De nombreux facteurs liés à l'animal, à la BST injectée, à la nutrition et à la conduite du troupeau, et enfin à l'environnement peuvent influencer la réponse de production **laitière** à l'administration de la BST (4, 13, 30, 41, 45)

Effet des caractéristiques de l'animal

Stade de lactation et lactations consécutives

L'apport de BST **semble** être inefficace sur la production laitière au cours du premier mois de lactation, c'est-à-dire pendant la période où la concentration sanguine de la BST est très élevée. **Mc DOWELL et al.** (1987) obtiennent avec la même dose de BST (**0,06 mg/kg** de poids vif) une réponse de production laitière plus faible en semaine 6 qu'en semaine 20 (1,6 vs 2,7 kg ; 6 vs 14%). Ces résultats concordent avec ceux de **RICHARD et al.**, (1985). De plus, la réponse de production **laitière** semble décroître, mais pas toujours, dans les derniers mois de la lactation (69, 88, 126, 127, 132, 140, 151, 163). Le traitement à la BST pendant la période de tarissement peut également diminuer la **mammogénèse** et la **lactogénèse** (172).

L'administration de la BST pendant une lactation a **eu** des influences variables sur la réponse de production laitière au cours de la lactation suivante (Tableau 2). Ainsi, VERITE et al. (1989) observent **une** diminution de la **réponse de 35%**. HEMKEN et al. (1988) n'observent pas de modification. CHALUPA et al. (1989) et **HUBER** et al. (1989) **enregistrent** respectivement **une** augmentation de la réponse de 63% et 94%.

Race

Selon de nombreux auteurs (35, 41, 147, 151), la race des vaches laitières ne semble pas avoir **d'influence** sur la réponse de production laitière.

Numéro de lactation

L'effet du numéro de lactation sur la réponse à la BST n'est pas complètement élucidé. La réponse a été plus élevée chez les vaches multipares que chez les primipares dans certains essais (78, 88, 107, 115, 144, 155) ; elle est la même chez d'autres (16, 33, 79, 101, 130, 140, 145). Les-primipares répondraient moins que les multipares **à la BST à cause** de leur croissance corporelle inachevée et de leur développement mammaire incomplet (5), et également à cause de leur **sécrétion** endogène de BST plus élevée (111). En effet, comme pour l'administration de **la BST au tout** début de **la** lactation, il s'exercerait une **sorte** de « feed-back négatif » sur la **réponse** des primipares.

Potentiel de production laitière

La capacité de production mesurée avant le traitement influence la réponse, les faibles productrices répondant plus que les fortes productrices, selon certains auteurs (30, 105). A l'inverse, PEEL et al. (1989 b) obtiennent une bonne corrélation ($r = 0,58$; $n = 45$ troupeaux) entre le potentiel de production laitière et la réponse à la BST. Dans un essai récent (140), aucune relation n'a été observée entre ces **deux** paramètres.

Effets des caractéristiques du traitement à la BST

Dose et voie d'administration

L'analyse des résultats de 55 essais de longue durée montre une liaison positive entre la dose de BST injectée et la quantité de lait supplémentaire produite (Figure 2). Cette relation est linéaire entre les doses de 5 à 50 mg/j. D'après certains auteurs cependant (56, 59, 150), la réponse semble curvilinéaire au dessus de la dose de 50 mg/j.

La voie d'administration (injection unique en sous-cutanée ou en intramusculaire, injections multiples en intra-veineuse ou en infusion **continue**) **n'a aucun** effet sur la réponse (67, 82, 103, 114).

Fréquence et forme d'administration

La même dose (17,2 mg/j) injectée pendant 120 jours alternativement a significativement réduit la quantité de lait produite (30 vs 32 kg/j) par rapport à son injection quotidienne (110). A même dose injectée, des réponses voisines sont toutefois observées entre des injections mensuelles ou bimensuelles (41). La réponse de production laitière à la BST injectée quotidiennement est supérieure à celle des formes « retard » (à la même dose théorique journalière de BST injectée) (Figure 2). Pour un essai d'une durée de

Tableau 2 : Variation de la quantité de lait produite (kg/j) par des vaches laitières en **réponse** à l'administration de somatotropine bovine au cours de deux lactations **consécutives**.

Auteurs	Nombre de vaches par traitement	Dose et fréquence ¹	lère lactation		2ème lactation ²		% de variation
			Réponse	Durée	Réponse		
ANNEXSTAD et al., 1987	7	12,5/j	?	37	1,8	.	
		25/j	?	37	7		
		50/j	?	37	10,7		
HENKEN et al., 19883	14	20,6/j	4,5	38	4,5	0	
CHALUPA et al., 19894.5	15	10,3/j	3,6	15	5,5	+53	
		20,6/j	4,6	15	7,5	+63	
Mc BRIDE et al., 1989	12	10,3/j	?	38	6,4	.	
		20,6/j	?	38	6,3		
GREEN et al., 1989	13	640/28j	?	2,9			
HUBER et al., 19896	14	500/14j	3,6	16	7,0	+94	
LEBZIEN et al., 19894	14	640/28j	3,2	24	3,9	+21	
VERITE et al., 1989	12	640/28j	2,7	8	2,0	-36	

¹ En mg par jour, ou tous les 14 ou 28 jours.

² La durée du traitement est exprimée en semaines..

³ Durée du traitement = 35 semaines la première année et 2 types de rations à 40 ou 60% de concentré (cf tableau 3).

⁴ Réponses exprimées en kg de lait à 3,5% de matière grasse.

⁵ 30 vaches par traitement la première année.

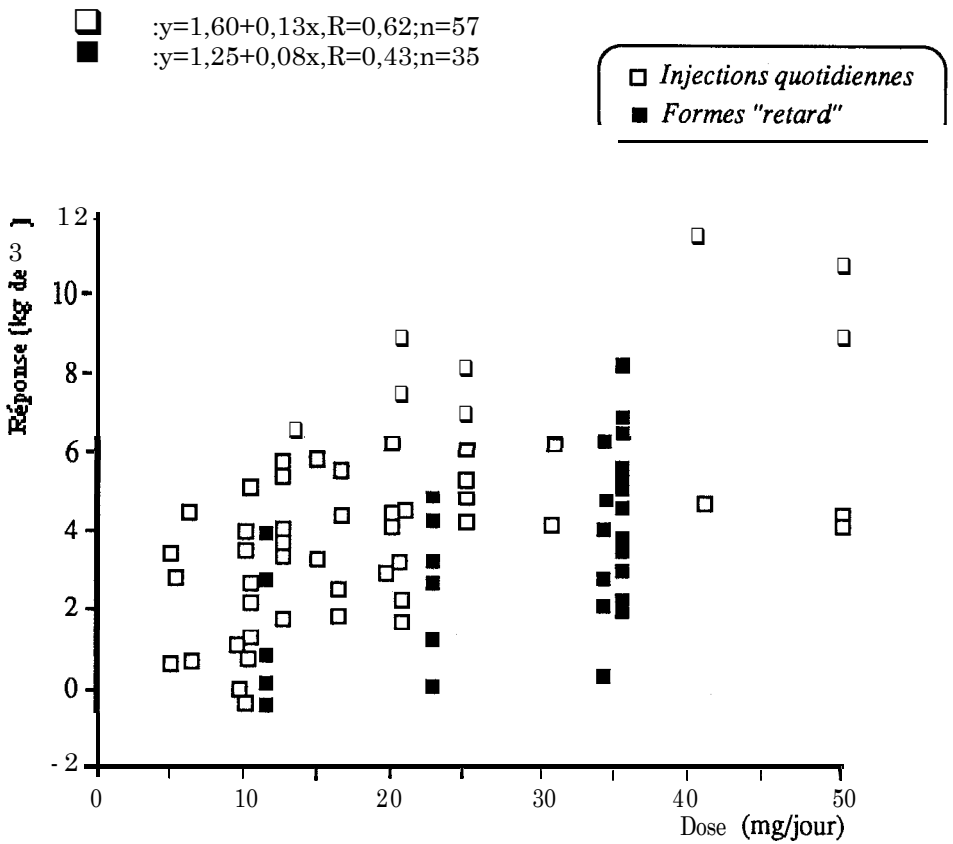
⁶ Le traitement a commencé à 60 jours post-partum et a continué jusqu'à la fin de la lactation, la 1 ère année.

28 semaines, DE BOER et KENNELLY (1989 c) observent une augmentation de la quantité de lait produite de 12% avec 10,3 mg de BST injectée quotidiennement, et seulement de 7% avec 350 mg injectée 2 fois par mois, et correspondant à une dose théorique quotidienne de 25 mg dc BST.

Origine

La BST recombinée semble être plus efficace que celle d'origine hypophysaire (14, 90). BAUMAN et al. (1985) ont montré que des doses de 13,5, 27,0 et 40 mg/j de BST recombinée ont stimulé la production laitière de 23 à 41%, d'une façon dose-dépendante, tandis que la dose de 27 mg dc BST hypophysaire n'a augmenté cette production que de 16% seulement.

Figure 2 : Variations des **qualités** de lait produites (y) par les vaches laitières en **réponse** à **différentes** doses (x) de BTS administrées. **Résultats** de 55 essais de longue durée (en moyenne 28 semaines) dont 25 avec des injections quotidiennes, 21 avec la **Sometribove** et 9 avec la Somidobove. Le nombre d'observations est de 92 ; chaque observation est une **réponse** (taille moyenne des lots = 19 vaches). pour une dose **donnée**.



Nutrition et conduite du troupeau

La production laitière en réponse à une administration de BST peut varier avec les conditions d'alimentation des vaches (Tableau 3). Une interaction positive de la réponse à la BST a été obtenue avec l'augmentation du niveau d'apport de concentré énergétique (115, 117) ou protéique de la ration (48), la complémentation de la ration avec des savons de calcium (149) et l'addition d'avoparcine (substance à activité ionophore) (122). Aucune interaction positive avec la réponse à la BST n'a été observée dans un essai où des isoacides (stimulants de la **protéosynthèse** microbienne ruminale) étaient adjoints à la ration (100), et où le niveau d'apport de concentré était porté à 5,4 vs 2,5 kg/jour (140).

La fréquence de distribution de l'aliment concentré (toutes les 2 ou 12 heures) n'a eu aucun effet sur la réponse de production laitière à la BST dans un essai où l'ensilage de maïs était apporté à volonté (65).

L'accroissement du nombre de traites (2 vs 3/jour) n'a pas affecté la réponse (1, 4).

Les conditions climatiques

La BST peut améliorer la production laitière en milieu tropical (108). Néanmoins, le stress thermique (haute température et humidité) et sa **résultante** qui est une diminution de l'ingestion (5) semblent réduire la réponse surtout chez les vaches fortes productrices (45, 169) dans les essais de courte (109, 118, 152) et de longue durée (119). Certains auteurs prétendent cependant que la réponse à la BST n'est pas affectée par le stress thermique (4, 87).

INGESTION D'ALIMENTS, BILANS NUTRITIONNELS, DIGESTIBILITÉ DE LA RATION ET EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

Ingestion et bilans nutritionnels

En moyenne dans 18 essais de courte durée (inférieure à 4 semaines), l'administration de la BST s'est accompagnée d'une diminution de l'ingestion d'aliments ($-0,5 \pm 1,1$ kg de matière sèche par jour) et des bilans Cnergétique ($-4,2 \pm 2,1$ Mcal/j) et protéique (37). Cependant, dans les essais de longue durée, la consommation alimentaire augmente après un temps de **latence** d'environ 6 à 8 semaines de traitement (15, 83, 133). PEEL et ai., (1985) observent, dans un essai de longue durée (22 semaines), chez des vaches traitées avec 50 mg/j de BST, une augmentation de l'ingestion de matière sèche de 8% en 8ème semaine de traitement (16,7 vs 15,5 kg/j), et de 14% à la semaine 26 de lactation (17,5 vs 15,5 kg/j; $p < 0,01$). Compte tenu du décalage entre l'accroissement de la quantité de lait produite et celui de l'ingestion, les vaches traitées ont en général un bilan énergétique inférieur à celui des témoins aux alentours des 2 premiers mois du traitement (38, 125).

Digestibilité de la ration et digestion dans le rumen

La BST n'entraîne pas de variation de la digestibilité de la ration *in vivo* (18, 37, 151, 159). Deux études récentes ont cependant montré chez les vaches traitées à la BST une diminution de la proportion du propionate ruminal (16,5 vs 19,6 moles p.cent, $p < 0,05$) qui serait due à la demande plus importante de l'organisme en composés glucoformateurs

Tableau 3 : Variations de la quantité de lait produite (ou lait à 3,5% de matière grasse* en kg/j) par des vaches laitières en réponse à l'administration de somatotropine bovine, selon certaines caractéristiques de la ration.

	Nombre de vaches par traitement	Dose (mg/jour)	Durée (semaines)	Régime «BAS» ou sans additif	Régime «HAUT» ou avec additif		
Niveau de concentré							
(1) 40% vs 60% de concentré	14	21	38	4,5	(+16%)	4,5	(-)
(2) 12-32% vs 32-52% de concentré *	9	21	30	4,0	(-)	6,1	(-)
(3) 40% vs 60% de concentré	15	640/28j	24	2,3	(+8%)	3,5	(+12%)
(4) orge vs maïs	?	20	29	7,8	(+33%)	7,8	(+33%)
(5) RHC vs RCM	20	25	37	4,6	(+24%)	4,9	(+23%)
(6) 2,5 vs 5,4 kg de concentré	12	500/14j	30	2,1	(+11%)	2,1	(+11%)
Niveau azoté							
(7) 14% P x HD vs 17% P x RD	?	25	?	2,4	(-)	5,3	(-)
(8) 15% P x HD vs 15% P x B D	.	24	16-24	2,8	(+10%)	2,8	(+10%)
(9) 11% PT vs 16% PT	4	33	4	2,0	(+11%)	9,7	(+50%)
Additifs alimentaires							
(10) 0 vs isoPLUS	12	25	7	.	(+23%)	.	(+6%)
(11) 0 vs Megalac	15	50	5	1,6	(+4%)	4,3	(+12%)
(12) 0 vs 100 mg avoparcinc	12	21	12	.	(+19%)	.	(+26%)

(1) HEMKEN et al., 1988 : début du traitement à 4-5 semaines post-partum.

(2) TESSMANN et al., 1988 : début du traitement à 13 semaines. Ration à base d'ensilage de luzerne.

(3) Mc GUFFEY et al., 1989 : teneurs en protéines identiques dans les deux rations. Avec une troisième ration à 50% de fourrages et 50% de concentré, la réponse à la BST a été de 3,8 kg (+13%) de lait à 3,5 de matières grasses.

(4) EISENBEIZ et al., 1988 a : début du traitement à 15 semaines post-partum.

(5) THOMAS et al., 1987 : début du traitement à 5 semaines post-partum; RCM = ration complète en mélange ; RHC = ration hivernale avec distribution constante de 9 kg de concentré pendant 24 semaines puis mise à l'herbe.

(6) REMOND et al., 1990 : début du traitement à la semaine 9 post-partum. L'ensilage de maïs était offert à volonté. Les vaches recevant 2,5 kg de concentré/j ont consommé plus d'ensilage de maïs que les autres (13,9 vs 11,9 kg/j).

(7) Mc GUFFEY et al., 1988 : P = protéines, HD = dégradabilité élevée, BD = basse dégradabilité.

(8) VERITE et al., 1989, cités par CHILLIARD et al., 1989 : la différence d'apport de PDI était de 400 g/j

(9) De BOER et KENNELLY, 1989 b : PT = protéines totales.

(10) KIK et COOK, 1986 : isoacides commercialisés sous le nom «isoPLUS» (109 g/jour/vache).

(11) SCHNEIDER et al., 1987 : savons de calcium commercialisés sous le nom «Megalac» (0.77 kg/j).

(12) MURPHY et al., 1989 : 100 mg/j d'avoparcinc dans la ration.

(47), une augmentation non significative de la proportion des bactéries cellulolytiques (6,4 vs 3.4%) et du nombre de protozoaires (7,3 vs 6,6 x 10³/ml) (173). Ces **modifications** n'étaient accompagnées d'aucune variation des caractéristiques de la digestion **ruminale** (digestibilité apparente, pH et composition du mélange des acides gras volatils).

Efficacité alimentaire

Les vaches traitées à la BST produisent plus de lait par unité de matière sèche ingérée (35, 57, 151). Cependant, l'efficacité nette de l'utilisation de la ration n'est pas modifiée (159). L'amélioration de l'efficacité globale de la ration chez les vaches traitées résulte donc de la dilution du besoin d'entretien de l'animal dans les besoins totaux, et du moindre dépôt de réserves corporelles généralement observé (38, 80).

RÉSERVES CORPORELLES

Poids vif

Dans la plupart des essais de longue **durée** (supérieure à 10 semaines), l'administration de la BST n'a pas entraîné des changements de poids vif significativement différents de ceux des témoins, en raison de l'augmentation progressive de l'ingestion volontaire des vaches (111). Cependant des gains de poids moindres ont été rapportés chez les vaches recevant les plus fortes doses (Tableau 4) et, dans de rares cas, les gains de poids vif ont été légèrement supérieurs chez les vaches recevant la BST (40).

Etat d'engraissement

Les évolutions de la note d'état d'engraissement sont assez divergentes d'un essai à l'autre. Le traitement BST n'a eu aucun effet sur la note (6, 17, 71, 122,), ou a **entraîné** une augmentation moindre de la note chez les vaches traitées à la BST comparées aux témoins (38, 71, 157), ou l'a diminué de façon significative à la fin de l'essai (151, Tableau 4). Les variations de note d'état corporel sont **inversement** proportionnelles à la dose et à la durée du traitement à la BST.

Quantités de lipides et de protéines corporels

Les variations de poids vif ne rendent pas compte de façon satisfaisante de la variation quantitative des constituants corporels (lipides et protéines) (4, 39) qui, on l'a vu, sont susceptibles d'être mobilisés pour soutenir l'accroissement de la production laitière imposé par le traitement BST (151).

Des mesures de composition chimique réalisées *in vivo* avec de l'eau lourde (26, 151) ou par analyse, **après** abattage, de la masse corporelle (117) ont montré que les vaches **traitées** à la BST ont eu des teneurs en lipides corporels plus faibles que les témoins (Tableau 4), et inversement liées à la dose de BST administrée (151). Les protéines ont cependant augmenté dans 2 essais (40, 117).

Tableau 4 : Effets de l'administration de la BST à des vaches en lactation sur les variations de leur note d'état d'engraissement¹, de leur poids vif et de leur poids de lipides et de protéines corporels (kg).

Auteurs	Nombre de vaches/lot	(semaines) Durées	Dose (mg)	Effet BST ²			
				Note d'état	Poids vif	Lipides	Protéines
THOMAS et al., 1987	20	24	30/j		-20	▪	
PALMQUIST, 1988	8	38	10,3/j		-53	▪	
		38	20,6/j		-64	▪	
		38	41,2/j		-64	▪	
		38	41,2/j		-64	▪	
ROWE-BECHTEL et al., 1988	8	24	25/j	-0,5 #	-26 #	▪	
SODERIOLM et al., 19883	5	38	10,3/j	-1,2 #	-42	-16	
		38	20,6/j	-1,6 #	-45	-69 #	
		38	41,2/j	-1,7 #	-66	-50 #	
VERITE et CHILLIARD ^{3,4} (non publié)	6-7	24	320/28j	+0,2	+18	+1	
		24	960/28j	-0,2	-25	-42	
BROWN et al., 19893	10	8	40/j		+2	-17 ##	
GALTON, 1989	3	12	500/14j	-0,2 #	▪	▪	
Mc ALLISTER et al., 1989	38	17	17/j		-9	▪	
Mc GUFFREY et al., 1989 ⁵	15	18	640/28j		-7	-20	t 2
VERITE et al., 1989 ⁶							
Essai 1	10	24	320/28j	-0,1	+17	▪	
		24	640/28j	-0,3	-19	▪	
		24	960/28j	-0,4	-23	▪	
Essai 2	12	8	640/28j	-0,2	+14	▪	
		8	640/28j		-10	▪	
Essai 3	8	16	320/14j		-7	▪	
		16	640/28j	-29	▪	▪	
CHILLIARD et al., 1990 ^{3,7}	12	30	500/14j	-0,5+	+24+	-23t	+5 ##

1. Echelle de notation de 0 à 5.

2. Lot BST • lot témoin. Effet significatif à 1 p.100 : ##, 5 p.100 : # et 10 p.100 : t.

3. Composition corporelle mesurée à l'eau lourde

4. Cités par CHILLIARD, 1988 b.

5. Données obtenues par analyse chimique après abattage.

6. Dans l'essai 1, le concentré a été distribué en quantité constante et égale pour toutes les vaches les 12 premières semaines du traitement puis en quantité réduite selon les productions individuelles des vaches. Dans l'essai 2, les vaches ont été traitées à la BST l'année précédente et ont reçu une ration hivernale pendant les huit premières semaines. Dans l'essai 3, la différence d'apport de protéines (100 g de PDI/j) n'a pas interagi avec le traitement à la RST.

7. Le niveau d'apport de concentré dans la ration (2.5 vs 5.4 kg/j) n'a eu aucune interaction avec la BST.

EFFETS DE LA BST SUR LA SANTÉ ET LA REPRODUCTION

Santé

Un effet cétogénique de la BST a été suspecté (KRONPELD, 1987, cite par PHIPPS, 1989), compte tenu de l'augmentation des acides gras non estérifiés parfois observée dans certains essais (42, 43). Cependant, aucun accroissement de la **fréquence** des **cétoses** cliniques n'a jusqu'à maintenant été rapporté (134). La BST n'a non plus aucun effet sur l'incidence des mammites cliniques (27, 59, 124). PEEL et al.(1988) cités par PHIPPS (1989) observent chez les **vaches** traitées une augmentation de la teneur en cellules du lait de 25% par rapport aux témoins dans 8 essais européens et américains avec de la **Sometribove** (500 mg/14 j). Les fortes doses peuvent, entraîner une tachycardie et une baisse de l'hématocrite et de l'hémoglobine (Tableau 5) comme cela est généralement observé chez les fortes, productrices. Ces modifications s'expliqueraient par l'**hypéremie observée** chez les vaches traitées à la BST (68), ou par la sous-alimentation en énergie et protéines qui ralentit la synthèse de l'hémoglobine (85).

Reproduction

La **durée** de la période où les **vaches** sont en bilan **énergétique** négatif est vraisemblablement **allongée** quand on leur administre de fortes doses de BST (environ 50 mg/vache/jour) en commençant au cours des 5 premières semaines post-partum (4, 28, 31). On observe alors un **allongement** du cycle oestral (70) et des manifestations plus discrètes de l'oestrus qui rendent la détection plus difficile (120) et peuvent retarder la **1ère** insémination. Un accroissement significatif de l'intervalle **vêlage-fécondation** de 28 et 52 jours a été rapporté pour des doses respectives de 21 et 41 mg/j/vache administrées à partir de 98-105 jours post-partum (44).

Une diminution du poids des **veaux** à la **naissance** (37 vs 39 kg, $p < 0,01$) a été signalée dans un essai **débutant** à 4 semaines post-partum avec une dose de 16 mg/j de BST administrée pendant 38 semaines (115). ANDERSON et al. (1989) obtiennent également des veaux moins lourds (44 vs 46 kg, $p < 0,05$) chez des vaches **recevant** 500 mg de BST tous les 14 jours, de la semaine 9 à la fin de la lactation. D'autres auteurs ne mentionnent aucun effet de la BST sur le poids des veaux (59, 78, 156). Il existerait également une tendance à l'augmentation du nombre d'inséminations par **vachè** et des naissances gémellaires (134).

Dans le cas **des** essais effectués en Europe **avec** des doses de 500 mg de BST administrées tous les 14 jours à partir de la **9ème** semaine de lactation, on observe un **allongement** de l'intervalle **vêlage-insémination fécondante** de 11 jours **et** un accroissement du nombre d'inséminations de 0,3 par vache **fécondée** (41).

Les faibles doses (5 à 15 mg/jour/vache) administrées à partir du **100ème** jour de la lactation, **après** le **stress** de la parturition et la reprise de l'activité ovarienne, minimisent les risques de perturbation de la reproduction (3 1, 134).

Tableau 5 : Effets de l'administration de la BST à des vaches en lactation sur quelques paramètres physiologiques¹

	Dose ²	Témoins	Effet BST ³	Signification
RYTHME CARDIAQUE (normes : 60-80 battements/min)				
EPPARD et al., 1987	272	78	+4	NS
SODERHOLM et al., 1988	10,3	80,1	+4,3	NS
	20,6	80,1	+7,4	p < 0,05
	41,2	80,1	+11,9	p < 0,05
FULLERTON et al., 1989 ⁴	30	63,5	-3,2	NS
		63,5	+7,6	NS
		63,5	+24	NS
HEMATOCRITE (normes : 2446%)				
EPPARD et al., 1987	40,5	30	-3	pc 0,01
SODERHOLM et al., 1988	10,3	29,8	-1,7	NS
	20,6	29,8	-1,5	NS
	41,2	29,8	-3,9	p < 0,05
FULLERTON et al., 1989 ⁴	30	31	-1,4	NS
		31	-0,2	NS
		31	-3,3	p < 0,01
HEMOGLOBINEMIE (normes : 8-15 g/dl)				
EPPARD et al., 1987	13,5	11,4	0	NS
	27,0	11,4	-0,1	NS
	40,5	11,4	-0,8	p < 0,05

1 • Les normes sont citées par EPPARD et al., 1987. La durée du traitement a été de 3 semaines (EPPARD et al., 1987). 38 semaines (SODERHOLM et al., 1988) et 7 jours (FULLERTON et al., 1989).

2 • Les doses de RST sont exprimées en mg/jour/vache.

3 • Lot BST-lot témoin.

4 • De haut en bas, valeurs du jour 1, 7 et 10 du traitement par rapport à la période avant l'administration de la RST.

CONCLUSION

La BST stimule efficacement la production laitière selon des mécanismes d'action encore relativement obscurs (37, 42). Les propriétés de cette molécule interpellent tous les acteurs de la filière de production laitière. Les avis sont encore partagés sur l'impact réel du facteur nutritionnel sur la réponse de production laitière à la BST. Les formes «retard» faciliteront l'utilisation de la BST sur le terrain mais des améliorations de la formulation sont nécessaires pour réduire les fluctuations de la production laitière et de sa composition qui ont pour conséquence d'augmenter la fréquence des prélèvements pour le contrôle de la qualité du lait et la sélection des géniteurs. Par ailleurs, si le gain de protéines corporelles observé représentait effectivement un gain de masses musculaires, l'utilisation de la BST serait très intéressante chez les vaches laitières destinées à la réforme pour améliorer leurs qualités bouchères.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Messieurs B. REMOND et Y. CHILLIARD de l'U. R. de la Lactation du CRZV de Theix/INRA (France) pour les corrections apportées au manuscrit et nos collègues du service d'Alimentation-Nutrition du Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires de Dakar pour la relecture du document.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 AGUILAR A.A., JORDAN D.C., OLSON J.D., BAILEY C., HARTNELL G., 1988. A short-study evaluating the galactopoietic effects of the administration of Sometribove (recombinant methionyl bovine somatotropin) in high producing dairy cows milked three times per day. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 208 (Abstract).
- 2 ANDERSON M.J., LAMB R.C., ARAMBEL M.J., BOMAN R.L., HARDD.L.,KUNG L., 1988. Evaluation of a prolonged release system of someuibove, USAN (recombinant methionyl bovine somatouopin) on feed intake, body weight, efficiency and energy balance of lactating cows. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 208 (Abstract).
- 3 ANDERSON M.J., LAMB R.C., CALLAN R.J., HARTNELL G.F., HOFFMAN R.G., KUNG L., FRANSEN S.E., 1989. Effect of sometribove (recombinant methionyl bovine somatotropin) on gestation length and on body measurements, growth and blood chemistries of calves whose dams were treated with sometribove. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1) 327 (Abstract).
- 4 ANNEXSTAD R.J., OTTERBY D.E., 1987. Administration of BST: when during lactation and to which cows? In «National invitational workshop on bovine somatotropin». Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St-Louis, Missouri, USA, 87-95.
- 5 ANNEXSTAD R.J., OTTERBY D.E., LINN J.G., HANSEN W.P., SODERHOLM C.G., EGGERT R.G., 1987. Responses of cows to daily injections of recombinant bovine somatotropin (BST) during a second consecutive lactation. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 176 (Abstract).

- 6 ARAMBEL M.J., OELLERMANN S.O., LAMB R.C., 1989. The **effect of** somehibore (recombinant methionyl bovine somatotropin) on milk response in lactating **dairy cows**: a field trial. *J. Dairy Sci.*, **72 (suppl.1)**, 451 (Abstract).
 - 7 ASIMOV G.J., KROUZE N.K., 1937. The lactogenic preparations from the **anterior** pituitary and the increase of milk yield in **COWS**. *J. Dairy Sci.*, **20**, 289-306.
 - 8 **BAILE C.A.**, BUONOMO F.C., KRIVI G.G., 1987. Future developments in BST technology. In «National invitational workshop on bovine **somatotropin**». Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St Louis, Missouri, USA, 74-86.
 - 9 BAIRD L.S., HEMKEN R.W., HARMON R.J., EGGERT R.G., 1986. Response of lactating dairy cows to recombinant bovine growth hormone (**rbGH**). *J. Dairy Sci.*, **69 (suppl.1)**, 118 (Abstract).
 - 10 **BARBANO D.M.**, LYNCH J., 1987. Milk from **BST-treated cows**. Its composition and manufacturing properties. In «National invitational workshop on bovine **somatotropin**». Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St Louis, Missouri, USA, 87-95.
 - 11 **BARBANO D.M.**, LYNCH J.M., BAUMAN D.E., HARTNELL G.F., 1988. Influence of someubove (recombinant mcthionyl bovine somatotropin) on general milk composition. *J. Dairy Sci.*, **71 (suppl.1)**, 101 (Abstract).
 - 12 BARENTON B., BATIFOL V., COMBARNOUS Y., DULOR J.P., DURAND P., VEZINHET A., 1984. Reevaluation of lipolytic **activity** of growth hormone in **rabbit** adipocytes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **122**, 197-203.
 - 13 BAUMAN D.E., 1987. Bovine somatotropin : the Corne11 **experience**. In «National invitational workshop on bovine **somatotropin**». Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St Louis, Missouri, USA, 46-56.
 - 14 BAUMAN D.E., DeGEETER M.J., PEEL C.J., LANZA G.M., GOREWIT R.C., HAMMOND R.W., 1982. **Effects** of recombinantly derived bovine growth hormone (**bGH**) on **lactational** performance of high yielding dairy **COWS**. *J. Dairy Sci.*, **65 (Suppl.1)**, 121 (Abstract).
 - 15 BAUMAN D.E., EPPARD P.J., DeGEETER M.J., LANZA G.M., 1985. Responses of high-producing dairy cows to long-term Lreament with pituitary somatotropin and recombinant somatouopin. *J. Dairy Sci.*, **68**, 1352-1362.
 - 16 BAUMAN D.E., HARD D.L., CROOKER B.A., ERB H.N., **SANDLES L.D.**, 1988. **Lactational** performance of dairy cows **treated** with a prolonged-release formulation of methionyl bovine somatotropin (sometribove). *J. Dairy Sci.*, **71 (suppl.1)**, 205 (Abstract).
 - 17 BAUMAN D.E., HARD D.L., CROOKER B.A., PARTRIDGE M.S., GARRICK K., **SANDLES L.D.**, ERB H.N., FRANSON S.E., HARTNELL G.F., HINTZ R.L., 1989. Long-term evaluation of a prolonged-release formulation of N-methionyl bovine somatotropin in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **72**, 642-651.
-

- 18 BAUMAN D.E., McCUTCHEON S.N., 1986. The effects of growth hormone and prolactin on metabolism. In «Proc. VI int. Symp. ruminant Physiol.: **Control** of digestion and metabolism in ruminants. Milligan L.P., Grown W.L., Dobson A. eds. Reston Publ. Co. Inc. Reston, VA. Ch 23, 436-455.
- 19 BAUMRUCKER C.R., 1986 a. **Insulin** like growth factor I (IGF-I) and **insulin** stimulates lactating bovine mammary tissue DNA synthesis and milk production in vitro. J. Dairy Sci., 69 (suppl), 120 (Abstract).
- 20 BAUMRUCKER C.R., 1986 b. Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and **insulin** stimulates DNA synthesis in bovine mammary tissue explants obtained from pregnant cows. J. Dairy Sci., 69 (suppl.1), 120 (Abstract).
- 21 BINES J.A., HART I.C., 1982. **Metabolic** limits to milk production, especially roles of growth hormone and **insulin**. J. Dairy Sci., 65, 1375-1389.
- 22 BITMAN J., WOOD D.L., TYRRELL H.F., BAUMAN D.E., PEEL C.J., BROWN A.C.G., REYNOLDS P.J., 1984. Blood and milk lipid responses **induced** by growth hormone administration in lactating cows. J. Dairy Sci., 67, 2873-2880.
- 23 BREIER B.H., BASS J.J., BUTLER J.H., GLUCKMAN P.D., 1986. **The smatotrophic axis in young steers : inllucnc** of nutritional status on **pulsatile release** of growth hormone and circulating concentrations of **insulin-like growth factor I**. J. Endocr., 11, 209-215.
- 24 BREIER B.H., GLUCKMAN P.D., BASS J.J., 1988a. Influence of **nutritional** status and estradiol 17B on plasma growth hormone, insulin-like growth factors 1 and 2 and on the response to exogenous growth hormone in **young** steers. J. Endocr., 118, 243-250.
- 25 BREIER B.H., GLUCKMAN P.D., BASS J.J., 1988b. Plasma concentrations of insulin-like growth factor-1 and **insulin** in the infant **calf**: ontogeny and influence of **altered** nutrition. J. Endocr., 111, 209-215.
- 26 BROWN D.L., TAYLOR S.J., De PETERS E.J., BALDWIN R.L., 1989. Influence of sometribove, **USAN** (rccombinant **methionyl** bovine somatotropin) on the **body** composition of lactating cattle. J. Nutr., 119, 633-638.
- 27 BUNN K.B., JENNY B.F., PARDUE F.E., BRYANT G.S., ROCK D.W., 1989. **Effect** of sustained-release bovine **somatotropin (BST)** on reproduction and **mam-**mary health of dairy cows. J. Dairy. Sci., 72 (suppl.1), 325 (Abstract).
- 28 BURTON J.H., McBRIDE B.W., BATEMAN K., MACLEOD G.K., EGGERT R.G., 1987. Rccombinant bovine somatotropin : effects on production and reproduction in lactating cows. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 175 (Absuact).
- 29 CAMPBELL P.G., BAUMRUCKER C.R., 1986. Characterization of **Insulin-like growth factor-I/Somatomedin C** receptors in the bovine mammary gland. J. Dairy Sci., 69 (suppl), 163 (Abstract).
- 30 CHALUPA W., GALLIGAN D.T., 1989. Nutritional implications of somatotropin for lactating cows. J. Dairy Sci., 72, 2510-2524.

- 31 **CHALUPA** W., **GALLIGAN D.T.**, **MARSH W.E.**, 1987 a. Single lactational responses of **cows** supplemented with somatotropin daily for 266 **days**. In « National **workshop** on bovine somatotropin »; Sponsored by USDA Extension Service, **September** 21-23, St Louis, Missouri, USA, 34-39.
- 32 **CHALUPA W.**, **KUTCHES A.**, **SWAGER D.**, **LEHENBAUER T.**, **VECCHIARELLI B.**, **SHAVER R.**, **ROBB E.**, **ROCK D.**, 1989. Effects of supplemental somatotropin for **two** lactations on responses of **cows** in a commercial dairy. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 327 (Abstr.).
- 33 **CHALUPA W.**, **KUTCHES A.**, **SWAGER D.**, **LEHENBAUER T.**, **VECCHIARELLI B.**, **SHAVER R.**, **ROBB E.**, 1988. Responses of **cows** in a commercial dairy to somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 210 (Abstract).
- 34 **CHALUPA W.**, **MARSH E.**, **GALLIGAN D.T.**, 1987 b. Bovine somatotropin : lactational responses and impacts on feeding programs. Proceedings Maryland nutrition conference for **feed manufacturers**, 48-57.
- 35 **CHALUPA W.**, **VECCHIARELLI B.**, **SCHNEIDER P.**, **EGGERT R.G.**, 1986. Long-term responses of lactating **cows** to daily injection of recombinant somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 69 (suppl.1), 151 (Abstract).
- 36 **CHENE N.**, **LLOSA P.**, **CHARPIGNY C.**, **MARTAL J.**, 1986. Relationships between structure and fonction of laclogenic homones. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 26, 551-561.
- 37 **CHILLIARD Y.**, 1988 a. Rôles et mécanismes d'action de la somatotropine (**hormone de croissance**) chez le ruminant en lactation. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, 39-59.
- 38 **CHILLIARD Y.**, 1988 b. Review. Long-term effects of rcombinant bovine somatotropin (**BST**) on dairy cow performances. *Ann. Zootech.*, 37, 159-180.
- 39 **CHILLIARD Y.**, **CISSE M.**, **REMOND B.**, 1990 a. Somatotropin, body reserves and adipose tissue metabolism. From International symposium on bovine somatotropin « Sometribove : mechanism of action, safety and instructions for use. Where do we stand ? » (Telfs, Austria, March 9-11, 1990) (in press).
- 40 **CHILLIARD Y.**, **CISSE M.**, **LEFAIVRE R.**, **REMOND B.**, 1990 b. Changes in body composition of dairy **cows** according to lactation stage, somatotropin administration and concentrate feeding. Relationships between different estimators. *J. Dairy Sci.*, in press.
- 41 **CHILLIARD Y.**, **VERITE R.**, **PFLIMLIN A.**, 1989. Effets de la somatotropine bovine sur les performances des vaches laitières' dans les conditions françaises d'élevage.. *INRA Prod. Anim.*, 2, 301-312.
- 42 **CISSE M.**, 1991. Biotechnologie et production laitière. II. Mécanismes d'action de la somatotropine bovine chez la vache en lactation. *Revue sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques* (sous presse).

- 43 CISSE M., CHILLIARD Y., COXAM V., DAVICCO M.J., REMOND B., 1991. Effects of slow-release bovine somatotropin in dairy **heifers and cows** fed **two levels** of energy concentrate. II. Plasma hormones and metabolites. *J. Dairy Sci.*, 74 (4) : 1382.
- 44 CLEALE R.M., REHMAN J.D., ROBB E.J., SINHA A., 1989. On form **lactational** and reproductive responses to daily injections of recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 429 (Abstract).
- 45 COPPOCK C.E., 1987. Effects of the environment and the importance of nutrition **programs** on the response of lactating dairy **cows** to bovine somatotropin. In «National invitational workshop on bovine **somatotropin**», Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St Louis, Missouri, USA, 96-106.
- 46 COXAM V., 1990. Régulation de l'axe somatotrope chez le veau au cours de la période périnatale. Relations avec la croissance osseuse. Thèse, n°143, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand, II, France, 225 p.
- 47 DE BOER G., KENNELLY J.J., 1989 a. Effect of somatotropin and dietary **protein** concentration on hormone and **metabolite** responses to single injections of hormones and glucose. *J. Dairy Sci.*, 72, 429-435.
- 48 DE BOER G., KENNELLY J.J., 1989 b. Effect of somatotropin injection and dietary **protein** concentration on milk yield, and kinetics of hormones in dairy **cows**. *J. Dairy Sci.*, 72, 419-428.
- 49 DEBOER G., KENNELLY J.J., 1989 c. **Sustained-release** bovine **somatotropin** for dairy **cows**. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 432 (Abstract).
- 50 DELLACHA J.M., SANTOME J.A., PALADINI A.C., 1973. Chemistry and growth hormones: **structure-biological activity** relationships. In «**Endocrinology**», Scow R.O., ed. *Excerpta medica*, American **elsevier**.
- 51 DISENHAUS C., BELAIR L., DJIANE J., 1988. **Caractérisation** et évolution physiologique des **recepteurs** pour les insulin-like growth factors I et II (IGFs) dans la glande mammaire de brebis. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, 241-252.
- 52 DIXON J.S., LI C.H., 1966. Retention of the **biological potency** of **human** pituitary growth hormone **after reduction** and carbamidomethylation. *Science*, 154, 785-786.
- 53 EISENBEISZ W.A., CASPER D.P., SCHINGOETHE D.J., LUDENS F.C., 1988 a. **Lactational** evaluation of recombinant bovine somatotropin with corn and barley **diets** : response to **diets**. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 122 (Abstract).
- 54 EISENBEISZ W.A., CASPER D.P., SCHINGOETHE D.J., LUDENS F.C., SHAVER R.D., 1988 b. Lactational evaluation of recombinant bovine somatotropin with corn and barley diets : response to somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 123 (Abstract).
- 55 ELLIS G.J., MARLER E., CHEN H.C., WILHELMI A.E., 1966. Molecular weight of bovine, porcine **human growth hormone** by **sedimentation** equilibrium. *Fed. Proc.*, 25, 34-39.

- 56 ELVINGER F., HEAD H.H., WILCOX C.J., NATZKE R.P., 1987. **Effects** of administration of bovine somatotropin on lactation milk yield **and** composition. *J. Dairy Sci.*, 70 (suppl.1), 121 (Abstract).
- 57 ELVINGER F., HEAD H.H., WILCOX C.J., NATZKE R.P., EGGERT R.G., 1988. Effects of administration of bovine somatotropin on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 71, 1515-1525.
- 58 ENRIGHT W.J., CHAPIN L.T., MOSELEY W.M., ZINN S.A., TUCKER A.H., 1986. Growth hormone-releasing factor stimulates milk production **and** sustains growth hormone release in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 69, 344-351.
- 59 EPPARD P.J., BAUMAN D.E., CURTIS C.R., ERB H.N., LANZA G.M., DeGEETER M.J., 1987. Effect of 188-day **treatment** with somatotropin on health and **reproductive** performance of lactating dairy **cows**. *J. Dairy Sci.*, 70, 584-591.
- 60 EPPARD P.J., LANZA G.M., HUDSON S., COLE W.J., HINTZ R.L., WHITE T.C., RIBELIN W.E., HAMMOND B.G., BUSSEN S.C., LEAK R.K., METZGER L.E., 1988. Response of lactating dairy cows to multiple injections of sometribove, USAN (recombinant methionyl bovine somatotropin) in a prolonged release system. Part I. Production response. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 184 (Abstract).
- 61 FELLOWS R.E., ROGOL A.D., 1969. Structural studies on bovine growth hormone. 1. Isolation and characterization of cyanogen bromide fragments. *J. Biol. Chem.*, 244, 1567-1 575.
- 62 FIRKINS J.L., CLEALE R.M., CLARK J.M., 1989. Responses of dairy **cows** to a sustained-release form of recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 430 (Abstract).
- 63 FORSYTH I.A., 1983. The endocrinology of lactation. In «**Biochemistry of Lactation**». Mepham T.B., cd. Elsevier Science Publishers B.V., 309-349.
- 64 FRANSON S.E., COLE W.J., HOFFMAN R.G., MESEROLE V.K., SPRICK D.M., MADSEN K.S., HARTNELL G.F., BAUMAN D.E., 1989. Response of **cows** throughout lactation to sometribove, recombinant methionyl bovine somatotropin, in a prolonged release system a dose titration study. Part I. Production response. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 451 (Abstract).
- 65 FRENCH N.J., DE BOER G., KENNEDY J.J., 1986. Effect of **feeding** frequency and growth hormone injection on milk production in dairy **cows**. *J. Dairy Sci.*, 69 (suppl.1), 153 (Abstract).
- 66 FRIESIEN H., 1965. Purification of a placental factor with **immunological** and chemical similarity to human growth hormone. *Endocrinology*, 76, 369-375.
- 67 FRONK T.J., PEEL C.J., BAUMAN D.E., GOREWIT R.C., 1983. Comparison of different patterns of exogenous growth hormone administration on milk production in Holstein cows. *J. Anim. Sci.*, 57, 699-705.

- 68 FULLERTON F.M., FLEET I.R., HEAP R.B., HART I.C., MEPHAM T.B., 1989. Cardiovascular responses and mammary substrate uptake in Jersey cows treated with pituitary-derived growth hormone during late lactation. *J. Dairy Res.*, 55, 27-35.
- 69 FURNISS S.J., STROUD A.J., BROWN A.C.G., SMITH G., 1988. Milk production, feed intakes and weight change of autumn calving, flat rate fed dairy cows given two weekly injections of recombinantly derived bovine somatotropin (BST). *Proc. Brit. Soc. Anim. Prod. Winter Meeting*, Nol.
- 70 GALLO G.F., LEFEBRE D., BLOOK E., 1989. GnRH-induced LH response by dairy cows injected with recombinant bovine somatotropin (RBST). *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 343 (Abstract).
- 71 GALTON D.M., 1989. Evaluation of Sometribove, USAN (recombinant Methionyl) bovine somatotropin on milk production and health. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 450 (Abstract).
- 72 GLUCKMAN P.D., BREIER B.H., DAVIS S.R., 1987. Physiology of the somatotropic axis with particular reference to the ruminant. *J. Dairy Sci.*, 70, 442-466.
- 73 GLUCKMAN P.D., BREIR B.H., 1988. The regulation of the growth hormone receptor. In «Biotechnology in growth regulation». Heap R.B. Prosser C.G. Lamming G.E. ed., 27-33.
- 74 GRAF L., BORVENDEG J., BARAT E., HERMANN I., PATTHY A., 1976. Reactivity and biological importance of the disulfide bonds in human growth hormone. *Febs Letters*, 66, 233-237.
- 75 GRAVERT M.O., PABST K., WOLLNY C., 1988. Cités par PEEL et al., 1988.
- 76 GREENH.B., SNYDER D.L., MIYATJ.A., PARADIS M.A., BASSON R.P., RAKES A.H., EMERY R.S., 1989. The effect of somidobove sustained release formulation on second lactation performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 453 (Abstract).
- 77 GUESNET P., DEMARNE Y., 1987. La régulation de la lipogenèse et de la lipolyse chez les mammifères. INRA, Publications, Versailles, 153 p.
- 78 HANSEN W.P., OTTERBY D.E., LINN J.G., ANDERSON J.F., EGGERT R.G., 1989. Multi-form use of bovine somatotropin (BST) and its effects on lactation, health and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 429 (Abstract).
- 79 HARD D.L., COLE W.J., FRANSON S.E., SAMUELS W.A., BAUMAN D.E., ERB H.N., HUBER J.T., LAMB R.C., 1988. Effect of long term sometribove, USAN (recombinant methionyl bovine somatotropin), treatment in a prolonged release system on milk yield, animal health and reproductive performance-pooled across four sites. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 210 (Abstract).
- 80 HART I.C., 1988. Altering the efficiency of milk production of dairy cows with somatotropin. In «Nutrition and lactation in the dairy cow». Garnsworthy P.C., ed. Butterworths London, 232-247.

- 81 HART I.C., BINES J.A., MORANT S.V., RIDLEY J.L., 1978. Endocrine **control** of energy metabolism in the cow: **comparison** of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, **insulin** and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low- yielding cattle at various stages of lactation. *J. Endocr.*, 77, 333-345.
- 82 HART I.C., CHADWICK P.M.E., JAMES S., SIMMONS A.D., 1985. Effect of intravenous bovine growth hormone or **human** pancreatic growth hormone-releasing **factor** on milk production and plasma hormones and metabolites in sheep. *J. Endocr.*, 105, 189-196.
- 83 HART I.C., JOHNSON I.D., 1986. Growth hormone and growth in **meat** producing animals. In «**Control** and manipulation of animal **growth**». **Buttery** P.J., Haynes N.B., Lindsay D.B., eds. Butterworths, London, 135-159.
- 84 HEMKEN R.W., HARMON R.J., SILVIA W.J., HEERSCI-IE G., EGGERT R.G., 1988. Response of lactating dairy cows to a second year of recombinant bovine somatotropin (BST) when fed two energy concentrations. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 122 (Abstract).
- 85 HEWETT C., 1974. On the causes and **effects** of variations in the blood profile of swedish dairy cattle. *Acta Vet. Scand. Suppl.*, 50, 1-151.
- 86 HONEGGER A., HUMBEL R.E., 1986. Insulin-like growth factors I and II in fetal and adult bovine serum. Purification, primary structure and immunological cross reactivities. *J. Biol. Chem.*, 261, 569-575.
- 87 HUBER J.T., 1987. The production response of BST : feed additives, heat stress and injection intervals. In «National invitational workshop on bovine **somatotropin**». Sponsored by USDA Extension Service, September 21-23, St Louis, USA, 43-47.
- 88 HUBER J.T., WILLMAN S., MARCUS K., THEURER C.B., 1988. Effect of some tribove (SB). **USAN** (recombinant methionyl bovine somatotropin) **injected** in lactating cows at 14-d intervals on milk yields, milk composition and health. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 207 (Abstract).
- 89 HUBER J.T., WILLMAN S., SULLIVAN J.L., HOFFMAN R.G., FRANSON S.E., MADSEN K.S., 1989. Milk yield response to sometribove, recomburant **methionyl** bovine somatotropin, (S) during two consecutive lactations. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 452 (Abstract).
- 90 HUTCHISON C.F., TOMLINSON J.E., McGEE W.H., 1986. The **effects** of **exoge-** nous recombinant or pituitary extracted bovine growth hormone on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 69 (suppl.1), 152 (Abstract).
- 91 JENNY B.F., ELLERS J.E., TINGLE R.B., MOORE M., GRIMES L.W., ROCK D.W., 1988. Responses of dairy cows to recombinant bovine somatotropin in a sustained release vehicle. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 209 (Abstract).
- 92 JENNY B.F., MOORE M., TINGLE R.B., ELLERS J.E., GRIMES L.W., ROCK D.W., 1989. Effect of a **sustained** release somatotropin on lactation performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 431 (Abstract).
-

- 93 JOHANSSON I.D., HART I.C., 1986. Manipulation of milk yield with growth hormone. **Recent**, Adv. Anim. Nutr., Haresign W., Cole D.J.A., eds, Butterworths, London, 105-123.
- 94 JOURNET M., CHILLIARD Y., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. I. Taux butyreux : facteurs généraux. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A., 60, 13-23.
- 95 KANN G., 1989. Mode d'action de la BST chez la vache laitière. Journée d'information sur la somatotropine bovine (BST), 18 Avril, Paris, p77.
- 96 KAZMER G.W., MALCOM K., KIESLING H.E., 1986. Plasma growth hormone and insulin concentrations in Holstein cattle fed whole cottonseed, live yeast culture or a combination concentrate mixture. J. Dairy Sci., 69 (suppl), 119 (Abstract).
- 97 KENISON D.C., SCHELLING G.T., BYERS F.M., GREENE L.W., 1987. Lactational performance and growth hormone secretion in dairy goats immunized against somatostatin. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 177 (Abstract).
- 98 KEYS J., DJANE J., 1988. Prolactin and growth hormone binding in mammary and liver tissue of lactating cows. J. Recept. Res., 8, 731-735.
- 99 KEYS J.E., CAPUCO A.V., DJANE J., AKERS R.M., 1986. Numbers and affinities (K_a) of Bovine growth hormone and prolactin receptors in livers of beef and dairy cattle in gestation and lactation. J. Dairy Sci., 69 (suppl.1), 203 (Abstract).
- 100 KIK N., COOK R.M., 1986. Effects of bovine somatotropin and IsoPlus on milk production. J. Dairy Sci., 69 (suppl.1), 158 (Abstract).
- 101 LAMB R.C., ANDERSON M.J., HENDERSON S.L., CALL J.W., CALLAN R.J., HARD D.L., KUNG L., 1988. Production response of Holstein cows to sometribove USAN (recombinant methionyl bovine somatotropin) in a prolonged release system for one lactation. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 208 (Abstract).
- 102 LANZA G.M., BAILE C.A., COLLIER R.J., 1988 a. Development and potential of BST. Nutr. Institute Nat. Fccds. Ingr. Ass. (USA), (14p).
- 103 LANZA G.M., WHITE T.C., DYER S.E., HUDSON S., FRANSON S.E., HINTZ R.L., DUQUE J.A., BUSSEN S.C., LEAK R.K., METZGER L.E., 1988 b. Response of lactating dairy cows to intramuscular or subcutaneous injection of sometribove, USAN (recombinant methionyl bovine somatotropin) in a 14-day prolonged release system. Part II. Changes in circulating analytes. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 195 (Abstract).
- 104 LEBZIEN P., ROHR K., DAENICKE R., SCHLÜNSEN D., 1989. Recombinant somatotrapin- a survey on a 2 years experiment with dairy cows. In «Use of Somatotropin in Livestock Production. K. Sejrsen, M. Vestergaard, A. Neimann-Sorensen, eds, Elsevier, London, 267-268.
- 105 LEITCH H.W., BURNSIDE E.B., MacLEOD G.K., McBRIDE B.W., KENNEDY B.W., WILTON J.W., 1987. Genetic and phenotypic affects of administration of recombinant bovine somatotrophin to holstein cows. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 128 (Abstract).

- 106 LOSSOUARN J., 1988. Etude d'une formulation retard de «zinc-methionyl bovine **somatotropin**» pour la production laitière. Compte-rendu d'essai. INA Paris Grignon Monsanto France. Cité par CHILLIARD, 1988 b.
- 107 MARSH W.E., GALLIGAN D.T., CHALUPA W., 1987. Making **economic sense** of bovine somatotropin use in individual dairy herds. In «**Nutrient partitioning**». Am. Cyanamid Techn. Symp. (California USA), 59-79.
- 108 MATTOS S.W., PIRES A.V., DE FARIA V.P., DUQUE J.A., MADSEN K.S., 1989. **The effect** of sometribove (recombinant methionyl bovine somatotropin) on **milk yields** and milk composition in lactating dairy cows in Brazil. J. Dairy Sci., 72 (suppl), 452 (Abstract).
- 109 MBOE Z.A., HEAD H.H., BACHMAN K.C., WILCOX C.J., 1986. Effect of growth hormone on milk yield, feed intake and some physiological functions during environmental stress. J. Dairy Sci., 69 (suppl), 119 (Abstract).
- 110 McALLISTER J.F., KRABILL L.F., LAUDERDATE J.W., 1989. A comparison of the effect of daily or alternate day intramuscular injection of recombinantly-derived bovine somatotropin (RBST) on milk yield of lactating dairy cows in a commercial dairy during 120 days. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 428 (Abstract).
- 111 McBRIDE B.W., BURTON J.L., BURTON J.H., 1988. Review. The influence of bovine growth hormone (somatotropin) on animals and their products. Res. Dev. Agric., 5, 1-21.
- 112 McBRIDE B.W., BURTON J.L., BURTON J.H., MACLEOD G.K., EGGERT R., 1989. Multilactational treatment effects RBST on production responses in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 430 (Abstract).
- 113 McCUTCHEON S.N., BAUMAN D.E., 1986 a. Effect of chronic growth hormone treatment on responses to epinephrine and thyrotropin-releasing hormone in lactating cows. J. Dairy Sci., 69, 44-51.
- 114 McCUTCHEON S.N., BAUMAN D.E., 1986 b. Effect of pattern of administration of bovine growth hormone on lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci., 69, 38-43.
- 115 McDANIEL B.T., GALLANT D.M., FETRON J., HARRINGTON B., BELL W.E., HAYES P., REHMAN J.D., 1989. Lactational, reproductive and health responses to recombinant bovine somatotropin under field conditions. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 429 (Abstract).
- 116 McDOWELL G.H., HART I.C., BINES J.A., LINDSAY D.B., KIRBY A.C., 1987. Effects of pituitary-derived bovine growth hormone on production parameters and biokinetics of key metabolites in lactating dairy cows at peak and midlactation. Aust. J. Biol. Sci., 40, 191-202.
- 117 McGUFFEY R.K., SPIKE T.E., BASSON R.P., 1989. Partitioning of energy in the lactating dairy cow receiving BST. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 535 (Abstract).

- 118 MOHAMMED M.E., JOHNSON H.D., 1985. Effect of growth hormone on milk yields and **related** physiological **functions** of Holstein **cows** exposed to heat stress. J. Dairy Sci., 68, 1123-1133.
- 119 MOLLET T.A., PRINCESS A., DE GEETER M.J., BELYEA R.L., LANZA **G.M.**, 1986. Biosynthetic or pituitary extracted bovine growth hormone induced **galactopoiesis** in dairy **cows**. J. Dairy Sci., 69 (suppl.1), 118 (Abstract).
- 120 MORBECK D.E., **McDANIEL** B.T., BRITT J.H., 1989. Reproductive and metabolic performance of primipares Holstein **cows** treated with recombinant bovine **soma-**totropin (RBST). J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 345 (Abstract).
- 121 MUNNEKE R.L., SOMMERFELDT J.L., LUDENS E.A., 1988. Lactational **res-**ponses of dairy **cows** to recombinant bovine somatotropin. J. Dairy Sci., 71 (suppl. 1), 206 (Abstract).
- 122 MURPHY M., O'CALLAGHAN D., RATH M., ROCHE J.F., 1989. **The effect** of bovine somatotropin with or without avoparcin on milk yield, milk composition, body **weight**, body condition score and reproductive performance of autumn **calving** friesian dairy **cows**. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 444 (Abstract).
- 123 NYTES A.J., COMBS D.K., SHOOK G.E., 1988. **Efficacy** of recombinant bovine somatotropin injected at **three** dosage levels in lactating dairy **cows** of different genetic potentials. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 123 (Abstract).
- 124 PALMQUIST D.L., 1988. Response of high-producing **cows** given daily injections of recombinant bovine somatotropin from D 30-296 of lactation. J. Dairy Sci., 71 (suppl. 1), 206 (Abstract).
- 125 PEEL C.J., BAUMAN D.E., 1987. **Somatotropin** and lactation. J. Dairy Sci., 70, 474-486.
- 126 PEEL C.J., EPPARD P.J., HARD D.L., 1989 a. Evaluation of sometribove (methionyl bovine somatotropin) in toxicology and clinical **trials** in Europe and the United States. In «**Biotechnology** in growth **regulation**», Heap **R.B.**, **Prosser** C.G., Lanning G.E., eds, Butterworths, London, 107-1 16.
- 127 PEEL C.J., FRONK T.J., BAUMAN.D.E., GOREWIT R.C., 1983. Effect of **exo-**genous growth hormone in **early** and **late** lactation on lactational performance of dairy **cows**. J. Dairy Sci., 66, 776-782.
- 128 PEEL C.J., HARD D.L., MADSEN K.S., KERCHOVE G., 1989 b. Bovine **soma-**totropin: mechanism of action and **experimental results** from different world **areas**. In Proc. Monsanto **Technical Symposium Corne.11 Nutrition Conference** (October 24), 9-18.
- 129 PEEL C.J., **SANDLES** L.D., QUELCH K.J., HERINGTON A.C., 1985. The **effects** of long-term administration of bovine growth hormone on the lactational **perfo-**rmance of identical-twin dairy **cows**. Anim. Prod., 41, 135-142.

- 130 PELL A.N., TSANG D.S., HUYLEYER M.T., HOWLETT B.A., KUNKEL J., 1988. Responses of Jersey cows to treatment with sometribove, **USAN** (recombinant methionyl bovine somatotropin) in a prolonged release system. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl. 1), 206 (Abstract).
- 131 PELLETIER G., PETITCLERC D., LAPIERRE H., BERNIER-CADOU M., 1987. Injection of synthetic **human** growth hormone-releasing factors in dairy cows. 1. Effect on feed intake and milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 70, 2511-2517.
- 132 PHIPPS R.H., 1987. The use of prolonged release bovine somatotropin in milk production. *Int. Dairy Fed. Congr. (Helsinki, Finland)* (23 p.). Cité par CHILLIARD, 1988 b.
- 133 PHIPPS R.H., 1988. The use of prolonged release bovine somatotropin in milk production. *Int. Dairy Fed. Congr.*, no 228. Cité par CHILLIARD, 1988.
- 134 PHIPPS R.H., 1989. A review of the influence of somatotropin on health, reproduction and welfare in lactating dairy cows. In «Use of somatotropin in livestock production» . K. Sejrsen, M. Vestergaard, A. Neimann-Sorensen, eds, Elsevier, London, 88-1 19.
- 135 POSTEL-VINAY M.C., 1989. Récepteurs de l'hormone de croissance. *Annales d'Endocrinologie*, 50, 404-408.
- 136 POSTEL-VINAY M.C., COHEN-TANUGI E., CHARRIER J., 1982. Growth hormone receptors in rat liver membranes : effects of fasting and refeeding and correlation with plasma somatomedin activity. *Mol. Cell. Endocrinol.*, 28, 657-669.
- 137 RAJAMAHENDRAN R., DESBOTTES S., SHELFORD J.A., PETERSON R.G., KENNELLY J.J., 1989. Effect of recombinant bovine somatotropin (**RBST**) on milk production and reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 444 (Abstract).
- 138 KAWLINGS S.R., MASON W.T., 1988. Modulation of growth hormone release: from CNS to the secretory event. In «Biotechnology in growth regulation». Heap R.B., Prosser C.G., Lamming G.E., eds., Butterworths, 35-45.
- 139 REMOND B., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique: facteurs généraux. *Bull. Tech. C.R.Z.V. de Theix I.N.R.A.*, 62, 53-67.
- 140 REMOND B., CISSE M., OLLIER A., CHILLIARD Y., 1991. Effects of slow-release bovine somatotropin in dairy heifers and cows fed two levels of energy concentrate. I. Performances and body condition. *J. Dairy Sci.*, 74 (4) : 1370-1381.
- 141 RICHARD A.L., McCUTCHEON S.N., BAUMAN D.E., 1985. Responses of dairy cows to exogenous bovine growth hormone administered during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 68, 2385-2389.
- 142 RICO A., 1989. BST : Sécurité du consommateur. Journée d'information sur la somatotropine bovine (BST), 18 Avril, Paris, 77 p.

- 143 RIJPKEMA Y.S., REEUWIJK L.V., PEEL C.J., MOL E., 1987. Responses of dairy **COWS** to long-term treatment with somatouopin. 38th Ann. Meeting Europ. Ass. Anim. Prod. (Lisbon Portugal), p.428.
- 144 ROWE-BECHTEĚ C.L., MULLER L.D., DEEVER D.R., GRIEL L.C., 1988. Administration of recombinant bovine somatotropin (rbSt) to lactating dairy **COWS** beginning at 35 and 70 days postpartum. I. Production response. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 166 (Abstract).
- 145 SAMUELS W.A., HARDD.L., HINTZ R.L., OLSSON P.K., COLE W.J., HARTNELL G.F., 1988. Long term evaluation of sometribove, USAN (recombinant methionyl bovine somatouopin) treatment in a prolonged release system for lactating cows. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 209 (Abstract).
- 146 SARTIN J.L., KEMPPAINEN R.J., CUMMINS K.A., WILLIAMS J.C., 1988. Plasma concentrations of metabolic hormones in high and low producing dairy cows. J. Dairy Sci., 71, 650-657.
- 147 SCHAMS D., GRAULE B., THYERL-ABELE M., 1989 a. Insulin-like growth factor I and somatotropin during lactation and after treatment with sometribove (recombinant methionyl BST) in German Fleckvieh and German Black and white cows. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 347 (Abstract).
- 148 SCHAMS D., WINKLER U., EINSPANIER R., THEYERL-ABELE M., GRAULE B., 1989 b. Growth hormone (bST), insulin, insulin like growth factor I (IGF-1) and IGF -1 binding proteins during lactation in cattle (Abstract). In «Biotechnology in growth regulation». Heap R.B., Prosser C.G., Lamming G.E., eds, Butterworths, London, p 255.
- 149 SCHNEIDER P.L., VECCHIARELLI B., CHALUPA W., 1987. Bovine somatotropin and ruminally inert fat in early lactation. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 177 (Abstract).
- 150 SODERHOLM C.G., OTTERBY D.E., EHLE F.R., LINN J.G., HANSEN W.P., ANNEXSTAD R.J., 1986. Effects of different doses of recombinant bovine somatotropin (rbSTH) on milk production, body composition, and condition score in lactating cows. J. Dairy Sci., 69 (suppl.1), 152 (Abstract).
- 151 SODERHOLM C.G., OTTERBY D.E., LINN J.G., EHLE F.R., WHEATON J.E., HANSEN W.P., ANNEXSTAD R.J., 1988. Effects of recombinant bovine somatotropin on milk production, body composition, and physiological parameters. J. Dairy Sci., 71, 355-365.
- 152 STAPLES C.R., HEAD H.H., 1987. Short-term administration of bovine somatotropin to lactating dairy cows in a subtropical environment. J. Dairy Sci., 70 (suppl.1), 174 (Abstract).
- 153 TANNEBAUM G.S., 1980. Evidence for autoregulation of growth hormone secretion via the central nervous system. Endocrinology, 107, 2117-2120.
- 154 TANNENBAUM G.S., LING N., 1984. The interrelationships of growth hormone (GH)-releasing factor and somatostatin in generation of the ultradian rhythm of GH secretion. Endocrinology, 115, 1952-1957.

- 155 TESSMANN N.J., KLEINMANS J., DHIMAN T.R., RADLOFF H.D., SATTER L.D., 1988. Effect of dietary **forage:grain** ratio on response of lactating dairy **cows** to recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl. 1), 121 (**Abstract**).
- 156 THOMAS C., JOHNSON I.D., FISHER W.J., BLOOMFIELD G.A., MORANT S.V., WILKINSON J.M., 1987. Effect of somatotrophin on milk production, reproduction and **health** of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 70 (suppl.1), 175 (Abstract).
- 157 THOMAS J.W., 1989. Use of sometribove, **USAN** (recombinant methionyl) in a **prolonged** release system in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 72 (suppl.1), 450 (Abstract).
- 158 TRENKLE A., 1976. Estimates of the kinetic parameters of growth-hormone **metabolism** in fed and **fasted** calves and sheep. *J. Anim. Sci.*, 43, 1035-1043.
- 159 TYRRELL H.F., BROWN A.C., REYNOLDS P.J., HAALAND G.L., PEEL C.J., BAUMAN D.E., STEINHOOR W.C., 1982. Effect of growth hormone on **utilization** of energy by lactating Holstein cows. In «Energy metabolism of farm **animals**». Ekem A., Sundstøl F., eds, EAAP. Publ., No 29, 46-47.
- 160 VAN DEN BRANDE J.L., 1986. Les somatomédines. Structure, physiologie et clinique. *Ann. Endocrinol.*, 47, 350-362.
- 151 VASILATOS R., 1982. Nutritional and physiological aspects of growth hormone and **insulin** action in the bovine. PH. D. Thesis, University of Pennsylvania, 103 p.
- 162 VASILATOS R., WANGSNESS P.J., 1981. Diurnal variations in plasma **insulin** and growth hormone associated with two stages of lactation in high producing dairy **cows**. *Endocrinology*, 108, 300-304.
- 163 VERITE R., RULQUIN H., FAVERDIN P., 1988. **Effects** of slow released **somatotropin** on dairy cow performances. *Proc. C.E.C. Seminar on «Use of somatotropin in Livestock production»* (Bruxelles, 27-29 September) (in press). Cité par CHILLIARD, 1988 b.
- 164 VERITE R., RULQUIN H., FAVERDIN P., 1989. **Effects** of slow **released somatotropin** on dairy cow **performances**. In «Use of somatotropin in livestock production». K. Sejrsen, M. Vestergaard, A. Neimann-Sorensen, eds, Elsevier, London, 269-273.
- 165 VICINI J.L., DE LEON J.M., COLE W.J., EPPARD P.J., LANZA G.M., HUDSON S., MILLER M.A., 1989. Effect of **acute** administration of **extremely** large doses of sometribove, **USAN** (recombinant methionyl bovine somatotropin), in a **prolonged** release formulation on milk production and health of dairy **cows**, *J. Dairy Sci.*, 71 (suppl.1), 168 (Abstract).
- 166 WALLIS M., 1973. The primary structure of bovine growth hormone. *Febsletters*, 35, 11-14.
- 167 *WALLIS M., 1978. The chemistry of pituitary growth hormone, prolactin and **related** hormones, and its relationship to biological **activity**. In: Chemistry and **Bioche-**

- mistry of **amino acids** peptides and proteins. Weinstein, B., ed, vol 5, Dekker, New York, 213-220.
- 168 WALLIS M., 1988. Species specificity and structure-function relationships of growth hormone. In «**Biotechnology in growth regulation**». Heap R.B. Prosser C.G. Lamming G.E., eds., Butterworths, London, 3-14.
- 169 WEST J.W., BONDARI K., JOHNSON J.C., 1989. The response of lactating Holstein and Jersey cows to recombinant bovine somatotropin (**RBST**) administered **during** hot, humid Weather. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 427 (Abstract).
- 170 WEST J.W., JOHNSON J.C.Jr., BONDARI K., 1988. The **effect** of bovine **somatotropin** on productivity and physiologic responses of lactating Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci., 71 (suppl), 209 (Abstract).
- 171 WHITE T.C., LANZA G.M., DYER S.E., HUDSON S., FRANSON S.E., HINTZ R.L., DUQUE J.A., BUSSEN S.C., LEAK R.K., METZGER L.E., 1988. Response of lactating dairy cows to intramuscular or subcutaneous injection of sometribove, **USAN** (rccombinant methionyl bovine somatotropin) in a 14-day prolonged release system. Part I. Animal Performance and Health. J. Dairy Sci., 71 (suppl.1), 167 (Abstract).
- 172 WILFOND D.H., BAEHMAN K.C., HEAD M.M., WILCOX C.J., 1989. **Effect** of dry period administration of someribove upon lactational performance of Holstein cows. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 329 (Abstract).
- 173 WINSRYG M.D., ARAMBEL M.J., KENT B.A., WALTERS J.L., 1989. **Effect** of sometribove (recombinant methionyl bovine somatotropin) on rumen fermentation characteristics, **digesta** rate of passage, digcstibility of nutrients and **milk** production response in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 72 (suppl.1), 534 (Abstract).
-