

RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE LA CALCITONINE CHEZ LA CHÈVRE GESTANTE OU ALLAITANTE

J.-P. BARLET

avec la collaboration technique de M^{me} BELLANGER, G. CABELLO et P. CHAGNAUD

*Station de Physiopathologie de la Nutrition,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
Theix, 63110 Beaumont*

RÉSUMÉ

Nous avons essayé de mettre en évidence, chez la Chèvre, le rôle de la calcitonine endogène sur la déminéralisation osseuse survenant au cours de la gestation et de la lactation, sur l'hypocalcémie et l'hypophosphatémie associées à la parturition et sur la production et la composition minérale du lait.

Nous avons utilisé 27 chevrettes de race *Alpine*. Trois animaux non gestants et 10 animaux en gestation depuis 40 jours ont été thyroïdectomisés (TX) et supplémentés en T₄, de façon à ce que leur iodémie hormonale demeure analogue à celle des témoins. Trois animaux TX et quatre animaux intacts (T) ont été utilisés comme témoins non gestants et non allaitants. Onze chevrettes (5 TX et 6 T) ont été abattues 6 jours avant la date prévue de mise-bas, et les 9 autres (5 TX et 4 T) ont été abattues après 8 semaines de lactation.

La gestation et la lactation entraînent une diminution de la teneur en calcium et en phosphore minéral de l'os. Cette déminéralisation est plus intense chez les chèvres TX supplémentées en T₄. Le déficit en calcitonine endogène n'a aucune influence significative chez les chèvres qui ne sont ni en gestation ni en lactation. Il n'a pas non plus d'effet significatif sur la production laitière ou sur la composition minérale du lait. Par contre l'hypocalcémie et l'hypophosphatémie associées à la parturition chez les témoins n'apparaissent pas chez les chèvres TX supplémentées en T₄.

INTRODUCTION

Certains auteurs ont émis l'hypothèse selon laquelle la calcitonine protégerait le squelette de la femelle gestante contre une déminéralisation excessive (KONOPKA, KLOTZ et DELORME, 1971). Celle-ci résulterait de l'hyperactivité parathyroïdienne survenant pendant la gestation (CUSHARD *et al.*, 1972), associée aux besoins calciques accrus pendant ce stade physiologique, aussi bien dans l'espèce humaine (COMAR,

1956 ; HEANEY et SKILLMAN, 1971) que chez les animaux domestiques (SYMONDS *et al.*, 1966 ; FIELD et SUTTLE, 1967). Un argument en faveur de cette hypothèse fut apporté par LEWIS *et al.* (1971), qui démontrèrent que, chez la ratte thyroïdectomisée et supplémentée en thyroxine après transplantation des parathyroïdes, la gestation et la lactation diminuaient significativement la teneur en calcium des fémurs, prélevés pendant la lactation. Dans l'expérimentation rapportée ici, nous avons observé, chez la Chèvre, les conséquences du déficit en calcitonine endogène sur la composition minérale de l'os de la mère en fin de gestation, de la femelle allaitante et du fœtus, sur l'hypocalcémie et l'hypophosphatémie survenant au moment de la parturition, et sur la production et la composition minérale du lait.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Conduite et alimentation des animaux

Nous avons utilisé 27 chevrettes de race *Alpine Chamoisée*, âgées de 10 mois, et pesant 34 + 2 kg. Après synchronisation des chaleurs chez 20 de ces animaux (DAUZIER *et al.*, 1954), ceux-ci ont été saillis par un bouc de même race. La gestation était vérifiée par le non retour des chaleurs entre le 19^e et le 22^e jour après la saillie. Les 7 animaux restant ont été utilisés comme femelles témoins non gestantes et non allaitantes.

Pendant toute la durée de l'expérimentation, les animaux, logés sur litière de paille, disposaient d'eau à volonté. Chaque chèvre recevait quotidiennement 0,5 kg de foin de graminées et 1,5 kg d'un concentré renfermant 59,5 p. 100 de maïs grain, 20 p. 100 de maïs déshydraté, 20 p. 100 de tourteau d'arachide et 0,5 p. 100 d'un condiment minéral à base de NaCl et d'oligo-éléments, totalement dépourvu de calcium et de phosphore. Chaque animal ingérait ainsi quotidiennement 4 g de calcium, 10 g de phosphore et 3 g de magnésium. Ce régime pauvre en calcium avait pour but de stimuler le catabolisme osseux.

Quelques heures après la mise-bas, les chevreaux étaient séparés de leur mère. Ils étaient réunis avec celle-ci pour la tétée qui avait lieu matin, midi et soir. Chaque chevreau était pesé immédiatement avant et immédiatement après chaque tétée pour connaître la quantité de lait produite par chaque chèvre (RICORDEAU et BOCCARD, 1961).

Thyroïdectomie et supplémentation en thyroxine

Trois chèvres non gestantes et 10 chèvres gestantes depuis 30 jours ont été thyroïdectomisées (TX) chirurgicalement sous anesthésie au fluothane. Les parathyroïdes supérieures, qui représentent environ 80 p. 100 de l'appareil parathyroïdien des Ruminants (MAYER, RAMBERG et KRONFELD, 1966), étaient laissées intactes. Quarante-huit heures après l'opération, et jusqu'au moment du sacrifice, ces animaux étaient supplémentés en T₄. Ils recevaient, en injection intramusculaire, 250 µg de T₄ par animal et par jour. Ainsi l'iodémie hormonale de ces animaux — dosée après extraction du plasma par chromatographie sur colonne de résine échangeuse d'ions, par la réaction de catalyse de SANDELL et KOLTHOFF (CABELLO, 1973) — n'était pas significativement différente de celle des témoins au même stade physiologique (tabl. 1).

Prélèvements et méthodes d'analyse

Cinq animaux TX gestants et 6 témoins gestants ont été abattus 6 jours avant la date prévue de mise-bas, 3 TX non gestants et 4 témoins non gestants ont été sacrifiés en même temps. Sur chaque animal le métacarpien et le métatarsien droit étaient prélevés, soigneusement débarrassés des tissus adjacents, et stockés dans de l'acétone. Chez les 11 animaux en gestation les fœtus étaient comptés, pesés, le métacarpien et le métatarsien droit étaient recueillis sur chaque fœtus.

Chez les 9 autres chèvres gestantes (5 TX et 4 témoins) un prélèvement de sang sur héparine, obtenu par ponction d'une jugulaire externe, était effectué quotidiennement dans les jours

précédant et suivant la parturition, et au moment même de celle-ci. Le sang était immédiatement centrifugé, et le plasma congelé en vue des analyses ultérieures.

Un aliquot de lait était prélevé au début et à la fin de chaque tétée des chevreaux, et à partir des prélèvements ainsi effectués, nous avons constitué des échantillons pondérés sur une semaine, pendant les huit premières semaines de lactation.

Les 9 chèvres allaitantes ont été abattues le 60^e jour après la mise-bas : un métacarpien et un métatarsien de chaque animal a été recueilli comme précédemment.

Sur les différents échantillons ainsi obtenus, nous avons dosé le calcium et le magnésium par spectrophotométrie d'absorption atomique, et le phosphore minéral par colorimétrie du complexe phosphovanado molybdique. Ces différentes mesures ont été effectuées après dégraissage à l'acétone, séchage et minéralisation de l'ensemble du métacarpien et du métatarsien prélevés sur chaque animal. Les échantillons d'aliments ou de lait ont également été minéralisés (GUEGUEN et ROMBAUTS, 1961), alors que les dosages ont été faits sur le plasma sans traitement préalable.

TABLEAU I

Iodémie hormonale des chèvres gestantes ou allaitantes, thyroïdectomisées supplémentées en thyroxine et témoins

$$(\mu\text{g}/100 \text{ ml de plasma}) \left(\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \right)$$

Stade physiologique	Gestation				Lactation	
	4 ^e	6 ^e	8 ^e	10 ^e	3 ^e	7 ^e
Semaine du prélèvement						
TX	4,31 ± 0,30	4,68 ± 0,39	4,80 ± 0,21	4,87 ± 0,19	4,68 ± 0,09	4,62 ± 0,23
Témoins	4,42 ± 0,38	4,78 ± 0,17	4,76 ± 0,27	4,79 ± 0,12	4,59 ± 0,22	4,57 ± 0,18

RÉSULTATS

Chez la Chèvre, la gestation et la lactation entraînent une diminution du poids sec du métacarpien et du métatarsien. Celle-ci est significative ($P < 0,05$) dès la fin de la gestation chez les animaux TX, alors qu'elle le devient seulement après 8 semaines de lactation ($P < 0,01$) chez les animaux intacts (tabl. 2). On observe une baisse significative de la teneur de l'os en calcium et en phosphore minéral à la fin de la gestation et après 8 semaines de lactation, aussi bien chez les témoins que chez les chèvres TX (tabl. 2).

Chez les animaux non gestants (et non en lactation), la thyroïdectomie n'a aucun effet significatif sur le poids sec ou sur la composition minérale de l'os (tabl. 2). Par contre, chez les animaux TX, dès la fin de la gestation la teneur en calcium et en phosphore minéral de l'os est significativement inférieure ($P < 0,05$) à celle de l'os des témoins. Cette différence significative persiste après 8 semaines de lactation ($P < 0,01$) (tabl. 2).

Chez les animaux témoins, la gestation et la lactation n'ont pas d'effet significatif sur la teneur de l'os en magnésium. Par contre, chez les chèvres TX, après

TABLEAU 2

Influence de la gestation, de la lactation et de la thyroïdectomie sur le poids et sur la composition minérale de l'os sec dégraissé de la Chèvre $\left(\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}\right)$

Animaux	Thyroïdectomisés			Témoins		
	Non gestants Non allaitants (3)	Gestants (5)	Allaitants (5)	Non gestants Non allaitants (4)	Gestants (6)	Allaitants (4)
Poids (1)	51,78 ± 0,07	47,75 ± 0,72	45,04 ± 0,59	52,09 ± 0,80	50,45 ± 0,86	48,08 ± 1,04
Ca (2)	235,87 ± 2,48	212,22 ± 6,12	204,74 ± 0,88	234,48 ± 3,27	227,42 ± 2,92	221,83 ± 0,53
Mg (2)	4,89 ± 0,09	4,71 ± 0,06	4,47 ± 0,06	4,67 ± 0,12	4,59 ± 0,10	4,58 ± 0,24
P (2)	117,89 ± 2,64	107,74 ± 3,48	104,45 ± 1,25	118,68 ± 2,38	112,14 ± 2,38	108,07 ± 1,85

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'animaux.

(1) Exprimé en grammes (métacarpien + métatarsien, secs, dégraissés).

(2) mg/g d'os sec dégraissé.

TABLEAU 3

Comparaison des fœtus provenant de mères TX ou témoins $\left(\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}\right)$

Mères	Poids moyen des fœtus (kg)	Poids de 2 os (g) (1)	Teneur totale de 2 os en calcium (mg) (1)	Composition minérale des os (2)		
				Ca	P	Mg
TX (5)	2,550 ± 0,220 (9)	5,97 ± 0,48	1037,49 ± 19,44	184,25 ± 3,61	97,84 ± 4,67	4,11 ± 0,26
Témoins (6)	2,480 ± 0,160 (9)	5,72 ± 0,37	988,96 ± 13,27	168,94 ± 7,08	88,39 ± 5,49	3,58 ± 0,25
Signification statistique	t = 0,62 NS	t = 0,27 NS	t = 2,23 P < 0,05	t = 0,86 NS	t = 0,73 NS	t = 1,44 NS

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'animaux.

(1) Métacarpien et métatarsien, secs, dégraissés.

(2) mg/g d'os sec dégraissé.

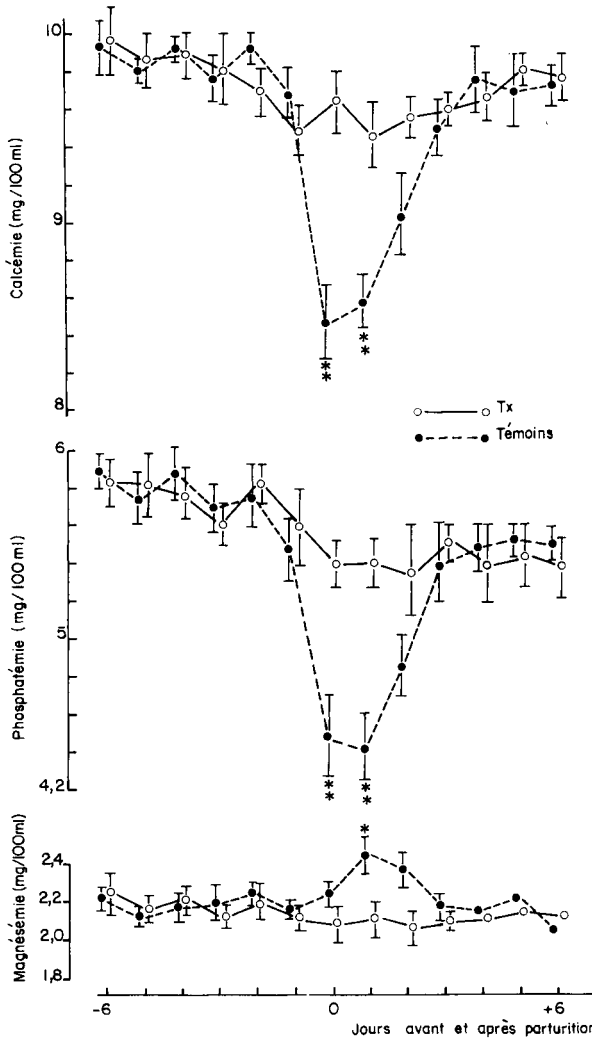


FIG. 1. — Variations de la calcémie, de la phosphatémie et de la magnésémie dans les jours précédant et suivant la parturition ($\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$)

* P < 0,05 ** P < 0,01
(comparaison entre animaux TX et témoins, test t de Student-Fisher)

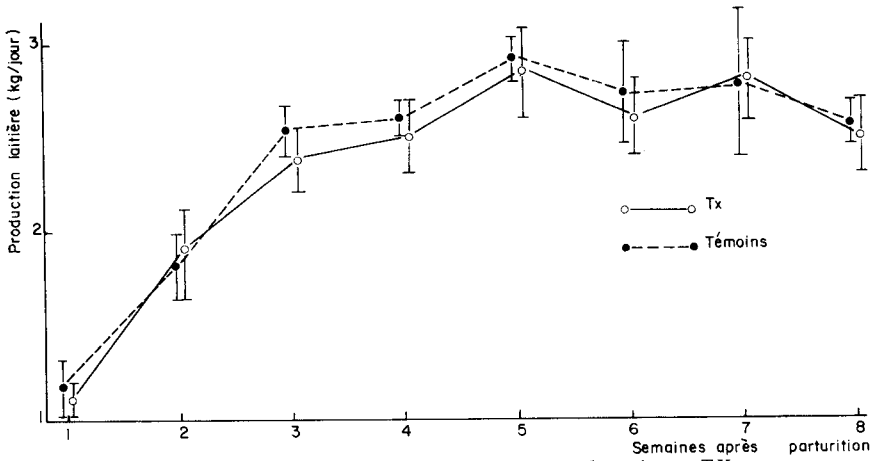


FIG. 2. — Production laitière journalière moyenne des animaux TX et témoins pendant les 8 semaines suivant la parturition ($\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$)

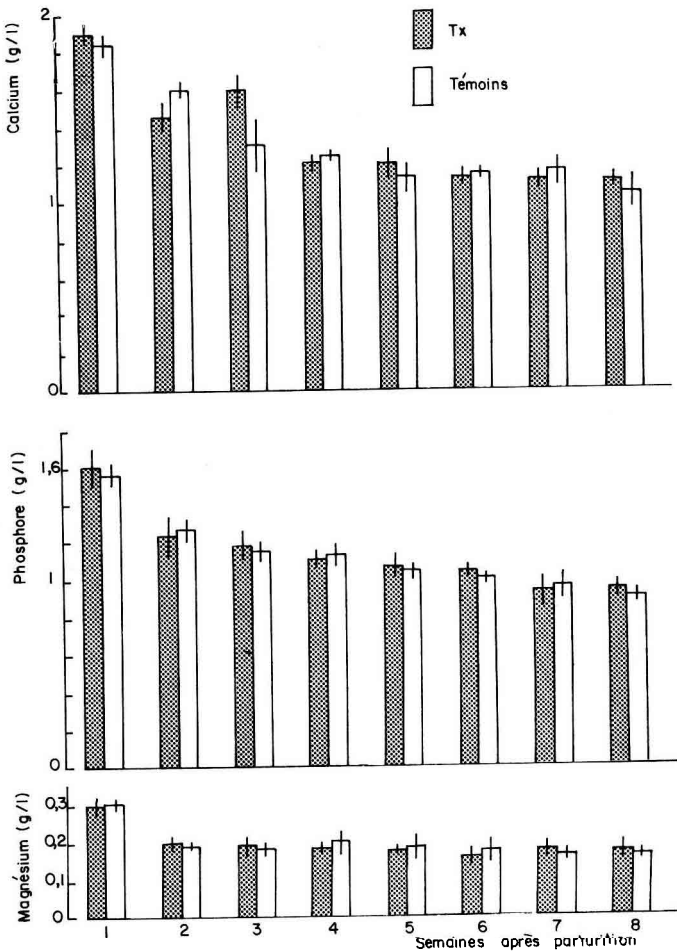


FIG. 3. — Variations de la teneur du lait en calcium, magnésium et phosphore chez les animaux TX et témoins pendant les 8 semaines suivant la parturition ($\bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$)

8 semaines de lactation, le taux de magnésium de l'os est significativement plus faible ($P < 0,01$) que chez les chèvres TX non gestantes et non allaitantes (tabl. 2).

La thyroïdectomie, associée à la supplémentation en T_4 , n'a pas d'effet significatif sur le nombre de fœtus, ni sur le poids moyen de ceux-ci, mesuré 6 jours avant la date prévue de mise-bas. Le poids sec et la teneur en calcium ou magnésium et en phosphore minéral de l'os sont légèrement supérieurs chez les fœtus provenant de chèvres TX, mais la différence n'est pas statistiquement significative (tabl. 3).

Chez les chèvres intactes, la parturition est associée à une baisse significative de la calcémie ($P < 0,01$) et de la phosphatémie ($P < 0,01$), et à une élévation significative ($P < 0,05$) de la magnésémie. Ces variations plasmatiques, qui persistent pendant 24 h, n'apparaissent pas chez les animaux TX (fig. 1).

La courbe de production laitière est analogue chez les témoins et chez les animaux TX (fig. 2). De même les teneurs du lait en calcium, en magnésium et en phosphore minéral ne sont pas significativement différentes chez les deux groupes d'animaux, au cours des 8 premières semaines de lactation (fig. 3).

DISCUSSION

Comme indice de déminéralisation osseuse, nous avons choisi d'étudier les variations du poids sec et de la teneur en calcium et en phosphore d'un métacarpien et d'un métatarsien. En effet, chez les Ovins, le poids du tissu osseux d'une carcasse est très bien représenté par celui du (ou des) canon(s) (PALSSON, 1940). Dans une étude portant sur 155 agneaux, le coefficient de corrélation entre le poids d'un canon antérieur et le poids du squelette de la carcasse était égal à $+ 0,917$ (BOCCARD, DUMONT et PEYRON, 1964).

Les expériences ayant pour but d'étudier, chez le Rat, l'influence de la calcitonine endogène sur la déminéralisation du squelette maternel pendant la gestation et la lactation (LEWIS *et al.*, 1971) ou sur la production lactée (BAKSI et ANDERSON, 1971) n'ont pas permis de préciser nettement le rôle exact des hormones thyroïdiennes iodées — excédentaires ou déficientes, selon la supplémentation en T_4 utilisée — et de la calcitonine dans les résultats observés. Il en est de même pour les travaux de thyroparathyroïdectomie chez la Chèvre, concernant l'influence de la parathormone sur les minéraux plasmatiques (SMITH, STOTT et WALKER, 1957; PAYNE et CHAMINGS, 1964). Dans notre expérimentation, plusieurs arguments prouvent que la dose de T_4 administrée, aux animaux TX était correcte :

— L'iodémie hormonale est analogue chez les chèvres TX et chez les chèvres témoins, au même stade physiologique (tabl. 1).

— Le poids des fœtus, prélevés au même stade de la gestation (tabl. 3) et la courbe de production laitière (fig. 2) sont analogues chez les 2 groupes d'animaux.

Les résultats observés ici peuvent donc être attribués uniquement au déficit en calcitonine endogène.

Chez la Chèvre, un déficit en calcitonine pendant une durée de 4 mois n'a aucun retentissement important au niveau de l'os des animaux non gestants et non allaitants (tabl. 2). De même, chez le rat en croissance, la calcitonine n'augmente pas

la masse calcique de l'animal (MILHAUD *et al.*, 1969). Les études effectuées à l'aide de ^{45}Ca ont permis de démontrer que la légère augmentation de l'absorption calcique intestinale au cours de la gestation ou de la lactation chez la Vache (SANSOM, 1969 *a* ; RAMBERG *et al.*, 1970), était insuffisante pour pallier les exportations calciques vers le fœtus ou la glande mammaire. Dans l'espèce humaine (ATKINSON et WEST, 1970), comme chez la Brebis (BRAITHWAITE, GLASCOCK et RIAZZUDIN, 1969, 1970) et chez la Vache (SANSOM, 1969 *b*), le calcium utilisé à ces fins provient en grande partie du catabolisme osseux. La calcitonine, hormone hypocalcémisante et hypophosphatémisante agit principalement en bloquant ce catabolisme (MILHAUD, PERAULT et MOUKHTAR, 1965). Chez la Vache, l'action hypocalcémisante et hypophosphatémisante de l'hormone est très intense pendant la gestation et la lactation (BARLET, 1971). Il semble donc logique de penser que le rôle de l'hormone endogène soit important pendant ces deux stades physiologiques. Hypothèse en accord avec nos résultats, puisque chez la chèvre gestante ou allaitante, recevant un régime pauvre en calcium, la calcitonine endogène freine la déminéralisation osseuse survenant normalement au cours de cette période. Celle-là se traduit par une diminution plus importante du poids sec du métacarpien et du métatarsien, et par une baisse plus importante du taux de calcium et de phosphore de ces os (tabl. 2). En outre la calcitoninémie élevée en fin de gestation observée aussi bien chez la Brebis (GAREL *et al.*, 1973) que chez la Femme (KONOPKA, KLOTZ et DELORME, 1971 ; SAMAAAN *et al.*, 1973) ainsi que la teneur élevée en calcitonine du plasma de la brebis en milieu de lactation (GAREL et BARLET, données non publiées) sont autant d'indices en faveur d'un rôle physiologique de la calcitonine chez la femelle gestante ou allaitante.

Les os des fœtus provenant des chèvres TX ont un poids sec et un taux de calcium et de phosphore légèrement supérieur à celui des os des fœtus des chèvres intactes (tabl. 3). Si ces différences ne sont pas statistiquement significatives, la teneur totale en calcium du métacarpien et du métatarsien des fœtus des chèvres TX ($1\,037,49 \pm 19,44$ mg) est néanmoins significativement supérieure à celle observée chez les fœtus des témoins ($988,96 \pm 13,27$ mg) (tabl. 3). La déminéralisation osseuse plus accentuée observée chez les chèvres gestantes TX pourrait entraîner un transfert accru de calcium vers le fœtus et expliquer que le calcium total de l'os du fœtus de mère TX soit légèrement supérieur à celui de l'os du fœtus de mère normale. Il n'est d'ailleurs pas exclu que la calcitonine intervienne dans le transfert placentaire du calcium (GAREL, MILHAUD et JOST, 1968).

Chez la Vache, la thyroparathyroïdectomie, associée à une supplémentation en thyroxine, ne modifie pas la teneur du lait en calcium et en phosphore (PISCHKE et STOTT, 1964). Chez la Ratte, contrairement à la parathormone (COWIE et FOLLEY, 1945 ; MUNSON, 1955), la calcitonine n'est pas indispensable pour assurer une lactation normale (BAKSI et ANDERSON, 1971). Chez la Chèvre, la courbe de production laitière des animaux TX, supplémentés en T_4 , est tout à fait analogue à celle des témoins. Comme chez ceux-ci, elle atteint son maximum vers la 3^e semaine après la mise-base (fig. 2), fait bien connu dans l'espèce caprine (PARKASH et JENNNESS, 1968 ; CHAMPREDON et PION, 1972). Les variations de la teneur du lait en calcium magnésium et phosphore au cours de la lactation sont semblables à celles observées chez l'espèce bovine (GUEGUEN et JOURNET, 1961), et l'on observe pas de différences significatives entre chèvres TX et témoins (fig. 3). La calcitonine ne

semble donc avoir aucun effet sur la composition minérale du lait ou sur la production laitière de la Chèvre.

Contrairement à la Brebis (FIELD et SUTTLE, 1967 ; BRAITHWAITE, GLASCOCK et RIAZZUDIN, 1970), la Chèvre, comme la Vache, est sujette à une hypocalcémie et à une hypophosphatémie plus ou moins accentuées au moment de la parturition (BARLET *et al.*, 1971). Lorsque celles-ci sont sévères, elles peuvent aboutir à des manifestations cliniques identiques à celles du syndrome vitulaire de la vache laitière (LINZELL, 1965 ; BARLET, 1971). Chez nos animaux, nous n'avons observé aucun symptôme clinique d'hypocalcémie. Cependant, chez les témoins, la parturition est associée à une hypocalcémie et à une hypophosphatémie qui n'apparaissent pas chez les animaux TX (fig. 1). Chez la Vache, la calcitonine semble être responsable de l'hypocalcémie survenant à la parturition. En effet, un syndrome cliniquement et biochimiquement analogue au syndrome vitulaire peut être reproduit par perfusion de calcitonine chez la vache en lactation ou chez la génisse (BARLET, 1968, 1971) et la calcitoninémie est beaucoup plus élevée chez les animaux atteints spontanément que chez les témoins (BARLET, 1969 ; LITLEDIKE *et al.*, 1971 ; BLACK et CAPEN, 1973). Il semble qu'il en soit de même chez la Chèvre, puisque l'on n'observe ni hypocalcémie ni hypophosphatémie chez les chèvres privées de calcitonine endogène (fig. 1).

CONCLUSION

Un déficit en calcitonine endogène entraîne, chez la Chèvre gestante ou allaitante, une déminéralisation osseuse beaucoup plus intense que celle observée chez les témoins. Cette déminéralisation, qui pourrait éventuellement entraîner un transfert accru de calcium vers le fœtus, ne semble pas liée à une excrétion calcique lactée plus intense. L'hypocalcémie et l'hypophosphatémie survenant au moment de la parturition semblent être dues, chez la Chèvre comme chez la Vache, à l'action hypocalcémiant et hypophosphatémiant de la calcitonine.

Reçu pour publication en novembre 1973.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être effectué grâce au contrat de Recherches I. N. S. E. R. M. n° 73-4.0625.5. La thyroxine utilisée dans cette expérimentation nous a été fournie gracieusement par les Laboratoires Roche.

SUMMARY

A PHYSIOLOGICAL ROLE FOR CALCITONIN IN PREGNANT OR LACTATING GOATS

The present experiment was done to study the possible role of endogenous calcitonin in preventing excessive demineralization of the skeleton in the pregnant or lactating female (LEWIS *et al.*, 1971).

Twenty-seven 10 month-old goats of the Alpine breed were used. Thirteen goats were surgically thyroidectomized (TX), their upper parathyroid glands being left intact, and supplemented with T_4 so that plasma hormonal iodine levels were the same in TX and control animals (table 1). Seven goats (3 TX and 4 intact) were used as non pregnant and non lactating control animals. Eleven goats (5 TX and 6 intact) were sacrificed 6 days before the expected time of parturition. The right metacarpal and metatarsal bones were collected from the dams and the foetuses for the determination of their Ca, P and Mg content. The nine other animals (5 TX and 4 intact) were sacrificed 8 weeks after parturition and their bones were collected and analysed as previously described. Plasma calcium and phosphate levels were measured in the days before and after parturition of these 9 animals, and the volume and mineral composition of their milk was also measured during the first 8 weeks of lactation. During the whole experimental period, the animals received a low calcium diet (4 g of Ca/day/animal) to stimulate bone catabolism.

In intact goats, fed a restricted calcium diet, there was a small reduction in the dry weight of both the metacarpals and metatarsals during pregnancy which became statistically significant ($p < 0.05$) after 8 weeks lactation. However in the calcitonin deficient (TX) animals, fed the same diet, the reduction in skeletal mass which was already significant at the end of pregnancy ($p < 0.05$) became even more pronounced during lactation. During both pregnancy and lactation the skeletal mass of the calcitonin deficient animals was significantly less than that of the control animals with intact thyroids. Furthermore, although calcitonin deficiency had no effect upon either the bone mass or skeletal content of calcium or phosphate in the non pregnant, non lactating animals, there was a significant reduction during both pregnancy and lactation in the calcium and phosphorus content of the bones in the calcitonin deficient group, that paralleled the loss of bone mass.

The calcium content of the metacarpal and metatarsal bones of the foetuses from TX mothers (1037.49 ± 19.44 mg) was significantly greater ($p < 0.05$) than in those bones of foetuses from intact mothers (988.96 ± 13.26 mg).

Thus, in goats, endogenous calcitonin seems able to prevent an excessive demineralization of the skeleton in the pregnant or lactating female. The exact way which this protection occurs is still unknown. The volume of milk produced and the calcium and phosphate content of the milk was similar in both TX and control goats (fig. 2 and 3). Since, in contrast to intact animals, no hypocalcemia and no hypophosphatemia was observed at the time of parturition in TX goats supplemented with T_4 (fig. 1), endogenous calcitonin is probably one major cause of the variations in plasma calcium and plasma phosphate observed in parturient animals.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATKINSON P. J., WEST R. R., 1970. Loss of skeletal calcium in lactating women. *J. Obst. Gynec. Br. Commonwealth*, **77**, 555-560.
- BAKSI S. N., ANDERSON R. R., 1971. Effects of endogenous thyrocalcitonin and vitamin D_3 on milk yield in parathyroidectomized and thyroparathyroidectomized rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **137**, 215-218.
- BARLET J. P., 1968. Induction expérimentale d'un syndrome analogue à la fièvre vitulaire par administration de thyrocalcitonine à des vaches en cours de lactation. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **267** D, 2010-2013.
- BARLET J. P., 1969. Mise en évidence d'un facteur hypocalcémiant et hypophosphatémiant dans le plasma des vaches laitières; variations du taux de ce facteur au moment du vêlage et dans les cas de syndrome vitulaire. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **268** D, 1864-1867.
- BARLET J. P., 1971. *Rôle de la calcitonine dans la régulation du métabolisme phospho-calcique des Ruminants. Cas particulier: le syndrome vitulaire de la vache laitière*. Thèse Doct. État Sc. Naturelles, Clermont-Ferrand, C. N. R. S. AO 6020, 214 p.
- BARLET J. P., MICHEL M. C., LARVOR P., THERIEZ M., 1971. Calcémie, phosphatémie, magnésémie et glycémie comparées de la mère et du nouveau-né chez les ruminants domestiques. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **11**, 415-426.
- BLACK H. E., CAPEN C. C., 1973. Plasma calcitonin-like activity and urinary cyclic adenosine monophosphate during pregnancy, parturition, and lactation in cows with parturient hypocalcemia. *Horm. Metab. Res.*, **5**, 297-302.
- BOCCARD R., DUMONT B. L., PEYRON C., 1964. Étude de la production de la viande chez les ovins. VIII. Relations entre les dimensions de la carcasse d'agneau. *Ann. Zootech.*, **13**, 367-378.
- BRAITHWAITE G. D., GLASCOCK R. F., RIAZZUDIN S. H., 1969. Calcium metabolism in lactating ewes. *Br. J. Nutr.*, **23**, 827-839.
- BRAITHWAITE G. D., GLASCOCK R. F., RIAZZUDIN S. H., 1970. Calcium metabolism in pregnant ewes. *Br. J. Nutr.*, **24**, 661-670.

- CABELLO G., 1973. Iodémie hormonale : mise au point d'une méthode analytique fiable, et dosage de ce paramètre chez quelques Ruminants. *D. E. S. Université de Clermont-Ferrand*, n° 747, 101 p.
- CHAMPREDON C., PRON R., 1972. Évolution de l'acido-basé et de la composition minérale du lait de chèvres au début de lactation. *C. R. Soc. Biol.*, **166**, 378-381.
- COMAR C. L., 1956. Radiocalcium studies in pregnancy. *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, **64**, 281-298.
- COWIE A. T., FOLLEY S. J., 1945. Parathyroidectomy and lactation in the rat. *Nature*, **156**, 719-721.
- CUSHARD W. G., CREDITOR M. A., CANTERBURY M. M., REISS E., 1972. Physiologic hyperparathyroidism in pregnancy. *J. Clin. Endocr. Metab.*, **34**, 767-771.
- DAUZIER L., ORTAVANT R., THIBAUT C., WINTERBERGER S., 1954. Résultats nouveaux sur la gestation à contre-saison chez la Brebis et chez la Chèvre. *Ann. Zootech.*, **2**, 89-94.
- FIELD A. C., SUTTLE N. F., 1967. Retention of calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium by the developing sheep foetus. *J. Agric. Sci.*, **69**, 417-423.
- GAREL J. M., MILHAUD G., JOST A., 1968. Action hypocalcémisante et hypophosphatémisante de la thyrocalcitonine chez le fœtus du Rat. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **267 D**, 344-347.
- GAREL J. M., SAVAJOL H., BARLET J. P., CARE A. D., 1973. Dosage radioimmunologique de la calcitonine chez le fœtus de mouton. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **277 D**, 217-220.
- GUEGUEN L., JOURNET M., 1961. Les variations de la composition minérale du lait de Vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 305-310.
- GUEGUEN L., ROMBAUTS P., 1961. Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 80-97.
- HEANEY R. P., SKILLMAN T. G., 1971. Calcium metabolism in normal human pregnancy. *J. Clin. Endocr. Metab.*, **33**, 661-670.
- KONOPKA P., KLOTZ H. P., DELORME M. L., 1971. L'état calcitoninique au cours de la gravidité. In : *Les hormones et le calcium. Problèmes actuels d'endocrinologie et de nutrition*, série 15, 253-269, Expansion Scientifique française, Paris.
- LEWIS P., RAFFERTY B., SHELLEY M., ROBINSON C. J., 1971. A suggested physiological role of calcitonin : the protection of the skeleton during pregnancy and lactation. *J. Endocr.*, **49**, IX-X.
- LINZELL J. L., 1965. Milk-fever in goats. *Vet. Record*, **77**, 767-768.
- LITTLEDIKE E. T., ARNAUD C. D., SCHROEDER L., JACOBSON N. L., 1971. Calcitonin, parathyroid hormone and parturient hypocalcemia of dairy cows. In : *Proceedings of the 53rd meeting of the Endocrine Society* (Abstract 49).
- MAYER G. P., RAMBERG C. F., KRONFELD D. S., 1966. Parathyroidectomy of the bovine. *J. Dairy Sci.*, **10**, 1288-1291.
- MILHAUD G., BLANUSA M., THARAUD D., DU LE M., PERAULT-STAUH A. M., 1969. La thyrocalcitonine augmente-t-elle la masse calcique du Rat en croissance? *C. R. Acad. Sc. Paris*, **268 D**, 379-392.
- MILHAUD G., PERAULT A. M., MOUKHTAR M. S., 1965. Étude du mécanisme de l'action hypocalcémisante de la thyrocalcitonine. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **261 D**, 813-816.
- MUNSON P. L., 1955. Studies on the role of the parathyroids in calcium and phosphorus metabolism. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **6**, 776-796.
- PALSSON H., 1940. Meat qualities in the sheep with special references to scottish breeds and crosses. *J. Agric. Sci.*, **29**, 560.
- PARKASH S., JENNESS R., 1968. The composition and characteristics of goat's milk : a review. *Dairy Sci. Abstr.*, **30**, 67-87.
- PAYNE J. M., CHAMINGS J., 1964. The effect of thyroparathyroidectomy in the goat with particular respect to clinical effects and changes in the concentrations of plasma calcium, inorganic phosphorus and magnesium. *J. Endocr.*, **29**, 19-28.
- PISCHKE L. D., STOTT G. H., 1964. Relationship of the bovine parathyroids to calcium and phosphorus in the milk. *J. Dairy Sci.*, **47**, 698.
- RAMBERG C. F., MAYER G. P., KRONFELD D. S., PHANG J. M., BERMAN M., 1970. Calcium kinetics in cows during late pregnancy, parturition and early lactation. *Amer. J. Physiol.*, **219**, 1166-1177.
- RICORDEAU G., BOCCARD R., 1961. Relations entre la quantité de lait consommé par les agneaux et leur croissance. *Ann. Zootech.*, **10**, 113-125.
- SAMAAN N. A., HILL C. S., BECEIRO J. R., SCHULTZ P. N., 1973. Immunoreactive calcitonin in medullary carcinoma of the thyroid and in maternal and cord serum. *J. Lab. Clin. Med.*, **81**, 671-681.
- SANSOM B. F., 1969 a. Calcium metabolism of cows at parturition and during milk production. *J. Agric. Sci.*, **72**, 455-458.
- SANSOM B. F., 1969 b. Variations in the relative cortical mass of tail bones of cows during pregnancy and lactation. *Br. Vet. J.*, **125**, 454-457.
- SMITH V. R., STOTT G. H., WALKER C. W., 1957. Observations on parathyroidectomized goats. *J. Anim. Sci.*, **16**, 312-317.
- SYMONDS H. W., MANSTON R., PAYNE J. M., SANSOM B. F., 1966. Changes in the calcium and phosphorus requirements of the dairy cow at parturition with particular reference to the amounts supplied to the foetus in utero. *Br. Vet. J.*, **122**, 196-200.