

ÉLIMINATION RÉNALE DE L'URÉE CHEZ LES BOVINS DOMESTIQUES TROPICAUX

II. — INFLUENCE DES VARIATIONS DE L'APPORT AZOTÉ ALIMENTAIRE
ET D'UNE DÉSHYDRATATION PROLONGÉE SUR L'ÉLIMINATION RÉNALE DE L'URÉE

C. LABOUCHE

Laboratoire national de Recherches vétérinaires, Dakar, Sénégal ⁽¹⁾

RÉSUMÉ

Le taux de la réabsorption rénale de l'urée est lié au niveau de la concentration sanguine en urée lorsque celle-ci varie sous l'influence de modifications de l'apport azoté alimentaire. Lorsque ces variations sont provoquées, par une déshydratation prolongée cette liaison persiste mais elle est masquée par la réabsorption passive liée à la réabsorption rénale de l'eau.

INTRODUCTION

Dans un travail antérieur (LABOUCHE, 1970), nous avons montré que l'élimination rénale de l'urée des Bovins tropicaux était liée au niveau correspondant de l'urémie. Auparavant, il avait été souligné chez le Dromadaire (SCHMIDT-NIELSEN *et al.*, 1957), chez le Mouton (MEYER *et al.*, 1955 ; SCHMIDT-NIELSEN et OSAKI, 1958 ; HOUP, 1959 ; SOMERS, 1961) et chez les Bovins (LIVINGSTONE *et al.*, 1962), que l'excrétion urinaire de l'urée dépend de la teneur en protéines de la ration ; mais les essais tentés par SCHMIDT-NIELSEN (1958), SCHMIDT-NIELSEN *et al.* (1957, 1958) pour mettre en évidence une relation entre l'excrétion de l'urée et la concentration sanguine en urée sont restés vains, que la variation de l'urémie soit provoquée par des variations de la composition du régime, ou bien par une déshydratation, ou bien encore par l'administration intraveineuse d'une solution d'urée.

⁽¹⁾ Adresse actuelle : I. N. R. A. Recherches vétérinaires. Laboratoire de Pharmacologie-Toxicologie. École nationale vétérinaire - 31 Toulouse.

Ces échecs peuvent sembler surprenants puisque chez les Ruminants le niveau de l'urémie dépend en grande partie de la teneur en azote de la ration (LEWIS, 1957 ; LABOUCHE, 1968).

Nous nous sommes alors demandé si ces résultats contradictoires n'étaient pas dus à des conditions expérimentales différentes. Dans nos essais antérieurs, nous avons soumis nos animaux à des régimes variés, mais, pendant toute l'expérimentation, chaque sujet conservait son propre type de régime et en aucun cas ne subissait de déshydratation ; au contraire, dans les travaux auxquels nous faisons référence, la ration d'un sujet donné variait dans le temps, ainsi que son abreuvement.

Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de vérifier si nos conclusions étaient encore valables lorsqu'on soumet des animaux à une variation de l'alimentation ou à un arrêt de l'abreuvement.

A. — INFLUENCE DES VARIATIONS DE L'APPORT AZOTÉ ALIMENTAIRE SUR L'ÉLIMINATION RÉNALE DE L'URÉE

Méthodes

Nous avons utilisé dix vaches métis (Zébu \times *N'Dama*). Au cours d'une période préliminaire, dont nous ne considérons ici que les six derniers jours, les animaux, abreuvés à volonté, ont reçu, chaque soir à leur retour du pâturage, un kilogramme de tourteau d'arachide délipidé. Cette distribution a été ensuite interrompue pendant treize jours. Au terme de ce délai, la supplémentation azotée fut reprise.

Des prélèvements simultanés d'urine et de sang ont été pratiqués chaque matin. Les concentrations sanguine et urinaire en urée et en créatinine ont été déterminées par des méthodes que nous avons déjà décrites ailleurs (LABOUCHE, 1963, 1968). Les résultats obtenus ont servi à calculer le pourcentage, R_u , de l'urée filtrée qui fait l'objet d'une réabsorption.

Pour regrouper ces chiffres et en faciliter l'analyse, nous avons procédé à la transformation suivante : pour chaque sujet, on calcule la moyenne de l'urémie, U_s , et la moyenne du pourcentage de réabsorption pendant la période préliminaire. On égale à 100 les moyennes ainsi obtenues et les résultats relevés au cours des périodes suivantes sont alors exprimés en pourcentage de ces valeurs de référence. Nous appelons ces valeurs, des valeurs relatives.

Résultats

1. *Influence de la variation de l'apport azoté alimentaire sur le niveau de l'urémie.*

Les concentrations sanguines moyennes en urée, exprimées en valeur absolue et en valeur relative, sont consignées, pour les différentes périodes expérimentales dans le tableau 1 qui mentionne également les écarts-types de ces différentes moyennes (σ/\sqrt{N}). L'évolution de l'urémie, en valeur relative, est représentée sur la figure 1.

Dès l'arrêt de la distribution du tourteau, l'urémie diminue et, au bout de huit jours, elle ne représente plus que 44 p. 100 de l'urémie moyenne de la période de référence, avant de se stabiliser autour de 53 p. 100. Lorsque, au cours de la dernière période, le tourteau est introduit dans la ration, l'urémie retrouve son taux moyen de départ en quelques jours.

En valeur absolue, la concentration sanguine en urée, partie de 45 cg/litre, a atteint une valeur minimale de l'ordre de 22 cg/litre, puis a retrouvé un niveau de 44 cg/litre, proche du niveau de référence.

TABLEAU I

Évolution de l'urémie (U_s) et du pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée (R_u) en fonction des modifications de l'apport azoté alimentaire

Au cours de la période de référence, les animaux ont reçu du tourteau d'arachide. Les valeurs moyennes de U_s et de R_u enregistrées pour l'ensemble du troupeau pendant cette phase préliminaire ont été égalées à 100. En utilisant cette base, on peut passer facilement des moyennes absolues (en cg/litre pour U_s et en pourcentage pour R_u) aux valeurs relatives.

Jours	U _s				R _u			
	Valeurs relatives		Valeurs absolues		Valeurs relatives		Valeurs absolues	
	Moyenne	σ/\sqrt{N}	Moyenne	σ/\sqrt{N}	Moyenne	σ/\sqrt{N}	Moyenne	σ/\sqrt{N}
<i>Période de référence (avec tourteau)</i>								
	100,0		45,1	9,4	100,0		51,0	1,2
<i>Période sans tourteau</i>								
1	85,1	4,1	37,9	2,2	94,4	1,7	48,1	1,6
2	70,6	3,9	31,1	0,7	110,7	4,6	56,3	1,8
3	62,5	2,9	27,1	0,9	98,7	5,0	49,9	2,1
4	63,5	4,2	27,4	1,0	106,8	4,5	54,4	2,5
5	48,5	3,2	21,3	1,0	138,9	2,8	70,6	1,2
6	43,6	2,6	19,2	0,8	132,7	3,6	67,2	1,1
8	53,8	3,6	23,5	0,9	132,7	4,3	67,3	2,0
9	56,8	3,6	24,9	1,1	137,0	3,5	70,3	1,9
10	57,0	3,1	25,2	1,3	134,7	3,3	68,4	1,7
11	58,1	3,1	25,7	1,0	132,1	3,1	67,6	1,5
12	56,3	2,9	24,9	1,2	138,3	2,9	69,4	1,2
13	66,3	6,4	28,9	2,1	132,6	3,6	67,3	1,1
<i>Période avec tourteau</i>								
1	71,7	4,5	31,7	1,8	113,2	4,1	57,4	1,5
2	91,0	5,2	40,1	1,7	106,6	5,8	54,4	3,5
3	86,1	2,9	39,3	3,4	103,9	4,4	52,8	2,2
4	81,7	3,7	37,0	3,1	100,8	2,7	51,0	1,3
5	86,7	4,0	40,3	3,8	103,6	5,2	52,1	2,0
6	95,1	6,0	44,1	5,1	97,9	5,5	49,6	2,3

2. Influence de la variation de l'apport azoté alimentaire sur le pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée.

Les valeurs moyennes de R_u, exprimées en valeur absolue et en valeur relative, sont consignées, pour les différentes périodes expérimentales, dans le tableau I où elles sont accompagnées de leurs écarts-type respectifs. L'évolution de R_u, en valeur relative, est représentée sur la figure 1.

Pendant les quatre premiers jours de la période sans tourteau, le pourcentage de réabsorption n'est pas sensiblement modifié bien que, dans le même temps, l'urémie ait baissé de près de 40 p. 100. Mais, brusquement, lors du cinquième jour, R_u atteint près de 140 p. 100 de la valeur moyenne de référence, tandis que l'urémie a enregistré une baisse de l'ordre de 52 p. 100.

Lorsque la distribution de tourteau est reprise et que l'urémie tend à rejoindre sa valeur de départ, R_u diminue, mais, cette fois-ci, le mouvement de R_u s'effectue sans retard sur celui que manifeste, en sens inverse, l'urémie.

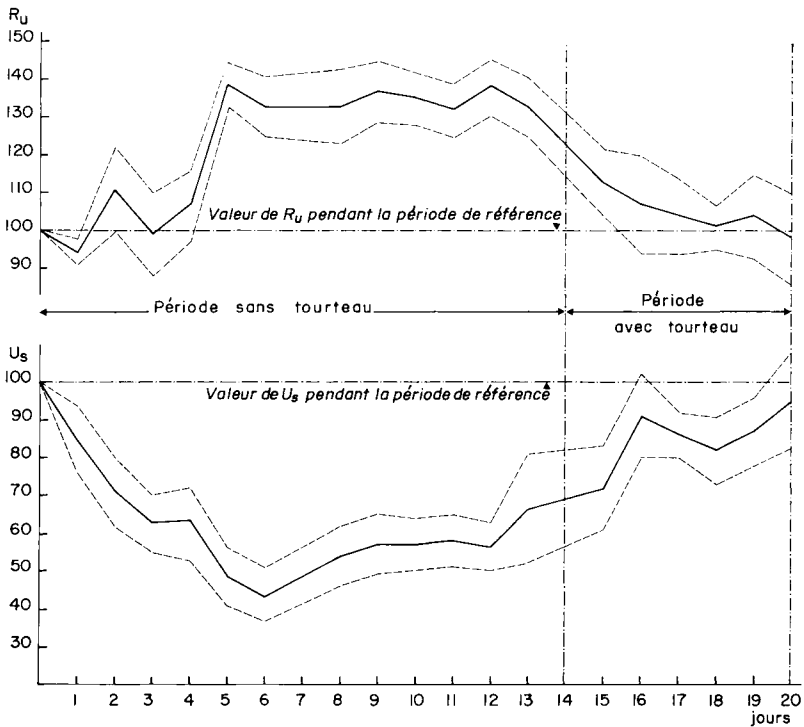


FIG. 1. — Évolution de l'urémie (U_s) et du pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée (R_u) en fonction des modifications de l'apport azoté alimentaire

Au cours de la période de référence, non représentée, les animaux ont reçu du tourteau d'arachide. Les valeurs moyennes de U_s et de R_u enregistrées pour l'ensemble du troupeau au cours de cette phase préliminaire ont été égalées à 100.

Les lignes continues représentent, en haut, les variations des moyennes quotidiennes de R_u ; en bas, on trouvera celles des moyennes quotidiennes de U_s . Les lignes en pointillé limitent les fluctuations des moyennes calculées à 5 p. 100.

En valeur absolue, lorsque l'urémie passe de 45 à 22 cg/litre, R_u demeure relativement stable jusqu'au moment où la concentration sanguine en urée atteint 27 cg/litre. Le pourcentage de réabsorption augmente alors brusquement et passe de 50 à 70 p. 100 de l'urée filtrée, niveau où il se maintient tant que la concentration sanguine reste basse.

Discussion

Cette expérimentation confirme nos résultats antérieurs (LABOUCHE, 1970). Il existe bien une relation entre le taux de la réabsorption uréique et la concentration sanguine en urée. La figure 1 suffit, elle-même, à le montrer, mais l'interprétation statistique des résultats apporte un appui supplémentaire à cette conclusion.

Le calcul du coefficient de corrélation, effectué sur les valeurs observées durant la période sans tourteau, montre que :

$$r = -0,542$$

la signification de ce coefficient est très élevée ($z/\sigma_z = 6,68$; $P < 10^{-9}$). De plus, comme dans nos premières observations, l'élimination de l'intervention de la réabsorption de l'eau ne diminue pas sensiblement la force de cette liaison, car le coefficient de corrélation partielle (à réabsorption de l'eau constante) est de $-0,530$ et sa signification est également très élevée ($z/\sigma_z = 6,36$; $P < 10^{-9}$).

L'interprétation du retard de réponse de la réabsorption sur la diminution de l'urémie demeure délicate. Nous l'aborderons, ultérieurement, lorsque nous envisagerons les hypothèses que l'on peut avancer quant au mécanisme possible de l'élimination rénale de l'urée chez les ruminants. Pour le moment, nous nous bornerons à faire remarquer que le phénomène observé ne saurait traduire l'existence d'un seuil de réponse correspondant à une concentration sanguine en urée de l'ordre de 27 cg/litre ; en effet, le décrochage brusque de R_u ne se rencontre pas lorsque l'urémie, augmentant à nouveau à la suite de la réintroduction du tourteau dans la ration, franchit, mais cette fois en sens inverse, la concentration critique de 27 cg/litre.

Nous nous contenterons donc, momentanément, de signaler que dans certains cas, la réponse rénale aux variations de la concentration sanguine en urée, peut n'apparaître qu'au bout d'un certain délai.

B. — INFLUENCE DE LA DÉSHYDRATATION SUR L'ÉLIMINATION RÉNALE DE L'URÉE

Méthodes

Neuf animaux croisés Zébu \times *N'Dama* ont reçu, chaque jour et par tête, cinq cents grammes de tourteau d'arachide et du foin à volonté. L'abreuvement a été totalement interrompu pendant onze jours. Pendant cette période, chaque matin, du sang et de l'urine ont été prélevés et la créatinine et l'urée déterminées par les méthodes habituelles. Le pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée, R_u a été calculé ainsi que le rapport, R_{H_2O} , de la concentration urinaire à la concentration sanguine en créatinine. Ce rapport renseigne sur l'intensité de la réabsorption rénale de l'eau.

Résultats

L'épreuve infligée aux animaux s'est montrée sévère : les sujets maigrissent notablement et, une semaine après l'arrêt de l'abreuvement, l'ingestion de tourteau diminue et devient presque nulle en fin d'expérience.

Les valeurs moyennes de l'urée sanguine, U_s , de R_u et R_{H_2O} , affectées de leur écart-type respectif, sont consignés dans le tableau 2. Leur évolution dans le temps fait l'objet de la figure 2.

L'urémie monte rapidement dès le deuxième jour et elle double presque de valeur en cinq jours. Par la suite, elle se stabilise, avec quelques oscillations, jusqu'à la fin de l'expérience.

Le pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée, R_u , évolue en deux temps au cours de la période d'accroissement de l'urémie : il augmente tout d'abord rapidement et précocement, puis il reste sensiblement constant à partir du deuxième jour de déshydratation. Par contre, lorsque l'urémie se stabilise, R_u tend à retrouver progressivement la valeur qu'il représentait au premier jour de déshydratation.

TABLEAU 2

Évolution de l'urémie (U_s), du pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée (R_u) et de la réabsorption de l'eau (R_{H_2O}) au cours de la déshydratation

Jours	U_s		R_u		R_{H_2O}	
	Moyenne cg/l	$\pm \sigma/\sqrt{N}$	Moyenne p. 100	$\pm \sigma/\sqrt{N}$	Moyenne	$\pm \sigma/\sqrt{N}$
-1	37,1	5,1	55,6	4,5	105,3	10,3

Arrêt de l'abreuvement

1	36,7	3,6	64,1	2,5	107,1	13,5
2	41,6	2,9	69,7	2,1	132,9	8,3
4	53,4	2,0	69,8	1,0	169,1	17,1
5	65,6	3,1	71,6	2,0	215,1	15,2
6	69,3	3,2	70,9	2,3	246,3	24,3
7	66,4	3,4	64,6	2,6	216,1	23,2
8	66,6	5,3	66,6	2,0	252,2	22,7
9	67,3	8,6	61,9	2,9	208,9	27,3
10	63,2	5,5	59,2	4,1	225,3	25,7
11	68,2	7,9	60,1	2,9	206,8	28,1

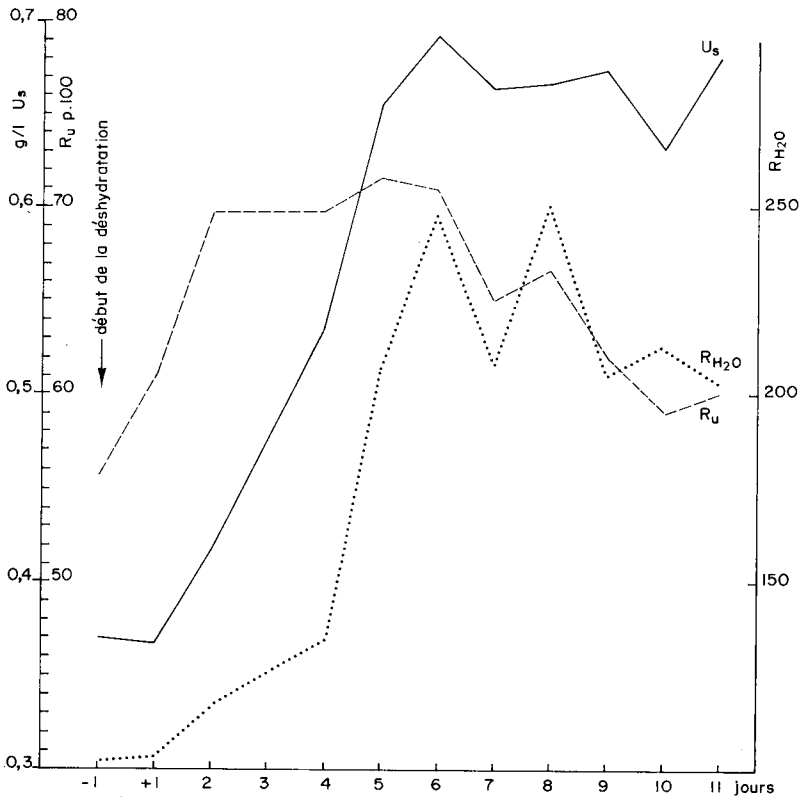


FIG. 2. — Évolution de l'urémie (U_s), du pourcentage de réabsorption de l'urée filtrée (R_u) et de la réabsorption de l'eau R_{H_2O} au cours d'une déshydratation complète de 11 jours

L'intensité de la réabsorption de l'eau, R_{H_2O} , suit des modifications comparables à celles de l'urémie ; comme elle, elle augmente dès le deuxième jour et double sa valeur de départ en cinq jours. Cependant, lorsque l'urémie s'est stabilisée, R_{H_2O} présente des variations symétriques relativement amples.

Discussion

Pour faciliter la discussion des résultats, nous dissocierons la période d'augmentation de l'urée sanguine de sa période de stabilisation.

Phase d'augmentation de la concentration sanguine en urée.

Jusqu'au deuxième jour, la réabsorption uréique augmente ; U_s en fait autant mais reste dans des valeurs inférieures à 50 cg/litre. Du deuxième au sixième jour, R_u ne varie pratiquement pas alors que U_s atteint un niveau très élevé. Par conséquent, la déshydratation modifie complètement nos résultats antérieurs qui montraient, en abreuvement normal, que la réabsorption uréique diminuait lorsque l'urémie augmente jusqu'aux environ de 50 cg/litre et qu'elle augmentait lorsque la concentration sanguine en urée dépasse cette limite. En réalité, l'analyse statistique des résultats n'accorde aux coefficients de corrélation totale et partielle entre U_s et R_u que des valeurs faibles et sans signification, même si l'on prend le soin de séparer les données obtenues lorsque U_s est inférieur à 50 cg/litre, de celles pour lesquelles U_s dépasse cette concentration.

Par conséquent, notre expérience ne permet pas de retrouver les relations entre urémie et réabsorption de l'urée telles que nous les avons décrites en abreuvement normal. Il se pourrait que le protocole expérimental suivi soit impuissant à les mettre en évidence, en raison des fortes différences individuelles existant dans l'adaptation à la déshydratation. S'il en est bien ainsi, la période de stabilisation de l'urémie correspondant à un état apparent de déshydratation installée, pourrait nous être plus favorable.

Si l'on examine maintenant l'intensité de la réabsorption de l'eau dans ses rapports avec R_u , on constate qu'elle s'accroît d'environ 30 p. 100 dans les deux premiers jours, comme le fait R_u qui passe dans le même temps de 55,6 à 69,7. On pourrait donc penser que l'augmentation concomitante de l'urémie qui tend, en abreuvement normal, à diminuer R_u , est largement contrebattue dans ses effets par l'influence inverse de la réabsorption de l'eau qui, en augmentant, accroît en même temps la réabsorption passive de l'urée.

Cependant, passé le quatrième jour, l'intensité de la réabsorption uréique se révèle constante malgré une augmentation rapide de R_{H_2O} . Il ne semble donc pas que l'on puisse parler ici d'une relation étroite entre la réabsorption de l'eau et celle de l'urée. Cependant, l'analyse statistique des résultats, pour l'ensemble de la période d'augmentation de la concentration sanguine en urée, montre une corrélation positive significative entre R_u et R_{H_2O} , qui confirme nos premières observations en abreuvement normal.

Quant aux relations entre U_s et R_{H_2O} , l'observation directe de la figure 2 ainsi que l'analyse statistique montrent que ces deux variables augmentent parallèlement alors que, en abreuvement normal, un comportement opposé est de règle. Ceci peut vouloir dire ou bien qu'il existe une relation de cause à effet entre les modifications de U_s et R_{H_2O} , ou bien que ces modifications simultanées sont déclenchées, dans le

même sens, par un même phénomène qui n'existait pas dans nos précédentes observations, en d'autres termes, la déshydratation. On peut, en effet concevoir que cet état conditionne à la fois une augmentation de la réabsorption hydrique grâce à l'hormone antidiurétique, et une augmentation de l'urémie par hémococoncentration ou intensification du catabolisme azoté.

Phase de stabilisation de la concentration sanguine en urée.

Pendant cette période où l'urémie reste relativement constante, la réabsorption de l'urée diminue constamment ce que traduit un coefficient de corrélation totale négatif et significatif indiquant une relation diamétralement opposée à celle existant en abreuvement normal ; nous sommes en effet en présence d'urémies élevées de l'ordre de 66 à 67 cg/l pour lesquelles nous devrions retrouver une corrélation positive.

Il ne paraît pas possible de négliger ici l'intervention de la réabsorption de l'eau. L'examen de la figure 2 montre en effet une certaine coïncidence entre les mouvements de R_u et de R_{H_2O} et l'on peut alors penser que si l'action positive des fortes urémies n'est pas visible celà tient à ce que son intervention est négligeable devant l'importance de la réabsorption passive de l'urée. C'est ce que confirme le coefficient de corrélation partielle qui mesure la liaison entre U_s et R_u à l'abri des fluctuations de R_{H_2O} : ce coefficient de corrélation est à la fois positif et significatif et montre la persistance, en déshydratation, de l'action positive sous-jacente des fortes urémies mises en évidence en abreuvement normal.

Nous venons de signaler la similitude de comportement entre R_u et R_{H_2O} ; il se traduit, en termes de statistiques, par un coefficient de corrélation totale positif et significatif.

Enfin, signalons l'existence d'une relation négative fortement significative entre U_s et R_{H_2O} ($r = -0,82$) que laissait supposer d'ailleurs la valeur du coefficient de corrélation partielle entre U_s et R_u . Nous retrouvons ici, en déshydratation installée, l'influence diurétique osmotique de l'urée.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les modifications de l'apport azoté alimentaire permettent de confirmer l'existence d'une liaison entre l'urémie et l'intensité de la réabsorption de l'urée ; cependant un retard peut s'installer entre la variation urémique et la réponse rénale quand la concentration sanguine en urée diminue.

La déshydratation ne perturbe les résultats obtenus en abreuvement normal qu'au début de son installation, période pendant laquelle nous n'avons pas pu retrouver la corrélation entre l'urémie et la réabsorption rénale de l'urée quel que soit le niveau de l'urémie. Cependant les observations pratiquées après quelques jours confirment l'existence de la liaison urémie-réabsorption urémique telle qu'elle se présente pour les fortes urémies. Il faut cependant neutraliser le rôle de la réabsorption de l'eau par l'artifice du coefficient de corrélation partielle.

Ceci explique que les essais effectués par différents auteurs, pour mettre en évidence une relation urémie-élimination rénale de l'urée en provoquant la variation de

concentration sanguine par des modifications du régime associés à une déshydratation, soient restés infructueux.

Il semble que ce soit le cas des expériences de SCHMIDT-NIELSEN et coll., en particulier chez le Chameau. C'est ainsi que l'animal est retiré du pâturage pour être soumis à une alimentation moins riche, mais subit en même temps une déshydratation. Plus tard, en régime stable, il est à nouveau déshydraté, mais l'observation sera interrompue avant que l'urémie ait atteint son plateau. Un fait mérite cependant d'être souligné : en abreuvement normal et régime constant, l'administration intraveineuse de plusieurs dizaines de grammes d'urée ne paraît pas modifier le pourcentage d'excrétion de l'urée filtrée, tandis que nous avons toujours obtenu une réponse rénale à l'augmentation de l'urémie. Cependant les augmentations que nous avons réalisées échelonnées sur plusieurs jours ont été progressives, alors que l'injection d'urée déclenche une variation brutale et éphémère. On peut donc penser que le rein ne répond qu'à une sollicitation prolongée.

Reçu pour publication en juillet 1970.

SUMMARY

RENAL EXCRETION OF UREA IN TROPICAL DOMESTIC CATTLE.

II. — EFFECT OF CHANGES IN THE SUPPLY OF NITROGEN AND OF PROLONGED DEHYDRATION ON RENAL EXCRETION OF UREA

Renal excretion of urea was measured in ten cows with free access to water and given a diet with groundnut meal as the main ingredient. For the second period the groundnut meal was withdrawn, then it was introduced again. The withdrawal of the oilmeal caused a decrease in the concentration of urea in blood which in its turn gave rise, with a delay of some days, to a sharp increase in the percentage renal reabsorption of the urea filtered by the glomeruli. When the oilmeal was given again there was an increase in urea and a simultaneous decrease in percentage reabsorption of urea (table 1, fig. 1).

For nine cows fed on hay and groundnut meal, drinking water was withdrawn for 11 days. Blood urea increased greatly in 5 days, then became constant. During the first period percentage reabsorption of filtered urea increased then became stabilized; during the second period the percentage fell progressively. It was not possible to show a significant correlation between blood urea and reabsorption of urea as long as blood urea was increasing; when it became stable the positive correlation between blood urea and reabsorption of urea, seen with normal supply of drinking water for high concentrations of blood urea, was re-established if allowance was made for the effect of reabsorption of water on that of urea.

These observations could explain the failure of other authors to demonstrate a relation between blood urea and renal excretion of urea, changes in blood urea being caused by changes in supply of protein in the feed accompanied by temporary withholding of drinking water.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HOUPT T. R., 1959. Utilization of blood urea in ruminants. *Am. J. Physiol.*, **197**, 115-120.
 LABOUCHE C., 1963. Utilisation d'une montmorillonite, la terre de Bezenet, dans le dosage sélectif de la créatinine sanguine des ruminants domestiques. *Rev. Elev. Méd. vet. Pays trop.*, **17**, 41-49.
 LABOUCHE C., 1968. *Contribution à la connaissance du transit de l'urée chez les Ruminants. Recherches sur l'urémie et l'élimination rénale de l'urée chez des bovins domestiques en milieu tropical.* Thèse Doct. Sci. nat., Toulouse, n° 306.

- LABOUCHE C., 1970. Élimination rénale de l'urée chez les bovins domestiques. I. Relations entre l'urémie et l'élimination rénale de l'urée. *Ann. Biol. anim. bioch. Biophys.*, **10**, 143-150.
- LEWIS D., 1957. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. *J. agric. Soc.*, **48**, 438-446.
- LIVINGSTONE H. G., PAYNE W. J. A., FRIEND M. T., 1962. Urea excretion in ruminants. *Nature*, **194**, 1057-1058.
- MEYER J. H., WEIR W. C., SMITH J. D., 1955. A study of sheep during starvation and water deprivation. *J. anim. Soc.*, **14**, 160-172.
- SCHMIDT-NIELSEN B., 1958. Urea excretion in mammals. *Physiol. Rev.*, **38**, 139-168.
- SCHMIDT-NIELSEN B., OSAKI H., 1958. Renal response to changes in nitrogen metabolism in sheep. *Am. J. Physiol.*, **193**, 657-661.
- SCHMIDT-NIELSEN B., OSAKI H., MURDAUGH H. V. Jr., O'DELL R., 1958. Renal regulation of urea excretion in sheep. *Am. J. Physiol.*, **194**, 221-228.
- SCHMIDT-NIELSEN B., SCHMIDT-NIELSEN K., HOUP T. K., JARNUM S. A., 1957. Urea excretion in the camel. *Am. J. Physiol.*, **188**, 477-484.
- SOMERS M., 1961. Factors influencing the secretion of nitrogen in sheep saliva. IV. The influence of injected urea on the quantitative recovery of urea in the parotid saliva and the urinary excretions of sheep. *Austr. J. exp. Biol. Med. Sc.*, **39**, 145-156.
-