

A PROPOS DE LA TÉTANIE D'HERBAGE

IDENTIFIÉE COMME ENTITÉ CLINIQUE POUR LA PREMIÈRE FOIS EN HOLLANDE, OU ELLE SEMBLE EXISTER AU MOINS DEPUIS LA FIN DU XIX^e SIÈCLE, LA TÉTANIE D'HERBAGE n'a cessé depuis d'étendre son aire de dispersion, extension qui n'est due que très partiellement à l'amélioration du diagnostic, et qui paraît essentiellement en rapport avec la modernisation des techniques d'élevage. Elle semble actuellement s'étendre au mouton. Cette maladie a été identifiée en Grande-Bretagne, en Belgique, en Allemagne, en Nouvelle-Zélande, en Australie, aux U.S.A. et en Norvège ; en France, elle a fait l'objet assez précocement de plusieurs études cliniques. Cependant, chez aucun auteur étranger, même dans l'étude très documentée de RUSSELL et DUNCAN, il n'est fait état de l'existence de la tétanie d'herbage en France. Ceci tient au fait que, bien qu'elle y ait été indubitablement constatée cliniquement, le critère décisif, qui est l'hypomagnésémie, n'a pas encore été démontré.

Nous avons eu l'occasion d'étudier plusieurs cas de tétanie d'herbage qui se sont déclarés au printemps 1959 à l'École Nationale d'Agriculture de Grignon, dans une région où cette maladie était jusqu'alors inconnue et, malgré le petit nombre d'observations dont nous avons disposé, il nous

par

J. Ladrat

P. Larvor

et M. Brochart

(1) Ce texte est tiré d'une étude publiée par les mêmes auteurs dans le *Recueil de Médecine Vétérinaire* (1959, tome CXXXV, n° 12, pp. 903-936) sous le titre « Recherches sur quelques cas de tétanie d'herbage » et qui comporte 120 références bibliographiques.

a paru intéressant de publier nos résultats, par suite de la richesse des commémoratifs dont nous disposons (météorologie, mesures de consommation d'herbe, engrais, etc.).

I — OBSERVATIONS

A — Circonstances générales d'apparition et symptômes

La maladie est apparue dans un troupeau de 55 vaches laitières de race française frisonne pie noire, dont 45 en lactation, mises à l'herbe le 7 avril 1959 sur prairie temporaire de graminées (fétuque puis dactyle précoce S 37, puis dactyle tardif danois Roskilde II) avec rotation rapide (2 à 3 jours sur chaque parcelle de 1,2 à 1,5 ha), le reste de l'herbe étant pâturé par des moutons. Pour chaque parcelle avaient lieu des déterminations de la quantité d'herbe mise à la disposition des vaches, de la quantité effectivement absorbée et du coefficient d'utilisation (% de l'herbe disponible qui avait été mangée). Aucun accident particulier n'a été observé, si ce n'est la diarrhée habituelle de mise à l'herbe. Le 30 avril, les vaches passèrent sur dactyle tardif ; le soir, plusieurs d'entre elles présentaient une démarche raide. Le 1^{er} mai, l'état demeura stationnaire, la lactation globale baissa de 50 l (sur 770). Le 2 mai, une vache est trouvée morte au pré, et quatre autres présentent des symptômes graves (raideur musculaire, opisthotonos, dyspnée). Le vétérinaire traitant fit un prélèvement de sang à deux d'entre elles et une injection intraveineuse de gluconate de calcium. Le soir même, la lactation avait baissé de 100 l. Le 3 mai, mort d'une deuxième vache, traitée la veille. Le 6 mai, les symptômes se sont fortement atténués, six vaches présentent encore, l'une (Lucrèce) des frémissements musculaires de la masse des anconés, trois autres (Opale, Etoile et Lourdaude) de la raideur du train postérieur, avec difficulté de la démarche, les deux autres (Nulle et Cyrène), une simple baisse anormale de la lactation. Les animaux avaient toujours des fèces assez liquides. Il fut procédé au prélèvement de sang hépariné (dosage de Na, K et Cl dans le plasma), de sang fluoruré (dosage du P minéral), et de sang non traité (dosage de Mg, Ca et P total du sérum). On préleva également des échantillons de fèces, de poil du toupet et un nouvel échantillon du dactyle tardif présumé tétanigène. Simultanément, sur d'autres prairies temporaires de l'Ecole (dactyle commercial, troisième année, assez envahi par des herbes adventices), pâturaient 37 jeunes (14 génisses de 2 ans et 23 élèves de 1 à 2 ans) avec rotation de trois jours sur chaque parcelle de

0,70 ha. Ces jeunes ne présentèrent aucun symptôme ; des échantillons de l'herbe qu'ils pâturaient furent prélevés comme témoins.

Antécédents pathologiques :

Le 16 avril, fièvre vitulaire de la vache Lucrèce. La coïncidence des régions à tétanie d'herbage et à fièvre vitulaire a déjà été signalée par HOPKIRK et coll.

B — Analyses

1. — *Analyse du sang :*

Le tableau n° 1 donne des résultats des analyses, effectuées selon des techniques classiques. On notera que dans 7 cas sur 8 le Mg est inférieur aux limites normales ; chez la vache Lourdaude le Mg est, en effet, simplement faible : d'ailleurs, ce cas fut cliniquement sans gravité. Les « limites normales » que nous utilisons sont plus larges que celles de la plupart des auteurs ; elles reposent sur une étude statistique de la répartition des valeurs de 250 dosages de Mg sur quatre vaches à l'étable pendant une année.

Le calcium n'est significativement abaissé que dans un cas (mortel), les autres chiffres étant moyens à faibles. Le phosphore minéral est à peu près normal, ce qui contraste avec les observations hollandaises, qui montrent une dispersion élevée des valeurs. Na et Cl plasmatiques et le phosphore total du sérum ne présentent rien de particulier, les valeurs de K sont plutôt faibles. On constate aussi une tendance à l'hémoconcentration.

Le tableau n° 2 récapitule quelques observations classiques sur la composition du sang pendant la tétanie ; on voit que, dans l'ensemble, les résultats sont relativement concordants. En ce qui concerne le potassium, si plusieurs observations mentionnent des chiffres normaux, une autre fait état d'une augmentation du K, tandis que nous observons des taux normaux à faibles ; il convient de rappeler : 1° que si on attend plus d'une dizaine d'heures pour séparer le plasma des globules, il se produit un passage de potassium des cellules dans le plasma ; 2° que le sérum, qui se trouve très fréquemment hémolysé, est très insuffisant pour le dosage du potassium et qu'il est bien préférable d'avoir recours au plasma.

SJOLLEMA note une tendance à une plus grande variabilité des valeurs de Na, qui peut être en relation avec la carence en sodium ; on a, en effet, 59

TABLEAU N° 1

Résultats de 9 dosages sanguins sur des vaches atteintes de tétanie d'herbage (sauf la vache Lubine, prélevée comme témoin).

Animal	Date du prélèvement	Matière sèche du sérum	Matière sèche du plasma	Na du plasma	K du plasma	Cl du plasma	Ca du sérum	P total du sérum	P minéral du sang	Mg du sérum
Lucrèce	2 mai	90,0					0,111	0,15		0,013
Bouge	2 mai	98,4					0,075	0,15		0,004
Lucrèce	6 mai	89,0	95,6	3,20	0,173	3,52	0,101	0,10		0,003
Opale	6 mai	94,6	96,6	2,90	0,190	3,52	0,102	0,16	0,063	0,012
Nulle	6 mai	90,5	92,5	2,90	0,196	3,52	0,092	0,18	0,070	0,002
Etoile	6 mai	89,2	94,2	3,20	0,183	3,52	0,082	0,14	0,053	0,004
Cyrène	6 mai	105,4	108,8	2,90	0,157	3,55	0,106	0,12	0,044	0,013
Lourdaude ..	6 mai	99,1	98,1	2,90	0,154	3,33	0,094	0,14	0,051	0,018
Lubine	2 mai						0,098	0,04		0,026
Limites des valeurs normales				2,81 à 3,41	0,147 à 0,224	3,10 à 3,70	0,077 à 0,123	0,076 à 0,188	0,030 à 0,084	0,013 à 0,032

Tous les chiffres sont exprimés en pour 1.000 du plasma, sérum ou sang total fluoré. Les limites des valeurs normales sont pour Na, K, Ca, P total et P minéral, l'intervalle qui comporte 99 % des résultats normaux (2,6 fois l'écart type de part et d'autre de la moyenne) calculé à partir de 250 dosages sur des vaches normales, avec les mêmes méthodes d'analyse. Pour Mg la statistique porte sur 200 dosages environ, et pour Cl, sur une cinquantaine seulement.

démonstré que si le niveau de Na alimentaire n'influe pas sur le Na plasmatique, il influe sur la variabilité de Na autour de sa moyenne, les faibles valeurs de Na alimentaire augmentant la variabilité. L'acétonémie a parfois été signalée. Elle est très fréquente dans les cas de tétanie provoquée expérimentalement par sous-alimentation ; dans ces cas, elle est importante dans la phase de début et diminue brusquement au moment des premiers symptômes, ce qui semble coïncider avec l'augmentation du glucose sanguin qui se manifeste seulement à la suite des contractions musculaires intenses de la tétanie.

TABLEAU N° 2

Résumé de quelques observations concernant la composition du sang dans la tétanie d'herbage.

AUTEURS	Année	H ₂ O	Mg	Ca	K	Na	Pm	Pt	NH ₃	Urée	Cl	SO ₄	Glucose	Acétone	pH	Divers
SJOLLEMA et SEEKLES .	1930	—	—	—	=	=										
DRYERRE	1932	—	—	—	+	—										Hémoglobine +
BLAKEMORE et STEWART	1933	—	—	—												
HOPKIRK et coll.	1933	—	—	—			+									
ALLCROFT et GREEN	1934	—	—	—												
ALLCROFT	1947	—	—	—									+			
HARBAUGH et DENNIS	1947	—	—	76 %												
SIMS et CROOKSHANK	1953	—	—	—												Augmentation des protéines tot.
SWAN, cit. p. ALLCROFT	1954	—	—	—										Svent +		
Van KOETVELD	1955	—	—	—								+				
BARTLETT et coll.	1957	—	—	—	=	=			+	+				Svent +	=	Ac. urique et créatinine +
SEEKLES	1958	—	—	—			+							Svent +	—	N résiduel +
Présente étude .		—	—	—	=	=	=	=								

2. — Analyse des poils

Nous avons prélevé les poils du toupet des six vaches examinées le 6 mai, et nous en avons fait l'analyse après lavage au lauryl sulfate d'ammo- 61

nium. Les résultats sont donnés dans le tableau n° 3. Les normes de composition du poil résultent en partie de données non encore publiées, recueillies sur une population de vaches françaises frisonnes de la Meuse pendant toute l'année.

TABLEAU N° 3 - Composition minérale des poils (pour 1.000).

VACHE	Ca	P	Mg	Na	K
<i>Lucrèce</i>	2,07	0,22	0,33	0,06	0,05
<i>Opale</i>	2,02	0,29	0,36	0,08	0,07
<i>Nulle</i>	1,83	0,20	0,33	0,06	0,07
<i>Etoile</i>	2,73	0,29	0,34	0,04	0,04
<i>Cyrène</i>	3,06	0,26	0,41	0,05	0,10
<i>Lourdaude</i>	1,71	0,22	0,30	0,03	0,04
Moyenne	2,24	0,247	0,345	0,053	0,062
Moyenne normale ...	2,64	0,192	0,414	0,062	0,106
Signification de la différence	N.S.	1 %	N.S.	N.S.	5 %

TABLEAU N° 4 - Analyse des fèces (pour 1.000 de la matière sèche).

VACHE	Ca	P	Mg	Na	K
<i>Lucrèce</i>	6,94	4,42	5,3	0,15	2,68
<i>Opale</i>	8,24	6,43	4,7	0,50	4,37
<i>Nulle</i>	8,32	12,2	6,3	0,50	9,57
<i>Etoile</i>	6,11	9,68	3,3	2,64	12,97
<i>Cyrène</i>	6,94	6,95	2,6	3,68	17,65
<i>Lourdaude</i>	7,20	10,05	2,2	6,23	9,72
Moyenne et écarts maximum normaux (95 %)	25 (9 à 40)	10 (3,6 à 16,8)	6 (5 à 7)	1,2 (0,3 à 3)	3 (0,6 à 8)

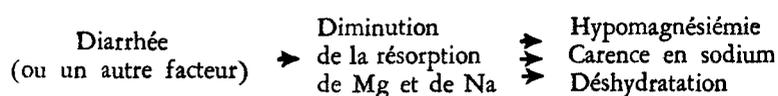
On constate une légère baisse, non significative de Ca, Mg et Na, et surtout une baisse, à la limite de signification de 5 % de K, en rapport avec la tendance à la baisse du K plasmatique et qui la confirme et, enfin, une nette élévation de P, significative à 1 %, vraisemblablement en rapport avec un trouble thyroïdien ayant lui-même tendance à rendre le bilan de Ca négatif, celui de P positif et le bilan de Mg négatif.

3. — *Analyse des fèces :*

La diarrhée de mise à l'herbe n'a pas semblé avoir une intensité particulière, par rapport aux autres années ; il est cependant possible qu'elle ait contribué à provoquer les accidents par suite de l'inhibition de la résorption intestinale des minéraux qu'elle risque de provoquer.

A titre d'indication générale, nous avons dosé les minéraux contenus dans les fèces des six bovins auxquels nous avons fait des prélèvements de sang le 6 mai (tableau 4). L'examen de ces analyses montre des valeurs normales de P, un net abaissement de Ca, qui atteint des valeurs de carence, une élévation des teneurs en Na et K, certainement en rapport avec la perte ionique classique dans les diarrhées profuses (syndrome de déshydratation). Par ailleurs, si cette forte teneur en K ne semble pas devoir tirer à conséquence, il est probable que la perte fécale de sodium a une importance, puisque, comme nous le verrons plus loin, les apports en cet élément sont déjà déficients. Les teneurs en Mg sont, soit normales, soit abaissées ; il est à noter une tendance à une relation inverse entre le magnésium du sérum et celui des fèces ($r = -0,747$, limite de signification 5 % $-0,810$) qui semble indiquer que l'hypomagnésiémie est en partie conditionnée par une inhibition de la résorption intestinale. De même, il y a une tendance à une relation entre Mg des fèces et matière sèche du plasma ($r = -0,618$, non significatif). On remarquera également la relation négative entre le Na du poil et celui des fèces ($r = -0,836$ significatif à 5 %) qui semble dépendre de l'aggravation de la carence sodique par la diminution de la résorption. Le faible nombre de données permet évidemment difficilement d'obtenir des corrélations significatives.

Ces résultats pourraient se traduire par le schéma :



C — Le sol

Il s'agit d'un sol de nature argilo-calcaire sur calcaire grossier, la profondeur de la couche arable est de 20 à 40 cm, la perméabilité est très grande (nappe d'eau à 30 m environ).

Analyse physique :

Argile	18 %
Limon	22 %
Sable fin	40 %
Sable grossier	6 %

Analyse chimique :

Carbonate de Ca total ..	12 à 25 %
pH	7,2 à 7,5
P	15 à 30 mg/l de solution de sol (Méthode Barbier)
K	40 à 75 mg/l de solution de sol (Méthode Barbier)
N	1,84 à 2,44 mg/l de solution de sol (Méthode Barbier)

Fumure de fond : 80 unités d'acide phosphorique et 80 unités de potasse par hectare, le 15 février.

Fumure azotée : 54 unités d'azote par hectare, le 21 mars.

Ces chiffres ne présentent donc aucun caractère exceptionnel.

Les pâtures broutées par le groupe des jeunes (indemne) avaient reçu :

le 15 février : 72 unités de P₂O₅ et 72 de K₂O ;

le 17 mars : 34 unités de N.

54 Soit des chiffres à peine plus faibles en P₂O₅ et en K₂O et sensiblement inférieurs en N.

T é t a n i e

D — Les conditions alimentaires

La ration d'hiver comportait, avant la mise à l'herbe, par vache et par jour, 20 kg d'ensilage de maïs, 20 kg de betteraves fourragères et 5 kg de foin de luzerne grossier, ceci pour les vaches donnant 10 l de lait par jour au moins. Les vaches dont la production était supérieure recevaient en plus 1 kg d'aliment complémentaire granulé (de formule commerciale classique) par 2 l de lait au-delà de 10 l. Les apports en éléments minéraux et organiques ont été calculés d'après les tables (il ne restait plus d'échantillons de la ration d'hiver), sauf en ce qui concerne l'aliment complémentaire, qui a été analysé du point de vue minéral.

Comparée aux besoins des animaux, cette ration apparaît comme assez largement calculée, avec un rapport Ca/P un peu élevé, mais restant dans des limites acceptables.

La ration à l'herbage : le tableau n° 5 donne la composition de l'herbe consommée par les animaux, ainsi que la composition minérale du complément de paille mélassée donné à toutes les vaches à raison de 2 kg par jour. Le dactyle tardif est une variété danoise (Roskilde II) sur laquelle se sont

TABLEAU N° 5 - Analyse de l'alimentation à l'herbage (pour 1.000).

Produit analysé	Date du prélèvement	Mg	Ca	P	Na	K	M.S.	N. total	N. digestible
Dactyle tardif (Roskilde II)	2 mai	0,22	0,75	0,66	0,12	5,22	170,6	2,08	1,27
Le même	6 mai	0,22	0,68	0,60	0,11	5,37	185,8	1,96	1,40
Fétuque	2 mai	0,25	1,07	0,80	0,11	4,97	157,4	2,92	2,15
Ray-grass Italie (témoin)	4 mai	0,19	1,20	0,63	0,07	4,78	143,2	2,45	1,89
Dactyle moyen (témoin)	4 mai	0,22	0,91	0,69	0,12	5,71	171,0	3,22	2,69
Paille mélassée		0,39	2,20	1,70	7,04	26,80			

produits les accidents tétaniques le 2 mai, la fétuque est celle que le troupeau à tétanie pâtura du 7 au 19 avril, le ray-grass d'Italie et le dactyle moyen furent pâturés par le troupeau des jeunes (sans tétanie).

Les caractéristiques essentielles qui s'en dégagent sont :

- une faiblesse générale en matière sèche ;
- des teneurs en Mg considérées comme normales (par rapport à la matière sèche) ;
- des teneurs en Na constamment faibles et en K constamment élevées (herbes tétanigènes et témoin) ;
- une teneur en Ca nettement plus faible dans le fourrage incriminé ;
- des teneurs en N total et N digestible voisines de la normale. Ces teneurs, quoique rares dans les prairies tétanigènes, ne sont pas exceptionnelles.

A la suite d'une étude méthodologique, faite en 1958, les productions des prairies en matière sèche sont estimées, à Grignon, de la façon suivante. Six prélèvements, de 2 m² chacun, sont faits à la moto-faucheuse dans chaque parcelle avant le passage des animaux. L'herbe ainsi récoltée est immédiatement pesée. Pour chaque prélèvement, un échantillon de 200 g est mis de côté et placé dans une étuve à 105°, jusqu'à dessiccation complète. Les coefficients de variation obtenus avec cette méthode sont de l'ordre de 25 %. Avec des surfaces de prélèvement doubles le coefficient de variation est de l'ordre de 20 %. Cette légère augmentation de précision ne justifie pas une augmentation de la surface des parcelles de prélèvement.

L'estimation des refus est faite suivant la même méthode, mise en œuvre immédiatement après le retrait des animaux de la pâture.

L'évaluation de la quantité de matière sèche consommée résulte de la différence entre les deux estimations. Elle est aléatoire mais donne un ordre de grandeur valable.

La figure n° 1 représente parallèlement l'évolution de la lactation globale, la courbe de la quantité de matière sèche d'herbe consommée par animal et par jour, et l'évolution des apports exprimés en % des besoins ; ceux-ci ont été calculés pour une vache produisant 16 l au moment de la mise à l'herbe, compte tenu de l'augmentation moyenne de la production après celle-ci, de l'apport de paille mélassée et de la dépense d'énergie supplémentaire que représente le fait de pâturer, dépense que l'on peut estimer au moins à

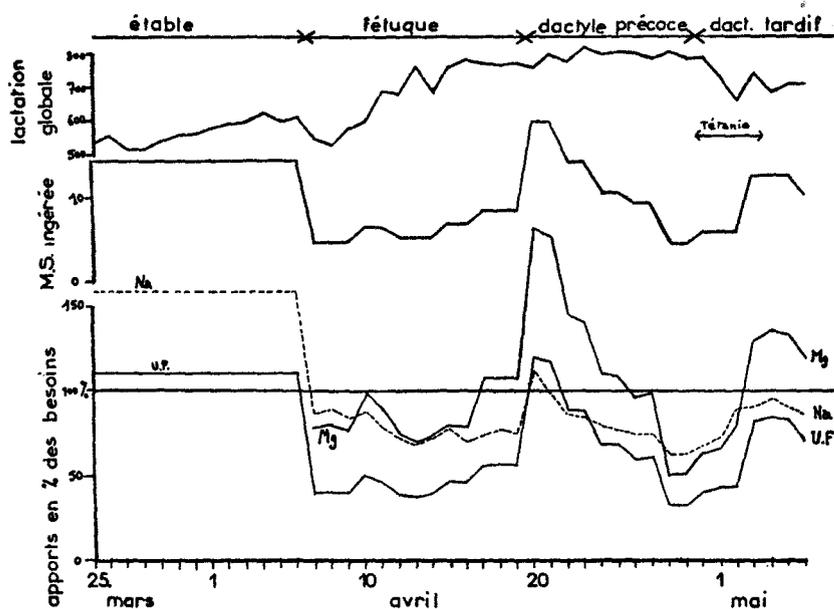


FIG. 1.

1,4 U.F. Pour ne pas trop encombrer la figure, nous nous sommes limités à la représentation des apports en U.F., Na et Mg. La courbe de Ca et P suit d'assez près celle de Mg, les apports en K représentent environ trois fois les besoins avec la ration d'hiver et 3 à 6 fois les besoins après la mise à l'herbe.

Le fait dominant est un effondrement des apports énergétiques, qui couvrent à peine 50 % des besoins dans la période du 7 avril au 6 mai et, au moment de la crise de tétanie, peuvent tomber à 30 % des besoins. En ce qui concerne les apports minéraux, nous ne disposons pas de dosages du dactyle précoce S 37, et nous lui avons arbitrairement donné une teneur minérale moyenne; en fin de compte, l'examen des chiffres montre que

cette donnée arbitraire ne modifie pas beaucoup l'ensemble des résultats, car les variations dans les apports minéraux ont beaucoup plus été sous la dépendance de la quantité d'herbe consommée que de la teneur en minéraux des herbes.

On remarque donc que les apports en P et Ca semblent tout juste suffisants, ainsi que les apports en Mg ; mais les normes établies par Blaxter et Mc Gill pour le magnésium, et qui sont utilisées ici, supposent une assimilation de 33 % du Mg alimentaire, chiffre qui est à peine atteint avec une ration d'étable, mais qui diminue beaucoup avec de l'herbe fraîche ; FIELD et coll. constatent, dans ce cas, une utilisation de 16 à 18 % chez le mouton, tandis que ROOK et coll. observent chez la vache une utilisation de 26 à 29 % sur une ration d'hiver du même type que celle de Grignon (foin, ensilage, concentrés), qui passe à 17-18 % avec de l'herbe fraîche. Il est vraisemblable que le coefficient doit être encore inférieur avec une herbe très jeune. On se trouve donc en période de carence en Mg et de sous-alimentation, conditions suffisantes pour provoquer la tétanie, ainsi que l'ont montré ENDER et coll. A ceci vient se superposer une carence nette en Na, aggravée par l'importance de l'élimination fécale, et une carence assez nette en M.P.D.

La consommation de matière sèche de l'herbe peut tomber dans ces conditions à 4 kg par jour en moyenne, ce qui signifie que bien des animaux n'atteignent pas ce chiffre.

Les raisons de cette diminution de consommation sont complexes : les conditions climatiques interviennent pour une large part, ainsi que nous le verrons plus loin, mais l'effondrement progressif de la consommation sur dactyle S 37 n'est pas entièrement explicable par la météorologie ; il semble y avoir un dégoût progressif de l'herbe. Nous pensons que l'herbe très jeune, et qui de surcroît a été très arrosée, contient trop peu de fibre pour permettre une rumination normale, et que peu à peu les troubles de la rumination s'aggravent, avec une inappétence de plus en plus marquée. La carence marquée en Na peut jouer en aggravant l'inappétence, et en diminuant les facultés d'assimilation. Les fluctuations de consommation n'ont jamais dépendu de la quantité d'herbe disponible, mais uniquement du taux d'utilisation de la prairie. On comprend, dans ces conditions, que la tétanie d'herbage soit souvent en relation avec la rotation des pâturages dans les systèmes où les animaux mangent de l'herbe très courte avec des passages rapides qui les amènent à ne consommer que la pointe de l'herbe. D'ailleurs, dès que fut

organisée la campagne en faveur de la production fourragère, les chercheurs de l'I.N.R.A. (REBISCHUNG, JARRIGE, FAUCONNEAU, etc.) et les chargés de mission du Ministère de l'Agriculture (Der KHATCHADOURIAN, MAHOU, BARAT, etc.) ont attiré l'attention des éleveurs sur la nécessité de mettre à la disposition du bétail une herbe « au stade de croissance correspondant aux besoins des animaux ».

E — Conditions climatiques

La simultanéité du déclenchement de la tétanie à Grignon et chez des bovins à l'engrais sur prairie naturelle à quelques kilomètres de là nous amène à envisager un rôle important de la météorologie. L'année 1959 semble d'ailleurs avoir été propice à l'apparition de la tétanie, puisque nous avons eu des échos de sa manifestation dans plusieurs points de la Normandie. Plusieurs auteurs ont signalé l'association très fréquente d'un temps pluvieux, froid (température inférieure à 14°) et venteux, avec l'apparition de la tétanie d'herbage, et ceci au point qu'en Hollande les services météorologiques officiels avertissent les éleveurs lorsque le temps semble devoir favoriser l'écllosion de cette maladie. Il ne semble pas, toutefois, que l'on ait mis en évidence le mécanisme de cette relation. Dans certaines circonstances, au contraire, il peut y avoir association de la tétanie avec une température élevée.

Les chiffres dont nous ferons état ici sont ceux enregistrés régulièrement par le poste météorologique de l'Ecole de Grignon, qui se trouve précisément situé à 200 m environ du pâturage tétanigène. La température moyenne du mois d'avril 1959 (10°3) fut légèrement supérieure à la moyenne habituelle (7°8, avec des extrêmes de 6°5 et 11°7). On ne note qu'une baisse de température assez modeste dans la période qui précède les accidents. Par contre, la pluviosité eut un caractère plus prononcé que d'habitude ; en effet, au cours des onze années précédentes, la pluviosité moyenne en avril fut de 29,7 mm, la pluviosité maximum étant 54,5 mm en 1953. Or, pendant le mois d'avril 1959, il est tombé 59,8 mm d'eau et, entre le 26 avril et le 2 mai (jour des accidents graves), il a plu tous les jours, la quantité totale d'eau représentant 41,1 mm, soit 61 % des précipitations entre le 1^{er} avril et le 2 mai. La figure n° 2 représente, jour par jour, entre le 11 avril et le 5 mai :

1° la température maximum, moyenne et minimum, 2° la hauteur de pluie tombée, 3° la durée d'ensoleillement en heures, 4° le coefficient d'utilisation des pâturages (herbe consommée en % de l'herbe disponible).

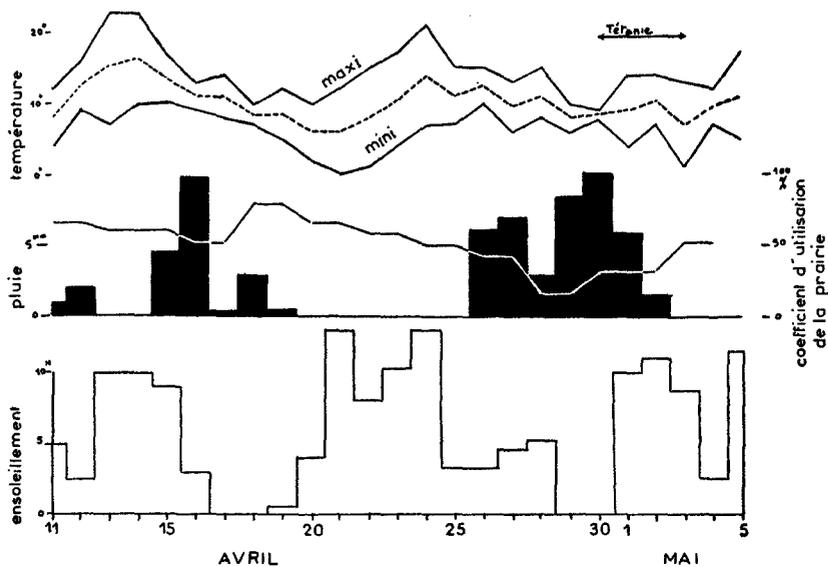


Fig. 2

Le calcul fait apparaître une corrélation importante entre la quantité de pluie et le coefficient d'utilisation ($r = -0,550$, significatif à 1 % ainsi qu'entre la quantité de pluie et la quantité de matière sèche ingérée ($r = -0,645$, significatif à 5 %) ; par contre, la durée d'ensoleillement est sans action. Ceci démontre que la pluie diminue l'intensité du pâturage et, par là même, l'ingestion globale de matière sèche, les variations de cette dernière étant commandées pour 22 % (soit le carré du coefficient de corrélation) par la quantité de pluie. En fait, le climat doit déterminer l'ingestion de matière sèche dans une proportion plus forte, puisqu'il est peu vraisemblable que ce soit la hauteur d'eau tombée qui entraîne la réduction de la consommation, mais plutôt un paramètre en relation avec la quantité de pluie, peut-être sa durée (si la réduction de consommation correspond à une diminution de la durée de pâture), ou l'humidité de l'herbe (puisque selon MOTT, les bovins préfèrent brouter les associations de plantes aux endroits secs qu'aux endroits

humides), ou par une action sur l'appétivité des herbes. On peut écarter l'hypothèse d'un rôle important des modifications de la teneur en matière sèche de l'herbe, puisqu'elle varie dans des proportions bien moindres que la consommation. Cependant, il y a quand même un rôle des conditions atmosphériques au niveau de la composition de l'herbe (croissance rapide avec faible photosynthèse, d'où un résidu azoté non élaboré important ; on peut comparer, à ce sujet, l'analyse de l'azote total et de l'azote digestible dans le même dactyle à quatre jours d'intervalle avec beau temps (tableau n° 6) ; l'azote total n'a pas changé, mais l'azote digestible s'est accru). De même, les circonstances atmosphériques agissent aussi au niveau du métabolisme des bovins ; le froid entraîne une baisse de Mg sérique, des exigences énergétiques accrues, une sécrétion accrue de thyroxine, d'où une tendance à un bilan calcique négatif.

F — Importance de la lactation

Nous avons constaté une corrélation significative à 5 % ($r = -0,816$) entre la lactation individuelle des animaux, le 16 avril, et leur taux de Mg sérique, le 2 ou le 6 mai. Il nous semble évident que cette relation inverse est en rapport avec les besoins plus ou moins importants selon l'intensité de la lactation.

II — DISCUSSION

A — Etiologie

Les cas examinés correspondent parfaitement aux descriptions classiques de la tétanie d'herbage, à la fois par les circonstances d'apparition, les symptômes cliniques et la composition du sang. Nous voudrions maintenant confronter nos observations avec quelques hypothèses classiques sur l'étiologie de la tétanie d'herbage.

Il est incontestable que le syndrome lui-même est essentiellement causé par l'hypomagnésiémie, associée ou non à l'hypocalcémie ; nous pensons avec BLAXTER et Mc GILL que l'hypomagnésiémie résulte de deux phénomènes conjoints : une insuffisance des apports (ou incapacité à utiliser ces apports) et des troubles de la mobilisation des réserves osseuses. Seuls, de tels troubles peuvent expliquer le développement du syndrome après seulement 24 à 48 heures de pâturage comme cela se produit parfois.

1. — Carence en magnésium.

L'existence d'une carence absolue en Mg est rarement soutenue ; en effet, il arrive souvent que les fourrages tétanigènes contiennent plus de Mg

que les témoins. Cependant, en Norvège, il a été démontré que la carence en Mg avait, dans les circonstances propres à ce pays, un rôle important en même temps que le manque d'aliments énergétiques. Il est certain que la carence est surtout conditionnée par une réduction importante de l'assimilation intestinale, mais nous avons pu montrer que, dans les jours qui précèdent la maladie, l'absorption de nourriture diminue de telle façon qu'il y a aussi carence absolue.

2. — *Manque d'aliments énergétiques.*

C'est de loin le phénomène majeur constaté dans notre observation. D'autres auteurs que les Norvégiens ont reproduit la tétanie d'herbage en diminuant la ration ; et on peut se demander si l'affirmation de SEEKLES, selon lequel « on peut, aux Pays-Bas, exclure l'insuffisance de calories comme cause possible de la tétanie de nutrition », repose sur des mesures de consommation réelle au pâturage, ou sur l'estimation de la quantité d'herbe mise à la disposition des animaux. On a, en effet, voulu faire de la tétanie par manque de calories un cas particulier à la Norvège en temps de guerre, où le manque de fourrage consécutif aux réquisitions militaires amena les éleveurs à nourrir les vaches avec un mélange à base de cellulose et de farine de hareng, mélange déficient à la fois en énergie et en Mg ; il se produisit consécutivement un grand nombre de tétanies à l'étable. Mais les observations que nous citons montrent nettement que, sur une prairie à première vue satisfaisante, les animaux peuvent avoir un déficit énergétique allant jusqu'à 70 % (voire plus, si la ration n'est pas supplémentée), chiffre supérieur aux déficits utilisés par les auteurs norvégiens pour provoquer expérimentalement la tétanie (10 à 50 %).

Nous pensons que cette baisse de consommation peut jouer en entraînant :

- a) une diminution du Mg ingéré ;
- b) une acidose métabolique avec ou sans acétonémie, qui semble pouvoir interférer avec le métabolisme du magnésium ;
- c) éventuellement, la diminution de la flore du rumen d'où impossibilité du remaniement des métabolites azotés toxiques.

3. — *Toxicité des métabolites azotés :*

Les premiers travaux incriminèrent notamment les nitrates, les protéines, la guanidine, l'histamine ; cependant, les dosages d'histamine ne don-

ment rien de bien net, la guadine ne semble pas interférer avec Ca et Mg et l'intoxication par les nitrates entraîne des symptômes très différents de la tétanie ; RATHJE, étudiant la teneur en nitrates des herbes tétanigènes, ne trouve une teneur accrue que dans les pâtures où les symptômes ont été très violents. CYAERT analyse des herbes tétanigènes de la Campine anversoise et trouve des teneurs en protéines élevées (15,8 à 23,1 % contre 13 à 16 % normalement) ; en fait, il s'agit de teneurs en azote total, et la teneur réelle en M.P.D. n'est pas précisée. Les travaux des chercheurs de Reading mettent en cause l'ammoniaque dont l'excès peut empêcher la fixation de Mg par l'intestin. L'addition de sels d'ammonium à la ration de fourrage vert aggrave la baisse du Mg sérique et diminue sa rétention ; cependant, selon HATHAWAY et CHESNIN, de jeunes bovins pâturant pendant 130 jours sur des bromes ayant reçu du nitrate d'ammoniaque à la dose énorme de 830 unités d'azote par hectare ne montrèrent aucun symptôme ; il est possible, ainsi que nous le verrons plus loin, que la jeunesse même de ces bovins leur ait permis de mobiliser assez facilement leurs réserves de Mg.

Il semble que l'on puisse conclure provisoirement que certains métabolites azotés, non encore parfaitement identifiés, exercent une action spécifique sur le métabolisme du magnésium, et que cette toxicité est renforcée par le manque de calories.

4. — *L'équilibre minéral.*

On a, dès le début, mis en cause dans la tétanie un déséquilibre minéral, en dépit des résultats assez discutables des analyses.

K

a) Le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$: la théorie a pris son aspect le plus codifié

avec les recherches de T'HART et KEMP en Hollande, dont les conclusions sont fondées sur une étude statistique de la composition minérale des herbages

K

plus ou moins tétanigènes ; pour ces auteurs, le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ de la prairie

(exprimé en milliéquivalents) est le facteur déterminant ; lorsqu'il s'élève au-dessus de 1,8, on commence à observer quelques cas de tétanie, mais c'est à partir de 2,2 que l'incidence de la tétanie devient forte (5 %), et quand ce rapport devient supérieur à 3, on constate plus de 17 % de cas. Un auteur belge (VERDEYEN) exprime différemment la même opinion

en proposant comme expression de l'activité tétanigène d'un fourrage sa teneur en « potasse non antagonisée » c'est-à-dire la différence $K_2O - (CaO + MgO)$, tandis qu'un autre auteur hollandais (BROUWER) considère que le critère de l'herbe tétanigène est la différence élevée entre « alcalinité alcaline » et « alcalinité alcalino terreuse », soit

$$(K + Na - Cl - S) - (Ca + Mg - P),$$

les principales déviations de cet équilibre étant dues au potassium.

Calculé selon T'HART, le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ des herbes que nous avons

analysés fut pour la fétuque (7 au 19 avril) de 1,74 ; pour le dactyle tardif consommé à partir du 30 avril, de 2,40 (le 2 mai) et de 2,63 (le 6 mai) ; les deux fourrages témoins donnèrent pour le ray-grass d'Italie un rapport de 1,62 et pour le dactyle moyen un rapport de 2,29. On peut difficilement interpréter ces chiffres comme une confirmation ou une infirmation de la théorie, puisque si l'une des prairies tétanigènes a effectivement un rapport élevé, les courbes de consommation montrent que les troubles ont commencé

bien avant avec des herbes à $\frac{K}{Ca + Mg}$ de 1,7 ; tandis que le dactyle moyen

brouté par le troupeau témoin (indemne) présente un rapport de 2,3, qui aurait dû entraîner une fréquence de tétanie élevée (de l'ordre de 5 %).

De plus, un nombre considérable de faits expérimentaux s'inscrivent à

l'encontre de cette théorie. Il se pourrait que le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ de l'herbe

ne soit qu'une épiphénomène, dont l'élévation caractériserait le type métabolique de l'herbe très jeune qui a poussé dans des circonstances particulières (pluies abondantes, ensoleillement faible, etc.), ne contient que très peu de fibres et rend par suite la rumination difficile, et peut contenir des métabolites azotés toxiques, ce dernier point ne semblant pas indispensable, mais pouvant, dans certains cas, être prépondérant.

b) Le rapport Ca/P : Bien qu'on n'ait pas de preuves d'un contrôle endocrinien du métabolisme du magnésium, la relative coïncidence des aires à tétanie et des aires à fièvre vitulaire nous incline à penser que les para-

thyroïdes peuvent jouer un rôle, notamment en ce qui concerne les possibilités de mobilisation du Mg osseux. Chez le veau, 60 % du Mg osseux peut être mobilisé tandis que chez l'adulte, seule une fraction beaucoup plus faible l'est ; il est vraisemblable que chez l'adulte le Mg osseux ne peut être libéré d'une façon simple (équilibre avec le plasma), mais que sa mise en circulation nécessite une ostéolyse parathyroïdienne. ENDER et coll. ont montré qu'un régime à Ca/P élevé pendant une longue durée peut inhiber de façon durable les parathyroïdes et que, pour des raisons encore inconnues, le passage à un régime à Ca/P faible après le vêlage entraîne des accidents vitaux. On peut concevoir l'hypothèse d'un tel défaut de mobilisation magnésienne (et calcique par la même occasion). Dans le cas que nous avons étudié, le rapport Ca/P passait ainsi de 2,9, pendant tout l'hiver, à 1,3 puis 1,1.

c) Le sodium : La carence en Na apparaît comme très nette de par la comparaison entre les besoins et les apports. La teneur élevée des fèces en Na suggère même que cette carence est encore plus sérieuse qu'il ne semblerait à première vue. SJOLLEMA a émis l'hypothèse du rôle favorisant de la carence en Na dans la tétanie et aurait obtenu quelques résultats prophylactiques par administration de sodium, résultats qui n'ont pas été confirmés ultérieurement. Il n'est pas exclu, cependant, que le rôle favorisant de Na sur l'assimilation intestinale en général puisse jouer. De toute façon, nos chiffres montrent qu'il est très utile, surtout sur un pâturage jeune, d'administrer un complément alimentaire de sodium, ne serait-ce que par crainte que le sodium puisse devenir un facteur limitant de la production laitière.

5. — *Les graminées.*

C'est un fait bien connu que la tétanie d'herbage apparaît surtout sur pâturage de graminées. Selon De VRIES, la magnésémie des bovins au pré remonte nettement sur un pâturage riche en trèfle pour diminuer à nouveau sur culture pure de graminées. Pour cet auteur, cette action s'expliquerait par la valeur biologique des protéines des légumineuses, et par le fait qu'elles ne contiendraient pas les mêmes produits azotés non élaborés que les graminées. On peut aussi remarquer que le trèfle blanc est normalement riche en Mg et que la variété dans l'alimentation doit exercer un effet non négligeable sur l'appétence.

Le troupeau qui eut de la tétanie était sur prairie artificielle de graminées (fétuque puis dactyle) de souches pures, tandis que le groupe sans

tétanie était sur un dactyle d'origine commerciale (mélange de souches) semé il y a trois ans et déjà quelque peu enherbé. Cependant, la maladie s'est aussi manifestée dans la région sur prairie naturelle et elle a également été signalée dans les mêmes conditions en Angleterre.

6. — *Facteurs individuels.*

Nous avons vu le rôle d'une lactation abondante dans l'hypomagnésémie ; le rôle de l'âge semble également déterminant. On sait que le squelette contient environ 70 % du Mg de l'organisme, sous forme de carbonate amorphe fixé à la périphérie des cristaux d'hydroxyapatite. Ce dépôt magnésien est assez facilement mobilisable chez le jeune, par un simple phénomène d'équilibre avec le plasma, sans qu'il semble y avoir intervention d'un mécanisme endocrinien ; chez le veau, 60 % du Mg est mobilisable en cas de carence. Chez l'adulte, une fraction beaucoup plus faible du Mg osseux est mobilisable par ce phénomène et la majeure partie du squelette ne prend pas part à ces échanges ; chez les bovins morts de tétanie, la teneur des os en Mg est inchangée. On comprend que la maladie frappe plus volontiers les adultes.

Par ailleurs, on sait que la thyroxine entraîne un bilan négatif de Ca et Mg, et MEYER et SCHMIDT ont montré que des injections répétées de thyroxine entraînent une baisse du Mg sérique. On peut mettre ces résultats en parallèle avec la constatation d'une activité thyroïdienne importante chez les grandes laitières et la fréquence de la maladie chez ces animaux.

B — **Prophylaxie**

La première idée qui vient à l'esprit est de donner plus de Mg, puisque sa digestibilité diminue. De nombreux auteurs ont démontré qu'il est possible de provoquer l'augmentation du Mg des herbages par application de dolomite ou mieux de SO_4Mg . Cependant, on ne peut considérer que les herbes tétanigènes sont carencées en Mg, puisque leur taux de Mg est normal, et l'épandage de Mg n'augmente pas le rendement. De plus, les auteurs ne sont pas très affirmatifs quant à l'effet prophylactique d'une teneur en Mg plus élevée des herbes : si BARTLETT et coll. trouvent un effet significatif, les mêmes auteurs concluent qu'il faut des quantités massives de Mg pour parvenir à un résultat. De même, STEWARD et REITH et PARR et ALLCROTT bien qu'ayant enregistré quelques résultats, ne sont pas formels quant à l'utilité de la méthode. Il semble que la conclusion à en tirer soit que le prix de revient est trop élevé pour le résultat obtenu, aussi a-t-on été amené à envi-

sager l'administration directe de Mg aux vaches. L'une des premières applications fut faite en Norvège par BREIREM et coll., mais le travail expérimental essentiel fut réalisé à une grande échelle par SEEKLES et BOOGAERDT qui ont pu montrer que l'administration quotidienne de 50 g de Mg O sous forme de tourteau contenant 7,5 % du produit entraîne une diminution du nombre des cas de tétanies, qui passe de 4,25 à 1,10 %. Ces résultats ont été dans l'ensemble confirmés mais on a également montré qu'un simple supplément de tourteau pouvait diminuer significativement la tétanie, quoique dans des proportions moindres, ce qui ne doit pas tellement étonner quand on songe au rôle important du manque d'aliments énergétiques dans l'étiologie de la maladie. Il est donc probable que le supplément de tourteau administré par SEEKLES et BOOGAERDT intervient aussi pour une part dans la protection obtenue.

Il convient néanmoins de remarquer qu'il s'agit là d'un palliatif intéressant, mais qui ne constitue pas une solution au problème lui-même. Cette solution ne sera trouvée que lorsqu'on aura une connaissance plus profonde de la maladie.

Provisoirement, les règles suivantes peuvent être suggérées :

— Attendre (dans la mesure du possible) pour sortir les vaches que l'herbe ait une teneur en cellulose et une longueur suffisantes (il serait évidemment utile de déterminer avec précision les critères d'une herbe suffisamment mûre, puisque des critères biochimiques tels que le rapport

K

— ne donnent pas une indication d'une constance suffisante).

Ca + Mg

— Eviter (toujours dans la mesure du possible) de mettre les vaches à l'herbe lorsque le temps est défavorable (pluies abondantes), et surtout sur prairies temporaires de graminées.

— Eviter les rotations trop rapides qui amènent les animaux à ne manger que la pointe de l'herbe.

— Préférer les associations fourragères aux cultures monospécifiques ou organiser le pâturage de façon que les animaux aient accès quelques heures par jour à une prairie permanente.

— Eviter, au printemps, la présence continuelle des animaux sur la pâture, pour ne pas laisser les vaches exposées en permanence aux intempéries. Dans ce but, il peut être intéressant de disposer d'un parc de repos abrité où on

puisse mettre à la disposition des animaux, à discrétion, du fourrage sec — même grossier — leur permettant de compléter, éventuellement, leur alimentation en lest et en matériaux énergétiques.

— Bien répartir dans le temps l'épandage des engrais azotés ; c'est leur emploi massif au début du printemps qui semble avoir des effets néfastes, bien plus que la quantité totale qui peut être élevée sans inconvénient, si elle est correctement distribuée au cours de l'année.

J. LADRAT - P. LARVOR et M. BROCHART

(I.N.R.A. — Laboratoire de la Chaire de Zootechnie de l'Ecole Nationale de Grignon et Service de Nutrition Minérale rattaché à la Chaire de Zootechnie de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort).