

Données récentes touchant à la Nutrition et appliquées à l'alimentation animale

par R. FERRANDO

Agrégé des Écoles Vétérinaires. — Docteur ès Sciences

Il y a eu, depuis quelques années, tant de découvertes aux résultats aussi rapidement qu'empiriquement appliqués à l'alimentation des animaux domestiques, que dresser leur catalogue plus ou moins critique paraît à première vue chose aisée. Agir ainsi serait pourtant aller à l'encontre d'une bonne pratique de l'alimentation. Celle-ci, tout en s'adaptant aux conditions de la technique courante, doit en effet ne jamais perdre de vue les grandes règles, à base surtout physiologiques et biochimiques, qui l'inspirent à partir de sa science mère : la nutrition. Ce serait alors tomber dans le travers de ces *digests* générateurs de tant de maux. Ce serait surtout risquer d'induire en erreur nos confrères et, au-delà, éleveurs et industriels souvent enclins à croire à l'existence de produits miracles grâce auxquels ils estiment pouvoir négliger des règles classiques dont on oublie, hélas ! qu'elles ont fait leurs preuves depuis longtemps. L'époque semble être passée où la réflexion permettait de tempérer les excès d'une vulgarisation qui était d'ailleurs loin d'être aussi dangereuse qu'aujourd'hui. C'est à ce propos que, dans un des derniers numéros de *La Nef* consacré à « La Science et l'Homme », M. André Lichnerowicz s'élève avec raison contre « des articles de vulgarisation scientifique où certains résultats sont développés « souvent avec le goût de l'escroquerie de l'esprit, « parfois aussi d'une manière sérieuse mais avec « une curieuse manie : l'accent est mis sur les « prodiges des résultats scientifiques de façon à « provoquer un certain type d'étonnement béat. Il « se développe ainsi une conception magique de « la Science qui, aux Savants, paraît à la fois extrêmement fausse et extrêmement dangereuse. La « Science n'y apparaît que comme la collection « des pouvoirs mystérieusement donnés à la Société « des humains par une confrérie très secrète et « très prestigieuse de sorciers ».

Il nous faut donc avant tout éviter ce piège. Cela ne doit pas pour autant nous faire négliger de parler ici de quelques découvertes dont certaines, il

convient de l'avouer, méritent plutôt le nom d'observations. Leur rappel facilitera singulièrement notre tâche. Avant tout il nous aidera à souligner, qu'en Nutrition, le plus grand mérite de notre époque est d'avoir montré l'importance des notions d'équilibre et de rapports des divers éléments nutritifs entre eux et avec l'être vivant, aboutissant au concept d'efficacité alimentaire. Il faut aussi noter, c'est un fait trop souvent oublié, **que la ration la plus efficace doit demeurer celle joignant à cet équilibre : économie et totale innocuité pour l'animal, sa descendance éventuelle et, bien entendu, le consommateur.** Il nous a paru essentiel de nous inspirer de ces idées pour traiter ce sujet et éviter de tomber à notre tour dans cette erreur d'une vulgarisation relevant plus de la *science fiction* que de la science.

Ces réserves faites, examinons les principaux domaines dans lesquels, à la suite de découvertes ou d'observations, on a cru pouvoir effectuer certains rapprochements générateurs d'applications plus ou moins rentables aux techniques de l'alimentation animale.

Trois grands chapitres sont à retenir :

— Le premier chapitre relève de l'endocrinologie. Celle-ci met à la disposition de l'éleveur, pour faciliter sa tâche, des hormones et antihormones, adjuvants non alimentaires de la ration. Pour le zootechnicien, cette science a le mérite de mettre l'accent sur divers aspects de la **constitution** de l'être vivant en vertu desquels celui-ci réagira plus ou moins bien et plus ou moins vite aux conditions extérieures parmi lesquelles le régime alimentaire tient une grande place.

— Le second chapitre implique un autre rapport : celui de l'hôte et des micro-organismes qu'il héberge. Ce chapitre est aussi vaste que le précédent. Il est cependant plus riche d'applications pratiques. Il relève de la bactériologie.

— Le troisième chapitre est immense. Il implique l'étude des divers aliments et des rapports qu'ils doivent avoir d'une part les uns avec les autres,

d'autre part avec l'organisme animal. Il conditionne cet équilibre alimentaire dont nous parlions plus haut et dont toute rupture risque, à plus ou moins longue échéance, d'entraîner un déséquilibre cellulaire. Il est à la base de l'efficacité de la ration qui doit s'adapter exactement, compte tenu de certaines marges de sécurité, aux exigences de celui qui la consomme, de ses productions et de ses divers états. Il relève en très grande partie de la biochimie et de la biologie.

Mais ces trois chapitres demeurent liés et cette interdépendance, souvent étroite, apparaît peut-être comme la grande découverte de l'alimentation.

Ainsi compris, le sujet à traiter est vaste. Chacun de ces chapitres peut à lui seul donner lieu à un ou même à plusieurs développements. Nous nous efforcerons d'envisager la question de très haut nous bornant, pour une meilleure compréhension, à rappeler parfois, dans leurs grandes lignes, certaines connaissances de base.

I. — ENDOCRINOLOGIE ET ALIMENTATION

Nous passerons très vite sur la plus grande partie de ce chapitre. Des études effectuées sur ces questions par Roche, Simonnet, Bruneau et nous-même soulignent les actions de quelques hormones ou antihormones sur la croissance, la production laitière, la ponte et l'engraissement. Les auteurs y discutent les possibilités et les modalités d'applications pratiques ainsi que leurs influences sur l'avenir de la sélection, la santé de l'animal et celle du consommateur. L'ensemble des conclusions concordent. Nous les résumons simplement.

Les protéines iodées ou leur élément actif, la d. l. thyroxine, ont incontestablement une action positive sur la croissance, la ponte et la production laitière. Mais cette action s'effectue aux dépens de l'ensemble du métabolisme. Impliquant une plus grande dépense organique, elle nécessite, si on désire limiter cette dépense, une augmentation de tous les éléments de la ration sous peine de payer, tôt ou tard, par une diminution ultérieure accrue, le renforcement transitoire de production. L'utilisation de ces substances permet également de réaliser cette excitation passagère de l'organisme plus connue sous le nom de *doping*... Généraliser cet usage risquerait de perturber la sélection en faussant les résultats du contrôle laitier ou du contrôle de la ponte. L'emploi de ces produits est interdit dans plusieurs pays.

Les substances antithyroïdiennes ont été utilisées et le sont encore en Belgique, au Danemark et même en France. L'action est ici inverse de la précédente. Le métabolisme est freiné. L'engraissement s'en trouve favorisé. Surtout chez les volailles, l'aspect

de la carcasse est considérablement amélioré. Dans ce cas, à condition de supprimer du régime les substances antithyroïdiennes 24 heures avant le sacrifice de l'animal, il n'y a aucun risque pour le consommateur. Les résultats des expériences réalisées sur ce sujet par les Hollandais le prouvent.

Les conclusions qu'on peut tirer des recherches effectuées avec ces produits chez les animaux des espèces bovine et ovine et surtout chez le porc sont moins nettes. Leur usage est pratiquement abandonné. D'une part, les résultats obtenus sont loin d'être spectaculaires. D'autre part la qualité des carcasses des animaux ainsi traités laisse à désirer, étant souvent surchargées de graisse. Un tel usage est paradoxal au moment où le marché du porc demande des carcasses plutôt maigres.

Parler de la castration chimique par les œstrogènes de synthèse, uniquement utilisée chez les volailles et très critiquée, nous éloignerait trop de notre sujet. Nous la mentionnons simplement pour que ce chapitre englobe l'ensemble des substances hormonales et antihormonales utilisées comme adjuvants du régime. Cela nous permet cependant d'attirer l'attention sur la présence, à l'état naturel, de certaines de ces substances dans quelques aliments habituels de nos animaux domestiques. C'est là un domaine assez peu exploré. Il peut susciter d'amples recherches riches de conséquences.

On connaît déjà l'action antithyroïdienne de nombreux végétaux ou de leurs sous-produits. On savait, depuis 1917 et surtout 1928, à la suite des travaux de Chesney et de ses collaborateurs, que certains aliments contenaient des produits ayant une action goitrogène. Parmi ceux-ci, il convient de citer les feuilles de chou, le chou-fleur, certaines graines de crucifères, celles de soja et d'arachide, les navets, les radis, etc. Charriper et Gordon, puis Mc Carri-son ont fait une revue de ces faits, et, en 1948, Greer et Astwood ont étudié la teneur en ces substances de très nombreux aliments. On connaît aussi de nombreuses plantes qui peuvent contenir des œstrogènes, Paris donne à leur sujet d'intéressants renseignements (1). Il indique l'existence de principes œstrogènes dans les genres botanique suivants : *Chærophyllum*, *Aristolochia*, *Ulex*, *Genista*, *Leonurus*, *Malva*, *Eurodium*, *Geranium*, *Capsella*, *Potentilla*, *Bupleurum*, *Salvia*, etc. La sauge, par exemple, contiendrait 6.000 U.I. d'œstrogène par kilo de plante sèche (tige, feuilles et fleurs comprises). Certaines de ces plantes existent dans nos prairies et les animaux en mangent quelques-unes avec plaisir. On trouve aussi, en Australie et aux Etats-Unis, le trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*) qui, d'après Gorrie, a provoqué chez les brebis

(1) Communication personnelle du Pr. Paris.

qui le consomment, des avortements et de la stérilité. L'avoine germée contiendrait aussi des œstrogènes (Walker et Janney). Enfin Bartlett et collaborateurs ont indiqué, en 1948, l'influence favorable des œstrogènes de l'herbe sur la sécrétion lactée. Il rapporterait même à cette action une partie de l'augmentation de la sécrétion lactée au moment de la mise au pâturage. Les dosages effectués sur les herbes sont à ce sujet très démonstratifs. Palsson et Grimsson ont aussi observé des phénomènes d'ataxie et des lésions cérébrales sur des agneaux nés de brebis ayant consommé des vesces. L'investigation systématique des substances contenues dans les végétaux doit permettre d'intéressantes découvertes. Tel est le cas des flavones et parmi elles de la tricine et du pratol. L'examen systématique de leurs actions pharmacodynamiques et celle de leurs antagonistes possibles permettrait peut-être de considérer sous un aspect nouveau la pathogénie de certaines affections de la nutrition comme la météorisation.

À dessein, nous avons très rapidement traité ce premier chapitre. L'examen des hormones ou de leurs antagonistes n'apporte en effet rien d'immédiatement utilisable dans la pratique de l'alimentation. Il ouvre cependant des horizons au nutritionniste en l'orientant vers l'étude des diverses substances contenues dans les aliments d'origine végétale. Il y a là, en effet, tout un ensemble de questions relevant de la biochimie végétale mais intéressant au plus haut point la nutrition animale parce que, sans parler toxicologie ni problèmes de la stérilité, il touche de très près à ce concept d'efficacité alimentaire dont nous parlerons plus loin.

Ce chapitre permet aussi de souligner les rapports qui existent entre l'individu et sa ration. L'efficacité de celle-ci dépend, dans une certaine mesure, de la constitution de celui-là. Ainsi se trouve posé une grande partie du problème de la précocité. Cette qualité héréditaire, qui affecte sans doute l'équilibre endocrinien du sujet qui en est porteur, apparaît quand le régime alimentaire, son principal réactif, le permet. Une bonne alimentation ne la conditionne pas, elle aide simplement à sa manifestation mais n'en demeure pas moins essentielle. Pour l'instant, si l'hormonologie laisse entrevoir quelques possibilités, si elle aide surtout, sur un plan très général, à comprendre combien le réactif animal est variable et réagira plus ou moins bien en fonction de son régime, elle n'apporte, en alimentation, nul élément valable d'application pratique.

II. — BACTÉRIOLOGIE ET ALIMENTATION

À l'état normal, tous les animaux hébergent dans leur tube digestif des bactéries et des protozoaires.

Il y a, sans conteste, un état d'équilibre entre ces micro-organismes, leur hôte et son alimentation. Si, chez les polygastriques, nos connaissances sur cette question se sont développées depuis quelques années, chez les monogastriques elles prennent aussi une singulière importance récemment accrue par l'étude du mode d'action des régimes contenant des antibiotiques. Nous sommes ainsi conduits à examiner deux séries de faits pouvant avoir des conséquences pratiques.

Nous avons souvent considéré les ruminants comme des monogastriques qui possèderaient au début de leur tube digestif une vaste cuve à fermentation. Une telle organisation va modifier du tout au tout bien des aspects de la nutrition de ces animaux. S'il était nécessaire de donner une preuve de ces modifications, on pourrait invoquer les changements physiologiques se produisant chez le veau au moment où son rumen devient fonctionnel. Pour ne citer qu'un seul exemple, on peut alors constater un abaissement de la glycémie. Cette chute est attribuée à l'augmentation des acides gras à courte chaîne, produits de dégradation des glucides attaqués par les micro-organismes du rumen et absorbés à son niveau. Nous reviendrons bientôt sur cette question.

De la croissance à l'âge adulte, la micropopulation du rumen s'établit, se renforce, se modifie suivant les circonstances. On peut même hâter sa formation en ensemençant la panse du jeune. Il suffit pour cela d'introduire dans la bouche du veau ou de l'agneau le bol de rumination d'un animal chez qui ce mécanisme existe déjà. La distribution de fourrage ou la mise au pâturage aidera ensuite au développement de cette micropopulation. Les aspects et le comportement de celle-ci commencent à être connus (1). Depuis 1951, il existe en effet des critères permettant d'affirmer si telle ou telle bactérie en fait partie. Il est incontestable qu'une meilleure connaissance de la biologie de ces micro-organismes permettra de mieux exploiter à des fins alimentaires leurs possibilités de dégradation et de synthèses.

Il serait aussi très intéressant d'examiner la microflore et la microfaune du buffle, du zébu et du chameau et d'étudier si, par hasard, certains aspects originaux de ces micropopulations n'entraînent pas des changements dans la physiologie de la nutrition de ces animaux.

(1) De nombreuses équipes de chercheurs s'occupent de la nutrition des ruminants. Une des plus importantes travaille en France sous l'égide du Professeur Terroine, directeur du Centre de coordination des études sur la nutrition et l'alimentation.

Grâce à ces nombreux micro-organismes (on peut en compter suivant le régime de l'animal de 50 à 96 billions par gramme du contenu frais de rumen), les polygastriques vont avoir la possibilité de bien utiliser la cellulose de leur ration. L'efficacité de cette action microbienne est telle que plus de la moitié des éléments fibreux de la paille et, plus encore, de l'herbe, se trouve digérée. On a pu estimer de 70 à 90 % la quantité de cellulose dégradée dans la panse. L'importance de cette dégradation dépend de la nature du régime. L'excès d'un glucide rapidement fermentescible entraîne en effet un certain remaniement des espèces microbiennes du rumen et, par là, une diminution de l'attaque de la cellulose. Kellner avait bien mis en évidence ce fait confirmé et expliqué.

Ces fermentations engendrent une énorme quantité de gaz. Il en résulte une perte d'énergie pouvant, d'après certains auteurs, comme Col et ses collaborateurs, atteindre 4.000 calories par jour. Cette perte s'ajoute à celle de l'action dynamique spécifique. Utilisable dans les pays froids cette libération de chaleur est gaspillée, voire même nuisible, dans les pays chauds.

Les acides gras volatils provenant de la digestion bactérienne des glucides sont absorbés puis métabolisés. « En fait, écrivent Simonnet et Le Bars, on pourrait dire que le métabolisme organique des herbivores, et plus spécialement celui des herbivores à estomac composé (ruminants), bien que ces animaux reçoivent peu de lipides par l'alimentation, n'est pas dominé par les mutations de glucides, mais bien par celles des lipides. »

L'ingestion d'un repas, contrairement à ce qui s'observe chez les monogastriques, s'accompagne surtout d'une augmentation du taux sanguin d'acide acétique. La glycémie demeure basse. Cette faible glycémie a des conséquences pathologiques. Elle implique, dans certains cas d'acétonémie, un traitement à base de glucides très assimilables donnés en solution pour leur permettre de passer, grâce à la gouttière œsophagienne, au-delà du rumen où, leur digestion se faisant classiquement, il en résultera une augmentation du glucose sanguin facilitant alors la dégradation complète des résidus du catabolisme des lipides.

L'utilisation par la glande mammaire de ces acides gras volatils est une autre constatation importante. On admet, depuis les travaux de Folley et French, confirmés par ceux de Reid et Mc Clymont, leur participation à la synthèse des lipides du lait. Des acides gras identiques se forment aussi au cours de l'ensilage et le récent travail de Zelter montre leur influence favorable sur la production laitière et le taux butyreux du lait.

Une ration insuffisamment riche en cellulose

pourrait entraîner une baisse de la sécrétion lactée et surtout du taux butyreux du lait par manque de production d'acides gras. La simple addition de 3 à 4 kilos de paille à ce régime modifie favorablement l'allure quantitative et qualitative de la lactation en changeant l'aspect de la micropopulation de la panse, son comportement digestif et les produits qu'elle élabore.

Les micro-organismes du rumen ne dégradent pas seulement les glucides. Ils s'attaquent aussi aux protides et produisent de l'ammoniac à leur dépens. Parfois même, chez le mouton en particulier, un régime déséquilibré, trop riche en protides et trop pauvre en glucides, peut entraîner une production considérable et soudaine d'ammoniac. Il en résulte des perturbations du milieu. Elles peuvent favoriser la multiplication de certains germes, tel *Welchia perfringens*, à l'origine de ces graves accidents d'entérotaxémie redoutés des éleveurs.

Dans le cas des substances azotées, le rôle de dégradation se double d'un rôle d'édification. Les micro-organismes du rumen, on le sait en effet, synthétisent des matières protéiques à partir d'azote non protéique. Loosli et ses collaborateurs ont alimenté de jeunes moutons à l'aide d'un régime dont l'urée était la seule source azotée. Les animaux grandirent normalement. On a isolé et dosé dans leur panse les dix acides aminés reconnus indispensables. De leur côté, Agrawala et ses collaborateurs estiment que les veaux peuvent synthétiser quotidiennement de 33 à 109 g de protéine en recevant de l'urée comme unique source d'azote. L'utilisation des matières azotées non protéiques par les bactéries du rumen peut être augmentée en ajoutant à la ration certaines substances comme la méthionine, l'acide thioldiglycolique, etc. Elle est diminuée par l'adjonction d'antibiotiques. Ici encore, les variations même légères de l'équilibre du régime conditionnent l'équilibre de la micropopulation du rumen en influençant son milieu de culture. Le résultat pratique de ces découvertes est important. De nombreux pays utilisent l'urée (1) dans l'alimentation des ruminants. Chez la vache laitière, les doses de 200 grammes par animal et par jour permettent de remplacer 1 kg 500 de tourteaux. Elles ne doivent jamais être dépassées, comme celles de 20 à 30 grammes chez le mouton. Cet usage implique d'ailleurs une augmentation des glucides du régime absolument nécessaires à la transformation de l'azote non protéique en azote protéique.

La valeur biologique des matières protéiques des micro-organismes de la panse est élevée et de l'ordre

(1) La valeur de l'urée et de l'ammoniac dans la ration est connue empiriquement depuis longtemps.

de 80. Leur ensemble correspondrait quotidiennement à près de 400 grammes de matières protéiques digestibles pour une vache ne recevant qu'une ration de paille et de mauvais fourrage. On comprend immédiatement le rôle joué par ces corps bactériens dans la supplémentation du régime des polygastriques chez qui l'application des règles d'équilibre des matières protéiques du régime doit être moins stricte. Il est inutile d'énumérer les autres avantages pratiques résultant de ces faits, telle par exemple la synthèse des acides aminés soufrés à partir de soufre minéral et d'azote non protéique intéressante à exploiter dans la production du mouton et celle de la laine, en particulier dans les pays arides aux pâturages extensifs.

Ainsi que Theiler et ses collaborateurs l'envisa-geaient dès 1915, les bactéries de la panse élaborent aussi toutes les vitamines du complexe B, de la B₁ à la B₁₂. De là une autre différence essentielle dans la composition des régimes destinés aux polygastriques et aux monogastriques. Pour les premiers on ne s'occupera pas des vitamines du complexe B, pour les seconds l'apport en est obligatoire.

En effet, s'il y a une certaine élaboration de ces vitamines à l'intérieur du tube digestif des espèces non polygastriques, elle est moins importante. La synthèse se produit aussi dans une portion intestinale où l'absorption est moindre. Pratiquement elle ne suffit pas à couvrir les besoins de ces animaux en facteur du complexe B. Chez certains d'entre eux, comme le lapin ou le rat, la coprophagie permet l'ingestion de ces vitamines. On a pu noter que le lapin rejetait deux sortes d'excréments, ceux qu'il ingère, assez mous et très riches en protéines; ceux qu'il néglige de manger, secs, durs et beaucoup moins riches en protéines. Ces observations viennent s'ajouter à celles effectuées chez les volailles à propos des litières permanentes productrices de vitamines B₁₂ et d'A.P.F. ou encore à celles des bons effets sur la croissance du poulet, la ponte et les facultés d'éclosion de l'œuf de l'adjonction de bouses de vache à la ration.

Dans toutes les espèces, le régime de l'animal peut affecter la production de ces divers facteurs. Ainsi les rations contenant de l'amidon ou des dextrines entraînent, dans le cæcum du rat, une synthèse bactérienne de vitamines, plus importante que celles contenant du lactose. Chez les ruminants, la mélasse aurait également une action favorisante et l'apport de cobalt est essentiel à la synthèse de la vitamine B¹² dont la découverte permit d'expliquer le mode d'action de cet oligoélément. L'addition de thiamine au régime du veau stimulerait l'élaboration de la riboflavine, de l'acide panto-thénique, de la pyridoxine ou de la biotine. D'après Kon, la thiamine semble avoir une action déterminante

sur l'ensemble de ces synthèses bactériennes. Elle serait en quelque sorte un facteur clef.

Certains médicaments et certains aliments peuvent inversement inhiber ces synthèses en partie ou en totalité. L'effet des sulfamides est bien connu. Nous parlerons dans un instant des antibiotiques dont l'action est assez spéciale et nous évoquerons simplement l'action des antivitamines des fougères dont nous traiterons dans le prochain chapitre.

Une fois de plus se confirme la nécessité d'un équilibre alimentaire permettant à cette micropopulation de jouer pleinement son rôle. Le thérapeute, sous peine d'échapper à la définition même d'un mot impliquant une utilisation rationnelle d'un médicament, devra tenir compte de ces données à chacune de ses interventions.

Malgré tout, l'activité de certaines substances devait réserver des surprises. Tel fut le cas des antibiotiques (1).

A la vérité l'étonnement fut grand de constater que certains d'entre eux, ajoutés à la ration du poulet et du porc, avaient une action favorable sur la croissance et l'indice de consommation de ces animaux. Cette observation a une portée générale qu'il convient de ne pas sous-estimer. Elle confirme en effet le rôle de la flore du tube digestif en alimentation. Si ce rôle est déjà bien précisé chez les polygastriques on l'entrevoit à peine chez les monogastriques et son étude ne manquera pas d'intérêt.

Moore observe, dès 1946, que la streptomycine et le succinylsulfathiazole ont, en présence d'acide folique, une action favorable sur la croissance. Harned et ses collaborateurs mentionnent, en 1948, une action semblable de l'auroéomycine. Cependant ces travaux n'attirent pas l'attention. L'étude de l'A.P.F. (2) facteur de croissance présent dans les farines et les solubles de poissons, les farines de foie et de viande, les litières, le babeurre, etc. et longtemps confondu avec la vitamine B₁₂ fait rebondir la question. Au cours des recherches entreprises, on s'aperçoit que les résidus des cultures de *Streptomyces griseus* et de *Streptomyces aureofaciens* contiennent de la vitamine B₁₂. Cependant, ajoutés au régime, ces résidus ont sur la croissance du poulet une action de 17 à 25 fois supérieure à celle de la seule vitamine B₁₂. On observe les mêmes faits chez le porc et chez le dindon. Stokstad et Jukes enregistrent la même action en utilisant l'auroéomycine à l'état pur. Cette activité cesse quand

(1) Certains mouillants ont également été utilisés comme adjuvant de la ration. Les résultats obtenus avec ces produits sont nuls ou assez faibles suivant la nature chimique du produit employé.

(2) Facteur des protéines animales, *animal protein factor* des auteurs anglais et américains.

l'antibiotique est traité par la soude. Ce traitement supprime également l'action antibiotique à l'égard du *S. aureus* mais la conserve à l'égard de *B. subtilis*.

La pénicilline, la bacitracine, la terramycine, etc. ont des activités analogues.

L'usage de ces produits en alimentation animale se développe dès 1952.

Nous indiquons simplement les modalités et les conséquences pratiques de cette utilisation avant d'examiner comment on peut relier ces faits à la microbiologie du tube digestif. Pour les détails nous renvoyons aux revues effectuées sur l'ensemble de cette question.

— Le résultat obtenu avec les antibiotiques dépend de l'espèce animale.

— Chez les ruminants, l'action est seulement positive, chez le veau et l'agneau, à des doses allant de 15 à 100 mg par animal et par jour. Elle cesse entre l'âge de 7 à 12 semaines. A notre avis l'usage des antibiotiques ne doit pas supplanter les méthodes de sevrage classique améliorées singulièrement par l'ensemencement du rumen du jeune animal.

— Chez le ruminant fonctionnel, les doses possibles d'antibiotiques (10 à 20 mg par kilo d'aliment) s'avèrent inactives. Elles le sont également chez le cheval et le lapin.

— Chez le porc, le dindon, le poulet, le faisan et le canard, l'efficacité réelle des antibiotiques ne saurait jamais dispenser de respecter l'équilibre alimentaire du régime. On peut simplement diminuer de deux à trois points le taux des matières protéiques au dépens des tourteaux.

— Chez ces animaux, l'action favorable des antibiotiques est d'autant meilleure que les sujets sont plus jeunes. Elle cesse avec leur emploi.

— L'association de plusieurs antibiotiques permet d'obtenir les meilleurs résultats.

— Dans l'ensemble, cet usage risque d'entraver la sélection méthodique des animaux. Il favorise en effet la récupération de sujets déficients qui, sans cela, n'auraient jamais pu réaliser une croissance et un indice de consommation les égalant aux meilleurs. On proscriera donc les antibiotiques du régime des animaux qui doivent servir à la reproduction. On les proscriera aussi de l'alimentation des poules pondeuses pour les raisons précédentes et parce que l'utilisation des œufs provenant de poules ainsi nourries est impossible pour certains usages industriels, la préparation de certains vaccins en particulier. Cette dernière opinion n'est d'ailleurs pas unanime.

Incontestablement les antibiotiques ajoutés à la ration font profiter les animaux d'un supplément de vitamines (A et B) et favorisent l'assimilation des protéides et des matières minérales. Leur modalité d'action est certainement polyvalente et s'ils

paraissent modifier favorablement la perméabilité intestinale ils ont aussi une action sur la flore du tube digestif. C'est là un point sur lequel nous voulons insister car il confirme le sens général d'un chapitre dans lequel nous avons lié bactériologie digestive, nutrition des animaux et alimentation pratique.

L'action des antibiotiques sur les germes intestinaux demeure en effet une des hypothèses les plus intéressantes émises sur leur activité. Elle est étayée par des constatations, malheureusement contradictoires, effectuées au cours de nombreuses expériences.

Sans parler d'une action sur certains microbes pathogènes, difficile à comprendre étant donné la faible quantité des antibiotiques administrés dans la ration mais toujours possible si l'on se base sur la diminution de *Cl. perfringens* dans le tube digestif des sujets recevant des antibiotiques dans leur régime, ces substances pourraient surtout agir sur la quantité et la qualité de la flore intestinale habituelle. Il se produirait alors des « sélections en chaîne » sur des germes devenus, soit antibiorésistants, soit antibiodépendants. Sans négliger la possibilité pour ces germes de synthétiser l'ensemble des vitamines hydrosolubles connues, on peut toujours penser à l'élaboration d'un facteur de croissance encore ignoré. Une telle hypothèse s'appuie sur une observation de Scott et Jensen montrant que, par rapport à l'auréomycine, un extrait de jus d'herbe a sur la croissance du dindon une action deux fois plus intense. Les deux actions ne s'ajoutent pas. Un autre fait d'importance est la modification d'activité des antibiotiques selon les constituants glucidiques du régime. Enfin il apparaît, comme nous avons pu le constater au cours de récentes expériences, qu'il est possible d'améliorer la croissance du poulet en ajoutant au régime des *E. coli* tués provenant du tube digestif de sujets ayant reçu des antibiotiques dans leur alimentation. Cela confirme les expériences de Anderson et collaborateurs.

Cette nouvelle technique d'alimentation entraînerait donc un remaniement de la flore et du milieu intestinal, en grande partie responsable des effets bienfaisants du régime contenant le ou les antibiotiques. On peut rapprocher tout cela des résultats obtenus par Vartiovaara et ses collaborateurs. Ils augmentent la digestibilité de la cellulose, habituellement très faible chez le porc, en lui faisant absorber des bactéries cellulolytiques. En rapportant ces faits, Cuthbertson et Phillipson estiment qu'il est peut-être possible, grâce à cette technique, d'engraisser les porcs aussi bien avec des aliments très celluloliques qu'avec des céréales. Cette éventualité paraît cependant assez lointaine. De plus, la rentabilité d'un tel procédé doit prêter à discussion.

Nous avons cependant rapporté ce fait pour souligner à nouveau combien les relations hôte-microbes sont importantes.

Au terme de ce chapitre, il importe, en laissant de côté toutes spéculations à venir, de résumer les applications pratiques auxquelles peuvent donner lieu l'ensemble des connaissances récemment acquises dans le domaine des relations unissant microbiologie et nutrition. Les applications sont de deux sortes :

— Les premières se rapportent aux conditions de sévrage du veau et de l'agneau qu'il est possible d'accélérer et d'améliorer en ensemençant la panse. Elles s'appliquent au traitement de l'acétonémie. Elles peuvent faciliter la thérapeutique de l'intoxication par le nitrate. En effet, le second stade de transformation par la flore du rumen dans le cycle nitrate → nitrite (toxique) → ammoniac est d'autant plus rapide que cette flore dispose de glucides facilement assimilables. C'est aussi en s'inspirant des découvertes précédentes qu'on pourra, en augmentant la cellulose du régime, agir, dans une certaine mesure, sur la qualité d'une lactation et éviter chez le mouton les accidents d'entérotaxémie. En vérité ce sont là plutôt des tours de main. Ils n'en résultent pas moins d'observations et de recherches confirmant, parfois en les expliquant, des faits connus empiriquement depuis longtemps.

On ne peut qualifier tours de main le second groupe d'applications. Déjà la possibilité pour les ruminants d'utiliser l'azote non protéique est un fait riche de conséquences. Mais l'action positive des antibiotiques sur la nutrition paraît plus importante encore. Cette activité est largement exploitée dans la pratique. Les faits zootechniques et économiques notés en sa faveur l'emportent de beaucoup sur des dangers possibles relevant pour l'instant plus de l'hypothèse que de la réalité. Les études entreprises en vue d'élucider le ou, plus vraisemblablement, les mécanismes intimes de cette action risquent aussi d'aboutir à d'importants développements, générateurs à leur tour d'autres applications pratiques. Cependant, au-delà de celles-ci, le fait essentiel à retenir c'est l'ensemble des relations étroites qui apparaissent de plus en plus entre l'hôte, son régime et la micropopulation qu'il héberge. Kellner notant combien des changements de rapports entre les composants du régime pouvaient entraîner de variations de la digestibilité soulignait sans le savoir une conséquence de ces relations. On a découvert depuis que certains éléments (poudre d'os, composés soufrés, traces d'oligoéléments) jouaient un grand rôle vis-à-vis de cette digestibilité. Peu à peu on parvient à mieux connaître la biologie particulière et la biologie de population de ces micro-organismes.

Il nous est permis d'espérer en tirer bientôt un meilleur parti en leur faisant exploiter au maximum la ration qui, avec les sécrétions des glandes de l'appareil digestif, demeure leur milieu de culture.

II. — BIOCHIMIE, BIOLOGIE ET ALIMENTATION

Les méthodes de dosage de plus en plus nombreuses et précises permettent de faire un inventaire chimique assez exact des divers constituants des aliments. Le développement des techniques physiologiques permet de déterminer avec assez de rigueur la grandeur et la nature des besoins des êtres vivants. L'importance de ces investigations ne doit pas échapper. La mise en pratique d'une alimentation rationnelle et, par voie de conséquence, économique, en dépend. En effet, pour donner à l'animal, sans pénurie comme sans excès, tout ce dont il a besoin pour vivre et produire, il importe de connaître parfaitement l'ensemble de ses besoins et la composition de ses aliments. Bien mieux, il faut aussi connaître la nature du sol « tout ce que la terre produit étant conforme à elle-même » et toute carence ou tout élément indésirable du sol, retentissant sur les productions végétales et, au-delà, sur la santé des animaux. De ce point de vue, les herbivores sont beaucoup plus soumis à cette influence que le porc ou les volailles. Également cette influence s'atténue chez les premiers dans les pays évolués quand l'alimentation dite de complément se développe. Cette étude des relations de la biochimie et de la nutrition impliquerait donc de ne pas négliger les sciences agronomiques parmi lesquelles la chimie et la dynamique du sol tiennent une grande place. Qu'il nous suffise ici de les évoquer et de rappeler qu'elles aidèrent à la mise en évidence et au traitement de carences en oligoéléments comme le cuivre ou le cobalt. Ces carences empêchaient l'exploitation de vastes étendues de terre (1). Le résultat de ces recherches, en permettant de faire un véritable inventaire de ce qui touche à l'alimentation, constitue une des bases d'un rationnement biologiquement équilibré.

Cependant, l'aliment tel qu'il vient d'être récolté ou bien encore après transformations industrielles a-t-il une valeur alimentaire égale à celle qu'on pourrait déduire de son analyse aussi poussée soit-elle? Il n'en est rien et c'est justement une découverte importante de notre époque d'avoir mis en évidence la notion d'efficacité alimentaire. Sa

(1) L'histoire de la découverte de la carence en cuivre montre que pour arriver à un résultat il fallut faire appel à la pathologie, la botanique, l'agronomie, la chimie, l'enzymologie.

connaissance invite à interpréter les tables d'alimentation et à ne pas les considérer avec un esprit trop mathématique.

On constate, grâce à elle, qu'il existe non pas une mais plusieurs catégories d'un même aliment. Cela oblige à prendre certaines marges de sécurité, bien entendu compatibles avec les impératifs économiques. D'autres impératifs, cités plus loin et relevant de l'animal et du milieu, nous y obligent aussi.

Voici des exemples de variations de la composition chimique d'un aliment pouvant entraîner des mécomptes. Pour ne citer que les principaux composants, la teneur en matières protéiques, en phosphore, en calcium, en carotène d'un fourrage ou d'un ensilage dépend d'une multitude de facteurs. C'est avec une certaine habitude qu'on pourra avoir une opinion valable par le seul examen du produit et sans effectuer d'analyse. Un fourrage défectueux, une longue conservation du foin, un ensilage mal fait, entraînent une importante destruction des glucides, des protides, du β carotène. Dans l'ensilage en particulier nous avons constaté que les critères actuellement admis pour juger de sa valeur ne permettent pas d'émettre un avis certain sur la conservation de cette importante provitamine. Les études poursuivies sur l'ensemble de ces questions aboutissent à la mise au point de bonnes techniques de fenaison et d'ensilage. Si l'on considère la grande importance économique de l'herbe et du fourrage dans l'alimentation de nos animaux, ces mises au point ne sont pas à dédaigner. Une récente conférence tenue par l'O.E.C.E., à Paris, l'a fait ressortir. En donnant une valeur économique de base égale à 100 à l'herbe pâturée on a les chiffres de :

200 pour l'ensilage ;

300 pour l'orge, l'avoine, les betteraves fourragères et 1/2 sucrières ;

400 pour l'herbe déshydratée ;

500 pour les aliments concentrés.

Cette dernière valeur a singulièrement diminué puisqu'elle était, il y a trois ou quatre ans, de l'ordre de 700 et plus.

Au cours de leur préparation industrielle, quelques aliments peuvent subir divers traitements capables de modifier la valeur biologique de leurs protéines. On peut évoquer ici l'importante question de la dénaturation des protéines. Sous l'action d'agents physiques ou chimiques elles perdent leur solubilité originale, devenant le plus souvent insolubles à leur point iso-électrique. C'est là un phénomène complexe. En général il favorise l'attaque de ces substances par les enzymes digestifs. Ce n'est pourtant pas une règle absolue. La caséine et les protéines du tourteau de coton en sont un exemple.

Les traitements thermiques, quand leur action est trop forte, peuvent entraîner des changements dont les répercussions alimentaires sont importantes. Les farines de viandes ou de poissons, que leur richesse en lysine rend intéressantes dans la supplémentation des céréales pauvres en cet acide aminé pivot, risquent ainsi de perdre une grande partie de leur valeur. Au cours de leur fabrication, un chauffage trop poussé altère en effet la molécule de cet acide di-aminé dont le groupement ϵ aminé est beaucoup moins stable que le groupe α aminé.

Ce groupement ϵ aminé détruit par un traitement thermique exagéré, le pouvoir de supplémentation et, par conséquent, la valeur nutritive des protéines dont la lysine est ainsi altérée se trouvent considérablement abaissés.

Le même chauffage modifie dans de fortes proportions le coefficient d'utilisation digestive des protéines du tourteau de coton. D'après Olcott et Fontaine, il déterminerait un effondrement de la fraction soluble dans l'eau salée, c'est-à-dire de la somme globulines + albumines + azote résiduel. Celle-ci passe de 75 % dans le coton cru à 15 % dans le coton cuit. La chaleur exercerait une action identique sur le tourteau de tournesol.

Des phénomènes analogues peuvent se passer au cours de la conservation des aliments. Nous avons relaté tout à l'heure le cas du β carotène des fourrages et des ensilages. Il en est de même d'autres vitamines. Il est classique de citer en exemple les pommes de terre perdant au cours de leur conservation plus de la moitié de leur vitamine C.

Le phénomène du rancissement des acides gras et de leurs dérivés peut entraîner aussi des conséquences néfastes. Burr et Barnes mettent l'accent sur la toxicité des graisses rances et particulièrement sur leur pouvoir de destruction à l'égard de certaines vitamines comme les vitamines A, E, D, B₁, et la biotine. Ils soulignent qu'au cours de ce rancissement, des acides gras indispensables, comme les acides linoléique et linolénique, sont très rapidement altérés du fait même de leur insaturation. On a pu déterminer des carences en ces acides gras aussi bien en utilisant des régimes délipidés qu'en ajoutant des graisses rances à des régimes normaux. D'autres substances, comme la méthionine peuvent également être détruites au cours du rancissement qui modifie aussi l'utilisation des matières protéiques de la ration. Tout cela sans parler de l'odeur plus ou moins désagréable dégagée par les aliments devenus rances. Elle n'est pas spécialement faite pour exciter l'appétit des animaux.

Mais les traitements et les manipulations subis par les divers aliments durant leur préparation entraînent parfois d'heureuses modifications. Au cours du chauffage le gossypol du tourteau de coton plus ou

moins bien décortiqué se transforme en un dérivé moins toxique le d. gossypol. Par contre, nous l'avons mentionné tout à l'heure, cette action favorable se double d'un grave inconvénient.

Le cas le plus intéressant d'une heureuse transformation par traitement industriel est celui du tourteau de soja dont la valeur nutritive est augmentée grâce au chauffage. Si le coefficient d'utilisation digestive du tourteau ainsi traité est peu changé (2,5 à 6,2 %, suivant les auteurs), la valeur biologique de ses protéines s'accroît, selon différents chercheurs, de 18 à 34 %. Plusieurs mécanismes d'action ont été invoqués. Le chauffage régulariserait la vitesse d'hydrolyse des acides aminés; il détruirait une albumine à caractère toxique, la soyine, ou bien encore des facteurs inhibiteurs à propriétés d'anti-enzymes. Ces théories ne sont d'ailleurs pas exclusives l'une de l'autre. Le résultat pratique de ces recherches est une plus grande valeur nutritive du soja grillé chez le porc et surtout les volailles.

Mentionnons également l'existence de techniques permettant de rendre utilisables en alimentation animale certains tourteaux comme celui de ricin ou encore d'améliorer considérablement la valeur alimentaire de celui de colza.

Ces exemples montrent les retentissements multiples et divers des traitements et manipulations des aliments sur leur efficacité alimentaire. On commence à peine à les étudier et les constatations déjà faites montrent à la fois la complexité et l'intérêt du problème. Les industries dont les produits ou les sous-produits sont largement utilisés en alimentation animale devraient rechercher les conditions optimales de préparation et d'utilisation. Il n'en demeure pas moins vrai que la notion d'efficacité alimentaire s'en trouve élargie et apparaît comme une des acquisitions essentielles de notre époque dans le domaine de la nutrition.

Son importance s'accroît encore quand on considère non plus telle ou telle portion de l'aliment mais son ensemble et, au-delà, la totalité de la ration. Il peut en effet exister dans celle-ci quantité d'interférences aux conséquences plus ou moins heureuses. Ainsi, à partir de l'idée d'une efficacité élémentaire on arrive peu à peu à celle d'une efficacité totale.

La notion d'antivitamines, généralisée en France par le regretté Paul Meunier, rend bien compte, à notre avis, de ces possibilités d'interférences. Elles compliquent le problème de l'équilibre alimentaire en entraînant des carences par neutralisation ou par substitution ignorées jusque là. Elles font apparaître sous un nouvel aspect certaines intoxications alimentaires. En même temps elles donnent aux biologistes d'immenses possibilités élargies par les constatations

de Woods et de Woods et Fildes sur les analogues structuraux.

C'est entre 1926 et 1931 que l'étude de la maladie du méliot gâté, entreprise par Roderick puis Roderick et Schalk, devait conduire au concept d'antivitamine. Le dicoumarol, produit à activité antivitamine K, est responsable de la maladie. Par la suite, Meunier et Mentzer préparent toute une série de substances hypotherbinémiantes et constatent que celles-ci ont une structure proche des vitamines K naturelles ou synthétiques sans appartenir cependant au groupe des coumarines. Mentzer a pu écrire à ce propos : « En général, pour passer de la vitamine à l'antivitamine, il suffit de doubler la molécule, mais il est fort possible également de remplacer un méthyle par un chlore, ainsi la chloro 2 - naphthoquinone 1-4 et la chloro 2 - hydroxy 3 naphthoquinone 1-4 sont toutes deux des hypotherbinémiantes dont l'action cède à l'administration de méthyl -2 naphthoquinone 1-4. »

Peu à peu, ce concept s'élargit. On découvre ainsi que l'isoriboflavine est une antivitamine synthétique mais non naturelle de la riboflavine. La pyridine 3 acide sulfonique l'est pour l'amide nicotinique. La désoxypyridoxine et la méthoxypyridoxine le sont à l'égard de la vitamine B₆ comme la pantoyltaurine pour l'acide pantothenique, etc. Il peut aussi, au cours de l'oxydation de la vitamine A, se former une antivitamine A qui accélère l'apparition des signes de carence en ce facteur. Ces faits permettent, en s'appuyant sur la théorie des analogues structuraux, de comparer la vitamine à la bonne clef ouvrant la serrure et l'antivitamine à la mauvaise, différent de la bonne par un très léger détail, mais cependant capable une fois introduite dans la serrure, de la bloquer, souvent pour toujours.

Mais si, à l'exception du dicoumarol, la plupart des corps cités plus haut n'existent pas dans les aliments, d'autres y sont présents. Si également leur action antivitamine s'exerce grâce à des mécanismes différents de ceux mentionnés plus haut, cette action n'en est pas moins réelle. Tel est le cas des thiaminases ou antivitamines B₁ contenues dans les poissons d'eau douce et d'eau de mer, dans certains mollusques, dans le caviar et dans certains végétaux comme les fougères du genre *Pteris aquilina*. La destruction de la thiamine par la thiaminase dans les mélanges d'aliments et dans l'estomac peut être très importante et atteindre 50 % de cette vitamine. La thiaminase est un enzyme comprenant deux portions : une thermolabile et non dialysable, la plus active, une thermostable et dialysable très peu active. Elle agit en coupant en deux la molécule de thiamine au niveau du pont méthylène qui unit sa partie pyrimidique à sa partie thiazolique.

La maladie dite paralysie de Chastek, qui frappe les animaux consommant des poissons crus est due à cet enzyme dont la portion la plus active est détruite au cours du chauffage dans la préparation des farines de poisson (1).

L'activité de la thiaminase des fougères semble plus grande. Elle entraîne, chez les animaux de l'espèce bovine, des carences en vitamines B₁ difficilement curables par adjonction de ce facteur à la ration des animaux malades. Ce produit doit, semble-t-il, agir d'une façon très étendue et inhiber largement les synthèses des micro-organismes de la panse fournissant ainsi un nouvel exemple de l'influence du régime sur l'activité de ces micro-organismes.

D'autres éléments de la ration peuvent jouer le rôle d'antivitamines en accélérant en quelque sorte l'usure d'un facteur déterminé. L'action est ici indirecte. Son étude, pourtant toujours comprise avec celle des antivitamines, se rattacherait de préférence à celle des rapports existant entre les différents éléments du régime. Elle peut servir de transition et d'introduction à cette étude.

Des huiles de foie de poisson, l'huile de foie de morue en particulier, accélèrent, dans certaines espèces, l'apparition des accidents de la carence en vitamine E. Ces accidents ne touchent d'ailleurs pas toujours la fonction de reproduction. Il semble même que, chez nos grandes espèces domestiques, les accidents de paralysie et de mort subite accompagnés de lésions de dégénérescence musculaire, myocarde compris, dominant toujours. Chez les volailles on observe surtout de l'encéphalomalacie et de la diathèse exsudative. L'étude récente de la physiologie de la vitamine E dans ces espèces conduit à penser que ce qualificatif d'antistérilité dont elle fut gratifiée au début est basé sur une généralisation trop hâtive faite à partir d'expériences conduites uniquement chez le rat. Quoiqu'il en soit, dans toutes les espèces, le porc excepté (Brion, Ferrando et Mlle Chenavier), l'huile de foie de morue, donnée en quantité exagérée et pendant trop longtemps entraîne de graves désordres. Sans même aller jusque-là elle peut, comme nous l'avons montré, provoquer chez la vache laitière une baisse du taux butyreux du lait de l'ordre de 30 % quand elle est distribuée à raison de 50 grammes par animal et par jour. Cette chute s'accompagne d'une importante diminution du taux sanguin de la vitamine E.

A l'origine de cette action, on incrimine les acides gras insaturés en C²⁰ et C²². Le lard les contient et

possède la même activité. Tous les aliments riches en tocophérol freinent cette action. Elle ne se produit pas avec les huiles de foie de requin ou de flétan. Pour cette raison on doit les préférer aux huiles de foie de morue, notamment dans l'alimentation des volailles très sensibles aux accidents d'avitaminose E. Il y a d'ailleurs de multiples substances dont l'excès ou la déficience accélèrent plus ou moins l'apparition des signes de carences en vitamine E. Nous avons emprunté à Moore un tableau qui montre les différents éléments pouvant agir en synergie avec la carence en vitamine E.

Ce tableau souligne combien il est souvent difficile pour le technicien de conclure exactement à l'existence dans le régime d'une carence bien déterminée et d'établir une thérapeutique étroite. Les incompatibilités alimentaires ne doivent jamais être perdues de vue. Elles compliquent les études de nutrition et la pratique de l'alimentation. Elles rendent parfois difficile l'interprétation de résultats expérimentaux.

D'autres antagonismes et d'autres rapports existent entre les différentes parties du régime. On connaît l'antagonisme cuivre-molybdène. Sa découverte devait expliquer pourquoi les animaux de l'espèce bovine ne pouvaient pas vivre sur les *teart lands* d'Écosse. Le mécanisme intime de cet antagonisme n'est pas élucidé mais déjà sa mise en évidence permet d'utiliser de vastes étendues de pâturages.

Depuis les travaux de Malcolm, on sait que le magnésium entrave, particulièrement chez l'adulte, l'utilisation du calcium. On sait aussi que l'acide oxalique empêche l'absorption de ce même calcium en formant avec lui un oxalate de calcium insoluble. L'exemple classique est celui des épinards contenant assez d'acide oxalique pour rendre inassimilable tout leur calcium. Il faut aussi, à ce titre, se méfier beaucoup des feuilles et collets de betteraves bien que, pour certains auteurs, comme Talapatra et ses collaborateurs, cet inconvénient de l'acide oxalique soit très diminué chez les ruminants.

On peut encore citer le cas du phosphore phytique lié au pouvoir décalcifiant du seigle et de l'avoine déjà très pauvres en calcium et qui, contrairement à d'autres céréales, ne contiennent pas de phytase. En effet, dans les céréales, 50 à 80 % du phosphore se trouvent sous forme de phytines. Dans le tube digestif, celles-ci sont partiellement hydrolysées grâce aux phytases, enzymes thermolabiles, contenues seulement et en quantités d'ailleurs variables dans certaines céréales. Le phosphore phytique non hydrolysé forme, avec le manganèse, le fer mais surtout le calcium, des sels insolubles rendant ces minéraux non assimilables. Les régimes riches en céréales, souvent distribués à des animaux dont l'organisme est sensible au manque de calcium, auront à leur égard le double

(1) Autre exemple d'une influence favorable survenant au cours de la préparation industrielle d'un aliment.

inconvenient de leur pauvreté en chaux et de leur richesse en phosphore phytiq. Ils devront être enrichis en calcium. Ces faits, tout en permettant de donner des exemples d'antagonismes, nous ramènent de nouveau à cette notion importante d'efficacité alimentaire. Leur découverte sert immédiatement en alimentation comme nous venons de le voir.

A son tour, l'étude des rapports proprement dits unissant différents éléments du régime est également riche d'applications pratiques. Nous n'insistons pas sur la question classique du rapport calcium-

éléments du régime. D'autres preuves ayant une valeur pratique plus immédiate peuvent être encore apportées.

L'excès de matières protéiques accélère l'apparition de l'avitaminose A. Démonstré chez le rat, nous avons souvent observé ce fait chez le porc et chez les volailles et nous conseillons, toujours avec succès, de distribuer pendant quelques jours une dose quotidienne de 10 à 20.000 U.I. de vitamine A à chacun des porcelets de ces porcheries industrielles où, le plus souvent, la ration de départ est trop riche en matières protéiques. Par ailleurs

Lésions

Excès ou carences pouvant agir en synergie avec la carence en vitamine E pour accélérer les lésions mentionnées dans la colonne gauche

Résorption des foetus

Dystrophie musculaire

Pigmentation des graisses

Pigmentation du foie

Diathèse exsudative

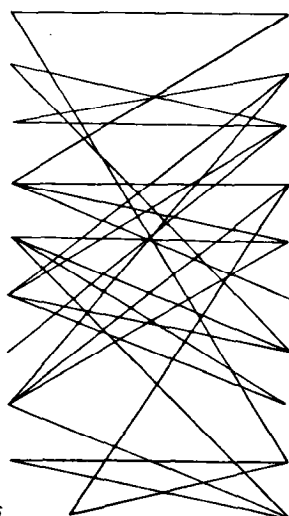
Encéphalomalacie

Cardiopathies

Malformation du rein

Depigmentation dentaire

Mauvaise utilisation des aliments



Graisses totales

Acides gras hautement insaturés

Huile de foie de morue

Protéines

Choline

Cystine

Inositol

Cholestérol

Vitamine A

Minéraux

phosphore. Nous soulignons simplement ses variations avec chaque espèce et nous insistons sur le fait qu'il n'est pas seul en cause. Il ne doit jamais être considéré en dehors des minima nécessaires de calcium, de phosphore et des apports de vitamine D₂ ou D₃, selon qu'il s'agisse de mammifères ou de volailles chez qui la vitamine D₃ est beaucoup plus active. Nous évoquons aussi le rapport vitamine B₁-glucides; les relations du tryptophane avec l'amide nicotinique; du phosphore, calcium, fer d'une part avec le manganèse d'autre part, dans l'apparition de la pérose, etc.

Le tableau de Moore, présenté plus haut, peut servir indirectement d'illustration à tout ceci. En montrant l'influence de l'excès ou de l'absence de telle ou telle substance sur l'évolution de la carence en vitamine E, il a un sens plus général et fait apparaître les rapports liant entre eux les différents

vitamine A et vitamine C sont liées. La synthèse de celle-ci dépendant, d'après Mayer et Krehl, de l'apport alimentaire de celle-là. Nous-même, travaillant en collaboration avec Meunier, nous avons constaté l'apparition de signes classiques de scorbut chez le rat recevant l'antivitamine A. Des dosages ultérieurs d'acide ascorbique permirent de confirmer cela: L'hypervitaminose A peut également aboutir au même résultat. Des observations très récentes ont été faites à Dakar sur ce sujet. On sait aussi qu'un excès de vitamine B₁ peut accélérer l'apparition de la carence en pyridoxine.

Les exemples de telles relations sont nombreux. Nous nous sommes limités aux principaux. Il reste cependant à parler d'autres rapports aussi importants, bien que d'un genre différent. Ils mettent l'accent sur les liens unissant le régime à l'animal lui-même dont les divers états, physiologiques ou

pathologiques, peuvent influencer les besoins. En effet, des changements survenus dans l'équilibre biologique d'un être vivant et dus à la croissance, la gestation, la lactation, la ponte, les variations de climats et les maladies, changent la nature et la grandeur des besoins et entraînent des différences d'efficacité du régime. Des conséquences pratiques importantes en résultent.

La croissance accélère l'ensemble des processus métaboliques, les exigences sont plus grandes mais les facultés d'assimilation le sont aussi. Les normes de rationnement en tiennent compte. La gestation augmente également tous les besoins. Chez certaines de nos grandes espèces domestiques, la vache laitière en particulier, la question se complique du fait d'une lactation surajoutée. Il n'y a pas seulement compétition entre mère et fœtus mais compétition entre mère, fœtus et mamelle, d'où la nécessité d'un arrêt de la lactation dans les derniers 80 jours de la gestation. Ce repos permet à l'organisme maternel de reconstituer ses réserves tout en parachevant le fœtus. Jacquot a montré d'une façon très nuancée les divers aspects de la compétition organisme maternel-fœtus. Tantôt la mère est prioritaire, tantôt le fœtus l'emporte. Tout dépend du principe alimentaire et du stade de la gestation. Il faut s'inspirer de ces données et, tenant compte de la prochaine lactation, veiller à couvrir convenablement l'ensemble des besoins.

Ces études permettent de mieux comprendre certaines origines alimentaires de la stérilité et, bien qu'il y ait dans son étiologie une multitude de causes qui interfèrent avec la nutrition, on arrive à mieux préciser les normes d'alimentation des reproducteurs. L'importance d'éléments comme certains acides aminés telle la lysine, la vitamine A, le phosphore, le calcium, l'iode, est reconnue. De même, les relations qui existent entre l'alimentation de la poule pondeuse et les facultés d'éclosion de ses œufs commencent à être connues. Le rapport présenté par Jacquot aux Journées Scientifiques de la Volaille et de l'Œuf en constitue une belle mise au point.

Les exigences suscitées par la lactation sont grandes. D'une part, en 10 jours, une vache bonne laitière exportera par sa mamelle plus de matière sèche que n'en représentent le fœtus et ses enveloppes. Il en est de même chez la truie. D'autre part, en cours de lactation, certains bilans, comme ceux du calcium et du phosphore, sont toujours négatifs. Ces éléments minéraux sont prélevés sur le squelette. Grâce aux isotopes, on a pu déterminer les os et, pour chacun d'eux, les différentes portions d'abord affectées. Ce prélèvement peut intéresser 12 à 15 % de la totalité du calcium et du phosphore de ces os. Ces études, jointes à celles portant sur le

bilan du calcium, ont permis de constater que les vaches atteintes de fièvre vitulaire étaient celles dont le bilan calcique était négatif avant la mise bas. Ces récentes constatations expliquent pourquoi le repos de la mamelle doit toujours s'accompagner d'un régime dont la richesse, notamment en matières minérales, sera plus élevée que ne le signalent les normes de rationnement habituelles. Des phénomènes identiques se passent chez la poule pondeuse et commandent des précautions semblables quand l'exploitation de l'animal se prolonge 2 ans.

Les différences de climat, l'élévation de la température entraînent, en particulier à cause de la sudation, la perte de certains éléments : chlorure de sodium, vitamines du complexe B, etc. On doit en tenir compte et ne pas oublier aussi que les fortes chaleurs diminuent la digestibilité de l'ensemble de la ration en ralentissant les sécrétions intestinales. Dans les pays tempérés, on a pu établir l'existence de relations entre les saisons, la vitesse de croissance du porc et son indice de consommation.

La maladie risque enfin de perturber la nutrition des animaux. Elle est à l'origine de ces carences conditionnées dues non pas à une déficience du régime mais, pour des causes diverses, à l'impossibilité organique d'utiliser tel ou tel élément de ce régime. On sait le rôle joué par la bile dans l'absorption de certaines vitamines liposolubles et l'importance de l'intégrité du foie dans la mise en réserve de la vitamine A. L'hypochlorhydrie ou l'achlorhydrie stomacale gênerait considérablement l'utilisation du calcium et l'on connaît l'existence d'un rapport entre le facteur intrinsèque et l'utilisation de la vitamine B₁₂. Il paraît difficile de nier les relations étroites unissant nutrition et infections ou infestations. La nature et la grandeur des besoins alimentaires sont changées par la maladie, mais aussi les erreurs de régime jouent un rôle dans l'étiologie de certaines affections. Nul n'ignore que l'excès de matières protéiques favorise l'apparition des mammites chez les vaches ou les brebis, prédispose le porc aux accidents d'entérite et peut-être les volailles à la leucosc. On a aussi pensé à l'action possible des subcarences en cuivre et en cobalt dans l'apparition de cette dernière maladie.

Cependant les recherches sur ces questions exigent encore bien des développements. Les relations qui unissent le microbe ou le parasite à l'organisme infecté ou infesté sont loin d'être connues. On le comprendra si nous indiquons l'influence défavorable exercé par un régime carencé en calcium, phosphore et manganèse sur le développement d'*Ascaridia galli*. Les poulets recevant des régimes déficients en ces éléments sont peu infestés et leurs parasites sont de petite taille.

Certains agents thérapeutiques vont ajouter à ces perturbations. On ne doit plus ignorer le pouvoir absorbant, vis-à-vis de certains acides aminés ou vitamines, de substances anti-diarrhéiques comme la poudre de charbon, les silicates d'alumine ou de magnésie, le kaolin, etc. Il ne faut pas négliger l'influence favorisante de quelques diurétiques sur l'élimination urinaire d'éléments essentiels et l'on a pu constater chez les volailles une baisse de la rétention du phosphore et du calcium à la suite d'administration de sulfanilamide.

Les fractures, les interventions chirurgicales, les phénomènes de *stress* perturbent profondément l'ensemble des métabolismes. Il en est sans doute de même de certaines vaccinations. La production d'anticorps paraît dépendre de l'équilibre du régime, en particulier de celui des acides aminés et des vitamines du complexe B. Voici quelque temps, nous entendions dire que la vaccination du porc contre la peste porcine au moyen du virus lapinisé diminuait la croissance et augmentait sans doute l'indice de consommation. Aucune mesure précise n'ayant été faite, nous nous sommes étonnés de cette lacune. Il semble en effet curieux d'utiliser un vaccin déjà coûteux s'il augmente encore indirectement le prix de revient, déjà tendu, d'une production animale dont les vicissitudes économiques sont bien connues. Il y a là un domaine d'exploration extrêmement important. La médecine vétérinaire qui doit être économique avant tout ne devrait pas le négliger.

Mentionnons enfin les relations unissant la qualité de l'aliment à celle du produit obtenu. L'aspect de la viande, sa couleur, sa saveur, l'abondance de la graisse et sa répartition; la qualité du lait et de ses sous-produits; celle des œufs, leur couleur et leur goût peuvent être influencés par la nature du régime. L'augmentation ou la diminution du taux de cellulose de la ration peut entraîner, chez le porc, de grandes différences d'aspect des carcasses, grâce à quoi il est possible d'adapter la production aux demandes de tel ou tel marché. Les constituants de l'alimentation de la vache laitière influenceront la qualité du beurre : sa dureté, sa couleur, sa durée de conservation. Tel ou tel tourteau permettra d'obtenir un beurre dur, tel ou tel autre un beurre mou. Des aliments riches en tocophérol comme les végétaux verts, le tourteau de coton, les germes de blé empêcheront le rancissement précoce des produits laitiers. Jacquot a montré le retentissement désastreux du traitement des mammites par les antibiotiques sur la fabrication du fromage. On sait enfin combien il est facile de colorer les jaunes d'œufs en ajoutant aux aliments des pondueuses du maïs jaune, des farines de luzerne ou plus simplement de la verdure, mais aussi combien le tourteau de

coton colore le blanc. L'importance des recherches sur ces questions n'est pas négligeable à l'époque où la lutte pour la conquête des marchés extérieurs oblige à surveiller de plus en plus la qualité des produits d'origine animale. Elles aboutissent souvent à des constatations dont les incidences économiques sont considérables. Ceux qui en France répartissent si modestement les crédits aux Centres de Recherches devraient méditer sur l'effort accompli et les résultats obtenus dans ce domaine par les Danois.

Parvenu à la fin de ce dernier chapitre, il nous faut, comme précédemment, en résumer les applications pratiques à l'alimentation. Le grand concept qui se dégage de cet ensemble de faits est d'abord celui d'efficacité alimentaire. Tel aliment dont on attend des effets bien déterminés, grâce à l'analyse, peut décevoir pour cette simple raison que sa valeur nutritive réelle diffère de sa valeur supposée après analyse. Pour la seule digestibilité, il y a toujours de grands écarts entre des résultats acquis par une mesure réelle et ceux obtenus par un calcul reposant sur une série d'analyses et d'équations plus ou moins exactes. Il faut sans cesse compter avec l'imprévu de la vie qui ne se met pas en formules, mais on peut aussi espérer beaucoup de la plasticité de l'organisme à propos de laquelle on pourrait soulever les importants problèmes des relations liant régime alimentaire et activité enzymatique.

La notion de rapport : rapport entre les différents éléments du régime, rapport entre le régime, l'animal et son état physiologique, normal ou pathologique, enfin rapport entre cet ensemble et le milieu, est également importante. Cependant, si on l'analyse, elle vient encore étayer et confirmer en l'élargissant le concept d'efficacité alimentaire, né avec les travaux d'Osborne, Lafayette, Mendel. Il se précise grâce aux découvertes des vitamines, des anti-vitamines, des divers rapports et antagonismes alimentaires et des transformations physico-chimiques subies par les différents principes nutritifs au cours de leur préparation ou de leur conservation. Sa mise en pratique dans le domaine de la technique de l'alimentation conduit à tenter d'obtenir le meilleur rendement à partir d'un ensemble d'éléments nutritifs qui doivent se compléter avec harmonie dans une ration parfaitement adaptée aux besoins d'un être vivant placé dans des conditions bien déterminées. **Autrement dit une bonne ration est un équilibre cherchant à s'adapter à un autre équilibre.**

On ne peut cependant jamais parvenir à la perfection. Il faut simplement, faisant confiance à la plasticité de l'organisme, tendre à s'en rapprocher et ne jamais perdre de vue l'aspect économique de la question. En alimentation animale, il se

superpose à la notion d'efficacité. Pour se rapprocher du résultat optimum l'observation complètera le rationnement et servira le cas échéant à le modifier. C'est ici que les méthodes de contrôle, comme le contrôle laitier, rendent de très grands services. Tout en aidant à suivre les réactions de l'organisme à son régime, tout en constatant, autre conséquence pratique de ce chapitre, l'influence de ce régime sur la qualité des produits obtenus à partir des animaux qui le consomment, elles chiffrent les résultats pratiques de l'efficacité alimentaire en permettant de faire le partage entre ce qui revient à la constitution et à l'alimentation. Toute sélection, toute étude d'alimentation pratique repose sur elles. Une production animale importante et de qualité traduit toujours une ration efficace adaptée à un potentiel héréditaire élevé placé dans un milieu adéquat. Quand ces rapports ne sont pas observés il n'y a pas d'exploitation animale rentable.

C'est à la précision des analyses et des études physiologiques, c'est à la mise en œuvre des méthodes de contrôle qu'on doit ces notions nouvelles acquises peu à peu. Elles permettent aussi de vérifier la valeur des aliments simples ou complets lancés sur le marché. L'éleveur n'est plus à la merci de son vendeur. Il peut, s'il le désire, acheter à coup sûr.

Nous voilà arrivés au terme de cet exposé. Peut-être beaucoup en seront-ils déçus, malgré l'avertissement de notre entrée en matière. Ils attendaient sans doute l'énoncé d'applications pratiques encore plus étonnantes que les découvertes leur ayant donné naissance. Il n'en est rien, nous nous en excusons. Dussions-nous être accusés de répétition, nous redirons une fois de plus qu'il n'existe ni substances ni tours de main sensationnels permettant de tenir pour caduques et négligeables les lois de la physiologie sur lesquelles repose la nutrition.

Les acquisitions faites dans ce domaine, nous avons vu qu'elles sont nombreuses, résultent d'un ensemble de mises au point de techniques biologiques et chimiques. Les grands progrès sont habituellement le résultat de petits apports successifs et les événements extraordinaires, fréquents dans les grands quotidiens, sont rarissimes au laboratoire. Il faut souvent bien des années et bien des concordances pour entrevoir les applications. Si, cherchant d'autres exemples, nous passons du domaine de la nutrition à celui de la génétique, nous constatons qu'il a fallu presque 50 ans pour saisir, grâce aux progrès de la cytologie, et à l'instant où trois savants les reproduisaient, l'immense portée des expériences du moine Mendel.

Parmi les faits choisis pour être rapportés ici, rien n'est spectaculaire, si ce n'est, peut-être, la question des antibiotiques. Pourtant, ces petites

observations ou découvertes successives ont été et demeurent d'un grand secours pour ceux qui s'occupent d'alimentation. Grâce à elles, des maladies occasionnées par les carences du sol sont découvertes et traitées avec succès, permettant ainsi l'exploitation de vastes contrées. Le rôle des micro-organismes du tube digestif apparaît. La connaissance des phénomènes dont ils sont la cause permet de diriger leurs activités. L'importante notion d'efficacité alimentaire se précise. L'attention est attirée de plus en plus sur les relations unissant l'animal, sa flore intestinale, les éléments de son régime, ses divers états physiologiques et pathologiques, le milieu dans lequel il vit. Certains accidents, dus à l'excès de telle ou telle substance, apparaissent comme aussi dangereux que ceux déterminés par leur carence. Tout cela concourt à mieux équilibrer la ration mais incite en même temps, dans les limites permises par l'économie, à prendre des marges de sécurité, conséquences de variations toujours possibles de l'efficacité alimentaire. Le pathologiste qui, par ailleurs, a pu expliquer, grâce à ces découvertes, certaines maladies jusque-là mystérieuses comprend de plus en plus que l'étude de la ration a sa place dans l'examen clinique.

Souvent même, l'étude d'un fourrage ou d'une prairie facilite singulièrement le diagnostic. Le clinicien doit aussi savoir que certaines thérapeutiques modifient certains métabolismes. Occupé à lutter contre le microbe, le parasite ou la défaillance d'un organe, il ne doit pas oublier l'alimentation, un des éléments essentiels qui conditionnent la vie.

On ne peut donc pas nier les progrès accomplis. D'ailleurs, sans eux, toute sélection eut été impossible puisqu'une alimentation convenable est le principal réactif faisant apparaître les qualités héréditaires. Mais, encore une fois, tout cela est progressivement advenu, souvent en tâtonnant, en hésitant, car la Science, comme d'ailleurs l'élevage, n'est qu'une longue patience. Si, ces dernières années, les progrès ont parfois semblé plus rapides, cela tient au développement de la recherche, à la mise en évidence des relations établies entre l'enzymologie et la nutrition, à l'utilisation des isotopes, enfin à ce travail d'équipe qui va se renforçant et sans lequel il est difficile de parvenir à un résultat. L'accélération de la Science tient plus à l'augmentation de la densité de la recherche, pourtant encore insuffisante, qu'à des découvertes retentissantes. La multiplication des résultats dans le domaine de la recherche fondamentale rend d'ailleurs malaisée la tâche de ceux qui cherchent à dégager de cette abondance des faits ayant valeur d'application pratique. La prudence doit être leur règle. La bonne marche de l'élevage, sa santé, celle du consommateur en dépendent.

Chercher, appliquer, vulgariser sont trois stades importants demandant chacun réflexion. Sans revenir, dans notre conclusion, sur les mises en garde formulées au début de cette conférence, sachons éviter qu'autour de nous on soit victime des fausses Sciences auxquelles le commun des hommes aime à croire. Le recours à elles semble ridicule à ceux qui, semblables à vous tous, connaissent de par leur profession les lents chemine-ments de la vraie Science. Pourtant, tout en diffusant les méthodes ayant fait leurs preuves, c'est aussi une de nos tâches d'avertir de ces dangers l'éleveur et l'industriel en les maintenant au contact de la réalité. Nous en avons les moyens car la véritable nutrition et la technique correcte de l'alimentation sont, nous venons de le voir, très riches en elles-mêmes d'acquisitions et les Instituts, comme celui inauguré aujourd'hui, permettent encore tant d'espoirs que nous pouvons croire et faire croire en l'avenir, empêcher de perdre patience et garder la foi.

BIBLIOGRAPHIE

Seuls sont mentionnés les articles de langue française ayant une portée générale et dans lesquels on trouvera le détail des références pouvant intéresser le lecteur.

1. BRUNAUD (M.). — **Facteurs physiologiques internes de la production de la viande.** Journées scientifiques de la Viande. Publications du C.N.R.S., 1952, Paris, p. 195.
2. CHARLET (P.). — **Influence des fautes alimentaires sur la stérilité des animaux domestiques.** *Ann. Nutrit. et Aliment.*, 1953, 6, p. 109.
3. DELAUNAY (J.). — **Rôle des états nutritionnels dans la formation des anticorps.** *Ann. Nutrit. et Aliment.*, 1950, 4, p. 51.
4. FERRANDO (R.). — **Hormones, antihormones et antibiotiques dans l'alimentation des volailles.** Journées Scientifiques de la 'Volaille et de l'Oeuf 1953. *Ann. Nutrit. et Aliment.*, 1954, 8, 359.
5. FERRANDO (R.). — **Symbioses digestives et nutrition des ruminants.** *Revue Médecine Vétérinaire*, 1949, 100, p. 181.
6. FERRANDO (R.). — **Antivitamines et nutrition des animaux domestiques. Rapports et conséquences.** *Rev. Pathol. comp. et Hyg. Gle.*, 1949, 49, 579.
7. FERRANDO (R.). — **Quelques oligo-éléments dans l'alimentation des animaux domestiques.** *Congrès Pathologie Comparée, Madrid*, 1952, II, p. 67.
8. FERRANDO (R.). — **Vitamine E, antivitamine E et phénomènes de reproduction.** *Ann. Nutrit. et Aliment.* 1953, 6, p. 95.
9. FERRANDO (R.), JACQUOT (R.) et MERAT (P.). — **Réalisations nouvelles et perspectives d'avenir pour les tourteaux oléagineux.** *Ann. Nutrit. et Aliment.* 1954 (sous presse).
10. JACQUOT (R.). — **Compétition alimentaire entre la Mère et l'enfant, chronologie des besoins.** *Ann. Nutrit. et Aliment.*, 1953, 6, p. 39.
11. JACQUOT (R.) et ADRIAN (J.). — **Composition, valeur nutritive, éclosabilité de l'oeuf en fonction du régime de la poule.** *Annales Nutrit. et Aliment.*, 1954, 8, p. 247.
12. JACQUOT (R.), MATET (J.) et FRIDENSON (O.). — **Influence des procédés thermiques industriels sur la valeur protidique.** — *Annales Nutrit. et Aliment.*, 1947, 1, p. 157.
13. JARRIGE. — **L'utilisation des glucides alimentaires par les ruminants.** *Annales Nutrit. et Aliment.*, 1953, 7, p. 245 et 339.
14. JOUBERT (L.), FERRANDO (R.) et GORET (P.). — **Inconvénients et dangers possibles des rations antibiotiques.** *Revue Méd. Vét.*, 1954, 105, p. 79.
15. LEVY (M.). — **Influence des états nutritionnels sur les activités enzymatiques.** *Ann. Nut. et Aliment.*, 1953, 6, p. 167.
16. MENTZER (G.). — **Etat actuel de nos connaissances sur les antivitamines.** *Ann. Nutrit. et Aliment.*, 1947, 1, p. 339.
17. MEUNIER (P.). — **Les antivitamines. Progrès de la chimie des substances organiques naturelles.** L. Zech Meister Rédact., Wien Springer. Verlag, 1952, p. 88.
18. NADEAU (J.-D.). — **Les antibiotiques dans l'alimentation des animaux.** *Canadian J. Compar. Med.*, 1952, 16, p. 357.
19. POCHON (J.). — **Rôle des bactéries cellulolytiques dans la digestion et la nutrition. Essai de synthèse.** *Rev. Ferment et Ind. Aliment.*, 1952, 8, p. 1.
20. ROCHE (J.). — **Les protéines iodées et leur utilisation comme agents galactogènes** Journées Scientifiques du Lait 1951. Publication du C.N.R.S., Paris, p. 131.

21. SCHOPFER (W.-H.). — **Quelques aspects physiologiques du problème de la symbiose en relation avec la pathologie comparée. 6^e Congrès de Pathologie comparée, Madrid, 1952.** Vol. I, p. IV, 39.
22. SIMONNET (H.) et LE BARS (H.). — **Les symbioses digestives chez les herbivores. 6^e Congrès de Pathologie comparée, Madrid, 1952.** Vol. I, p. IV, 21.
23. SIMONNET (H.) et LE BARS (H.). — **Rôle des micro-organismes du tube digestif.** *Rec. Méd. Vétér.*, 1953, **129**, p. 401.
24. SIMONNET (H.) et LE BARS (H.). — **Les régulations hormonales des métabolismes chez les animaux domestiques.** *Annales de Zootechnie I.N.R.A.*, 1954, **3**, p. 47.
25. SIMONNET (H.) et LE BARS (H.). — **Incidences hormonales sur les productions animales.** *Journées d'Études de la F.E.Z.*, Gand 1950, p. 46.
26. TERROINE (T.). — **Utilisation de l'azote par les ruminants.** *Ann. Nutrition et Alimentation*, 1949, **3**, p. 49.
27. ZELTER (Z.). — **Le rôle nutritionnel chez la vache en lactation des acides acétique et butyrique formés au cours de l'ensilage.** *Thèse Ingénieur-Docteur*, Paris, 1953.