LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :		Bibliographie analytique :	
Ch. PORCHER. — Le procès de la matière grasse du lait	1	1 ^o Les Livres.	62
ORLA-JENSEN. — Sur le goût de chou-navet dans le lait.	30	2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes	64
A.-M. LEROY. — Ce que doit savoir un bon contrôleur laitier et beurrier	34	3 ^o Brevets	95
		Bulletin bibliographique . .	97
		Documents et informations.	104

MÉMOIRES ORIGINAUX ⁽¹⁾

LE PROCÈS DE LA MATIÈRE GRASSE DU LAIT

par Ch. PORCHER

Très embarrassé pour donner un titre à ce travail, je me suis finalement arrêté à celui ci-dessus, estimant qu'il traduit le mieux ma pensée. Je me propose, en effet, d'instruire le procès de la matière grasse du lait, c'est-à-dire de montrer, en m'appuyant sur des considérations parfois un peu nouvelles, tout ce que peut avoir de difficile, d'ambigu, de déroutant même dans l'interprétation des résultats analytiques, l'examen des variations du taux butyreux du lait.

Faisant appel aux données relativement restreintes de l'histologie et de la physiologie pour ce qui concerne l'origine de la matière grasse, je m'efforcerai d'expliquer, et, cela acquis, de concilier, toutes les fois qu'il sera possible, les contradictions souvent plus apparentes que réelles des chiffres obtenus par les divers auteurs.

Un nombre fort considérable de travaux ont été publiés sur le sujet et je ne saurais avoir la prétention de les résumer tous, car l'étalage des opinions émises serait parfois fastidieux et inutile. Au surplus, la comparaison n'en est pas toujours possible. Je me bornerai à choisir certains d'entre eux dont la portée documentaire me semble de premier ordre, afin de donner aux conclusions que j'en

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

pourrai tirer toute la force probante ; je les classerai du mieux que je pourrai et chaque point particulier soulevé par le document produit sera mis en relief.

J'examinerai successivement :

- I. *L'élaboration de la matière grasse du lait au point de vue histologique* ; les conséquences que l'on peut en tirer ;
- II. *L'origine de la matière grasse du lait* ; je reprendrai l'examen des différentes opinions émises pour essayer d'en extraire une conclusion générale qui puisse les embrasser toutes ;
- III. *Les variations du taux butyreux du lait* dans les circonstances les plus variées ;
- IV. *Comment apprécier l'inculpation d'écémage* ; j'en profiterai pour examiner en même temps — car les deux choses sont fort souvent liées étroitement — comment on doit juger la question du mouillage.

I. — L'ÉLABORATION DE LA MATIÈRE GRASSE DANS LA CELLULE MAMMAIRE. LES CONSÉQUENCES QUE L'ON PEUT EN TIRER

Une tendance moderne de l'anatomie microscopique — tendance qui est d'ailleurs fortement marquée dans l'ouvrage de POLICARD (1) — est de *considérer étroitement l'histologie dans ses rapports avec la physiologie*. Il faut s'efforcer de tirer des images microscopiques dans lesquelles les techniques de coloration introduisent le maximum de différenciations, toutes les conséquences possibles applicables à la physiologie.

Dans l'étude de la sécrétion lactée, la morphologie microscopique nous fournit des indications sur lesquelles l'accord entre les différents auteurs semble aujourd'hui fait.

La cellule mammaire, élément spécifique de la glande, à laquelle est réservé le soin de sécréter le lait, a une évolution continue ; mais, pour les besoins de l'exposition des faits, il importe d'y reconnaître trois stades dont le schéma histologique est donné dans les dessins ci-contre (2) (pl. I) :

- a) Le stade de repos ;
- b) Le stade de développement ;
- c) Le stade de rupture.

(1) POLICARD. *Précis d'histologie physiologique*. G. Doin, édit., Paris, 1922.

(2) Les dessins et les graphiques insérés dans ce travail doivent servir à illustrer mon livre en préparation sur le lait. Je remercie infiniment mon éditeur, M. G. Doin, d'avoir bien voulu les mettre à ma disposition avant qu'ils ne paraissent dans l'ouvrage annoncé. (Ch. P.)

I. — Cellule mammaire au stade de développement.

(Figure schématique).

A. Portion apicale qui va tomber dans la cavité de l'acinus pour former le lait.

g. Globules graisseux.

nd. noyau dégénéré.

B. Portion basale, permanente.

r. Zone de rupture de la cellule.

n. noyau.

m. mitochondries.

b. membrane basale.

II. — Les phases de la sécrétion mammaire.

(Schéma de l'évolution fonctionnelle d'un acinus).

I. Repos

II. Développement

III Excrétion

I. Cellules basses, mal délimitées ; l'acinus est vide.

II. Cellules gonflées, hautes, sur le point de se rompre.

III. Cellules déchirées ; l'acinus est plein de lait.

a) Stade de repos. — Dans le stade de repos, la cellule est basse ; son profil, du côté de la cavité de l'acinus, est déchiqueté, ce qui est normal puisque la cellule vient de se déchirer en déversant dans la cavité dudit acinus ce qui va constituer le lait.

Par conséquent, la figure histologique que l'on observe à ce stade, c'est la *partie permanente* de la cellule accolée par sa base à la membrane hyaline ; elle a conservé le noyau et, par suite, va pouvoir se développer à nouveau pour sécréter du lait : c'est le stade de développement.

b) Stade de développement. — La cellule va se refaire ; une membrane du côté de la lumière va se reconstituer ; le noyau va se dédoubler et le plus central, n'intervenant plus dans l'évolution de la cellule, va être poussé vers le sommet de celle-ci, en subissant parfois une dégénérescence. Autour du noyau basal, les mitochondries se trouvent rassemblées.

Quand la cellule est entièrement gonflée, sur le point de se rompre, elle est tronconique et sa hauteur plusieurs fois celle de la cellule au premier stade.

La matière grasse, sous la forme de globules sphériques, est rassemblée *irrégulièrement* dans la partie apicale de la cellule ; *il n'y en a aucune trace dans la partie basale*, et ce n'est qu'à partir de l'extrémité des mitochondries, celle qui est tournée vers le sommet de la cellule, qu'on peut commencer à percevoir de toutes petites sphères graisseuses dont le diamètre s'accroît à mesure qu'on se rapproche de ce sommet.

c) Stade de rupture. — On peut se demander sous quelle influence la cellule va se rompre pour déverser son contenu : le lait, dans la cavité de l'acinus. Y a-t-il là une action purement mécanique résultat d'une poussée sécrétoire centrifuge amenant sous un excès de pression la déchirure de la paroi du côté où elle est libre ? Ou bien s'agit-il d'un ramollissement, d'abord, d'une rupture, ensuite, de cette paroi sous l'action de diastases digestives à action restreinte, comme il n'est pas invraisemblable de le supposer.

Je ne tiens pas à me hasarder dans des hypothèses, plausibles peut-être, mais dont les bases sont fragiles, et je veux tout de suite tirer de la morphologie microscopique des différents stades de l'évolution de la cellule mammaire tous les renseignements possibles pour des fins physiologiques.

*
* *

Les renseignements que nous fournit l'histologie de la cellule mammaire. — D'ores et déjà, je puis dire que de l'examen

histologique de ladite cellule nous pourrions tirer des conclusions qui cadreront assez bien avec ce que nous connaissons de la composition du lait :

A. — *La matière grasse résulte bien d'une élaboration particulière par l'élément spécifique de la glande : la cellule mammaire.* L'analyse chimique nous montre d'ailleurs des différences marquées des divers indices, entre la graisse du sang et la graisse du lait, ce qui veut dire qu'il n'y a pas une filtration simple de celle-là au travers de la cellule mammaire.

L'insolubilité de la matière grasse ne lui permettrait pas d'ailleurs de passer au travers de la membrane basale de la cellule ; il faut, de toute nécessité, que ce soit dans des éléments diffusibles que la cellule mammaire aille puiser ce avec quoi elle va constituer la matière grasse. Celle-ci n'apparaît, en effet, que dans la partie apicale de la cellule qui va tomber dans la cavité de l'acinus ; il n'y en a ni dans la partie basale, ni dans le chevelu mitochondrial ; les premiers grains de graisse, a-t-il été dit, ne s'observent qu'à la sortie de celui-ci, au delà de l'extrémité des mitochondries tournée vers le centre de l'acinus.

Ces éléments diffusibles sont les acides gras et la glycérine. Dans le sang de l'organisme à jeun, la plus grande partie des acides gras du plasma est unie à la cholestérine et surtout à la lécithine, très peu existe sous forme de graisses neutres. On sait également qu'après un repas riche en graisses neutres, exemptes de lécithines et de cholestérines, il y a un accroissement marqué des phosphatides dans le sang (1).

Pour MEIGS, en cela d'accord avec les conceptions physiologiques actuelles sur le rôle de la lécithine dans le métabolisme des corps gras et, plus précisément, celui des acides gras, les éléments diffusibles générateurs de la matière grasse du lait résideraient dans les lipoides qui, ultérieurement, seraient décomposés dans la cellule mammaire ; cela ne saurait nous surprendre, car, si les lipases capables de dédoubler les graisses neutres ne sont pas aussi répandues et actives qu'on l'a cru à un moment donné, les ferments qui dédoublent les lécithines sont plus abondants. C. FOA (2) a montré que dans le sang de chien, il n'y a pas de lipase, tandis qu'il existe une lécithinase.

La partie grasse des lipoides servirait, pour MEIGS, à l'élaboration

(1) Lire E. LAMBLING, *Précis de Biochimie*, 3^e édition, p. 422-434.

(2) C. FOA, Recherches sur le métabolisme des graisses dans l'organisme animal. Sur ce qu'on appelle la lipase du sang dans diverses conditions physiologiques (*Arch. Ital. de Biol.*, 1915, t. LXIII, pp. 239-258 ; an. dans *Biol. méd.*, n° 8, avril-mai 1921).

de la matière grasse, tandis que l'élément acide phosphorique libéré entrerait dans la molécule de la caséine qui en est un éther, ou bien servirait à fabriquer les phosphates minéraux du lait, ou encore, s'il était en excès, rentrerait dans la circulation.

Que nous considérons l'hypothèse de MEIGS ou celle plus simple, mais qui cadre moins avec les recherches expérimentales, qui fait appel aux acides gras et à la glycérine du sang pour la synthèse de la matière grasse du lait par la cellule mammaire, *l'élément caractéristique de la matière grasse n'en doit pas moins être recherché dans les acides gras* ; la glycérine est en somme le support commun de ces derniers, quel que soit le corps gras envisagé, et l'élément qui, pondéralement, a la moindre importance ; dans la tripalmitine, nous voyons 3 acides en C^{16} (C^{43} avec un poids moléculaire total de 768) qui viennent s'appuyer sur la glycérine en C^3 (poids moléculaire = 82),

B. — L'examen histologique de la cellule mammaire nous montre également une *distribution irrégulière de la matière grasse dans la portion de la cellule que la décapitation de celle-ci va entraîner dans la lumière de l'acinus*.

Nous pouvons dire que cette portion est constituée d'une masse relativement homogène, un protoplasma granuleux, très mou vraisemblablement, puisque tout à l'heure, après la déchirure cellulaire, il sera liquide — ce sera le lait écrémé —, au sein de laquelle se trouvent *irrégulièrement réparties* des enclaves graisseuses de grosseurs et de nombres différents.

Nous saisissons tout de suite, par cet examen rapide de la cellule au microscope, la distinction, sur laquelle on ne saurait jamais trop insister, qui existe entre les deux éléments du lait histologiquement différenciés : la masse protoplasmique relativement homogène de tout à l'heure qui va constituer le lait écrémé et la graisse. Les globules gras, dans une certaine mesure, et afin de rendre l'image plus saisissante, se trouvent comme des corps étrangers au milieu du protoplasma et, quand je dis « étrangers », j'en vois comme une preuve dans le fait que, lorsque le lait est au repos, très rapidement ils se séparent de la partie non grasse.

Histologiquement et physiquement — il n'y a pas lieu de dire ici chimiquement — lait écrémé et matière grasse nous semblent, dans une certaine mesure, deux éléments qui, dans beaucoup de raisonnements, doivent être envisagés séparément. Nous reviendrons d'ailleurs plus tard sur ce point.

L'irrégularité de la distribution de la matière grasse dans la partie de la cellule qui va se détacher de la partie basale lors de la rupture,

sous-entend fatalement que, *pondéralement*, ces *enclaves grassieuses* doivent présenter des *variations très grandes*. Ainsi, le simple examen microscopique d'une glande en fonctionnement nous met déjà dans l'obligation d'affirmer que *la partie grasse du lait est un élément essentiellement variable* ; par contre, la masse protoplasmique au sein de laquelle sont dispersés les globules grassieux, et qui nous paraît homogène, doit avoir, elle, une composition plus stable.

Ne savons-nous pas, en effet, que la partie écrémée du lait qui correspond justement à cette masse protoplasmique a une composition quasi fixe ; ainsi l'homogénéité chimique répond à l'homogénéité de structure histologique.

Je tiens à marquer également, en m'appuyant toujours sur l'examen histologique, *les différences que l'on constate entre les charges grassieuses de deux cellules qui se touchent dans un même acinus* ; ne signifient-elles pas déjà que le métabolisme de la matière grasse dans l'organisme a une allure irrégulière, et cette irrégularité, nous allons la constater, avec de nombreux chiffres en mains, plus loin dans ce travail.

Toute règle générale, traduisible par des chiffres serrés, nous échappe en l'espèce, comme nous aurons tant l'occasion de le voir. Les variations du taux butyreux du lait, qui ne sont que l'image agrandie de celles que nous notons au microscope dans les cellules d'un même acinus, sont telles qu'elles fuient, en quelque sorte, toute discussion. Nous les notons — ce sont des faits — mais quant à les relier directement, étroitement, à une influence déterminée, alimentaire notamment, comme le veulent beaucoup, nous ne pouvons qu'enregistrer la grande difficulté d'y parvenir.

II. — L'ORIGINE DE LA MATIÈRE GRASSE

L'étude de l'origine de la matière grasse du lait se rattache à celle du problème de la physiologie générale de la matière grasse dans l'économie tout entière.

Rien de surprenant donc que la provenance intime de la graisse du lait ait reflété l'aspect de toutes les hypothèses qui sont intervenues en cette question. Successivement ou selon les théories dominantes, on a fait dépendre la matière grasse animale de la matière hydrocarbonée ou de la matière protéique de l'aliment ; la graisse du lait a subi le même sort. Voyons, pour n'y plus revenir, ce qui s'est dit relativement à son origine protéique.

L'origine protéique de la graisse du lait. — En 1865, le physiologiste et l'histologiste Vorr, en face du problème histologique

de la sécrétion mammaire, pensa que la matière grasse du lait devait venir directement d'une transformation du protoplasma.

C'était admettre, sur la foi seule d'une étude microscopique, alors moins fructueuse qu'aujourd'hui, que la matière grasse dérivait, en somme, des matières protéiques.

A cette époque, d'ailleurs, on estimait que la matière protéique était, non seulement le siège de la vie, mais également celui de l'énergie, qu'elle s'usait considérablement dans le travail, et il était tout naturel que Vorr invoquât l'origine protéique de la matière grasse, puisqu'elle cadrerait avec toutes les réactions que l'on attribuait à la matière azotée.

Nous savons aujourd'hui quel est le sort qu'il faut faire à toutes ces assertions.

La place de l'élément protéique est bien déterminée dans l'organisme ; il est là pour constituer les tissus, réparer l'usure de ceux-ci, mais il n'intervient, et encore ! dans le métabolisme des éléments hydrocarbonés et des éléments gras, que dans une faible mesure. La transformation des albuminoïdes en graisse n'est pas démontrée, dit E. LAMBLING, après une étude critique de la question.

Je profiterai de ce développement, utile à mon sens, pour faire remarquer que certains théoriciens de l'alimentation qui se sont adonnés à l'étude de la diététique et de l'élevage du bétail, s'en tiennent par trop encore à la théorie dynamique, pour que leurs conclusions soient tout à fait justifiées. Admettre qu'un kilogramme de matière azotée ne peut donner, en moyenne, s'il se transforme en matière grasse, qu'un kilogramme divisé par 2, 4, soit 416 grammes de matière grasse, parce que la valeur calorifique de la protéine est 2, 4 fois plus faible que celle de la matière grasse, est une façon d'apprécier les choses qui, vraisemblablement, est des plus contraires à la vérité.

Les questions de structure chimique ont à intervenir, encore qu'elles ne donnent pas toujours la solution des transformations qui doivent se faire, mais c'est peut-être dans le cas des matières protéiques qu'elles semblent le mieux éclairer la discussion ; aussi la théorie isodynamique de la valeur des aliments, basée sur l'égalité du nombre des calories dégagées dans leur combustion, n'en tenant pas compte, est, par cela même, extrêmement fragile.

*
* *

Si la physiologie de la glande mammaire, au point de vue que nous abordons en ce moment, a été utilisée maintes fois pour éclairer le problème de l'origine de la graisse dans l'organisme, cela se comprend, puisque l'on a aisément, sans vivisection, et à tous moments,

la possibilité de comparer la graisse de l'alimentation à celle du lait.

Mais avant tout la question se pose de savoir comment va travailler la mamelle. *Celle-ci, très différenciée, quant à sa destination, n'est pas absolument indispensable à l'individu ; elle sécrète pour l'espèce ; on peut donc la considérer comme surajoutée à un organisme qui n'en a pas besoin pour son propre fonctionnement.*

Le peu que nous savons de sa physiologie nous autorise cependant à dire qu'elle travaille dans des conditions qui doivent lui permettre d'utiliser au mieux, le plus économiquement, les principes nutritifs qui lui sont apportés par le sang.

L'élaboration des molécules caractéristiques du lait se fait, d'une façon générale, aux dépens d'éléments voisins de même espèce chimique. Le travail transformateur de la mamelle est réduit à son minimum. Le meilleur rendement est ainsi assuré et la mamelle économisant l'effort, il n'y a pas de gaspillage d'énergie à siège mammaire.

La mamelle fera du lactose avec du glucose, de la caséine avec les acides aminés qui lui sont apportés par le sang et l'acide phosphorique qui, sans doute, avons-nous vu, provient des lipoides.

Avec quoi fera-t-elle ses corps gras ? La question est ici plus complexe et demande qu'on s'y arrête. Comme elle a été examinée, il y a un instant, au point de vue d'une origine protéique possible, il reste maintenant à envisager dans le même esprit les corps gras et les hydrates de carbone.

*
*
*

Les graisses alimentaires, source de la graisse du lait.

— Les graisses alimentaires peuvent être non seulement la source des graisses de dépôts dans l'organisme, qu'il s'agisse des carnivores, des omnivores et des herbivores, mais elles peuvent encore s'y déposer, avec leurs indices propres ou leurs réactions particulières.

Les expériences qui ont abouti à une conclusion aussi formelle ont été faites surtout chez les carnivores parce que, seuls, ces derniers peuvent recevoir des repas extrêmement riches en matière grasse, *que les herbivores ne supporteraient pas.*

Je me permets de souligner cette dernière remarque pour montrer que quelques-unes des expériences qui seront relatées plus loin, et qui touchent à l'origine de la matière grasse dans le lait, sont entachées d'une faute lourde qui leur enlève une partie de leur signification.

Quand on administre à une femelle laitière herbivore : vache ou chèvre, des quantités considérables d'huile de lin, afin de voir si

une partie des glycérides de celle-ci passent, comme on le dit à tort, *en nature* dans le lait, — car il faut tenir compte du rôle élaborateur, triturateur, de la cellule mammaire — évidemment on réalise là une expérience, mais j'estime qu'elle sort un peu du cadre de la physiologie, en ce sens que ses conséquences, tant scientifiques que surtout pratiques, sont singulièrement réduites.

Il n'est pas normal que les herbivores se nourrissent de matière grasse ainsi présentée, et c'est justement parce que LIEBIG constata que les aliments d'origine végétale ne renferment généralement que de très petites quantités de matière grasse, qu'il fut amené, dès 1844, à mettre en doute les théories physiologiques jusque-là régnautes, et qui admettaient que les matières grasses des aliments constituaient la source unique des graisses de l'organisme. C'était cependant une solution de bon sens; toutefois, en dépit de cette qualité, elle n'est pas générale.

Les hydrates de carbone de l'aliment, source de la graisse du lait. — *La faiblesse du taux butyreux des aliments végétaux* est telle qu'elle ne peut expliquer l'abondance des dépôts graisseux chez les herbivores : vaches, moutons, chèvres, qui ingèrent régulièrement des quantités considérables d'hydrates de carbone. L'hypothèse de LIEBIG que ceux-ci pouvaient être, du moins pour les herbivores, une source importante, sinon la source principale, de matière grasse, se trouvait ainsi justifiée. Les expériences de DUMAS, BOUSSINGAULT et PERSOZ en France, celles de LAWES et GILBERT en Angleterre ont vérifié expérimentalement l'hypothèse de LIEBIG.

Celle-ci l'a été également chez le porc par TCHIRWINSKY, à l'Institut Agronomique de Moscou en 1880, chez le mouton par KERN et chez le chien par RUBNER (1).

Le mécanisme d'une pareille transformation des hydrates de carbone en graisse nous échappe tout à fait et, quant aux processus chimiques qui mènent de ceux-là à celle-ci, nous en sommes réduits à des hypothèses.

Le siège même de cette transformation ne nous est pas connu exactement (2); il est vraisemblable que le foie intervient puissamment. La glande hépatique se trouve ici le serviteur de l'organisme tout entier; elle prépare des matériaux simples aux dépens desquels les différents tissus — et parmi ceux-ci, celui qui nous intéresse, le

(1) Pour cette question, il est bon de lire, pp. 132-144, l'ouvrage de A. MAL-
LÈVRE, *l'Alimentation et l'élevage rationnels du bétail*. Leçons recueillies par J.-E.
LUCAS, Paris, 1920.

(2) Cf. E. LAMBLING.

tissu mammaire, — vont fabriquer les principes essentiels de leur sécrétion ; c'est le foie qui fabrique le glucose aux dépens des hydrates de carbone alimentaires si variés d'aspect et de condensation ; c'est lui qui, par sa fonction uropoïétique, va sortir de la circulation l'azote en excès sous la forme d'urée et ne garder que les acides aminés nécessaires.

Si la mamelle devait fabriquer, comme le fait l'organisme auquel elle est appendue, de la matière grasse avec des hydrates de carbone, en l'espèce avec le glucose du sang, puisque c'est le seul hydrate de carbone qui lui soit apporté, il y aurait là un gaspillage d'énergie qui, *a priori*, ne serait pas sans nous étonner.

Je ferai remarquer, en outre, ce qui est capital à mon avis, que, si la graisse du lait devait trouver dans le glucose du sang son principe générateur, ce serait surprenant que son taux dans le lait fût si variable, alors que celui du glucose dans le sang à l'état normal n'oscille pas beaucoup ; c'est même ce qui nous permet de comprendre la relative fixité du taux du lactose dont le glucose sanguin est le précurseur.

La mamelle fera sa graisse avec les éléments constitutifs des graisses : acides gras et glycérine, qui lui seront amenés par le sang, ou, comme le pense MEIGS, avec les lipoides dans lesquels la molécule complète du corps gras est déjà fortement amorcée. Dans le cas des lécithines, la dépense de transformation est réduite au minimum puisque, dans ces composés, deux fonctions alcool sur les trois de la glycérine se trouvent déjà éthérifiées par des acides gras.

*
*
*

Si je suis entré dans toutes ces considérations, c'est pour montrer que les hypothèses faites en physiologie animale sur l'origine des graisses de l'organisme n'ont pas à être envisagées sous un jour différent quand on considère la matière grasse du lait ; celle-ci n'exige pas de processus élaborateur particulier. Ainsi que l'ont montré les expériences de JORDAN, JENTER et FULLER à la Station Expérimentale de Geneva (New-York) (1), *les grandes théories du métabolisme des principaux types de substances alimentaires n'ont pas besoin d'être modifiées pour s'adapter à la vie de la femelle laitière.*

Le « sang » butyreux des femelles laitières. — Encore une fois — et je m'excuse d'insister, mais nous allons voir à quelle conséquence intéressante nous allons aboutir — ce sont les acides

(1) W.-H. JORDAN, C.-G. JENTER et F.-D. FULLER, *the Food Source of Milk Fat; with Studies on the Nutrition of Milk Cows* (New-York Agric. Exp. Stat. Bull. n° 197, oct. 1901).

gras du sang, libres ou combinés, qui seront la source des acides gras de la graisse du lait. La cellule spécifique mammaire aura à les modifier quelque peu, puisque nous voyons apparaître dans le lait une proportion d'acides gras volatils beaucoup plus considérables que celle de la graisse du corps.

Si l'on se reporte au remarquable travail de E.-F. TERROINE (1), sur le métabolisme des matières grasses dans le règne animal, nous voyons que *la richesse du sang en acides gras, principes caractéristiques des matières grasses, est très variable d'un animal à l'autre*. Les recherches de TERROINE ont été faites sur le chien et le chat, mais la donnée physiologique importante qu'il en a tirée est d'application à tous les mammifères. S'il n'y a pas de grandes fluctuations d'un individu à l'autre, à l'état normal, dans la richesse du sang en glucose, par exemple, il n'en est donc pas de même des acides gras dont le taux, chez le chien, dit TERROINE, peut varier du simple au double.

C'est au *Congrès National de Laiterie* tenu à Rennes en octobre 1922 (2) que j'ai, le premier, appelé très théoriquement l'attention sur les recherches de TERROINE dans les relations qu'elles doivent avoir avec l'étude du lait. « Il y a des animaux, disais-je, qui, en moyenne, doivent avoir un sang beaucoup plus riche que les autres en acides gras. De là à déduire, s'il s'agit d'animaux laitiers, que leur lait sera plus riche en matière grasse, il n'y a qu'un pas qui me paraît aisément franchissable pour un esprit scientifique.

« Vous avez peut-être là la raison des différences si considérables que vous notez entre les animaux producteurs de lait. »

Dans ce rapport, je rappelais que le facteur dominant de la richesse butyreuse du lait d'une femelle devait être recherché dans l'hérédité. « Par la sélection, vous pouvez obtenir de grands producteurs laitiers, mais si ces producteurs n'ont pas de « sang butyreux », vous n'en ferez pas de grands producteurs de matière grasse. »

La notion de « sang », si courante en zootechnie, se traduit donc ici chimiquement, et j'estime qu'il y a là une donnée non dépourvue d'intérêt qui pourrait être soumise à la vérification expérimentale.

Il faut noter également que chez le même animal il y a, nous dit TERROINE, des fluctuations marquées du taux de ses acides gras totaux dans le sang, sous de nombreuses influences : repas, inani-

(1) E.-F. TERROINE, Contribution à la connaissance de la physiologie des substances grasses et lipoïdiques (*Ann. des Sc. nat., Zoologie*, 10^e série, t. IV, 1919).

(2) Ch. PORCHER, *les Méthodes de sélection américaine; les résultats pratiques obtenus et leur adaptation en France*. Rapport au Congrès National de Laiterie à Rennes, octobre 1922, édité par « l'Industrie Laitière ».

tion, etc. De ce que nous avons dit plus haut sur le rôle de ceux-ci comme précurseurs de la matière grasse du lait, il doit résulter que les oscillations sanguines des acides gras doivent être suivies d'oscillations parallèles de la matière grasse du lait.

*
* *
*

Les graisses de dépôts et les graisses alimentaires. Part qui revient aux unes et aux autres dans la formation de la graisse du lait. — Si la physiologie générale nous a montré que l'organisme animal fait ses graisses avec des graisses alimentaires et avec des hydrates de carbone, — nous savons que le rôle des matières protéiques est plus discutable, — nous avons vu que la mamelle n'a pas à faire de distinction entre ces deux origines ; elle prendra au sang les acides gras qui sont nécessaires à l'élaboration de la graisse du lait.

Mais le sang ayant deux sources où puiser les principes générateurs de la matière grasse du lait : *la graisse alimentaire et la graisse de dépôts*, on doit se demander dans quelle mesure se chevauchent ou s'associent ces deux sources ?

Jouent-elles indépendamment l'une de l'autre ? Voilà la question qui se pose. En d'autres termes, la graisse ingérée avec l'aliment passe-t-elle *directement* dans le lait, étant bien entendu que le mot *directement* réserve le rôle élaborateur de la mamelle, ou prend-elle toujours comme intermédiaire les réserves graisseuses de l'organisme ?

Nous verrons tout à l'heure que la distinction entre ces deux sources de graisse ne peut pas être tranchée nettement, et la meilleure preuve, c'est que, *chez les herbivores notamment, la graisse des dépôts provient, pour une grande part, d'une transformation des hydrates de carbone alimentaires.*

Les dépôts de graisses dans l'organisme constituent des réserves où il sera puisé pour des fins multiples, entre autres, la formation de la graisse du lait, dans le cas de la femelle laitière. Leur bilan subira des oscillations assez difficiles à définir. Les dépôts s'accroîtront avec une alimentation hydrocarbonée et graisseuse abondante ; par contre, ils diminueront lorsque, les besoins s'accroissant, il faudra puiser dans la masse qu'ils constituent. En d'autres termes, *les réserves graisseuses seront toujours là pour fournir à la sécrétion mammaire la graisse nécessaire. Leur action est permanente et, dans les conditions normales, elle affecte une allure chimique remarquablement constante, ainsi qu'en témoigne le peu de variabilité des principales constantes du beurre au cours d'une période prolongée chez*

un animal herbivore qui reçoit toujours la même alimentation (1).

D'un autre côté, si dans l'alimentation nous introduisons *brutalement, d'une façon massive*, des graisses étrangères à l'organisme, la physiologie générale nous apprend que ce dernier les fixe dans ses dépôts, *d'où elles ne disparaîtront que peu à peu*. Un chien qui a consommé du suif de mouton et en a déposé dans ses tissus, en est encore porteur un mois après que ce corps gras a disparu de l'alimentation. S'il s'agit d'une femelle laitière, nous retrouverons *une partie seulement de ces graisses étrangères dans le lait*, l'autre, comme nous venons de le voir, étant restée en route accolée aux dépôts.

A l'action durable, continue, des réserves grasses de l'organisme, considérées comme source de la graisse du lait, s'oppose donc *l'action passagère des graisses hétérogènes données expérimentalement*. A la suite de leur ingestion, on enregistrera dans le lait une modification plus ou moins marquée, — d'autant plus marquée que la quantité donnée sera plus élevée —, des constantes de sa graisse, qui les rapprochera des constantes de la graisse hétérogène administrée; il n'y a jamais identification, ce qui montre que la graisse du lait a toujours deux sources : la graisse hétérogène ingérée et la graisse des dépôts. Si celle-ci ne devait pas participer à l'élaboration de la graisse du lait et laissait ce rôle exclusivement à la graisse donnée expérimentalement, il est évident que la graisse du lait serait, en quelque sorte, la réplique de cette dernière; or, ce n'est jamais le cas, si sévères, si anormales même que soient les conditions de l'expérience.

L'action la plus marquée de la graisse hétérogène donnée expérimentalement suit de très près l'ingestion de ladite graisse, mais elle ne s'éteint pas tout de suite. Elle se prolonge après l'administration, parce que les graisses de dépôts intervenant, comme elles le font toujours, dans l'élaboration de la matière grasse du lait, cèdent avec elles, au sang, pour aller à la mamelle, l'élément hétérogène perturbateur dont elles avaient retenu la plus grande partie.

Nous ne pouvons mieux terminer ces considérations qu'en citant presque une page entière de LAMBLING dans laquelle ce remarquable esprit aujourd'hui disparu montrait ce en quoi le métabolisme des graisses se différenciait essentiellement de celui des deux autres groupes alimentaires : hydrates de carbone et protéines :

« On remarquera combien *cette fixation directe des graisses étrangères par l'organisme paraît donner au premier abord à cette catégorie d'aliments une position particulière vis-à-vis des albumines et même vis-à-vis des hydrates de carbone*. Il semble, en effet, que l'organisme

(1) Cf. C.-H. ECKLES et R.-H. SHAW, Variations in the composition and properties of Milk from the individual Cows (*Bur. of An. Ind., Bull. 157, 1913*).

ne possède pas de dépôt où il puisse mettre en réserve des protéiques venus du dehors. Lorsqu'il fixe une albumine, c'est pour l'adapter à un tissu ou l'ajouter à une humeur, ce qui implique une exacte transformation de l'albumine étrangère en une albumine spécifique. On observe quelque chose d'analogue pour les nombreuses variétés d'hydrates de carbone alimentaires que l'organisme n'admet dans le courant de ses opérations nutritives, qu'après les avoir toutes ramenées à l'état de glycogène, et si ce produit constitue une réserve, celle-ci présente cette double particularité d'être peu abondante et d'être incessamment renouvelée. Tout autre est le caractère des dépôts adipeux. Ceux-là constituent le grand réservoir où l'organisme accumule les provisions d'énergie. Là, des masses considérables de graisse, placées en dehors du mouvement de la nutrition, attendent le moment où elles seront utilisées. Corrélativement, on voit les graisses alimentaires se déverser simplement dans ce réservoir, sans avoir subi, au préalable, cette exacte transformation que l'on observe pour les deux autres catégories d'aliments. »

J'ai, depuis longtemps, l'habitude à mon cours de m'exprimer dans une forme un peu différente :

« Le glycogène est la réserve d'énergie, de *combustible*, d'utilisation immédiate ou presque immédiate, réserve d'ailleurs relativement peu abondante et qui ne semble pas dépasser un certain taux, quelque soit l'apport hydrocarboné dans la ration, car l'excès de cet apport fait de la matière grasse. La graisse est une réserve d'énergie, de *combustible*, dont l'utilisation n'est pas immédiate ; cette réserve attend et peut attendre ; il en part sans doute un peu tous les jours, mais très peu, et la preuve, ce sont les expériences qui montrent que les graisses étrangères ingérées, puis mises en dépôt, ne disparaissent que lentement. Ces réserves d'une qualité chimique bien différente de celle du glycogène n'ont pour ainsi dire pas de limite, mais leur importance varie beaucoup avec les individus dans une espèce donnée.

« Il y a des obèses et d'autres qui, quoiqu'ils fassent, ne le seront jamais. En déplaçant, pour un moment, le sens du mot obèse, je dirai qu'il peut y avoir une *obésité grasse*, mais qu'il n'y a pas d'*obésité protéique* ou *glycogénée* ; il y a des surcharges adipeuses importantes ; rien d'aussi marqué pour le glycogène, encore moins pour les protéines. »

*
*
*

Les recherches qui ont porté sur l'origine de la matière grasse du lait n'ont surtout envisagé le problème que qualitativement. Or, ce n'est là qu'un aspect de la question.

Le côté quantitatif, que l'on peut traduire ainsi : *peut-on augmenter le taux de la matière grasse du lait par un apport supplémentaire de graisse dans la ration alimentaire ?* doit être envisagé également ; mais, pour introduire quelque clarté dans les deux ordres de considérations dans lesquelles nous devons entrer, pour donner à chacun des deux aspects de la question, le qualitatif et le quantitatif, leur véritable physionomie, il importe de rappeler quelques notions de physiologie générale que nous estimons indispensables.

* * *

Considérations générales relatives à l'influence de l'alimentation sur la composition du lait. — Lorsqu'on considère l'influence qualitative et quantitative de l'alimentation sur la composition du lait, on est porté à voir les choses d'une façon simpliste, et c'est contre cette tendance que je me suis fortement élevé lorsque j'ai étudié la question de la polylactie, ou du « mouillage au ventre » (1).

Il est déjà difficile d'apporter des précisions concernant l'influence de l'alimentation sur les hydrates de carbone, les protéines et les graisses du corps entier. Alors pourquoi viser à plus d'étroitesse dans les relations possibles de cause à effet, lorsqu'il s'agit, chez une femelle laitière, de mettre en balance, d'un côté, l'apport alimentaire avec ses hydrates de carbone et ses protéines complexes, ses graisses et ses matières salines, et de l'autre, les constituants du lait de nature correspondante.

Un élément nouveau : la glande mammaire, qui s'est greffée sur l'organisme, intervient, et l'on conçoit que cela ne peut qu'éloigner, davantage encore, la cause de l'effet.

Pour trop d'esprits superficiels, il apparaît que la glande mammaire doive ressentir nettement l'influence des variations apportées dans la ration. Ils ne semblent pas se douter que, entre la porte d'entrée qui reçoit l'aliment et la porte de sortie par laquelle est excrété le lait, il y a de nombreux intermédiaires qui modifient l'aliment à un tel degré que sa double influence sur le lait : qualitative et quantitative, est considérablement atténuée. Ce sont d'abord les sucs digestifs qui dissocient, broient, selon l'heureuse expression d'HUGOUNENQ, les principes alimentaires en petits morceaux dans lesquels ces derniers ne peuvent plus être reconnus, et qui, qualitativement, sont approximativement les mêmes pour toutes les molécules alimentaires. Ces sucs font donc perdre à l'édifice originel qu'est l'aliment sa

(1) Ch. PORCHER, la Polylactie (*Annales des falsifications et des fraudes*, juillet-août 1917, p. 304).

DE L'ALIMENT AU LAIT DE LA BOUCHE A LA MAMELLE

FIG. 1.

Porte d'entrée : C'est la bouche. Y arrivent les aliments les plus divers, de digestibilité et d'utilisation variables.

Estomac : Il s'y fait une première trituration portant sur les matières protéiques, amenant une déformation minima de celles-ci.

A. — Arrivée du suc pancréatique.

B. — Arrivée de la bile.

C. — Arrivée du suc entérique.

Suc pancréatique, bile et suc entérique déterminent dans l'intestin une défor-

structure chimique si compliquée et parfois si particulière, pour en faire un mélange plutôt banal.

C'est ensuite le foie, organe si important, que FRÉDÉRICQ appelle le « laboratoire des produits alimentaires », qui remplit tout à la fois un rôle de synthèse et de régulation ; rôle de synthèse, puisqu'il triture encore les molécules simples que l'intestin lui envoie par le système porte, jusqu'à les défigurer et les assembler pour les incorporer à l'organisme ; rôle de régulation, car il ne déverse dans le sang que ce que l'organisme réclame pour ses besoins ; le foie est donc à ce titre un réservoir, un garde-manger, un accumulateur.

Si nous continuons l'examen de tous les intermédiaires placés entre l'aliment et le lait, n'est-il pas remarquable de voir que le sang — le milieu intérieur — conserve une quasi-fixité de composition, en dépit des actions souvent brutales qu'on exerce sur lui. Injecte-t-on dans le torrent circulatoire les solutions les plus variées, hyper ou hypo-toniques, à condition, bien entendu, qu'elles ne soient pas toxiques, très rapidement, ainsi que nous l'apprend la physiologie expérimentale, le sang récupère sa composition originelle. Tout principe injecté en excès dans le sang est emmagasiné, pour un moment du moins, par le foie ou les tissus. Nous ne savons encore que peu de choses sur le rôle de ces derniers, mais je tiens à marquer tout de suite celui du tissu conjonctif, sous-cutané, intramusculaire, périglandulaire, etc., dans l'emmagasinement de la graisse. On peut dire que cette dernière est là comme « volant » du métabolisme des matières grasses de l'organisme, et l'on conçoit que son rôle régulateur

mation complète des molécules alimentaires organiques, surtout des hydrates de carbone et des matières protéiques. Pour celles-ci le « broyage moléculaire » est maximum.

D. — Par la *veine porte* sont transportés au foie les morceaux des molécules alimentaires qui primitivement étaient hydrates de carbone ou matières protéiques.

E. — Par le *canal thoracique* sont déversées dans la circulation générale les matières grasses, reconstituées aux dépens des produits de dislocation des matières grasses originelles.

Foie : Organe de reconstitution, de réserve, de régulation.

F. — *Veine cave* par où le foie ne lance aux organes que ce dont ils ont besoin.

G. — *Aorte* : Le sang circulant à son point de congélation : $\Delta = -0^{\circ} 55$.

H. — Par l'*uretère*, s'éliminent tant les produits de déchets communs à tous les organes que certains composés (eau par exemple) ingérés en trop grande quantité qui ont pris la voie du rein, véritable émonctoire d'une très grande importance.

I-J. — Par la *muqueuse intestinale* de la fin de l'intestin grêle et du gros intestin surtout, émonctoire aussi fort important, s'éliminent de nombreux produits de déchets d'une nature chimique différente de celle des déchets qui ont emprunté la voie rénale.

Par la *muqueuse intestinale*, il s'élimine également beaucoup d'eau.

K. — *Porte de sortie intestinale*.

L. — *Porte de sortie du lait* dont le point de congélation est aussi : $\Delta = -0^{\circ} 55$. L'épithélium de l'acinus mammaire est très spécifiquement différencié au point de vue physiologique ; comme émonctoire, son rôle est fort restreint.

puisse être de première importance. Les réserves graisseuses de l'économie constituent des dépôts dans lesquels, ainsi que nous l'avons vu, il sera puisé continuellement pour fournir les éléments de la graisse du lait, lorsque l'influence directe et partielle de la graisse alimentaire se sera évanouie.

Avant donc d'arriver à l'épithélium de l'acinus mammaire, on voit que l'aliment a été singulièrement déformé ; il se présente d'ailleurs à la glande sous la même forme que celle qu'il affecte vis-à-vis des autres tissus. Le sang, en effet, amène à la cellule mammaire, des principes que l'on peut dire neutres, puisque ce sont les mêmes qui vont aux tissus les plus différents : muscles, foie, cerveau, intestins, reins, etc., principes neutres avec lesquels elle va construire les édifices moléculaires si caractéristiques du lait, et les associer dans des proportions donnant à l'ensemble une physionomie particulière.

On voit qu'il y a loin des constituants du lait aux assemblages, si divers d'aspects, de l'apport alimentaire. Quand on dit que l'alimentation doit avoir une influence sur la composition du lait, on avance là une vérité bien vague dans son incontestabilité, puisque l'aliment est, évidemment, la source de la vie, et par suite, de toutes les manifestations de celle-ci : mouvements, sécrétions, pensée ; mais sous-entendre que cette influence est directe et marquée, c'est aller trop loin puisque nous savons qu'il y a entre l'aliment et la mamelle des organes et des tissus qui, servant de déformateurs, de tampons et de réservoirs, atténuent notablement ladite influence. (Fig. 1).

Lorsque, expérimentalement, on vient à élever considérablement, et tout d'un coup, brutalement en somme, l'apport d'un principe alimentaire, pour voir dans quelle mesure le lait répondra à cette modification diététique, on constate que le sens et la valeur de l'altération chimique résultante dans le lait sont loin d'être en rapport étroit avec la cause, ce que nous traduirons en disant que, vouloir orienter la cellule mammaire vers la production exagérée d'un quelconque des principes du lait, c'est faire violence à cette cellule ; c'est vouloir porter atteinte à sa spécificité et à l'équilibre qui préside à son fonctionnement. *L'expérimentation a toujours démontré l' inanité d'une telle tentative.*

Cette spécificité cellulaire est une donnée fondamentale qu'on a l'air de trop oublier parfois ; elle est capitale en l'espèce, si l'on veut bien comprendre l'influence, ou mieux, dirai-je, le peu d'influence des brutalités alimentaires.

Quand, en effet, sur le sang, milieu neutre dans lequel sont venues s'amortir lesdites brutalités, on voit se greffer un élément spécial, hautement différencié par ses fonctions — c'est le cas de la cellule

mammaire —, élément qui va faire un choix dans les principes qui lui sont apportés par le courant sanguin et les manipuler à sa façon, on exagère encore la distance qui sépare le point de départ : l'aliment, du point d'arrivée : le lait. On affaiblit donc le retentissement que celui-là peut avoir sur celui-ci.

Le lait n'est pas une simple transsudation du sang, ce que l'étude histologique nous a d'ailleurs montré ; il résulte d'un travail spécial dont l'unique siège est la cellule épithéliale des acini glandulaires.

Avancer que l'épithélium mammaire fait un choix entre les substances que lui amène le sang, c'est dire, sous une autre forme, qu'il doit opposer de la résistance à se laisser traverser par le premier composant venu, serait-il même extrêmement diffusible.

La mamelle fonctionnant normalement n'est pas un filtre commode à traverser, et son rôle comme émonctoire est même des plus réduits. Ce n'est pas un rein, comme on s'est plu à le dire parfois avec insistance et, quand elle l'est, ce n'est que dans une mesure extrêmement faible.

La cellule mammaire ne choisit donc dans ce que lui convoie le sang que ce qui lui est indispensable pour l'élaboration des principes constituants du lait ; elle laisse les autres de côté et s'il est parfois possible de surprendre le passage anormal dans le lait d'un composé minéral ou organique donné expérimentalement, c'est que le sang l'a apporté au tissu mammaire par véritables bouffées.

La faculté qu'a ce dernier de choisir les matériaux qui lui conviennent a été faussée, violentée, mais pour un moment seulement, et dans une mesure relativement très faible.

Cette dernière réflexion qui condense, en quelque sorte, celles qui la précèdent, va maintenant nous permettre de comprendre les relations que certains expérimentateurs ont notées entre la matière grasse alimentaire et la matière grasse du lait.

* *

Les expériences sur le passage des graisses données « per os » dans le lait. — Les expériences qui ont permis d'affirmer le passage des graisses alimentaires dans le lait n'aboutissent qu'à des données qualitatives. C'est par une modification de certains indices de la matière grasse du lait, notamment de l'indice d'iode, et par la constatation de réactions colorées spéciales appartenant à la matière grasse mise en expérience que ledit passage a été enregistré.

Les glycérides des acides gras non saturés ont la propriété de se combiner avec l'iode et la quantité d'iode fixée sur les liaisons éthyléniques varie avec la nature de l'acide gras non saturé.

Si nous faisons ingérer à l'animal des graisses, comme l'huile de lin, dont les acides (linolique, linoléique et linolénique) possèdent deux ou trois doubles liaisons, on conçoit que l'indice d'iode s'élèvera dans la graisse du lait par le passage d'une certaine quantité de ces acides gras. La détermination de l'indice d'iode est donc un moyen très commode de l'étude de l'origine de la matière grasse du lait.

On parle couramment, dans les expériences qui vont être relatées, *du passage direct de la graisse hétérogène dans le lait*. En réalité, et je l'ai déjà souligné, l'expression n'est pas tout à fait correcte. Qu'il s'agisse de matières grasses riches en doubles liaisons, comme l'huile de lin, d'huiles, comme celles de sésame ou de coton, qui donnent des réactions colorées spéciales dues à des principes qu'il est possible de leur enlever et qui font partie de leur portion non saponifiable, il faut admettre que toutes ces matières grasses sont saponifiées au cours de leur absorption ; qu'elles se reconstituent ensuite, cela est possible, et même certain, mais, en fait, on ne saurait correctement dire que la graisse a passé inaltérée de la ration dans le lait.

Rappelons, une fois encore, que la cellule mammaire a un rôle élaborateur très personnel. Qu'elle utilise pour faire de la graisse du lait un excès d'acides gras à doubles liaisons qui lui sont apportés anormalement, ce n'est pas douteux puisque les expériences le démontrent, mais, à côté, elle n'en fera pas moins des glycérides à acides volatils, dont la proportion est relativement grande dans la matière grasse du lait.

HENRIQUES et HANSEN (1) ont donné pendant plusieurs jours de suite à une vache 500 gr. d'huile de lin, dont l'indice d'iode est voisin de 180. La graisse du lait recueillie au cours de cette expérience a un indice d'iode qui, en 21 jours, s'élève progressivement à 59,7 et qui, après suppression de l'ingestion d'huile de lin, met une dizaine de jours pour revenir à sa valeur normale autour de 30 et pour remonter à nouveau si l'on reprend l'administration d'huile de lin.

BAUMERT et FALKE (2), après administration à une vache en lactation d'huile de sésame dont l'indice d'iode varie légèrement autour de 105, constatent que l'indice d'iode du lait s'élève, dans un premier cas de 39,6 à 50,88, dans le deuxième, de 39,6 à 53,87, et dans un troisième, de 29,86 à 53,81.

L'huile d'amandes dont l'indice d'iode est 93,96 leur donne des résultats

(1) HENRIQUES et C. HANSEN, *44^e Rapport du laboratoire agricole de Copenhague*, 1899. Undersogelser over Fedtdannelsen i Organismen ved intensiv Fedtfoering.

(2) BAUMERT et FALKE, Ein Beitrag zur Kenntniss der Veranderung der Butter durch Fettfütterung (*Zeits. f. Untersuch. der Nahrungs u. Genussmittel*, 1898, p. 665).

semblables, tandis que l'huile de coco, dont l'indice d'iode est de 89,5, n'élève pas sensiblement l'indice d'iode du lait.

GOGITIDSE (1) entreprend des expériences analogues sur 3 chèvres et une chienne, et étudie, en même temps que les variations de l'indice d'iode du lait, celles de la graisse de dépôt sous l'influence de l'ingestion d'huile de lin.

Chez la chienne, l'indice d'iode de la graisse du lait s'élève de 65,91 jusqu'à 109,60, et bien que l'on cesse l'administration d'huile de lin, on observe encore une élévation de l'indice d'iode pendant deux jours, puis cet indice baisse, mais très lentement. En même temps, l'indice d'iode de la graisse de dépôt passe de 47,89 à 69,96.

Chez la chèvre, après une administration journalière de 50 à 100 gr. d'huile de lin, l'indice d'iode monte, en quelques jours, de 31,14 à 88,43, pour s'abaisser ensuite très lentement après cessation de l'administration de la graisse hétérogène, puisque, 23 jours après celle-ci, l'indice d'iode du lait est encore de 40,80.

LEBEDEW (2) note une augmentation de la proportion des acides gras liquides par rapport aux acides gras solides quand on donne aux chèvres de l'huile d'olive ou de l'huile de colza.

Ces expériences établissent nettement :

a) *L'influence de la nature de la graisse alimentaire sur la qualité de la graisse du lait* (3).

b) Elles nous montrent également, avec HENRIQUES et HANSEN, GOGITIDSE, etc., *l'intervention des réserves graisseuses de l'organisme*, puisque, après cessation de l'administration d'huile de lin, les indices de la graisse du lait mettent un assez grand nombre de jours à revenir à la normale ; c'est que lesdites réserves avaient été imprégnées par l'huile de lin.

En administrant à des animaux en lactation des graisses iodées, WINTERNITZ (4), puis CASPARI (5), ont pu mesurer l'importance du passage de

(1) GOGITIDSE, Vom Uebergang des Nahrungsfettes in die Milch. (*Zeitsch. f. Biologie*, t. XLV, p. 353, 1904).

(2) LEBEDEW, Ueber die Ernährung mit Fett (*Zeitsch. f. physiol. chemie*, t. 6, p. 138, 1882) : Ueber der Fettansatz im Tierkorper. (*Centralbl. f. d. med. Wissench.* t. 8, 1882) ; Woraus bildet sich das Fett in Fallen der akuten Fettbildung ? Experimenteller Beitrag zur Kenntniss der Leber und Milchfette (*Pflüger's Arch.*, t. 31).

(3) Lire sur cette question l'intéressante revue de Mlle L. Kalaboukoff : *Sur la physiologie de la sécrétion lactée* (*Biol. méd.*, 1, 1909) à laquelle j'ai beaucoup emprunté.

(4) WINTERNITZ, Findet ein unmittelbarer Uebergang von Nahrungsfetten in die Milch statt ? (*Deutsch. med. Woch.*, 1897, n° 30).

(5) CASPARI, Ein Beitrag zur Frage nach der Quelle des Milchfettes (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, suppl. 1899, p. 267).

la graisse iodée dans le lait ; le premier de ces auteurs en trouve 60 % ; le second, qui avait opéré avec une chienne en trouve 23 %, le reste s'étant déposé dans l'organisme sous forme de réserves, car, lorsque CASPARI interrompt l'administration de graisse iodée pour donner à la chienne de la graisse d'oie, on observe encore l'apparition dans le lait de la graisse iodée (8 %), dont la source ne peut être que les réserves de l'organisme.

Il y a donc *continuité* dans l'élimination de la graisse ingérée expérimentalement, alors que l'administration en a cessé ; fatalement, en effet, une partie de la graisse iodée est devenue pour un temps graisse de dépôt.

Toutes ces expériences prouvent péremptoirement que la graisse du lait a une double origine, celle de l'alimentation, celle des dépôts.

La qualité chimique, traduite par ses indices, de la matière grasse du lait, est, en toutes circonstances, sous la dépendance, à la fois, de celle de la graisse de dépôts, plus fixe, et de celle de la graisse alimentaire, plus variable. Ces deux facteurs jouent différemment, chez les herbivores, d'une part, et chez les carnivores, d'autre part ; dans les circonstances normales, chez ceux-là, c'est la graisse des dépôts qui l'emporte et chez ceux-ci, la graisse des repas.

L'influence de la graisse alimentaire se fait surtout sentir dans les heures qui suivent l'ingestion de celle-ci, le sang convoyant alors une proportion relativement élevée des acides gras de la graisse hétérogène ; l'emprunt fait aux graisses de réserve est donc réduit ; il reprend lorsque l'administration de la graisse étrangère cesse, sans que toutefois la graisse du lait retrouve tout de suite ses indices normaux, puisque les graisses de dépôt ont fixé de la graisse étrangère au cours de l'expérience.

Il est bon de revenir sur une observation que nous avons faite antérieurement et de noter, une fois de plus, que *les expériences au cours desquelles on administre de l'huile de lin à des herbivores, pour intéressantes qu'en soient les conclusions, du point de vue scientifique, ne peuvent avoir de conséquences positives sur le terrain des réalisations.*

Les herbivores supportent mal les rations extrêmement riches en matières grasses, celles-ci ne sont pas le facteur essentiel d'où sortiront les graisses du corps ; ce sont, nous le savons, les hydrates de carbone.

Quelles que soient la nature et la quantité de la matière grasse administrée dans les expériences qui viennent d'être relatées, le rôle élaborateur propre de la mamelle n'en est pas atteint, et la présence des acides volatils dans les glycérides qu'elle fabrique, même dans les conditions un peu anormales de certaines des expériences rappelées, en est la meilleure preuve.

GOGITIDSE (1), dans une seconde série d'expériences montre que la mamelle peut faire des corps gras en partant de savons, c'est-à-dire de sels d'acides gras. C'est ainsi qu'il voit l'indice d'iode de la graisse du lait s'élever par ingestion de savon de l'acide linoléique et, au contraire, s'abaisser lorsqu'il administre du stéarate de soude, c'est-à-dire un savon d'acide gras saturé.

Le rôle des réserves adipeuses s'affirme encore lorsqu'on soumet les animaux à une inanition relative ; dans ce cas la graisse du lait est prélevée presque entièrement sur elles dont l'indice d'iode (35-45) est plus élevé que celui de la graisse du lait (26-35).

La question que nous étudions en ce moment exige, lorsqu'on veut en voir toutes les faces, que la distinction que nous avons faite antérieurement entre carnivores, omnivores et herbivores soit toujours nettement relevée. En voici encore la preuve :

La femme nourrice et la vache laitière. — Une femme bonne nourrice, qui sécrète environ un litre de lait, élimine une moyenne de 40 grammes par jour de matière grasse ; une vache bonne laitière peut, par sa mamelle, en excréter 700 à 800 grammes, et plus. Tandis que la femme, soumise à un régime mixte d'omnivore, abondamment arrosé de graisses, ingérera par jour au moins 100 gr. de celles-ci, la vache ne trouvera pas dans son alimentation la moitié peut-être de la graisse du lait qu'elle élimine.

Chez la femme, le grand excédent de la graisse alimentaire sur la graisse du lait nous permet de comprendre que celle-ci soit facilement influencée par la qualité de la matière grasse ingérée au cours des repas.

Il en va tout autrement chez la vache laitière dans les conditions normales ; les graisses de dépôts auront à intervenir beaucoup plus qu'elles ne le font chez la femme, et, la qualité chimique de la graisse alimentaire variant peu avec un rationnement qui lui-même ne change guère, il en résulte que la qualité chimique de la graisse du lait se maintiendra à peu près constante.

*
* *

L'influence quantitative de la graisse alimentaire ou de la graisse donnée expérimentalement sur la graisse du lait. — Si la qualité de la graisse alimentaire influe sur celle de la matière grasse qui sera éliminée par le lait, ainsi que les expé-

(1) GOGITIDSE, Vom Ubergang des Nahrungsfettes in die Milch. Weitere Mitteilung (*Zeitsch. f. Biologie*, vol. XLVI, p. 403, 1905).

riences ci-dessus l'établissent d'une façon formelle, il y a lieu de se demander si ladite influence reste purement qualitative ou si l'on doit y superposer une influence quantitative. Nous retrouvons la question posée plus haut :

Est-il possible, expérimentalement, d'augmenter la richesse butyreuse du lait en exagérant l'apport de matière grasse dans la ration ?

C'est un problème qui intéresse depuis toujours les agriculteurs en raison de la plus grande valeur commerciale de la matière grasse, source du beurre. Ils cherchaient à obtenir, tout à la fois, un lait abondant et très butyreux. A première vue, il était logique de supposer que la solution se trouverait dans un apport plus considérable de graisse dans l'alimentation, et, en admettant que le résultat fût atteint dans cette direction, il ne restait plus qu'à envisager *le point de vue économique* : l'opération, au point de vue financier, peut-elle rapporter ?

Or, aujourd'hui, il faut définitivement abandonner cette façon de voir. L'expérimentation et la pratique agricole ont montré que ce n'est pas en augmentant l'apport des matières grasses dans la ration qu'on verra s'élever plus ou moins parallèlement le taux butyreux du lait.

WING ajoute, par jour et par tête, à la ration ordinaire des vaches, de 900 à 1.000 gr. de suif, sans constater un enrichissement marqué du lait en matière grasse.

HENRIQUES et HANSEN additionnent journallement à la nourriture ordinaire, pauvre en graisse, d'une vache en lactation, 500 gr. d'huile de lin. Au bout de six jours, le lait obtenu présente une augmentation de la teneur en graisse de 1 %.

SOXHLET (1) ajoute aux boissons des animaux en expérience des graisses émulsionnées, et arrive à déterminer une augmentation du taux butyreux du lait de 5,8 %.

Ces expériences sont tout à la fois contradictoires et troublantes, mais il y a lieu de faire remarquer qu'il faut toujours, lorsqu'on opère sur des laits individuels — et c'est le cas dans les expériences du genre de celles dont il vient d'être parlé — se méfier des oscillations butyreuses normales du lait. Est-ce vraiment la matière grasse mise en expérience par HENRIQUES et HANSEN, par SOXHLET, qui est la cause de l'élévation du taux butyreux du lait constatée par eux ; en dehors de l'ingestion de matière grasse et sans rien changer au régime alimentaire de l'animal, peut-être aurait-on pu noter des oscillations semblables ; le chiffre de SOXHLET : 5,80 % me porte à le penser.

(1) SOXHLET, *Wochenbl. des Landw. Vereins im Bayern*, 1896, n° 40.

Nous verrons dans la suite de ce travail que le cas est fréquent, mais déjà il est bon de rappeler les expériences faites à l'Université de Cornell.

A Cornell, on opéra sur 5 vaches d'âges différents gardées à la pâture et recevant une ration composée à parties égales de son et de farine de tourteau de coton, avec addition de tiges de maïs ensilé et de foin quand la pâture venait à s'appauvrir. On utilisa aussi par deux fois, dans le même but, 5 génisses de 2 ans ayant récemment vêlé.

Pendant 10 semaines, ces animaux reçurent du suif tous les jours en commençant par 120 gr. par jour et en augmentant graduellement pour atteindre 900 grammes.

Les animaux n'eurent aucune difficulté à prendre le suif, leur santé se conserva bonne et leur poids resta stationnaire. Il n'y eut aucun changement marqué dans le pourcentage en matière grasse du lait et dans la quantité de celui-ci, alors même que les vaches recevaient la quantité maxima de suif. Les variations de la matière grasse furent légères ; elles ne dépassèrent pas 0,5 % et elles ne furent pas uniformes ; bref, elles furent ce qu'elles sont à l'ordinaire. Les vaches donnèrent tantôt un lait plus riche, tantôt un lait moins riche en graisse avec le maximum de suif dans la ration que celui qu'elles sécrétaient avant ou après.

Pour pouvoir affirmer que l'augmentation de la graisse dans la ration est suivie d'une augmentation du taux de la graisse du lait, *il faut des recherches nombreuses et prolongées* portant sur un grand nombre d'animaux, dont on aura noté, longtemps avant que l'expérience ne commence, la courbe de leur graisse lactée.

Avec un nombre important d'animaux, le facteur individuel se trouve dilué, et son intervention, amortie dans la masse constituée par l'apport du troupeau tout entier mis en expérience.

Les remarques que nous venons de présenter sont capitales dans l'étude de la question que nous soulevons ici. *Trop de recherches nécessitant beaucoup de sujets sont entreprises avec un seul animal ou un petit nombre d'animaux*, et cependant on n'en conclut pas moins des résultats obtenus. Certains expérimentateurs le font dans un sens, tels autres qui ont opéré cependant d'une façon presque identique, dans le sens opposé. Il y a là une contradiction flagrante. Comment l'expliquer ? Je pense, une fois de plus, que les uns et les autres n'ont pas tenu suffisamment compte de ce facteur dominant : la grande variabilité du taux de la matière grasse chez les femelles laitières, et ainsi leur déterminisme expérimental a été entaché d'une grave erreur dès les prémices.

Il est bon de noter encore que les expériences signalées plus haut, de SOXHLET, de HENRIQUEZ et HANSEN, ont porté chez des herbivores, et que, vraiment, ce n'était pas là l'espèce animal qu'il fallait

choisir. Chez ces derniers, en effet, si l'on exagère la quantité de la graisse ingérée, on observe que la sécrétion du lait diminue.

SSUBOTIN (1) a même constaté qu'elle peut tarir quand l'alimentation devient exclusivement grasse.

GOGITIDSE (2), en administrant à une chèvre et à une chienne 50 à 100 gr. d'huile de lin par jour, note que la sécrétion lactée diminue beaucoup chez la chèvre, et tarit presque chez la chienne.

Des troubles digestifs sont toujours enregistrés en pareil cas, et non seulement la sécrétion diminue, mais même, ainsi que MALPEAUX et DOREZ, ALBRECHT, KELLNER l'ont constaté, il peut y avoir une diminution du taux de la matière grasse dans le lait. Les recherches semblables à celles que nous venons de critiquer sortaient vraiment par trop du cadre de la physiologie normale.

Les expériences qui ont été faites à l'Université de Cornell, qui ont duré quatre ans (1900-1904) et ont utilisé un grand nombre d'animaux, aboutissent aux mêmes conclusions que celles de WALTERS (1898-1899), de ORLA JENSEN (3). Il faut en dire autant de celles qui ont été entreprises au Danemark et qui ont porté sur 3.000 animaux (4).

Les observations de MALPEAUX et DIFFLOTH les confirment. « *L'alimentation n'a guère d'influence sur la richesse du lait*, mais elle peut augmenter ou diminuer la sécrétion des glandes mammaires. Avant toutes choses, la richesse du lait dépend des aptitudes individuelles. »

Il est impossible d'augmenter d'une façon permanente la teneur du lait en matière grasse par un apport plus considérable de graisses alimentaires sous forme de tourteaux. ORLA JENSEN montre que l'influence de ces derniers se fait sentir plutôt sur la qualité chimique de la matière grasse que sur sa quantité, et encore les modifications sont-elles quelquefois peu marquées ; tout cela dépend de la richesse du tourteau en graisse. Quand ils sont très dégraissés, les tourteaux de graines oléagineuses employés comme aliment concentré sont, en quelque sorte, uniquement une source d'azote.

(1) SSUBOTIN, *Virchow's Archiv*, 1866.

(2) GOGITIDSE, *Zeitschr. f. Biologie*, vol. XLV, 1904.

(3) ORLA JENSEN, la Composition du lait peut-elle être influencée par l'affouragement ? (*Ann. Agr. de la Suisse*, 1905).

(4) Lire Ch. D. Woods : *Recent experimental inquiry upon Milk secretion* ; A.-W. BITTING, *The Physiology of Milk secretion*, in *Feeding Fat into Milk or the effect of the Food upon the quality and quantity of Milk produced*. Circ. n° 75 du Bur. of An. Ind., 1905 ; Ch. PORCHER, *De l'influence de l'alimentation sur la composition du lait*. Rapport à la Ligue contre la mortalité infantile, dans *le Bon Lait*, Masson éd., Paris, 1910.

A. MALLÈVRE (1) en résumant son opinion sur le rôle des matières grasses de la ration comme source de la graisse du lait apporte la véritable conclusion à ce qui précède : « *On a essayé bien des fois d'enrichir le lait des vaches en matière grasse, en augmentant la teneur des rations en aliments riches en graisse digestible, on est toujours arrivé à des résultats nuls, ce qui s'explique aisément puisque l'animal sait trouver la graisse nécessaire au lait qu'il fournit dans les matières hydrocarbonées de ses aliments.* »

*
* *

Si donc, il n'apparaît pas que l'augmentation de la graisse du lait puisse dépendre nettement d'une augmentation de la graisse alimentaire, comment l'objectif des agriculteurs : augmenter la quantité du lait et en même temps sa richesse en graisse, peut-il être atteint ? On répondra : Par la sélection ayant comme base le contrôle laitier.

La sélection, principe de l'augmentation méthodique de la matière grasse dans le lait. — Ce que j'ai dit plus haut du « sang butyreux », le rappel que j'ai fait des recherches de TERROINE sur les variations de la richesse moyenne du sang en acides gras chez les animaux de même espèce, comportent cet enseignement théorique, auquel la pratique du contrôle laitier vient donner une confirmation éclatante, que c'est uniquement dans la recherche des animaux très butyrogènes comme géniteurs qu'on trouvera la solution.

Entrer dans cette voie est d'autant plus intéressant que les innombrables documents (2) que l'on possède aujourd'hui sur les résultats du contrôle laitier nous permettent d'affirmer qu'on peut, tout à la fois, chez le même animal, poursuivre l'augmentation du rendement en litres et l'amélioration du taux butyreux du lait plus abondamment produit.

Depuis longtemps, le praticien sait que, *si la production d'un taux moyen élevé de graisse par litre est une qualité de race, elle est, dans la race, surtout une qualité individuelle.* De là à conclure qu'on doit, dans la race choisie, éliminer les animaux peu butyrogènes, il n'y avait qu'un pas, mais, pour le franchir, il fallait à sa disposition, de la méthode, de la discipline, et, avant tout, des jalons.

(1) A. MALLÈVRE, les Variations de la richesse butyreuse du lait et les influences dont elles dépendent. (*Société Centrale d'Agriculture de la Seine-Inférieure, Bull. trim.*, oct.-nov.-déc. 1910).

(2) Voir *le Lait*, t. II, 1922, le numéro 7-8, pp. 521-700, uniquement consacré au contrôle laitier.

Le premier de ces jalons a été posé par les recherches de FLEISCHMANN et ses élèves, notamment HITTCHER.

En pesant chaque jour le lait de chaque vache soumise à leurs recherches, et en notant chaque fois la matière grasse, et cela sur un nombre élevé d'animaux, ils ont mis en relief ce fait remarquable qu'une vache donnait un lait dont la teneur moyenne en matière grasse est à peu près invariable pendant toute sa carrière. Ce point de physiologie est d'une extrême importance, car, si un animal donné avait dû présenter des oscillations considérables dans les richesses moyennes de ses diverses lactations, partant dans le poids total de beurre fourni au cours de celles-ci, toute base sérieuse de sélection reposant sur le rendement en matière grasse nous échappait, la pérennité de la qualité butyreuse disparaissant. Puisque c'est le contraire qui est vrai, il est donc, d'ores et déjà, possible de conclure, à l'abri de faits innombrables, qu'une vache qui est très butyrogène au cours d'une lactation donnée, le sera aussi dans ses lactations ultérieures.

C'est qu'elle possède du « sang butyreux », et ce « sang », propriété transmise par hérédité, ne saurait changer d'une année à l'autre.

Le travail de GOWEN vient apporter confirmation de ce qui vient d'être dit.

J.-W. GOWEN (1) y utilise les importants documents que l'« Advanced Registry » de la race de Guernesey met à sa disposition. Le mérite d'un pareil registre, aussi bien d'ailleurs pour les autres races que pour celle de Guernesey, est de *prédire exactement quel sera le « record » ultérieur des vaches qui s'y trouvent inscrites, quand elles sont soumises à de nouvelles épreuves*. En d'autres termes, physiologiquement parlant, le mécanisme du contrôle du rendement laitier et butyreux d'une vache est tel que, lorsque ce dernier a été établi régulièrement, il permet de donner la plus complète sécurité pour la production ultérieure. Il y a deux facteurs dans cette production, la quantité de lait et le taux butyreux ; si, la quantité de lait est celui qui peut varier le plus, le taux butyreux, par contre, est celui qui reste le plus fixe.

Cela correspond donc tout à fait aux recherches de FLEISCHMANN et ses élèves : *Le taux butyreux du lait d'une femelle laitière est la traduction pondérale d'une qualité physiologique en rapport avec le « sang butyreux », qu'elle tient de ses ascendants et qu'elle peut transmettre à ses descendants.*

Si la quantité de lait produite augmente, la quantité totale de

(1) J.-W. GOWEN, Relations between the butterfat percentage of one lactation and the butterfat percentage of a subsequent lactation in Guernesey Advanced Registry Cattle (*J. of Dairy Science*, t. VI, p. 330, 1923).

matière grasse augmente en même temps, parce que le taux butyreux, lui, reste à peu de chose près constant.

Le travail de GOWEN nous montre qu'il est possible de mesurer le degré de confiance que l'on peut accorder aux « Advanced Registry », c'est-à-dire aux Registres d'élite, pour le calcul du pourcentage en matière grasse ; le chiffre de ce pourcentage est prédit plus sûrement pour une lactation ultérieure que ne l'est le rendement en litres de lait.

La richesse butyreuse moyenne du lait d'un animal donné. — *Il n'y a aucune contradiction entre ce qui vient d'être dit et les oscillations extrêmement marquées du taux butyreux du lait, dont nous parlerons un peu plus loin. Tout individu laitier, qu'il soit peu ou très butyrogène, a une courbe du taux de la matière grasse de son lait, qui est très irrégulière.*

Ce qui est important pour un animal donné, c'est la *richesse moyenne* du lait, et c'est celle-ci qui servira à le classer au point de vue de la sélection. C'est elle qui répond analytiquement à la valeur de son « sang butyreux », lequel se transmettra à la descendance.

Le facteur hérédité est donc celui que l'on doit faire jouer pour l'amélioration de la richesse en matière grasse du lait.

Pour finir ce paragraphe et marquer la distinction tranchée qui doit être faite entre l'action de l'hérédité et celle de l'alimentation, je dirai, d'accord en cela avec tous les zootechniciens qui se sont occupés du problème du rationnement, que ce n'est pas en nourrissant abondamment une mauvaise laitière, une mauvaise beurrière, qu'on augmentera notablement sa sécrétion lactée.

Sur ce point, il me plaît de faire encore appel à l'autorité de MALLÈVRE qui jugeait de toutes ces choses avec un si parfait bon sens :

« Dans la mesure où le permet l'aptitude individuelle des animaux, disait-il, l'alimentation exerce une influence très puissante sur la *quantité* de lait sécrété par la mamelle. C'est surtout, en effet, par l'augmentation ou la réduction du rendement en lait que les vaches s'adaptent à la nourriture qu'elles reçoivent.

« Par contre, l'influence de l'alimentation sur la *richesse butyreuse* du lait est des plus restreintes. Et l'on se tromperait étrangement si l'on croyait pouvoir modifier à son gré la teneur du lait en matière grasse en changeant la composition ou l'abondance des rations consommées. S'engager dans cette voie serait poursuivre une chimère. Encore une fois, le procédé vraiment efficace, et par conséquent vraiment pratique dont on dispose pour obtenir un lait plus ou moins riche, c'est la sélection attentive, persévérante. »

Le devoir de l'agriculteur est donc de bien nourrir des animaux bien sélectionnés.

(A suivre.)