

Sucre inverti.....	3,60	
Saccharose	par rotation.....	40,00
	par réduction.....	40,20
M. azotées.....	9,81	
M. minérales.....	2,30	

Pour permettre au lecteur de se rendre compte des différences que présentent, dans le dosage, les chiffres obtenus par la méthode ordinaire et par celle que je propose, j'ai dressé le tableau ci-dessous :

	CHIFFRES OBTENUS	
	Sans faire intervenir la liqueur de Barfœd <i>Méthode ordinaire</i>	En faisant intervenir la liqueur de Barfœd <i>Méthode proposée</i>
Saccharose.....	40,20	40,20
Sucre inverti.....	21,00	16,20
Lactose.....		3,60
Somme des sucres.....	61,20	60,00

La liqueur de Barfœd peut donc être employée avec intérêt par les chimistes de la répression des fraudes pour doser quantitativement le lactose, dans les laits altérés, où différents sucres réducteurs se sont formés par hydrolyse, et pour contrôler la fabrication d'un lait concentré sucré.

(Travail fait au laboratoire de M. Lindet, à l'Institut national agronomique).

## LA LUTTE CONTRE LA DISETTE DU LAIT PENDANT LA GUERRE 1914-1918,

par le Dr A.-J.-J. VANDEVELDE,

Professeur de chimie générale à l'Institut Agronomique Supérieur de l'Etat,  
Directeur du Laboratoire chimique et bactériologique de la Ville de Gand,  
Directeur de l'Institut Supérieur des Industries de fermentation.

Mon exposé comportera nécessairement ce qui s'est fait à Gand sous l'occupation ennemie, alors que le souci constant de l'alimentation des nourrissons et des enfants; des malades et des vieillards alarmait les institutions et les personnes chargées de l'approvisionnement et de l'hygiène des populations.

La disette du lait était artificielle; les difficultés des moyens de communication, les réquisitions du lait, du bétail, des fourrages,

l'accaparement n'étaient en fait que des interventions humaines pour faire la guerre à d'innocents petits enfants, là même où la terre fertile assurait leur existence et leur croissance. Mais la disette était là, il fallait chercher à la combattre et à l'atténuer. J'eus la grande satisfaction de voir le Collège des Bourgmestre et Echevins de la Ville de Gand instituer, sur ma proposition, une Commission scientifique d'études pour la lutte contre la disette du lait, qui, réunie pour la première fois le 24 novembre 1915, réussit à fonctionner de manière autonome jusqu'au début de 1919.

Cette Commission scientifique examina successivement l'utilisation des succédanés du lait ou laits artificiels, l'organisation d'une usine de centralisation et de pasteurisation du lait, enfin la répartition du lait et l'emploi des conserves de lait. Mes fonctions communales firent que je fus chargé de la plupart des études et des rapports que la Commission scientifique eut à discuter, et c'est à ce titre que je me permets de les exposer succinctement dans la nouvelle Revue « *Le Lait* », sur l'aimable invitation de mon collègue et ami, M. Ch. PORCHER.

#### I. — Utilisation des succédanés du lait (1).

En 1867, LIEBIG (2) communiquait à l'Académie de Médecine de France une note qu'il considérait « ne pas être à la hauteur des communications que cette illustre Académie était accoutumée à entendre, mais néanmoins susceptible d'être reçue avec indulgence, en tenant compte de l'utilité pour l'alimentation des enfants dans les familles pauvres en France ».

Cette note contenait une recette pour préparer un lait artificiel à base de lait écrémé et de farine de froment saccharifiée par du malt d'orge. Cette recette fut bientôt adoptée en Angleterre, aux Etats-Unis d'Amérique et en Allemagne; plusieurs fabriques lancèrent dans le commerce un nouvel « aliment ou soupe des nourrissons ». En Turquie, on utilisait d'ailleurs, depuis les recherches de GUMPRECHT (3), des mélanges de suc de carottes avec de la biscotte ou de la croute de pain en poudre.

En France, on se montra plutôt sceptique au sujet de la valeur des succédanés du lait, et plusieurs auteurs, notamment GUIBOURT (4),

(1) Voir notamment : Le Lait artificiel et sa digestibilité, par A.-J.-J. VANDEVELDE. — *Ann. et Bull. Soc. Méd.*, Gand 1919, pp. 66-97.

(2) LIEBIG : Sur un Lait artificiel. *Journ. Pharm. Chim.* 1867, 6, p. 112.

(3) Du suc de carottes employé comme aliment pour les enfants sevrés et les nouveaux nés. *Journ. Pharm. Chim.*, 1851, 20, p. 59.

(4) Observations sur un lait artificiel proposé pour la nourriture des enfants nouveaux-nés. *Journ. Pharm. Chim.*, 1867, 6, p. 116.

BONDET (1), POGGIALE (2) défendirent avec raison la thèse qu'il est dangereux de préconiser le lait artificiel en place du lait maternel, alors que d'autres laits naturels comme celui de vache et de chèvre sont certainement, avec quelques modifications légères, tout indiqués pour remplacer le lait de femme.

Lorsque le lait naturel vient à manquer, le lait artificiel prend nécessairement une importance considérable : l'histoire chimique du siège de Paris pendant la guerre 1870-1871 nous rappelle à ce sujet les travaux de l'Académie de Médecine de France et des revues scientifiques de l'époque. Je me borne à citer le mémoire de DUBRUNFAUT (3) dans lequel l'auteur recommande l'emploi de l'albumine sèche empruntée au blanc d'œuf sec et d'huile d'olive que Paris investi possédait en grandes quantités, le mémoire de GAUDIN (4) signalant la possibilité de fabriquer chaque jour plus de 500.000 litres de lait artificiel en utilisant la gélatine des os, que les travaux de CHEVREUL, DUMAS et FRÉMY avaient réhabilité comme matière alibile. L'Académie de Médecine désigna une commission chargée d'examiner la question du lait artificiel (5) et admit à ce sujet les principes suivants : 1<sup>o</sup> L'obligation rigoureuse s'impose à toute mère valide d'allaiter son enfant ; 2<sup>o</sup> La provision de lait doit être réservée aux enfants en bas âge et aux malades ; 3<sup>o</sup> Les succédanés possibles du lait sont : les œufs mêlés à du sucre et émulsionnés avec de l'eau, les bouillons faits de bouillon léger ou d'eau avec de la croute de pain, de la biscotte, de la farine faiblement blutée de froment, d'avoine, d'orge ou de seigle, convenablement sucrées et additionnées d'un peu de sel ; 4<sup>o</sup> Les succédanés peuvent se substituer momentanément, sans trop de dommages pour la santé, et ne peuvent jamais, en temps normal, remplacer le lait maternel ou son remplaçant habituel, le lait de vache ; 5<sup>o</sup> L'arrow-root, le sagou, le tapioca possèdent si peu de propriétés nutritives qu'ils devraient être bannis du régime de l'enfance, ou du moins ne servir que d'appoints pour les aliments plus substantiels ; 6<sup>o</sup> Il convient de n'utiliser les succédanés que progressivement, à mesure que diminue la ration du lait, de manière à éviter les inconvénients d'un changement de régime sans transition.

Depuis 1870, la fabrication de farines lactées, à base de farine de

(1) Observations sur le lait artificiel de M. LIEBIG, *Journ. Pharm. Chim.*, 1867, 6, p. 120 et 212.

(2) *Journ. Pharm. Chim.*, 1867, 6, pp. 125, 213 et 369.

(3) Sur la composition du lait et sur la préparation d'un lait obsidional. *Mon. Scientif.*, 1871, p. 82.

(4) Sur la préparation d'un lait artificiel, applicable pendant l'investissement, *Monit. Scient.*, 1871, p. 84.

(5) Rapport fait à l'Académie de Médecine sur les succédanés du lait en cas de disette de cet aliment, *Monit. Scient.*, 1871, p. 84.

céréales, maltées ou non, chauffées ou non, a pris une large extension; ces produits présentaient, avant la guerre, l'inconvénient de constituer un aliment plus coûteux que le lait lui-même, tout en présentant un pouvoir nutritif considérable :

	Calories azotées par kgrms.	Valeur par kg. en 1914	Valeur de 1000 calories azotées
Lait de vache.....	135,3	24 C	177 C
Lait centrifugé.....	140,2	14 C	100 C
Lait 1/2 gras en poudre..	1357,5	350 C	257 C
Farine lactée.....	406,3	480 C	1181 C

Au point de vue des produits de la protéolyse digestive, les protéines animales sont généralement plus assimilables que les protéines végétales (1), et, parmi les protéines animales, celles du lait le sont particulièrement, au point de ne contenir guère de constituants non utilisés. L'absence de glyco-colle dans les produits d'hydrolyse de la caséine est caractéristique (2); ces produits d'hydrolyse contiennent essentiellement de la leucine, de la proline, de la phénylalanine, de l'acide glutamique, de la tyrosine, de la lysine, de l'histidine, de l'arginine et du tryptophane, ainsi que des traces de valine, d'alanine, d'acide aspartique, de sérine et de cystine. L'hydrolyse des lactoprotéines est activée à la suite du chauffage, ainsi qu'il résulte des recherches de TRISCHITTA, MOJONNIER, VANDEVELDE, BRUYNOCHE, ZUNZ (3) et d'autres, tant *in-vitro* qu'*in-vivo*.

L'hydrolyse des protéines végétales a été étudiée par de nombreux chimistes, parmi lesquels CHITTENDEN, UNDERHILL, FISCHER et ABDERHALDEN, OSBORNE et CLAPP, LEAVENWORTH et BRAUTLECHT (4).

(1) Milk as food, *Farmer's Bull.* n° 74, Washington, 1918, p. 10.

(2) G. MANN. Chemistry of the proteids, London, 1906, p. 151.

(3) V. TRISCHITTA. Influenza dei fermenti solubili sulla digerabilità del latté di vacca. *Rif. Med.* 1904, 1346.

T. MOJONNIER. The digestibility of evaporated cream, *Med. New.*, 1905, 87, 877.

A. J.-J. VANDEVELDE : Nouvelles recherches sur les ferments solubles du lait. *Mem. cour. Acad. Sciences*, 1897, p. 63.

R. BRUYNOCHE. Digestibilité des aliments lactés. *Rev. Glé. du Lait*, 1907-1908, 6, 441, 464, 489, 512.

E. ZUNZ. Contribution à l'étude de la digestion et de la résorption des protéines dans l'estomac et dans l'intestin grêle chez le chien. *Mém. cour. Acad. Med.* 1908, t. 20.

(4) R. H. CHITTENDEN. Digestive proteolysis, *Med. Rec.* 1894, 45, 449, 481.

F.-P. UNDERHILL. New experiments on the physiological action of the proteoses. *Amer. Journ. Physiol.*, 1903, 9, 345.

E. FISCHER et E. ABDERHALDEN. *Zeit. physiol. Chem.* 1903, 39, 81 ; *Chem. Ber.* 1907, 40, 3544. T.-B. OSBORNE et S.-H. CLAPP. A new decomposition product of gliadin. *Amer. Journ. Physiol.*, 1907, 18, 123. T.-B. OSBORNE et S.-H. CLAPP, *Journal Physiol.*, 1907, 18, 123. T.-B. OSBORNE, C.-S. LEAVENWORTH et C.-A. BRAUTLECHT, *Amer. Journ. Physiol.*, 1908, 23, 180.

La quantité des produits de l'hydrolyse a été déterminée par OSBORNE (1) qui a trouvé pour la gliadine du froment, l'hordéine de l'orge, et la légumine du pois surtout la leucine, la proline, la phénylalanine, l'acide glutamique, l'arginine et l'ammoniaque, ainsi que des traces d'alanine, de valine, d'acide aspartique, de sérine, de tyrosine, de cystine, d'histidine et de tryptophane. Les différences principales avec les produits d'hydrolyse des lactoprotéines sont surtout quantitatives, 10 à 11 % d'acide glutamique pour ces dernières et 13 à 37 % pour les protéines végétales, 0 à 4,29 % pour la lysine dans les protéines végétales et 5,8 % dans les lactoprotéines.

Quant à l'hydrolyse de la gélatine dont CHEVREUL (2) étudia en 1871 le pouvoir alimentaire et donna un résumé historique des travaux dont elle a été l'objet, cette hydrolyse fournit toute une série d'acides aminés à l'exclusion de la tyrosine ou du tryptophane.

J'ai moi-même étudié la protéolyse *in-vitro* de divers laits artificiels en vue de pouvoir comparer entre elles leurs propriétés digestives et alimentaires :

1<sup>o</sup> Du lait ordinaire de vache comme témoin ; 2<sup>o</sup> Une émulsion aqueuse de poudre de lait à 23 % de graisse préparée au moyen de 30 grammes de poudre amenée à une émulsion totale de 250 cm<sup>3</sup> ; 3<sup>o</sup> Une émulsion gélatineuse d'un volume total de 250 cm<sup>3</sup>, préparée vers 50°, au moyen de 9 grammes de gélatine, 9 grammes d'huile d'arachide, 12 grammes de saccharose, et de l'eau nécessaire ; 4<sup>o</sup> Un mélange de 100 cm<sup>3</sup> de lait et 100 cm<sup>3</sup> de l'émulsion gélatineuse ; 5<sup>o</sup> Un mélange de 100 cm<sup>3</sup> de l'émulsion de poudre de lait 2 et de 100 cm<sup>3</sup> de l'émulsion gélatineuse 3 ; 6<sup>o</sup> Le lait artificiel préparé selon LIEBIG au moyen de 100 grammes de lait de vache, 10 grammes de farine de froment, 10 grammes de malt d'orge et de 20 grammes d'eau, et amené après addition de 0 gr.,5 de bicarbonate de sodium à un volume définitif de 200 cm<sup>3</sup>.

Les produits ont été stérilisés par trois passages au bain de vapeur de 100° C, à l'étuve de Roux, dans des flacons de conserve bouchés d'ouate.

J'ai mis en expérience chaque fois 50 cm<sup>3</sup> de lait, avec addition de 5 gouttes de chloroforme, puis 5 cm<sup>3</sup> de réactif pepsique, ou de réactif trypsique et 1 cm<sup>3</sup> d'acide chlorhydrique à 1 %, ou de solution de carbonate de sodium à 1 %, l'acide avec la pepsine, l'alcali avec la trypsine.

Les flacons d'essai avec leur contenu ont été mis à l'incubateur à

(1) The proteids of the Wheatkernell, Washington, 1907, *Amer. Journ. physiol.*, 19, p. 124, *Journ. Biol. Chem.*, 3, p. 225.

(2) *Mon. Scientif.*, 1871, p. 10.



37° C pendant 5 heures et puis chauffés à 100° C pendant 30 minutes pour arrêter la protéolyse. Au moment de l'analyse, les liquides de digestion ont été traités par de l'hydroxyde de sodium pour dissoudre les précipités éventuellement formés et le volume porté uniformément à 100 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée. Afin d'avoir des réactifs plus actifs que ceux que l'on obtient avec la pepsine et la trypsine officinale, j'ai préféré utiliser directement des extraits d'organes frais de porc. Pour le réactif pépsique, j'ai mis à macérer 100 grammes de muqueuse stomacale broyée avec 200 cm<sup>3</sup> d'eau et 2 grammes de chloroforme ; la masse est au bout de 24 heures filtrée, et le filtrat prêt à l'emploi.

Pour obtenir un réactif trypsique convenable, j'ai mis à macérer 100 grammes de pancréas broyé avec 200 grammes d'eau et 2 grammes de chloroforme, et séparément 100 grammes d'intestin grêle broyé avec 200 grammes d'eau et 2 grammes de chloroforme. Les deux produits sont mis en filtration après 24 heures et réunis dans la proportion de 90 volumes du filtrat pancréatique et de 10 volumes du filtrat d'intestin, le dernier filtrat étant destiné à activer le premier. C'est ce dernier mélange qui constitue le réactif trypsique utilisé. La séparation des produits de la protéolyse a été effectuée selon la méthode décrite par E. ZUNZ (1) que j'ai suivie dans des recherches antérieures (2).

Voici, en résumé, le mode opératoire : Le liquide servant de point de départ, qui a un volume de 100 cm<sup>3</sup> (correspondant à 50 cm<sup>3</sup> de lait mis en protéolyse), sert d'abord à un dosage d'azote total selon KJELDAHL, effectué à l'aide de 10 cm<sup>3</sup> de ce liquide n° 1. De ce même liquide concentré on prélève 50 cm<sup>3</sup> qu'on acidifie par de l'acide acétique et que l'on chauffe au bain-marie. Après filtration, le liquide n° 2 obtenu est porté à 100 cm<sup>3</sup>, dont 10 cm<sup>3</sup> servent à un dosage d'azote selon KJELDAHL ; la valeur obtenue permet de ramener à la quantité d'azote non coagulable total et la différence entre la teneur de l'azote total, et celle de l'azote non coagulable donne la teneur en azote coagulable du lait étudié.

Du liquide n° 2 on prélève 50 cm<sup>3</sup> que l'on traite par 5 cm<sup>3</sup> d'acide sulfurique à 25 % et du sulfate de zinc en poudre jusqu'à saturation froide. La filtration donne un liquide n° 3 qui est amené au volume de 100 cm<sup>3</sup> et dont 10 cm<sup>3</sup> servent à un dosage d'azote selon KJELDAHL. Le calcul ramène à la teneur en azote non précipité par le sulfate de zinc dans le lait étudié, et la différence entre les teneurs en

(1) Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden herausgegeben von E. ABDERHALDEN ; Methoden zur Untersuchung der Verdauungsprodukte von E. ZUNZ, 1909, p. 230.

(2) A.-J.-J. VANDELDE. Sur la protéolyse de la levure, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 1912, 107.

azote du liquide n° 2 et du liquide n° 3 donne la quantité d'azote précipité par le sulfate de zinc, c'est-à-dire l'azote albumosique.

Du même liquide n° 3 on traite 20 cm<sup>3</sup> par 5 cm<sup>3</sup> d'acide sulfurique à 25 % et 4 cm<sup>3</sup> de solution d'acide phosphotungstique Merck à 10 %, le précipité est recueilli, lavé avec un peu de solution aqueuse sulfurique et phosphotungstique de même concentration que la solution dont le précipité s'est séparé. Le dosage KJELDAHL du précipité donne, après un calcul convenable, la teneur en azote peptonique du lait.

On fait ensuite la somme des quantités d'azote coagulable, albumosique et peptonique, et on retranche cette somme de la teneur en azote total : la différence constitue la teneur en azote amino-acide.

Je réunis en deux tableaux le résultat de tous les dosages effectués sur les produits étudiés après la digestion ; le tableau I donne les résultats pour le liquide stomacal acidulé ; le tableau II les résultats pour le liquide trypsique alcalinisé, et chaque fois, pour 100 cm<sup>3</sup> des laits mis en expérience.

TABLEAU I.

*Digestion pour le liquide stomacal acide.*

	Azote total	coagulable	albumosique	peptonique	amino-acide
1° Lait de vache...	504	404	76	8	16
2° Emulsion de poudre de lait .....	380	256	92	16	36
3° Emulsion gélatineuse .....	470	22	352	88	8
4° Mélange de lait et d'émulsion gélatineuse.....	442	82	184	124	52
5° Mélange d'émul. de p. de lait et d'émul. gélatin..	392	140	184	52	16
6° Lait artificiel selon LIEBIG.....	338	266	48	8	16

La digestion acide du lait et de la poudre de lait laisse à l'état coagulable une forte quantité\* des composés azotés ; les émulsions gélatineuses donnent essentiellement des albumoses. Les mélanges de gélatine et de lait conduisent à des valeurs intermédiaires. Le lait artificiel préparé selon LIEBIG donne des valeurs numériques semblables à celles du lait frais ou du lait en poudre.

TABLEAU II.

*Digestion par le liquide trypsique alcalinisé.*

	Azote total	coagulable	albumosique	peptonique	amino-acide
1 <sup>o</sup> Lait de vache a)	510	62	112	180	156
b)	524	76	164	188	96
2 <sup>o</sup> Emulsion de pou- dre de lait . . . . .	398	50	68	152	128
3 <sup>o</sup> Emulsion géla- tineuse . . . . .	488	28	20	376	64
4 <sup>o</sup> Mélange de lait et d'émulsion gé- latineuse . . . . .	504	24	128	268	84
5 <sup>o</sup> Mélange d'émul- sion de p. de lait et d'émul. gélati- neuse . . . . .	426	34	90	212	90
6 <sup>o</sup> Lait artificiel se- lon LIEBIG . . . . .	350	74	96	96	84

Pour la digestion alcaline, les divergences entre les valeurs obtenues pour les divers produits sont beaucoup moins accentuées que pour la digestion acide. Le lait artificiel préparé selon LIEBIG se distingue des autres produits par une teneur un peu plus élevée en produits coagulables et une teneur plus faible en peptones.

Dans les derniers jours de l'occupation, le lait faisait presque complètement défaut et, les conserves en boîtes devenant rares, je me suis occupé de préparer du lait artificiel. Cette préparation fut exécutée dans la petite usine de démonstration de l'Institut supérieur des fermentations, dans la proportion de 5 kilog. de farine de froment saccharifiée par 1 kilog. de malt d'orge, 250 grammes de sel et 20 boîtes de lait condensé sucré pour 100 litres de produit.

Ce lait artificiel, préparé en quantité de 1 500 litres par jour, avait l'aspect et les propriétés nutritives du lait centrifugé et pouvait être utilisé comme succédané du lait pour les enfants au-dessus de un an, et pour les malades non diabétiques et non albuminuriques. Le public, cependant, ne consentit guère à adopter ce produit et la préparation fut suspendue.

*(A suivre.)*