

TENEUR EN ACIDE FOLIQUE DES ALIMENTS 3 - TENEUR DES LAITS EN FOLATES

FOLIC ACID CONTENT OF FOODS 3 - FOLIC ACID CONTENT OF DIFFERENT CATEGORIES OF MILK

J.-C. FAVIER (1), J.-P. CHRISTIDÈS (2), Geneviève POTIER DE COURCY (2)
avec la collaboration technique de J.-J. LÉGER (2)

RÉSUMÉ

Trois raisons principales ont motivé cette étude :

- la pauvreté en folates de l'alimentation d'une partie des populations vivant en France,
- la place importante tenue par les produits laitiers dans l'alimentation des Français,
- les connaissances encore très incomplètes sur la teneur des aliments en folates.

Les folates libres et totaux ont été dosés par méthode microbiologique (*Lactobacillus casei*) et titration finale pH-métrique sur un échantillonnage des divers types de laits consommés en France : laits entier, demi-écrémé ou totalement écrémé, pasteurisé, stérilisé, UHT, UHT à teneur vitaminique garantie, laits en poudre ou concentrés. De plus, l'influence du temps de stockage a été étudiée sur les folates des laits UHT et stérilisés.

Les résultats indiquent que la teneur en folates des laits de consommation est indépendante du taux de matières grasses et de la saison. Par ailleurs, si la teneur en folates des

(1) Centre Informatique sur la Qualité des Aliments, 16 rue Claude Bernard, 75005 Paris, France.

(2) Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Recherche sur la Nutrition, 9 rue Jules Hetzel, 92190 Meudon-Bellevue, France.

01 FEV. 1991

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 31.272 exp 1

Cote : Bp p 14

laits UHT, obtenus par traitement direct, récemment produits ($4,2 \pm 0,2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$) est comparable à celle des laits pasteurisés ($4,7 \pm 0,2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$), les laits UHT dans leur ensemble (obtenus par traitement direct ou par traitement indirect), tels que trouvés généralement dans le commerce de détail, ont une teneur moyenne en folates significativement plus faible ($2,9 \pm 0,2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$) que celle des laits pasteurisés.

La teneur en folates diminue au cours du stockage : les laits UHT conservés deux à quatre mois ont des teneurs très faibles ($1,9 \pm 0,2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$), comparables à celles des laits stérilisés ($1,7 \pm 0,4 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$). Les teneurs deviennent même négligeables lorsque le stockage dépasse quatre mois. Mais la dispersion des résultats est importante.

Les laits reconstitués à partir de poudre ou de lait concentré ont des teneurs en folates comparables à celles des laits UHT obtenus par traitement direct habituellement trouvés dans le commerce.

Mots clés : folates, lait pasteurisé, lait UHT, lait stérilisé, lait concentré, lait en poudre.

SUMMARY

Three main reasons have led to this study :

- the low folic acid content of the food intake of part of the people living in France,
- the important place of dairy products in the food intake in France,
- the insufficient knowledge about the folic acid content of foods.

Free and total folic acids were extracted and determined in the presence of ascorbic acid by the method of HERBERT (1966) using *Lactobacillus casei* with a pH metric final assay (ZITTOUN and ZITTOUN, 1970). Total folic acid was obtained after treatment with deconjugase from chicken pancreas. Analyses were done on samples of different sorts of milk from different parts of France : whole, partially or completely skimmed, pasteurised, sterilized, UHT treated, UHT treated with guaranteed vitamin content, dried, evaporated, condensed. Moreover, storage effect on UHT treated and sterilized milk was studied.

The tests used in order to estimate the significance of the difference ($p < 0.05$) were the Student test on the means and the Snedecor test on the variances.

The folic acid content of milk is not related to fat content or to the season of the year. In other respects, although the folic acid content of recently produced, directly-heated UHT milk ($4.2 \pm 0.2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$) is similar to that of pasteurised milk ($4.7 \pm 0.2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$), on the whole, UHT milks (directly + indirectly heated) generally purchased in retail stores have a folic acid content ($2.9 \pm 0.2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$) significantly smaller than that of pasteurised milk (tabl. 1 and 2).

There is a loss of folic acid on storage, so that UHT milk kept for 2 to 4 months has a very low folic acid content ($1.9 \pm 0.2 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$), comparable with that of sterilized milk ($1.7 \pm 0.4 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$). When storage exceeds 4 months, the folic acid content becomes finally negligible (*tabl. 1*). However, results are very dispersed. The lower temperature and shorter storage time of pasteurised milk could be the reason for its better quality in comparison with direct UHT milk stored for more than 4 weeks.

UHT milk with guaranteed vitamin content has approximately the same folic acid content ($3,1-3,7 \mu\text{g p. } 100 \text{ g}$) than the other UHT milks (*tabl. 1 and 2*).

The folic acid content of reconstituted milk (from dried, evaporated or condensed milk) is similar to that of direct-UHT milk sold to the public (*tabl. 3*).

Milk is not an important source of folic acid for man, but the greater part of its folic acid is free and consequently highly bioavailable.

From a nutritional point of view, the following recommendations may be made :

- 1/ prefer pasteurised milk to UHT milk and prefer UHT to sterilized milk,
- 2/ use direct heat treatment rather than indirect treatment ; avoid oxygen during process and storage,
- 3/ reduce the length of storage,
- 4/ include folic acid in the vitamins added to UHT milk with guaranteed vitamin content ; promote this sort of milk.

Key-words : *folic acid, pasteurised milk, UHT milk, sterilized milk, condensed milk, evaporated milk, dried milk.*

1 - INTRODUCTION

Les récentes études sur l'état nutritionnel des Français ont montré que l'acide folique est la vitamine qui fait le plus défaut dans notre population, qu'il s'agisse d'adultes, témoins ou buveurs excessifs (LEMOINE *et al.*, 1986), ou de femmes enceintes, immigrées ou d'origine française métropolitaine (HERCBERG *et al.*, 1987). L'acide folique, vitamine du groupe B, intervient dans tout système cellulaire à division rapide, notamment la production des globules rouges. Son insuffisance peut donc engendrer l'anémie et même conduire en cas de déficience prolongée ou accusée à des troubles neuropsychiques (REYNOLDS et STAMENTINOLI, 1983). Il est donc capital de bien connaître la teneur en acide folique des aliments, uniques sources de vitamines, et, parmi ceux-ci, des produits laitiers. Ces derniers, en effet, bien que généralement considérés comme pauvres en folates, entrent pour une part importante dans l'alimentation des Français : 133 kg par personne et

par an en moyenne en 1984* dont 81 l de lait. Les fromages, et notamment les fromages fermentés, sont de loin la catégorie de produits laitiers les plus riches en folates (KARLIN, 1961 ; VABOIS, 1984).

Cependant, d'une façon générale, peu de laboratoires se sont préoccupés en France de déterminer les teneurs en acide folique des aliments. De plus, parmi les résultats obtenus, un grand nombre sont nettement sous-évalués car obtenus par des méthodes maintenant dépassées. Celles-ci, en effet, soit faisaient appel au dosage microbiologique utilisant *Streptococcus faecalis*, micro-organisme qui ne répond pas à certaines formes de folates (polyglutamates, 5-méthyl tétrahydrofolates), soit n'employaient pas d'agent anti-oxydant, protecteur des folates : la méthode d'extraction et de dosage a été considérablement améliorée par l'emploi d'acide ascorbique (HERBERT, 1964). C'est ainsi que KARLIN en 1969, utilisant cette méthode et employant *Lactobacillus casei* pour doser tout à la fois les mono-, di-, triglutamates et les 5-méthyl THF, a pu montrer que le lait était relativement pauvre en folates, donnée confirmée par ADRIAN en 1973 dans sa monographie sur la valeur alimentaire du lait.

Compte tenu de l'évolution des procédés technologiques de l'industrie laitière au cours de ces dernières années et de la situation limite de certaines fractions de la population française en ce qui concerne leur statut en acide folique, nous avons procédé à l'analyse systématique de cette vitamine dans les divers laits actuellement consommés en France.

Pour chaque type de produits, seront présentées les principales données de la littérature puis les résultats obtenus dans l'enquête réalisée en France entre 1983 et 1985.

2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Echantillonnage

Des échantillons des divers laits (entiers, demi-écrémés, totalement écrémés ; pasteurisés, UHT, stérilisés, concentrés, laits en poudre) ont été prélevés au niveau du commerce de détail ou de gros, parfois au niveau des usines de production. Environ la moitié des laits de consommation (pasteurisé, UHT, stérilisé) a été produite de décembre 1982 à mars 1983 (lait d'hiver), l'autre moitié de mai à septembre 1983 (lait d'été). Les effectifs des échantillons en provenance de chaque région étaient approximativement proportionnels à la production de lait de consommation de la région considérée. Les laits UHT à teneur vitaminique garantie ainsi que les laits en poudre ou concentrés ont été prélevés en septembre 1984.

* Statistiques du Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitières (au 16 janvier 1986).

Les échantillons ont été analysés dès réception au laboratoire, c'est-à-dire entre les deuxième et septième jours après leur conditionnement pour les laits pasteurisés, entre les première et sixième semaines après fabrication pour la plupart des laits de longue conservation. Parmi ces derniers, des duplicatas des échantillons d'hiver ont été stockés entre 15 et 20°C jusqu'à la date limite de vente afin de suivre l'évolution des teneurs en folates au cours de la conservation à température ambiante.

L'étiquetage et les renseignements complémentaires obtenus auprès des fabricants ont permis, pour la plupart des échantillons de laits de consommation, de connaître avec précision l'origine géographique du lait, le procédé de traitement thermique et la date du conditionnement.

L'échantillonnage ainsi réalisé peut être considéré comme représentatif des laits consommés actuellement en France tant en ce qui concerne leur origine géographique que la durée et les conditions de leur conservation.

2.2 Technique de dosage

La méthode utilisée est *microbiologique*. C'est celle qui reste la plus fiable pour doser les folates dans les milieux biologiques (KLEIN et KUO, 1981). L'organisme utilisé est *L. casei*. La titration finale de l'acidité produite (ZITTOUN et ZITTOUN, 1970) se fait par pH-métrie (CHRISTIDES et POTIER DE COURCY, 1987).

Les laits sont dilués au 1/3 pour le dosage. Les laits de conserve sont reconstitués avant analyse. Pour obtenir l'ensemble des folates, dénommés *folates totaux* dans les tableaux, il est nécessaire de procéder à une déconjugaison des formes polyglutamates avant le dosage, opération réalisée par une incubation avec une carboxypeptidase exogène, les *folates dits libres* étant constitués par les oligo-glutamates, formes directement utilisables par le micro-organisme (< 3 résidus glutamate).

Tous les éléments de la méthode ont été décrits dans un précédent article (CHRISTIDES et POTIER DE COURCY, 1987).

2.3 Traitement statistique des résultats

Les tests utilisés pour juger de la "significativité" des différences, au seuil 5 %, sont ceux de Student sur les moyennes et de Snedecor sur les variances.

Remarque

Après avoir constaté que le taux de matière grasse du lait n'intervient pas sur celui des folates, les laits entier, demi-écrémé et écrémé ont été regroupés afin d'avoir des effectifs plus importants dans chaque catégorie et pouvoir procéder ainsi à des comparaisons plus significatives. Pour les mêmes raisons, divers regroupements ont été effectués parmi les laits de longue conservation :

- laits obtenus par traitement direct ou par traitement indirect ;
- laits conservés durant diverses périodes (moins de deux, quatre ou six semaines ; deux, trois et quatre mois après conditionnement).

3 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Lait pasteurisé

En France, la pasteurisation du lait de haute qualité (décret du 09-10-1961) doit s'effectuer à une température comprise entre 72 et 75°C pendant 15 s ; pour les autres laits pasteurisés, de loin les plus abondants, des températures plus élevées sont appliquées, jusqu'à 90°C pendant 15 s.

Selon divers auteurs, la pasteurisation ne provoque pas d'importantes pertes de folates. PORTER et THOMPSON (1976), cités par BENDER (1978), les évaluent à moins de 10 %, PAUL et SOUTHGATE (1978) à 5 % de sorte que les tables américaine et anglaise indiquent des teneurs identiques pour le lait cru et le lait pasteurisé. KARLIN (1969) observe qu'une pasteurisation rapide (2 à 3 s à 92°C) entraîne une perte moyenne de 12 % (tabl. 5).

Le tableau 1 présente les teneurs moyennes en acide folique libre et total des 41 échantillons de lait pasteurisé, entier ou demi-écrémé, prélevés en 1983 dans diverses régions de France.

Parmi ces laits pasteurisés, il n'a pu être mis en évidence de différence significative :

- ni entre le lait entier pasteurisé de haute qualité (n = 8 échantillons) et le lait entier pasteurisé ordinaire (n = 19 échantillons) ;
- ni entre le lait entier (n = 27) et le lait demi-écrémé (n = 14) ;
- ni entre le lait d'hiver (n = 20) et celui d'été (n = 21).

L'effectif n'est pas assez élevé pour permettre une étude de l'éventuelle influence de l'origine géographique.

La teneur moyenne en acide folique libre des laits pasteurisés de 1983 apparaît être comparable à celle constatée par KARLIN sur le lait de la région lyonnaise. La valeur en folates totaux de ce dernier est plus élevée (5,8 µg) mais l'article n'indique ni l'effectif ni l'écart-type.

3.2 Lait stérilisé UHT

En Europe, on entend par stérilisation UHT un traitement thermique en flux continu entre 140 et 150°C pendant 1 à 5 s. Dans la pratique, ce traitement peut être réalisé de différentes façons.

Le traitement direct ou upérisation consiste en une injection de vapeur d'eau sous pression dans le lait ou, inversement mais plus rarement, en une pulvérisation du lait dans une atmosphère de vapeur surchauffée. Il y a ainsi contact direct entre lait et vapeur, d'où le qualificatif attribué à ce type de traitement. Le lait est ensuite brusquement amené sous pression réduite pour lui faire perdre son excès de température et d'eau de condensation.

Tableau 1
Teneur en folates des laits de consommation

Table 1
Folic acid content of milk

	n	Folates libres ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Folates totaux ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
A - Lait pasteurisé <i>Pasteurised milk</i>	41	$4,2 \pm 0,1$ ^{a*} (2,6 - 7,0) ^{**}	$4,7 \pm 0,2$ ^a (2,7 - 7,5)
B - Lait UHT (tous traitements confondus) <i>UHT milk</i>			
≤ 2 semaines <i>2 weeks</i>	27	$2,9 \pm 0,3$ ^b (0,1 - 5,0)	$3,3 \pm 0,3$ ^b (0,1 - 5,7)
≤ 4 semaines <i>4 weeks</i>	66	$2,7 \pm 0,2$ ^b (0,1 - 8,0)	$3,0 \pm 0,2$ ^b (0,1 - 8,5)
≤ 6 semaines <i>6 weeks</i>	75	$2,7 \pm 0,2$ ^b (0 - 8,0)	$2,9 \pm 0,2$ ^b (0,04 - 8,5)
2 à 4 mois <i>2 to 4 months</i>	73	$1,7 \pm 0,2$ ^c (0 - 5,7)	$1,9 \pm 0,2$ ^c (0 - 6,0)
C - Lait UHT à teneur vitaminique garantie <i>UHT milk with guaranteed vitamin content</i>			
≤ 2 semaines <i>2 weeks</i>	1	3,4	3,7
≤ 4 semaines <i>4 weeks</i>	3	$3,2 \pm 0,1$ (3,0 - 3,4)	$3,4 \pm 0,2$ (3,2 - 3,7)
≤ 6 semaines <i>6 weeks</i>	5	$3,0 \pm 0,2$ (2,4 - 3,4)	$3,1 \pm 0,2$ (2,4 - 3,7)
D - Lait Stérilisé <i>Sterilized milk</i>			
≤ 2 semaines <i>2 weeks</i>	11	$1,6 \pm 0,3$ ^c (0,2 - 3,4)	$1,7 \pm 0,4$ ^c (0,2 - 3,4)
≤ 4 semaines <i>4 weeks</i>	23	$1,1 \pm 0,2$ ^c (0,1 - 3,4)	$1,2 \pm 0,2$ ^c (0,1 - 3,4)
≤ 6 semaines <i>6 weeks</i>	32	$1,1 \pm 0,2$ ^c (0,1 - 3,4)	$1,2 \pm 0,2$ ^c (0,1 - 3,4)
2 à 3 mois <i>2 to 3 months</i>	12	$0,4 \pm 0,2$ ^d (0,1 - 1,9)	$0,4 \pm 0,2$ ^d (0,1 - 2,0)
4 à 6 mois <i>4 to 6 months</i>	18	$0,1 \pm 0,1$ ^e (0 - 1,0)	$0,2 \pm 0,1$ ^e (0 - 1,1)
		<i>Free folic acid</i>	<i>Total folic acid</i>

* Ecart-type moyen ; les exposants identiques indiquent les données non significativement différentes.
Standard error of the mean ; the same letter exponents show data which are not significantly different.

** Valeurs extrêmes.
Extreme values.

Mais la stérilisation UHT peut également être effectuée dans des échangeurs où le lait circule à grande vitesse entre des plaques ou des tubes portés à haute température par de la vapeur d'eau sous pression. Le traitement est alors qualifié d'*indirect*. La moindre consommation d'énergie de ce procédé, par rapport au traitement direct, le fait adopter par un nombre croissant de laiteries malgré certains inconvénients comme la diminution des qualités organoleptiques du lait (BLANC, 1978, 1981).

L'influence des divers procédés de stérilisation UHT sur la composition du lait, notamment en vitamines, a fait l'objet de plusieurs mises au point bibliographiques : BURTON (1969, 1973), BURTON *et al.* (1970), CAUSERET *et al.* (1970), GREGORY (1975), BLANC (1978, 1981), MEHTA (1980). En ce qui concerne les folates, les travaux sont plus rares, leurs résultats ne sont pas toujours ni comparables entre eux, ni applicables aux laits commercialisés tant les conditions d'expérimentation sont diverses. C'est ainsi que les observations recueillies au cours d'expérimentations sur du lait cru ne sont pas automatiquement transposables à des laits déjà soumis à un ou plusieurs traitements thermiques préalables. Or les conditions de la collecte du lait et son stockage plus ou moins prolongé en citernes dans les laiteries rendent parfois nécessaires une ou plusieurs opérations de thermisation successives. Les effets destructeurs sur les folates de traitements thermiques répétés ont été mis en évidence par BURTON *et al.* (1967). Par ailleurs, les pertes de folates ne se produisent pas seulement lors des traitements thermiques mais également au cours du stockage (FORD *et al.*, 1968).

D'après certains de ces travaux, le couple oxygène-acide ascorbique serait le facteur primordial dans le devenir des folates au cours des traitements thermiques et de la conservation : les folates apparaissent stables tant que l'acide ascorbique réduct, agent antioxydant puissant, est présent dans le lait. D'un point de vue pratique, les pertes de folates sont comprises entre 0 et 20 % lors du traitement UHT (KARLIN, 1969 ; BURTON *et al.*, 1970 ; BURTON, 1973 ; PORTER et THOMPSON, 1976). Mais les pertes additionnelles au cours du stockage varient de 0 % en six mois à 100 % en quatorze jours selon que le lait contient de plus ou moins grandes quantités d'oxygène (FORD *et al.*, 1968 ; PORTER et THOMPSON, 1969).

a/ Comparaison des laits pasteurisés et stérilisés UHT

Les laits UHT du commerce ont, tous traitements confondus, des teneurs moyennes en acide folique libre et total significativement inférieures à celles des laits pasteurisés (tabl. 1). Cependant, la concentration en folates libres des laits upérisés fabriqués depuis moins de quatre semaines apparaît très proche de celle des laits pasteurisés (tabl. 2).

La plupart des auteurs qui ont comparé les effets de la pasteurisation et de l'upérisation appliquées au même lait ont de fait montré que les deux traitements ne sont pas, par eux-mêmes, plus dommageables l'un que l'autre pour les folates. Mais dans la pratique courante, qui a été reproduite au cours de cette enquête, le lait pasteurisé, conservé au frais, est consommé au plus tard huit jours après le traitement thermique alors que le lait UHT, stocké à température ambiante, n'est livré à la consommation qu'une semaine, au minimum, après sa fabrication.

Tableau 2
Teneur en folates des laits UHT selon le traitement

Table 2
Folic acid content of UHT milk according to process

	n	Folates libres ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Folates totaux ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Traitement direct <i>Direct UHT treatment</i>			
≤ 2 semaines 2 weeks	13	$3,7 \pm 0,2$ a* (2,7 - 5,0)**	$4,2 \pm 0,2$ a (3,0 - 5,2)
≤ 4 semaines 4 weeks	22	$3,6 \pm 0,2$ a (1,6 - 5,0)	$4,0 \pm 0,2$ a (1,7 - 5,9)
2 à 4 mois 2 to 4 months	24	$2,3 \pm 0,4$ b (0 - 5,7)	$2,5 \pm 0,4$ b (0 - 6,0)
Traitement indirect <i>Indirect UHT treatment</i>			
≤ 2 semaines 2 weeks	10	$2,2 \pm 0,3$ b (0,2 - 3,4)	$2,4 \pm 0,4$ b (0,2 - 4,0)
≤ 4 semaines 4 weeks	36	$2,0 \pm 0,2$ b (0,1 - 4,9)	$2,2 \pm 0,3$ b (0,1 - 5,0)
2 à 4 mois 2 to 4 months	48	$1,4 \pm 0,2$ b (0,1 - 4,9)	$1,6 \pm 0,2$ b (0,1 - 5,4)
		<i>Free folic acid</i>	<i>Total folic acid</i>

* Ecart-type moyen ; les exposants identiques indiquent les données non significativement différentes.
Standard error of the mean ; the same letter-exponents show data which are not significantly different.

** Valeurs extrêmes.
Extreme values.

Il apparaît ainsi que, indépendamment de l'effet des traitements thermiques eux-mêmes, les meilleures conditions de conservation (température et durée) seraient une des causes de la supériorité du lait pasteurisé sur le lait upérisé de plus de quatre semaines en ce qui concerne la teneur en folates.

b/ Comparaison des traitements direct et indirect (tabl. 2)

A durée de conservation égale, la teneur moyenne en acide folique libre et total des laits UHT upérisés est toujours significativement supérieure à celle de laits UHT obtenus par traitement indirect. Ce n'est qu'après deux à quatre mois de stockage que les laits upérisés deviennent aussi pauvres, en moyenne, que les laits UHT indirects de moins de deux semaines.

c/ Influence de la durée de conservation

Quel qu'ait été le procédé de stérilisation UHT, les teneurs en acide folique libre et total de la plupart des échantillons s'abaissent au cours du stockage. Si les teneurs moyennes ne sont pas significativement différentes entre des laits relativement "récents", c'est-à-dire conservés moins de deux, quatre ou six semaines, elles le deviennent entre ces laits "récents" et ceux qui ont été stockés plus de deux mois.

Cet effet néfaste d'une trop longue conservation est maintenant atténué par un arrêté publié au Journal Officiel du 16 décembre 1983 qui limite la date de consommation des laits UHT à 90 jours après la fabrication.

d/ Dispersion des résultats

Il convient d'insister sur l'importante dispersion des résultats même à l'intérieur d'une catégorie donnée de lait. C'est ainsi par exemple que, parmi les laits UHT indirect conservés de deux à quatre mois, de nombreux échantillons ne contiennent plus que des traces de folates. D'autres par contre, stockés aussi longtemps, résistent très bien, conservant plus de 5 µg de folates pour 100 g et s'avèrent ainsi plus riches que de nombreux laits pasteurisés ou upérisés "récents". A l'opposé, certains laits UHT de moins de deux semaines ont déjà des taux de folates très faibles, de l'ordre de 0,1 µg.

Tout ceci confirme parfaitement les observations de certains auteurs sur la grande disparité de comportement des folates au cours du stockage (FORD *et al.*, 1968 ; PORTER et THOMPSON, 1969). Mais notre travail ne comporte pas de dosage d'acide ascorbique et, par ailleurs, les informations recueillies auprès des fabricants sur les modalités du conditionnement et l'éventuelle présence d'oxygène manquent de précisions. En conséquence, si ce travail ne permet pas de confirmer l'influence des facteurs oxygène et acide ascorbique sur l'évolution des folates, il ne l'infirmé absolument pas.

Cas des laits UHT à teneur vitaminique garantie (tabl. 1)

Pour pallier les pertes provoquées par les traitements thermiques et le stockage, des fabricants ont lancé sur le marché des laits UHT enrichis en certaines vitamines. Les quantités ajoutées sont telles que la teneur en chaque vitamine à l'issue des transformations technologiques représente une proportion comprise entre 80 et 200 % de la teneur naturellement présente dans le lait avant tout traitement (DEHOVE, 1981). Selon les marques, l'enrichissement est réalisé avec différentes vitamines. Actuellement en France, l'acide folique n'en fait pas partie contrairement à l'acide ascorbique qui figure toujours au nombre des nutriments ajoutés.

Malgré la faible part du marché tenue par les laits UHT à teneur vitaminique garantie (1 % des laits de consommation), il était intéressant de savoir si la présence d'acide ascorbique surajouté permet de protéger les folates naturels du lait et de retrouver ainsi ces derniers, lors de la consommation, à des teneurs supérieures à celles qui sont observées dans les laits UHT ordinaires. C'est pourquoi l'acide folique libre et total a été dosé, aussitôt après prélèvement puis à différents moments au cours du stockage, dans trois séries d'échantillons de lait à teneurs vitaminiques garanties. Ces trois séries,

appartenant à deux marques distinctes et provenant de trois régions différentes, ont été prélevées dans le commerce de détail en septembre 1984 et stockées à température ambiante jusqu'à la date limite de consommation. L'une des séries était enrichie en vitamines A et C, les deux autres l'étaient en vitamines A, C, thiamine, riboflavine, niacine, pyridoxine et acide pantothénique.

Bien que les effectifs soient trop faibles pour autoriser un traitement statistique, il apparaît que *les laits à teneur vitaminique garantie se situent approximativement au niveau des autres laits UHT*. De même, la diminution des teneurs en folates au cours du temps est comparable.

Comme la date limite de consommation se situe 80 ou 90 jours après la fabrication, la teneur en folates n'a pas le temps de s'abaisser autant que dans le cas des laits UHT ordinaires conservés quatre mois. Cependant, nous avons vu que désormais la date limite de conservation de ces derniers est fixée à 90 jours après la fabrication.

3.3 Lait stérilisé (tabl. 1)

Il s'agit de lait conditionné en récipients hermétiquement clos, étanches aux liquides et aux micro-organismes, qui est soumis ensuite à un traitement thermique ayant pour effet de détruire ou d'inhiber totalement les micro-organismes et leurs toxines dont la présence ou la prolifération pourrait altérer le lait ou le rendre impropre à la consommation humaine (DEHOVE, 1981). Le traitement s'effectue le plus souvent à 118-120°C pendant 15 à 20 min. Les fabricants fixent généralement la date limite de consommation à six mois après le conditionnement.

La stérilisation dans ces conditions provoque d'importantes pertes d'acide folique :

- 39 % selon KARLIN (1969) ;
- 30 à 50 % selon PORTER et THOMPSON (1976), cités par BENDER (1978) ;
- 30 % selon PAUL et SOUTHGATE (1978), qui notent en outre qu'il peut y avoir destruction totale au cours de la conservation.

Les échantillons analysés en France en 1983 moins de deux semaines après leur fabrication présentaient une teneur moyenne en folates totaux aussi faible que celle des laits UHT conservés de deux à quatre mois. Les échantillons les plus couramment trouvés dans le commerce, fabriqués depuis moins de six semaines, avaient en moyenne 1,2 µg de folates totaux pour 100 g et certains ne contenaient déjà plus que des traces de vitamine. Au-delà de six semaines de conservation, les pertes se poursuivent de sorte que *les teneurs deviennent très faibles dans les échantillons conservés de deux à six mois*.

3.4 Laits de conserve : lait concentré, lait en poudre

Les folates n'ont été dosés que sur un nombre relativement restreint d'échantillons de laits reconstitués à partir de laits de conserve (tabl. 3). Il apparaît que *les teneurs en folates de ces laits reconstitués se situent à un niveau satisfaisant puisqu'elles s'apparentent à celles des laits UHT directs et des laits à teneur vitaminique garantie*.

Tableau 3
Teneur en folates des laits de conserve reconstitués

Table 3
Folic acid content of reconstituted milk

	n	Folates libres ($\mu\text{g} / 100 \text{ g}$)	n	Folates totaux ($\mu\text{g} / 100 \text{ g}$)
A - Lait en poudre <i>Dried milk</i>				
entier <i>whole</i>	4	$2,6 \pm 0,2$ * (2,1 - 2,9) **	3	$5,4 \pm 0,8$ (3,8 - 6,5)
écrémé <i>skimmed</i>	11	$3,5 \pm 0,2$ (2,3 - 4,2)	4	$4,2 \pm 0,4$ (3,4 - 4,9)
B - Lait concentré <i>Evaporated milk</i>				
entier <i>whole</i>	9	$3,4 \pm 0,3$ (2,3 - 4,3)	4	$7,3 \pm 1,4$ (3,8 - 10,4)
demi-écrémé <i>partially skimmed</i>	4	$3,4 \pm 0,6$ (2,5 - 5,0)	3	$4,0 \pm 0,4$ (3,6 - 4,8)
		($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)		($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)
entier sucré <i>condensed whole, sweetened</i>	5	$3,1 \pm 0,5$ (2,1 - 4,1)	3	$4,4 \pm 1,6$ (2,1 - 7,5)
		<i>Free folic acid</i>		<i>Total folic acid</i>

* Ecart-type moyen.
Standard error of the mean.

** Valeurs extrêmes.
Extreme values.

Par ailleurs, le tableau 4 indique les teneurs des divers laits de conserve (avant reconstitution) et permet de les comparer aux données correspondantes des tables usuelles.

A titre récapitulatif, le tableau 5 donne les valeurs moyennes des folates trouvées par d'autres auteurs en France ou à l'étranger et comparées à celles que nous avons obtenues. Pour KARLIN (1969) de faibles variations saisonnières semblent exister : les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées en été, les plus faibles en février et avril. Mais une étude sur plusieurs années aurait été nécessaire pour pouvoir être plus affirmatif. Par ailleurs, d'une compilation de plusieurs tables et travaux, MARESCHI et COUSIN (1984) retiennent pour la teneur en folates totaux des valeurs de $7 \mu\text{g}$ pour 100 g de lait entier et de $5,6 \mu\text{g}$ pour 100 g de lait écrémé ou demi-écrémé, avec une perte ultérieure à la cuisson de 20 %.

Tableau 4
Teneur en folates des laits de conserve (en µg/100 g du produit commercialisé)
Table 4
Folic acid content of dried, evaporated and condensed milk (µg/100 g of food as purchased)

	Présente étude		POSATI et ORR (1973)		PAUL et SOUTHGATE (1978)		SOUICI <i>et al.</i> (1981)	
	n	Folates libres	n	Folates totaux	Folacine	Folates libres	Folates totaux	Folates
A - Lait en poudre <i>Dried milk</i>								
entier <i>whole</i> (26 % MG)	4	20 ± 1,5 * (16 - 22)**	3	41 ± 6,4 (29 - 50)	37	32	40	40
écrémé <i>skimmed</i>	11	36 ± 1,8 (23 - 43)	4	43 ± 4,5 (35 - 51)	50	14	21	21
B - Lait concentré <i>Evaporated milk</i>								
non sucré entier <i>whole</i> (7,5 % MG)	9	7 ± 0,7 (5 - 9)	4	15 ± 3 (8 - 21)	8	4	7	6
non sucré demi-écrémé <i>partially skimmed</i> (4 % MG)	4	7 ± 1 (6 - 11)	4	9 ± 0,5 (8 - 10)				
sucré entier <i>condensed, whole, sweetened</i> (9 % MG)	5	8 ± 0,9 (5 - 10)	3	11 ± 4,0 (5 - 19)	11	4	8	10
		<i>Free folic acid</i>		<i>Total folic acid</i>	<i>Folacin</i>	<i>Free folic acid</i>	<i>Total folic acid</i>	<i>Folic acid</i>
		<i>Present study</i>		<i>Present study</i>	<i>POSATI et ORR (1973)</i>	<i>PAUL et SOUTHGATE (1978)</i>	<i>PAUL et SOUTHGATE (1978)</i>	<i>SOUICI et al. (1981)</i>

* Ecart-type moyen. *Standard error of the mean.*

** Valeurs extrêmes. *Extreme values.*

Tableau 5
Teneurs en folates de différents laits ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Table 5
Folic acid content of different sorts of milk ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

	n	Présente étude		KARLIN (1969)	POSATI et ORR (1976)	PAUL et SOUTHGATE (1978)	SOUCI et al. (1981)	
		Folates		Acide folique		Acide folique		Acide folique
		libres+ETM	totaux+ETM	libre	total	Folacine	libre	total
Lait de vache <i>Cow milk</i>								
entier cru <i>whole, raw</i>				4,3 (3,4-5,8)	6,6 (5,1-9,4)		(3,8-9,0)	5,9
entier cru ou pasteurisé <i>whole, raw or pasteurised</i>						5	4	5
écrémé <i>skimmed</i>						5	4	5
pasteurisé <i>pasteurised</i>	41	4,2±0,1 (2,6-7,0)	4,7±0,2 (2,7-7,5)					
entier ou demi-écrémé <i>whole or partially skimmed</i> (sans autre précision)								(0,29-6,8)
stérilisé UHT <i>UHT milk</i>	75	2,7±0,2* (0 -8,0)	2,9±0,2* (0 -8,5)				4**	5**
stérilisé classique <i>sterilized milk</i>	32	1,1±0,2* (0,1-3,4)	1,2±0,2* (0,1 3,4)	2,6	4,0		3**	4**
Lait d'autres espèces <i>Milk from other species</i>								
lait de brebis <i>sheep milk</i>							***	
lait de chèvre <i>goat milk</i>						1	1	(1)
lait humain <i>human milk</i>				3 à 4	5 à 6	5	3	5
		<i>free+SEM</i>	<i>total+SEM</i>	<i>free</i>	<i>total</i>	<i>Folacin</i>	<i>free</i>	<i>total</i>
		<i>Folic acid</i>		<i>Folic acid</i>			<i>Folic acid</i>	
		<i>Present study</i>		<i>KARLIN</i>	<i>POSATI et ORR</i>	<i>PAUL et SOUTHGATE</i>	<i>SOUCI et al.,</i>	
				<i>(1969)</i>	<i>(1976)</i>	<i>(1978)</i>	<i>(1981)</i>	

* < 6 semaines.

** Il peut y avoir une perte totale au cours de la conservation
(note de PAUL et SOUTHGATE).

*** Présence certaine de folates mais valeurs existantes non fiables.

• < 6 weeks.

** There may be a total loss on storage.

*** Presence of folates but data not quite reliable.

Les teneurs du lait humain sont très voisines de celles du lait de vache. Parmi les tables de composition usuelles, aucune ne donne d'indication sur le lait de brebis. La pauvreté du lait de chèvre (FORD *et al.*, 1972) est confirmée par l'observation de cas de carence chez de jeunes enfants alimentés au lait de chèvre, en Nouvelle-Zélande (BECROFT *et al.*, 1966 ; cités par GREGORY, 1975), et plus récemment en Australie (DAVIDSON et TOWNLEY, 1977) et en France (NAVARRO *et al.*, 1980).

4 - CONCLUSIONS

Avec des teneurs moyennes en folates variant de 1 µg à 4,7 µg pour 100 g, le lait sous ses diverses formes de consommation ne peut pas être considéré comme une source notable de folates pour l'homme. Pour assurer le 1/10^{ème} seulement des apports nutritionnels quotidiens conseillés, soit 40 µg (DUPIN, 1981), un adolescent ou un adulte devrait ingérer chaque jour environ 1 l de lait pasteurisé ou UHT ou plus de 3 l de lait stérilisé. Il s'agit là de quantités rarement consommées par les français. En conséquence, c'est vers d'autres aliments que le consommateur doit se tourner pour trouver l'essentiel des folates nécessaires : légumes-feuilles, foie et abats, viande, fromages, fruits.

Il convient toutefois de préciser que les folates présents dans le lait sont, de par leur forme peu conjuguée, non soumis aux problèmes éventuels de dégradation des polyglutamates par l'intestin et donc d'une grande biodisponibilité.

Dans une alimentation équilibrée, les apports nutritionnels sont néanmoins réalisés par l'ensemble des aliments et aucun de ceux-ci, même s'il est une source modeste, ne doit être négligé. Il convient pour cela de choisir les aliments dont le potentiel nutritionnel a été le mieux préservé jusqu'au moment de la consommation. De ce point de vue, il n'est pas sans intérêt de savoir qu'il faut généralement trois à quatre fois plus de lait stérilisé que de lait pasteurisé pour réaliser le même apport de folates. Mais alors qu'une ration quotidienne de 0,8 l de lait pasteurisé (soit deux bols) n'est pas exceptionnelle surtout chez des enfants et des adolescents, une ration de l'ordre de 3 l de lait stérilisé est irréaliste et serait d'ailleurs à déconseiller.

Sur le plan pratique, et du point de vue des apports nutritionnels, particulièrement en folates, la consommation des laits doit être recommandée dans l'ordre des préférences décroissantes suivantes :

- lait pasteurisé,
- lait UHT upérisé récent,
- lait UHT le plus récent possible.

Les laits UHT de plus de deux mois et les laits stérilisés (en bouteilles ou récipients plastiques) sont à déconseiller. On ne peut que se féliciter, à ce propos, de l'arrêté publié au Journal Officiel du 16 décembre 1983 limitant à trois mois la durée de vie des laits UHT.

L'étiquetage des laits UHT n'étant pas assez précis, il n'est pas possible au consommateur de savoir s'il a affaire à un lait stérilisé par traitement direct ou par traitement indirect. Il serait alors préférable de consommer du lait à teneur vitaminique garantie qui, non seulement apporte d'autres vitamines en quantité appréciable, mais qui a toute chance, également, d'avoir une teneur en folates comparable à celle des laits upérisés. Mais le coût élevé des laits à teneur garantie rebute la majorité des acheteurs et explique sa consommation marginale (1 % du marché).

Par ailleurs, il serait souhaitable que les fabricants mettent l'acide folique au nombre des vitamines ajoutées au lait à teneur garantie et qu'ils abaissent au maximum le prix de ces laits afin d'en accroître la consommation.

En bref, les enseignements tirés de cette enquête sur les teneurs en folates des diverses sortes de lait consommées en France en 1983 et 1984 se traduisent par les recommandations suivantes :

1. Préférer le lait pasteurisé au lait UHT et préférer ce dernier au lait stérilisé.
2. Donner la préférence aux traitements thermiques directs plutôt qu'aux traitements indirects ; éviter l'action de l'oxygène pendant les traitements comme au cours du stockage.
3. Réduire le plus possible la durée de conservation des laits stérilisé ou UHT, en abaissant encore la date limite de vente, en accélérant leur commercialisation et en recommandant aux usagers de ne pas les stocker trop longtemps.
4. Inclure les folates dans la gamme des vitamines ajoutées aux laits à teneur garantie ; promouvoir la consommation de ces laits.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec l'aide financière de la Fondation Française pour la Nutrition et du Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitières. Les sociétés Candia-Sodima, Gama-Nova, Prospérité Fermière, Unicolait ont fourni gracieusement certains échantillons. Le traitement statistique d'une partie des résultats a été effectué au Laboratoire d'Informatique de la Faculté de Médecine de Nancy (INSERM U 115 ; directeur : Professeur J. MARTIN).

Les auteurs remercient vivement tous ces organismes de leur aide.

Manuscrit reçu le 29 avril 1986, accepté le 28 octobre 1986.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADRIAN J., 1973. Valeur alimentaire du lait. 229 p. La Maison Rustique, Paris.
- BECROFT D.M., HOLLAND J.T., 1966. *New Zealand Medical Journal*, 65, 303.
- BENDER A.E., 1978. Food processing and nutrition. 243 p. Academic Press, London.
- BLANC B., 1978. Influence des procédés technologiques sur la valeur hygiénique et nutritionnelle des produits laitiers. XXème Congrès International de Laiterie, Paris. Conférence 20 ST. 42 p. Fédération Internationale de Laiterie, Bruxelles.
- BLANC B., 1981. Influence des traitements thermiques sur les composants caractéristiques et la valeur nutritionnelle des laits. *Méd. et Nutrition*, 17, 39-41.
- BURTON H., FORD J.E., FRANKLIN J.G., PORTER J.W.G., 1967. Effects of repeated heat treatments on the levels of some vitamins of the B-complex in milk. *J. Dairy Research*, 34, 193-197.
- BURTON H., 1969. Ultra-high-temperature processed milk. *Dairy Sci. Abstr.*, 31, 287-297.
- BURTON H., 1973. Lait stérilisé à ultra-haute température. *Revue Mondiale de Zootechnie*, 5, 27-32.
- BURTON H., FORD J.E., PERKIN A.G., PORTER J.W.G., 1970. Comparison of milks processed by the direct and indirect methods of UHT sterilization. IV : The vitamin composition of milks sterilized by different processes. *J. Dairy Research*, 37, 529-533.
- CAUSERET J., LHUISSIER M., HUGOT D., 1970. Les vitamines dans les produits laitiers : lait en nature, crème, beurre, fromages. *Ann. Nutr. Alim.*, 24B, 169-200.
- CHRISTIDES J.-P., POTIER DE COURCY G., 1987. Teneur en acide folique des aliments. I : Optimisation du dosage microbiologique des folates dans les aliments. *Sci. Aliments*, 7, n°1, 7-22.
- DAVIDSON G.P., TOWNLEY R.R.W., 1977. Structural and functional abnormalities of the small intestine due to nutritional folic acid deficiency in infancy. *J. Pédiatr.*, 90, 590-594.
- DUPIN H. et les membres de la commission spécialisée du CNERNA, 1981. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 101 p. Editions du CNRS. Technique et Documentation, Paris.
- LEMOINE A., LE DEVEHAT C., HERBETH B., BOURGEAY-CAUSSE M., DELACOUX E., MARESCHI J.-P., MARTIN J., MIRAVET J., POTIER DE COURCY G., ZITTOUN J., 1986. ESVITAF : Enquête sur le statut vitaminique de trois groupes d'adultes français : témoins, obèses, buveurs excessifs. *Ann. Nutr. Métab.*, 30 (suppl. 1), 1-94.
- FORD J.E., PORTER J.W.G., THOMPSON S.Y., TOOTHILL J., EDWARDS-WEBB J., 1968. Effects of UHT processing and of subsequent storage on the vitamin content of milk. *Proc. Nutr. Soc.*, 27, 60A-61A.
- FORD J.E., SCOTT K.J., 1968. The folic activity of some milk foods for babies. *J. Dairy Research*, 35, 85-90.
- FORD J.E., KNAGGS G.S., SALTER D.N., SCOTT K.J., 1972. Folate nutrition in the kid. *Brit. J. Nutr.*, 27, 571-583.
- GREGORY M.E., 1975. Reviews of the progress of dairy science. Water soluble vitamins in milk and milk products. *J. Dairy Research*, 42, 197-216.
- HERBERT V., 1963. A palatable diet for producing experimental folate deficiency in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 12, 17.
- HERBERT V., 1966. Aseptic addition method for *Lactobacillus casei* of folate activity in human serum. *J. Clin. Pathol.*, 19, 12-16.
- HERCBERG S., BICHON L., GALAN P., CHRISTIDES J.-P., CARROGET C., POTIER DE COURCY G., 1987. Iron and folacin status of pregnant women : relationships with dietary intakes. *Nutr. Report Intern.* (sous presse).
- KARLIN R., 1961. Les vitamines dans les fromages. *Ann. Nutr. Aliment.*, 15, 103-158.
- KARLIN R., 1969. Sur la teneur en folates des laits de grand mélange. *J. Intern. Vitam.*, 39, 359-371.
- KLEIN B.P., KUO C.H.Y., 1981. Comparison of microbiological and radiometric assays for determining total folacin in spinach. *J. Food Sci.*, 46, 552-554.

- MARESCHI J.-P., COUSIN F., 1984. Composition en vitamines de soixante-sept aliments courants. *Méd. et Nut.*, 20, 39-43.
- MEHTA R.S., 1980. Milk processed at ultra-high temperatures. A review. *J. Food Protection*, 43, 212-225.
- NAVARRO J., GOUTET J.M., ROY C., BONNET-GAJDOS M., 1980. Carence folique et dépression de l'immunité cellulaire. *Arch. Franç. Pédiatr.*, 37, 297.
- PAUL A.A., SOUTHGATE D.A.T., 1978. McCance and Widdowson's, the composition of foods. 48 p. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam.
- PORTER J.W.G., THOMPSON S.Y., 1969. Effect of heat treatment on the nutritive quality of liquid milk with particular reference to UHT processes. *Dtsch. Ges. Chem. Appar. Monogr.*, 63, 233-241.
- PORTER J.W.G., THOMPSON S.Y., 1976. Effects of processing on the nutritive value of milk. Vol. 1. Proc. 4th Internat. Cong. Fd. Sci. Technol., Madrid.
- POSATI L., ORR M.L., 1976. Composition of foods. Dairy and egg products raw, processed, prepared. Agriculture Handbook n°8-1. 157 p. US Department of Agriculture, Washington.
- REYNOLDS E.H., STAMENTINOLI G., 1983. Folic acid, S-adenosylmethionine and affective disorder. *Psychol. Med.*, 13, 705-710.
- SOUCI S.W., FACHMAN W., KRAUT ., 1981. Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen (trilingue allemand-anglais-français). Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- ZITTOUN R., ZITTOUN J., 1970. Les anémies par carence en vitamine B₁₂ et en acide folique. *Rev. Prat.*, 20, 573-597.