

Les éléments traces (oligo-éléments) dans le lait maternel

par R.M. Parr*

Toute femme qui a récemment mis au monde un enfant ou qui a lu des articles sur l'alimentation des nouveau-nés sait l'importance considérable qu'on attache maintenant à l'allaitement maternel. Dans tous les pays, les autorités médicales, qu'appuient des organisations internationales comme l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le Fonds international des Nations Unies pour l'enfance (FISE) et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), déploient de vigoureux efforts pour lutter contre une tendance croissante observée dans de nombreux pays, où les jeunes mères renoncent à l'allaitement naturel en faveur d'autres modes d'alimentation des nouveau-nés. Ces mères n'agissent pas nécessairement de propos délibéré; souvent, les circonstances les obligent à se séparer de leur enfant pendant des périodes prolongées. Lorsqu'elles sont suffisamment fortunées — comme dans certains pays industrialisés — ou que la société leur fournit son appui — comme en Chine — les femmes peuvent encore allaiter leurs enfants avec succès. Mais, dans de nombreux pays en développement, les femmes pauvres des zones à prédominance urbaine aux mauvaises conditions sanitaires, qui n'ont à leur disposition qu'une eau malpropre et manquent de moyens pour acheter suffisamment de produits de remplacement du lait maternel, n'allaitent plus leurs enfants autant qu'elles le pourraient, ou les sevrèrent trop tôt, souvent avec des résultats désastreux.

Une publication commune récente OMS/FISE exprime comme suit l'opinion actuelle sur la question: «L'allaitement maternel fait partie intégrante du processus de reproduction; il constitue le mode naturel et idéal d'alimentation des jeunes enfants et une base biologique et affective incomparable pour leur développement. En raison de ce fait et des incidences importantes de l'allaitement maternel sur la prévention des infections, la santé et le bien-être de la mère, l'espacement des enfants, la santé de la famille, l'économie familiale et nationale et la production alimentaire, ce mode d'alimentation est un élément-clé de l'indépendance individuelle, des soins de santé primaires et de la politique actuelle en matière de développement. La société a donc pour devoir d'encourager l'allaitement maternel et de protéger les femmes enceintes et les mères allaitantes contre toute influence qui pourrait le contrarier».

Que le lait maternel soit le *meilleur* aliment pour le jeune enfant n'est cependant pas tout à fait aussi évident qu'il y paraît. Ainsi, on sait depuis déjà un certain temps que le lait ne contient pas suffisamment de minéraux comme le fer et le cuivre, et qu'il n'est donc pas bon de l'utiliser *indéfiniment* comme seule source d'alimentation des jeunes enfants. Cependant, les enfants

normaux (à l'exclusion des prématurés) viennent au monde avec des réserves suffisantes de ces éléments, dans lesquelles ils peuvent puiser jusqu'à ce que s'accroisse l'apport alimentaire fourni après le sevrage. Il n'est pas non plus entièrement certain que *toutes* les mères soient capables de produire un lait satisfaisant. Cela peut être vrai pour une mère vivant dans l'aisance, qui est en bonne santé et dont le régime alimentaire est satisfaisant, mais que dire de la situation des mères appartenant à des groupes sociaux moins privilégiés?

On observe couramment que le taux de croissance des enfants des pays en développement est semblable à celui des enfants des pays avancés jusqu'à l'âge d'environ 3 à 4 mois. Ensuite, leur courbe de croissance a tendance à s'aplatir et s'écarte de celle des enfants des pays avancés. Cette observation a contribué à la mise en doute de la valeur de l'allaitement maternel dans les pays en développement, soit parce que le volume du lait pourrait être insuffisant, soit parce que sa composition en éléments nutritifs pourrait laisser à désirer. En fait, on sait que la malnutrition de la mère peut dans certains cas nuire à la croissance et au développement du fœtus et réduire la lactation.

S'efforçant d'approfondir cette question, l'Organisation mondiale de la santé a décidé en 1976 d'entreprendre une étude consacrée au volume et à la composition du lait maternel dans un certain nombre de pays. L'étude portait non seulement sur les principaux constituants comme les protéines, les graisses et le lactose, mais aussi sur des constituants quantitativement peu importants comme les vitamines, les résidus de pesticides et les éléments traces (oligo-éléments). C'est à cause des oligo-éléments que l'Agence s'est intéressée au projet. Ainsi qu'on l'expliquera plus loin, les techniques d'analyse nucléaire offrent un moyen très efficace de déterminer les concentrations des éléments quantitativement peu importants et des oligo-éléments dans des substances biologiques comme le lait maternel. En outre, il y a de nombreuses années que le Laboratoire de l'Agence offre des services de contrôle de la qualité des analyses dans ce domaine précis — le dosage des éléments traces — et il était donc très bien placé pour assurer des analyses exécutées selon des méthodes fiables et éprouvées. Avant d'entrer dans les détails de ce projet et des techniques d'analyse employées, il peut être intéressant de faire d'abord une digression pour examiner le rôle que les éléments traces ou oligo-éléments semblent jouer dans la nutrition humaine.

Éléments traces et nutrition humaine

Le corps humain se compose de nombreux éléments; en fait, certains tissus humains contiendraient jusqu'à 81 des 92 éléments naturels (tableau 1). Le corps est évidemment constitué en majeure partie d'éléments

* M. Parr fait partie de la Section des applications médicales de la Division des sciences biologiques de l'Agence.

Tableau 1. Teneur total du corps en certains éléments (individu de référence de la CIPRE)

Élément	Quantité (g)	Pourcentage du poids total du corps
1. Oxygène	43 000	61
2. Carbone	16 000	23
3. Hydrogène	7 000	10
4. Azote	1 800	2,6
5. Calcium	1 000	1,4
6. Phosphore	780	1,1
7. Soufre	140	0,20
8. Potassium	140	0,20
9. Sodium	100	0,14
10. Chlore	95	0,12
11. Magnésium	19	0,027
12. Silicium	18	0,026
13. Fer	4,2	0,006
14. Fluor	2,6	0,0037
15. Zinc	2,3	0,0033
16. Rubidium	0,32	0,00046
17. Strontium	0,32	0,00046
18. Brome	0,20	0,00029
19. Plomb	0,12	0,00017
20. Cuivre	0,072	0,00010
21. Aluminium	0,061	0,00009
22. Cadmium	0,050	0,00007
23. Bore	< 0,048	0,00007
24. Baryum	0,022	0,00003
25. Etain	< 0,017	0,00002
26. Manganèse	0,012	0,00002
27. Iode	0,013	0,00002
28. Nickel	0,010	0,00001
29. Or	< 0,010	0,00001
30. Molybdène	< 0,0093	0,00001
31. Chrome	< 0,0018	0,000003
32. Césium	0,0015	0,000002
33. Cobalt	0,0015	0,000002
34. Uranium	0,00009	0,0000001
35. Beryllium	0,000036	
36. Radium	$3,1 \times 10^{-11}$	

dit essentiels (par exemple, l'oxygène, le carbone, l'hydrogène) et d'éléments secondaires (par exemple, le potassium, le sodium, le chlore). Mais il existe aussi de nombreux autres éléments qui ne sont présents qu'à l'état de traces et qui, malgré leur faible concentration, ont une grande importance pour la croissance et le développement; en fait, certains d'entre eux sont même indispensables à la vie. L'expression *élément trace* désigne généralement les éléments qui, dans certains tissus ou fluides du corps tout au moins, sont présents à des concentrations inférieures à environ 10 parties par

million. Au tableau 1, tous les éléments figurant en-dessous du magnésium (c'est-à-dire à partir du silicium) portent généralement le nom d'éléments traces.

On sait depuis le 17^{ème} siècle que tous les êtres humains ont besoin de fer pour survivre, et depuis 1850 l'iode aussi est reconnu comme un élément trace essentiel. Mais la plupart de nos connaissances des éléments traces datent de ce siècle, et plus particulièrement des vingt dernières années. A l'heure actuelle, il y a déjà 16 éléments considérés comme essentiels à l'homme (tableau 2); toutefois, pour certains d'entre eux (comme l'arsenic, l'étain et le vanadium), les preuves ne sont pas directes mais proviennent d'expériences sur l'animal.

Ces éléments jouent des rôles très divers; dans certains cas, ils entrent dans la constitution de molécules biologiques d'intérêt vital (par exemple, le fer dans l'hémoglobine et l'iode dans les hormones thyroïdiennes); ils peuvent aussi faire partie d'enzymes ou jouer le rôle de co-facteurs dans les réactions favorisées par les enzymes. Cependant, malgré les immenses progrès de nos connaissances sur cette question au cours des deux dernières décennies ce que nous savons d'un grand nombre de ces éléments, en particulier de ceux dont le caractère essentiel n'a été établi qu'assez récemment, ne représente probablement guère plus que le sommet visible d'un très grand iceberg.

Dans la pratique, l'anémie par manque de fer ou anémie ferriprive, provoquée essentiellement par la consommation d'aliments à faible teneur en fer, est l'une des carences nutritionnelles les plus répandues dans le monde, qui atteint des centaines de millions de personnes. La carence en iode, qui conduit au goître et au crétinisme, demeure un problème de santé publique très répandu bien qu'elle puisse être prévenue très facilement et à peu de frais par un complément d'iode.

Ces carences sont connues depuis longtemps, mais ce n'est que récemment qu'on a commencé à se rendre compte que d'autres types de carences en éléments traces peuvent aussi être répandus, dans les pays avancés comme dans les pays en développement. A l'heure actuelle, on s'intéresse plus particulièrement à des éléments comme le zinc, le sélénium et le chrome. La carence en zinc est associée au retard de croissance, à l'immaturité sexuelle, aux lésions cutanées et à la diminution de la capacité immunitaire. Le sélénium joue un rôle important dans la nutrition animale; chez l'homme, on a établi une relation causale avec la maladie du Keshan, affection cardiaque endémique qui atteint surtout les jeunes enfants de la province chinoise du Keshan. Le chrome semble jouer un rôle dans certaines formes de diabète et pourrait aussi être une cause de cardiopathies. Il est presque certain que de très fortes carences de ces éléments traces sont extrêmement rares. Néanmoins, il reste à savoir si des carences marginales ne pourraient être fort répandues et si elles ne pourraient avoir un effet important sur différentes affections chroniques.

Il n'est pas surprenant que le mouvement en faveur d'une alimentation saine se soit emparé des oligo-éléments et que dans plusieurs pays, en particulier aux Etats-Unis, les magasins de produits diététiques encouragent maintenant la vente de pilules contenant ces éléments. La documentation à l'appui affirme que ces

Tableau 2. Classement des éléments traces (oligo-éléments) essentiels

Élément	Année de découverte	Fonction	Symptômes de carence chez l'homme	Déséquilibres chez l'homme
Fer	17ème siècle	Transport d'oxygène, d'électrons	Anémie	Carences répandues; excédents dangereux dans l'hémochromatose; intoxication aiguë
Iode	1850	Composant des hormones thyroïdiennes	Goître, diminution de la fonction thyroïdienne, crétinisme	Carences répandues; l'ingestion excessive peut provoquer la thyrotoxicose
Cuivre	1928	Enzymes oxydantes; interaction avec le fer; réticulation de l'élastine	Anémie, modifications de l'ossification; cholestérol du sérum éventuellement élevé	Carences chez les personnes sous-alimentées et celles qui sont alimentées totalement par voie intraveineuse
Manganèse	1931	Métabolisme des mucopolysaccharides, dismutase des superoxydes	Inconnus	Carence inconnue; toxicité par inhalation
Zinc	1934	Nombreux enzymes liés au métabolisme énergétique ainsi qu'aux processus de transcription et de traduction	Diminution de la croissance, immaturité sexuelle, lésions cutanées, diminution de la capacité immunologique, modification de l'acuité gustative	Carences en Iran, Egypte, dans l'alimentation intraveineuse totale, les maladies génétiques, le stress traumatique
Cobalt	1935	En tant que partie de la vitamine B ₁₂	Seulement sous forme de carence en vitamine B ₁₂	Incapacité à absorber la vitamine B ₁₂ ; faible absorption de la vitamine B ₁₂ dans les régimes végétariens
Molybdène	1953	Oxydases de la xantine, des aldéhydes, des sulfures	Inconnus	Dans certaines régions de l'Union soviétique, une exposition excessive est associée à un syndrome semblables à celui de la goutte
Sélénium	1957	Péroxydase du glutathion; interaction avec les métaux lourds	Cardiomyopathie endémique (maladie du Keshan) conditionnée par la carence en sélénium	Carence et excédent dans des régions de la Chine; un cas résultant de l'alimentation intraveineuse totale
Chrome	1959	Potentialisation de l'insuline	Résistance relative à l'insuline, diminution de la tolérance au glucose, lipides du sérum augmentés	Carence connue dans la malnutrition, le vieillissement, l'alimentation intraveineuse totale
Etain	1970	Inconnue	Inconnus	Inconnus*
Vanadium	1971	Inconnue	Inconnus	Inconnus*
Fluor	1971	Structure des dents, peut-être des os; éventuellement effet de croissance	Augmentation de l'incidence des caries, éventuellement facteur de risque d'ostéoporose	Carence et excédent connus
Silicium	1972	Calcification; éventuellement fonction dans le tissu conjonctif	Inconnus	Inconnus*
Nickel	1976	Interaction avec absorption du fer	Inconnus	Inconnus*
Arsenic	1977	Inconnue	Inconnus	Excédents naturels connus
Cadmium	1977	Inconnue	Inconnus	Inconnus*

* On ne connaît pas de déséquilibre naturel, mais il peut y avoir absorption excessive dans des circonstances particulières, notamment par exposition professionnelle.

pillules ont de nombreux effets salutaires, notamment qu'elles augmentent la résistance aux maladies infectieuses et protègent contre le cancer et les maladies cardiovasculaires. Sans aucun doute, ces affirmations sont souvent exagérées, mais elles sont partiellement corroborées par des témoignages scientifiques persuasifs, sinon concluants.

Dans de nombreux pays, les autorités responsables de la santé publique encouragent déjà l'introduction dans le régime alimentaire humain d'éléments comme le fer, l'iode et le fluor, et dans un pays au moins, la Suède, on a récemment commencé à le compléter indirectement par du sélénium (par l'application d'engrais aux terres cultivées). A certains égards, les animaux d'élevage sont beaucoup mieux traités que les humains; il est bien plus fréquent qu'on ajoute des oligo-éléments à leur alimentation! Cependant, avant que le lecteur ne se précipite pour acheter des pilules contenant des oligo-éléments, il faut lui rappeler que l'état de santé optimal dépend du juste équilibre des ces éléments et que l'excès de l'un d'entre eux peut non seulement être toxique en soi mais encore dérégler le métabolisme des autres éléments. La meilleure règle à suivre pour éviter les carences en oligo-éléments consiste toujours à se conformer à ce que l'on a longtemps considéré comme un conseil rationnel en matière de nutrition, à savoir qu'il faut consommer des aliments suffisamment variés, ne contenant de préférence qu'une faible proportion d'aliments fortement raffinés comme le sucre ou la farine blanche.

En ce qui concerne les aliments pour enfants en bas âge, la question essentielle est de savoir si les préparations consommées par les enfants qui ne sont pas nourris au sein ont une teneur suffisante en éléments nutritifs essentiels. Comme un Comité d'experts de l'Organisation mondiale de la santé l'a déclaré en 1973: «Ces préparations devraient contenir tous les oligo-éléments essentiels ... au moins aux concentrations qui sont présentes dans le lait maternel». Mais, afin de mettre en œuvre cette recommandation, «il faudra obtenir un complément d'information sur les quantités d'éléments traces présentes dans le lait maternel». Tel était donc l'objet essentiel du projet de recherche décrit dans le présent article. En second lieu, ce projet vise aussi à déterminer si les quantités d'éléments traces présentes dans le lait maternel varient de manière significative suivant le groupe socio-économique ou l'origine géographique de la mère.

Ramassage du lait

L'Organisation mondiale de la santé a choisi six centres de ramassage dans des pays représentant divers degrés de développement industriel, à savoir le Guatemala, la Hongrie, le Nigeria, les Philippines, la Suède et le Zaïre. Le protocole de l'étude soulignait l'opportunité de prélever dans chaque pays des échantillons dans trois groupes socio-économiques différents: aisé (urbain), pauvre (urbain) et rural. (Certains pays n'ont pu satisfaire complètement à cette condition.) Du personnel spécialement formé, qui a également enregistré des données pertinentes sur chaque mère et son enfant, a prélevé des échantillons sur les mères appartenant à chaque groupe étudié. Pour

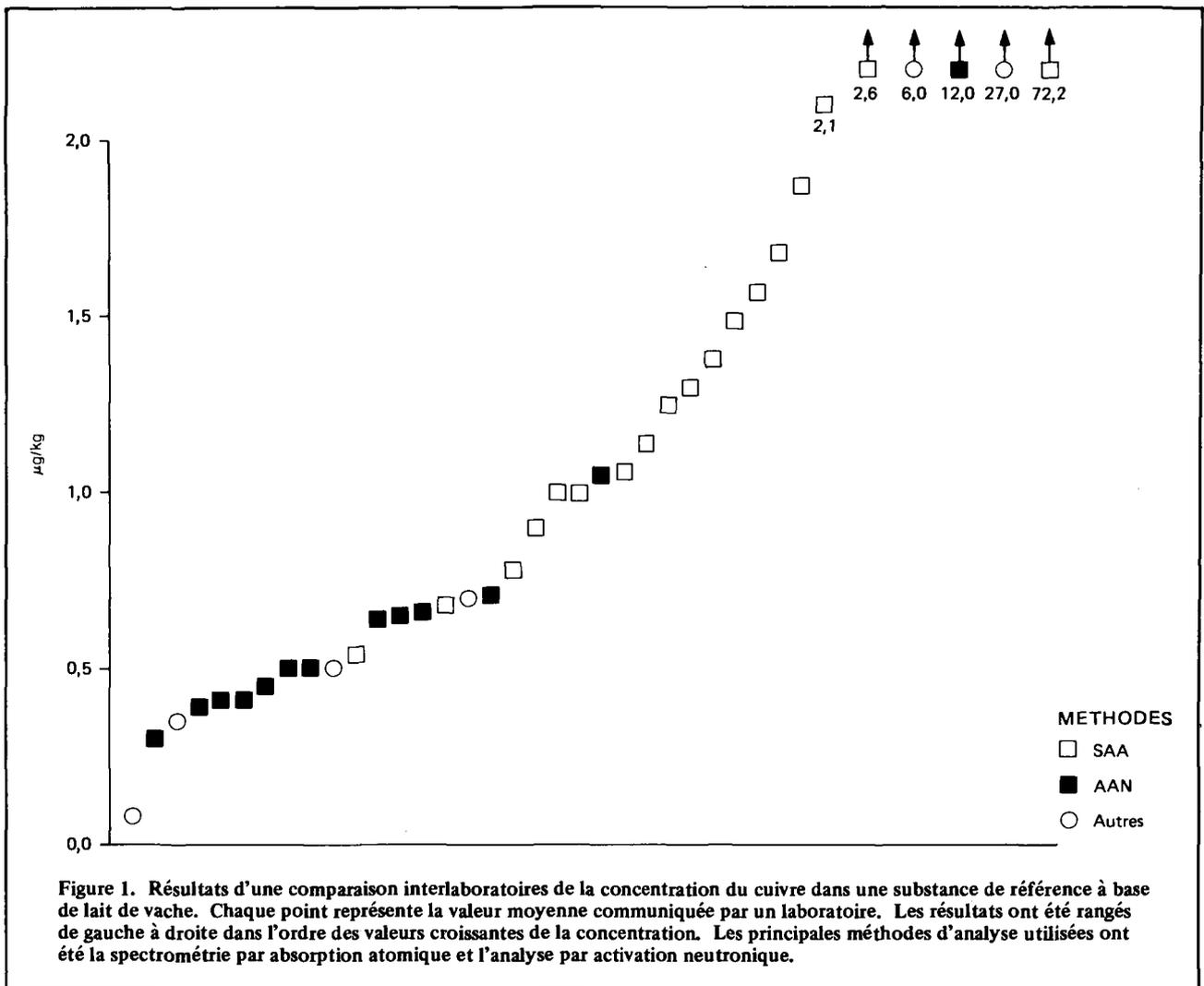
l'étude de certains constituants du lait (par exemple, les protéines et les graisses), des mères ont été suivies individuellement de la naissance de leur enfant à la fin de la période de lactation, en vue d'obtenir des informations sur les variations de l'absorption d'éléments nutritifs par l'enfant en fonction de son âge. Pour les éléments traces, cependant, cela n'a pas été possible pour diverses raisons, et il a été décidé d'étudier leurs concentrations dans le lait à un seul moment après la naissance, à environ trois mois. On dispose de renseignements d'autres sources sur les modifications de la composition du lait en fonction de la période de lactation. A trois mois, le lait est arrivé à maturité et sa composition a atteint un niveau assez stable. En outre, c'est à trois mois que de nombreuses mères commencent à sevrer leurs enfants. Après cet âge, par conséquent, l'absorption de substances nutritives par l'enfant ne dépend plus exclusivement du lait. Aux fins de comparaison, on a aussi rassemblé pour les analyser un certain nombre de préparations alimentaires pour enfants vendues dans le commerce.

Parallèlement à ce projet de recherche commun OMS/AIEA, l'Agence a également participé à des études analogues dans le cadre de son programme de contrats de recherche. Elle a ainsi obtenu de plusieurs autres pays, notamment du Chili, de l'Inde et de l'Italie, des données comparables et venant à l'appui de celles qu'avait fournies le projet.

Analyse des éléments traces

Si la responsabilité de l'analyse des éléments traces a été confiée à l'Agence, c'est que celle-ci avait une longue expérience de la question et s'y intéressait de longue date, notamment en ce qui concerne l'emploi des techniques d'analyse nucléaire et le contrôle de la qualité des analyses. Les éléments retenus pour l'étude comprenaient tous les éléments traces essentiels (oligo-éléments) figurant au tableau 2, à l'exception du silicium, ainsi que certains éléments traces toxiques importants (l'antimoine, le plomb, le mercure et, s'ils sont présents à des concentrations supérieures aux concentrations naturelles, l'arsenic et le cadmium). Les éléments secondaires — calcium, chlore, magnésium, phosphore, potassium et sodium — ont été également retenus car, tout comme un grand nombre d'éléments traces, ils sont aussi biologiquement essentiels et leur analyse peut être effectuée suivant des méthodes similaires; de plus, il y a d'importantes interactions entre certains de ces éléments qui peuvent être intéressantes. L'étude a donc porté au total sur 24 éléments.

On peut trouver dans la documentation scientifique les valeurs publiées pour la plupart, sinon pour la totalité, de ces éléments et l'on pourrait donc se demander si cette étude était vraiment nécessaire. L'explication est simple: certaines des analyses sont d'une exécution extrêmement difficile et ce n'est que depuis quelques années et dans un très petit nombre de laboratoires qu'on a commencé à obtenir des résultats fiables. La documentation scientifique est donc remplie de données qui, même pour un seul élément, semblent présenter des différences s'étendant sur plusieurs ordres de grandeur. Il est généralement impossible de décider a priori si ces différences sont réelles (c'est-à-dire si elles



correspondent à une variabilité biologique ou géographique) ou si elles résultent simplement d'une erreur d'analyse.

Les résultats de nombreuses comparaisons effectuées par le Laboratoire de l'Agence depuis quelques années dans le cadre de son programme de services de contrôle de la qualité des analyses prouvent abondamment que c'est très souvent le second cas, c'est-à-dire que ces différences proviennent d'une erreur d'analyse. La figure 1 par exemple présente les résultats obtenus pour un élément très important et largement étudié, le cuivre, dans une matière de référence à base de lait de vache en poudre préparée par l'Agence. Il s'agit d'une poudre homogène qui aurait manifestement dû donner le même résultat quels que soient l'auteur et la méthode de l'analyse. Néanmoins, les résultats présentés varient considérablement (au total d'un facteur de 880 entre le plus élevé et le plus faible) et à l'examen ils font apparaître des différences systématiques suivant la technique d'analyse employée. La méthode non nucléaire de spectrométrie par absorption atomique a donné des résultats qui étaient en moyenne supérieurs d'un facteur de 2 à ceux qui ont été obtenus par la méthode nucléaire d'analyse par activation neutronique.

Le Laboratoire poursuit les travaux entrepris pour montrer de manière concluante laquelle de ces valeurs est correcte, mais il est déjà assez évident que c'est la plus faible.

Pour exécuter une étude de cette nature, il est donc indispensable d'apporter une attention scrupuleuse au contrôle de la qualité des analyses. A la connaissance de l'auteur, c'est la première fois que, pour une étude de ce genre exécutée pour un si grand nombre d'éléments, le contrôle de la qualité est incorporé d'emblée au programme. Ce n'est qu'ainsi qu'il est possible de procéder à des comparaisons valables entre des pays différents et des groupes socio-économiques différents. On a assuré le contrôle de la qualité dans ce projet en confiant à un seul laboratoire d'analyse la responsabilité de chaque élément (ce qui supprime les erreurs systématiques entre laboratoires) et en utilisant deux matières spécialement préparées pour le contrôle de la qualité des analyses, la matière de référence à base de lait de vache susmentionnée et un échantillon d'un mélange de laits maternels.

Les techniques d'analyse nucléaire, et en particulier l'analyse par activation neutronique (AAN) présentent

Tableau 3. Laboratoires d'analyse collaborant au projet, éléments déterminés et méthodes d'analyse

Laboratoire d'analyse	Éléments déterminés	Méthode d'analyse
AIEA, Vienne (Autriche)	Ca, Cr, K, Mg, Na	Spectrométrie par absorption atomique (SAA)
	Cl	AAN* instrumentale
	Cd, Mo	AAN radiochimique
Kernforschungsanlage (KFA), Jülich (RFA)	Co, Fe, Hg, Sb, Se, Zn	AAN instrumentale
	Cu, Mn	AAN radiochimique
Institut Jožef Stefan, Ljubljana (Yougoslavie)	As, I, Sn, V	AAN radiochimique
Institut de sciences et de technologie, Manchester (Royaume-Uni)	Ni	Spectrométrie d'émission (ICP-SE)
	Pb	Spectrométrie par absorption atomique
Université de technologie d'Helsinki, Helsinki (Finlande)	F	Electrochimie (électrode spécifique à ions)
Forschungsinstitut für Kinderernährung, Dortmund (RFA)	P	Colorimétrie

* AAN = Analyse par activation neutronique.

de nombreux avantages pour une étude de ce type. L'analyse par activation neutronique est fondée sur l'activation de l'échantillon (par exemple, un spécimen de lait maternel) par irradiation neutronique dans un réacteur de recherche nucléaire. Un grand nombre d'atomes de l'échantillon sont ainsi transformés en radioisotopes qui peuvent être mesurés directement à l'aide d'un spectromètre à rayons gamma approprié (cette version de la méthode porte le nom d'analyse par activation neutronique instrumentale) ou qui peuvent être mesurés à la suite d'une séparation radiochimique appropriée (analyse par activation neutronique radiochimique). La quantité de radioactivité ainsi enregistrée correspond à la concentration de l'élément original dans l'échantillon. La méthode présente des avantages particuliers, notamment une sensibilité et une spécificité élevées (pour un grand nombre, mais non la totalité des éléments considérés) et l'absence relative de problèmes de contamination et d'effets de matrice. C'est aussi une méthode satisfaisante pour un nombre élevé d'éléments, ce qui est important lorsqu'on souhaite étudier jusqu'à 24 éléments dans chaque échantillon.

L'analyse par activation neutronique n'est cependant pas la méthode optimale pour tous les éléments. Pour certains éléments (par exemple, le plomb) elle n'assure pas une sensibilité suffisante, et pour d'autres (par exemple, le calcium) il existe d'autres méthodes qui sont plus simples, plus rapides et moins onéreuses. C'est pourquoi l'étude dans son ensemble a comporté l'emploi de différentes méthodes d'analyse, nucléaires et non nucléaires, dont certaines seulement peuvent être appliquées au Laboratoire de l'Agence. Les analyses ont donc été exécutées dans le cadre d'un effort de collaboration de plusieurs laboratoires (on trouvera des détails

au tableau 3). Toutefois, pour tous ces travaux, le Laboratoire de l'Agence a fait fonction de centre de coordination en recevant les échantillons provenant des différentes zones d'étude, en les homogénéisant, en les séchant et en préparant des solutions aliquotes qui ont été envoyées aux différents laboratoires d'analyse. Non seulement le Laboratoire de l'Agence a procédé lui-même à un grand nombre d'analyses, mais il a également assumé la responsabilité générale du contrôle de la qualité des analyses ainsi que de l'établissement et de l'évaluation des résultats obtenus.

Enfin (ou plutôt en premier lieu), le Laboratoire a joué un rôle important en fournissant des trousse de prélèvement d'échantillons permettant d'obtenir des spécimens convenables de lait maternel aux fins d'analyse. L'un des problèmes pratiques importants posés par ce genre de recherche est qu'un grand nombre des éléments intéressants sont présents à des concentrations si faibles que les échantillons peuvent facilement être contaminés par l'emploi de matériel impur ou mal nettoyé. L'Agence a donc fourni à tous les centres de prélèvement de l'OMS (fig.2) des récipients spécialement préparés et nettoyés et des fioles pour échantillons. Les trousse pour le prélèvement d'échantillons comprenaient aussi un shampoing spécial à faible teneur en élément traces pour le lavage des seins avant le prélèvement du lait.

Les rations recommandées sont-elles correctes?

La plupart des analyses nécessaires pour cette étude sont maintenant achevées, mais l'évaluation des résultats, qui portent au total sur quelque 8500 valeurs distinctes, et la préparation du rapport final sont encore en cours. Les données déjà disponibles montrent cependant qu'il existe des différences très intéressantes entre les



Figure 2. Trousse pour le prélèvement d'échantillons de lait maternel; elle comprend un shampooing (à faible teneur en éléments traces) pour laver le sein, un vase collecteur (relié à une pompe aspirante adéquate) et des flacons pour échantillons. La vase collecteur et les flacons pour échantillons doivent être nettoyés au préalable pour éliminer la contamination par éléments traces.

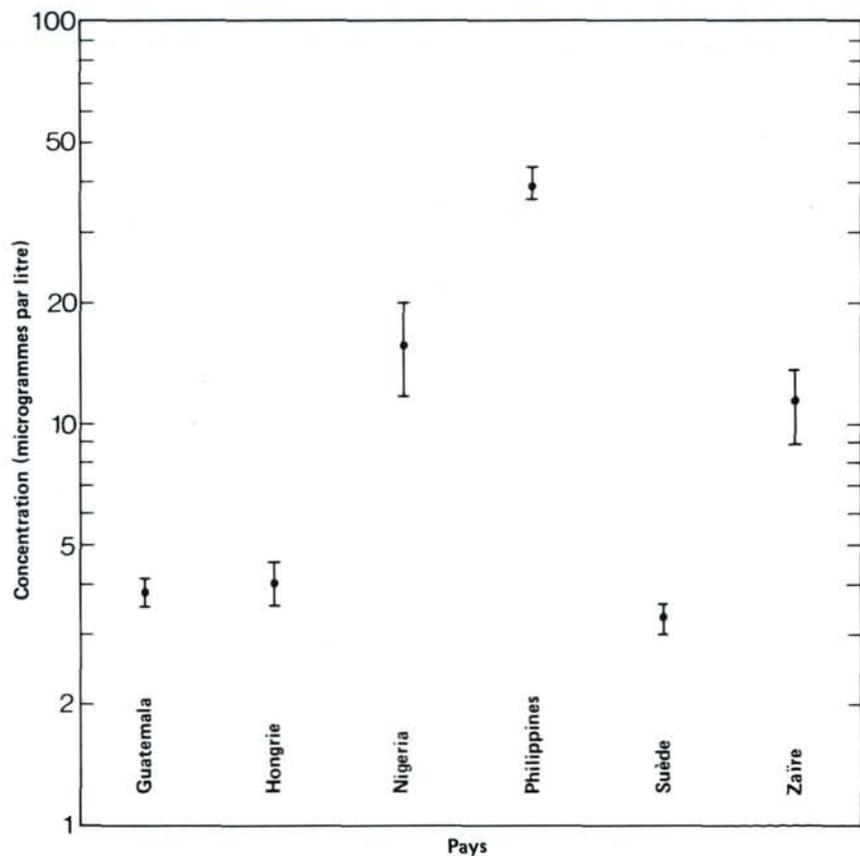


Figure 3. Concentrations du manganèse dans du lait maternel provenant de différents pays. Les valeurs portées sur le graphique sont les concentrations médianes (± 1 écart standard par rapport à la médiane). On notera que l'échelle de concentration est logarithmique.

Tableau 4. Résumé des différences de concentration de certains éléments dans le lait maternel suivant les régions géographiques

Élément	Guatemala	Hongrie	Nigeria	Philippines	Suède	Zaïre
As				+		
Ca	+		-		-	
Cd			+	+		
Co		-	+	+		
Cr		-	+	+		
Cu	+	-	+	+	-	-
F	-			+		-
Fe	-	-		+		
Hg					+	
I						-
K		+			+	
Mg			-	-		+
Mn	-	-		+	-	
Mo				+		
Na				+		
Ni						-
Pb	-	+	-	+	+	-
Sb	-	-		+		
Se		-		+	-	
V				+		
Zn	+	-			-	
Total net	2-	6-	1+	13+	2-	4-

Les valeurs sont comparées aux moyennes pour l'ensemble des pays:
le signe + signifie valeurs relativement élevées; le signe - signifie valeurs relativement faibles.

différentes régions visées par l'étude et, dans certains cas, entre les différents groupes socio-économiques à l'intérieur d'un seul et même pays. Les résultats concernant le manganèse par exemple sont très différents entre les pays compris dans cette étude (fig.3); les concentrations médianes pour les Philippines et la Suède, respectivement, diffèrent d'un facteur qui n'est pas inférieur à 12. De nombreuses différences de ce genre ont été observées (tableau 4) et les Philippines présentent de manière assez constante des degrés élevés de concentration de nombre d'éléments considérés, ce qui est probablement lié à la minéralisation relativement élevée des sols de ce pays. Aucun de ces degrés élevés ne semble, toutefois, particulièrement inquiétant car ceux-ci ne dépassent pas les concentrations qui sont actuellement jugées compatibles avec une nutrition satisfaisante. En fait, il est un peu plus probable (mais n'est pas encore prouvé) que certaines des concentrations peu élevées observées dans d'autres pays présentent un plus grand intérêt biologique en tant qu'indicateurs de carences marginales possibles en oligo-éléments.

Ces données auront probablement pour intérêt principal de faire mieux connaître les besoins nutritionnels des nouveau-nés en oligo-éléments. Les rations recommandées ont été publiées récemment par des organismes

comme l'Académie nationale des sciences des Etats-Unis pour 15 des 24 éléments compris dans cette étude et elles sont largement citées et utilisées dans d'autres pays. Pour certains des éléments, toutefois, il existe des différences surprenantes entre les rations effectives relevées dans le cadre de ce projet et les rations actuellement recommandées. Pour le manganèse, les rations effectives (valeurs médianes pour les six pays compris dans le projet) se situaient entre 2,5 et 25 µg/jour, alors que la ration recommandée est de 500 à 700 µg/jour. De même, pour le fer, la ration effective se situait entre 228 et 460 µg/jour alors que la ration recommandée était de 10 000 µg/jour. Bien que la comparaison de ces chiffres ne soit pas tout à fait exacte en raison de différences de bio-disponibilité (par exemple un élément comme le fer est bien absorbé dans le lait maternel mais l'est beaucoup moins dans les préparations alimentaires), il semble néanmoins y avoir entre la ration effective et la ration recommandée des différences importantes qui appellent une explication. C'est une question qui n'est pas sans importance car les fabricants de préparations alimentaires pour jeunes enfants commencent à incorporer à leurs produits des oligo-éléments comme le cuivre, l'iode, le fer, le manganèse et le zinc, à des concentrations correspondant aux rations recommandées qui sont publiées. A cet égard, ces préparations com-



On considère, d'une manière générale, que le lait maternel est l'aliment qui convient le mieux aux nourrissons. Mais de quoi est-il composé? Les techniques nucléaires nous aident à répondre, du moins partiellement, à cette question.

ment donc à avoir, en apparence, une qualité nutritive supérieure à celle du lait maternel, ce qui n'est presque certainement pas exact. On s'attend donc à ce que cette étude joue un rôle utile en fournissant des données nouvelles et définitives qui permettront d'établir les besoins nutritionnels réels des jeunes enfants en éléments secondaires et en éléments traces essentiels.

Enfin, nous revenons à la question à laquelle il a été fait allusion au début de cet article et qui est de savoir pourquoi les enfants de certains pays en développement semblent se développer moins bien après l'âge de trois ou quatre mois que les enfants des pays dits avancés. Il semble maintenant que la principale raison de cette différence ne soit *pas* le manque de lait ou la qualité insuffisante du lait mais plutôt une alimentation complémentaire insuffisante et une forte incidence de maladies infectieuses.

Les arguments en faveur de l'alimentation au sein sont certainement fondés. Le lait maternel est l'aliment le plus économique pour les jeunes enfants et il assure en outre certains avantages immunologiques. Les partisans d'une alimentation au sein prolongée semblent néanmoins sous-estimer un fait reconnu par toutes les mères, à savoir que tôt ou tard le lait maternel cessera de répondre aux besoins croissants d'un enfant en bonne santé et qu'il faudra inévitablement le compléter. En moyenne, ce complément paraît souhaitable à partir de l'âge d'environ quatre à six mois.

Remerciements: L'auteur tient à remercier de la collaboration étroite que lui ont apportée tous les participants au projet décrit dans le présent article et en particulier son homologue de l'OMS, le Dr E.M. Demayer.