

Acides gras essentiels et développement de l'enfant

Rocquelin^{1*} Gérard, Thiombiano-Coulibaly^{1,2} Nana,
Tapsoba³ Sylvestre, Traoré² Alfred S

¹ IRD, UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

² Université de Ouagadougou, UFRSVT/CRSBAN, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

³ Direction Nationale de la Nutrition, Ministère de la Santé, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: gerard.rocquelin@mpl.ird.fr

- Résumé -

Les acides linoléique (18:2 ω 6) et α -linoléique (18:3 ω 3) et leurs métabolites sont des acides gras essentiels (AGE), indispensables au développement foetal et postnatal de l'enfant. Chez le foetus, ils sont apportés par la mère via le placenta. Chez l'enfant nourri au sein, c'est par le lait maternel, à condition que l'état nutritionnel de la mère soit satisfaisant, et par les aliments de complément, si ceux-ci sont bien conçus.

Peu d'études ont évalué les apports en AGE chez les nourrissons des PED et leur impact sur le développement de l'enfant. Les recherches menées au Congo et au Burkina Faso par l'IRD, la DGRST congolaise et l'Université de Ouagadougou, montrent que la situation n'est pas homogène d'un pays à un autre. Au Burkina, le taux de lipides dans le lait maternel est plus faible que dans les pays développés, mais les teneurs en 18:2 ω 6 y sont plus élevées que dans de nombreux pays. A l'inverse, les teneurs en 18:3 ω 3 y sont faibles. Il en résulte un net déséquilibre du rapport 18:2 ω 6/18:3 ω 3 (~ 53/1), loin des recommandations de l'OMS. Au Congo, le taux de 18:3 ω 3 et de ses métabolites est élevé, supérieur aux valeurs trouvées dans de nombreux pays. Le rapport 18:2 ω 6/18:3 ω 3 est équilibré (~ 12/1). Les disparités observées reflètent des différences d'alimentation des mères. Dans ces conditions, on a trouvé un effet positif de l'équilibre 18:2 ω 6/18:3 ω 3 du lait maternel sur le gain de poids du nourrisson congolais entre 0 et 5 mois.

Ce résultat, acquis pour la 1ère fois lors d'études d'observation, conforte la déclaration de l'UNICEF selon laquelle les AGE, comme d'autres nutriments vitaux, peuvent jouer un rôle important dans le développement de l'enfant dans les PED. Au Burkina Faso, une mesure de santé publique serait d'augmenter la consommation d'aliments locaux apportant du 18:3 ω 3 et/ou ses dérivés (ex: poissons, légumes feuilles) pour rétablir un bon équilibre dans le lait maternel. Cela suppose l'appui des autorités locales pour produire plus de poissons et légumes, mais aussi pour donner aux mères une éducation nutritionnelle adaptée.

Mots-clés: Acides Gras Essentiels – Nutrition et développement de l'enfant –
Croissance corporelle – Nutrition maternelle – PED.

- Abstract -

Essential fatty acids and infant's development

Linoleic (18:2 n-6) and α -linolenic (18:3 n-3) acids as well as their long-chain n-6, n-3 derivatives are essential fatty acids of paramount importance for fetal and postnatal development, particularly of central nervous system and visual acuity in infant. Whereas in fetus essential fatty acids are supplied by the mother via her placenta, in infant it is insured by breast milk, supposing mother having good nutritional status. Complementary foods can also be a valuable source of essential fatty acids if they are properly conceived.

So far in developing countries, few studies have been conducted to investigate the effects of dietary essential fatty acids on infant's development. First data obtained by scientists from IRD, Congolese DGRST, and University of Ouagadougou showed great disparities from one location to another. Thus in Burkina Faso, total fat content in breast milk is lower than that usually found in developed countries, but proportions of 18:2 n-6 were much higher than those encountered in most countries. In contrast, 18:3 n-3 content was low. As a result, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is unbalanced (~ 53/1), way above WHO recommended values. In Congo, proportions of 18:3 n-3 and long-chain n-3 derivatives in breast milk were elevated, much more than those found in numerous countries including Burkina Faso. Consequently, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is balanced (~ 12/1). Disparities between the 2 locations are due to differences in mothers' dietary habits. Under these conditions, it was shown a positive effect of a balanced 18:2n-6/18:3 n-3 ratio in breast milk on 5 months old infant growth.

The fact that this result was established for the first time during observational studies reinforces the argument already advanced by UNICEF that essential fatty acids as with other vital micronutrients can play a significant role in preventing infant growth failure in developing countries. It also confirms the need for improving mother's diet if it is low or unbalanced in essential fatty acids and/or long-chain derivatives so as to restore balanced n-6/n-3 PUFA ratios in breast milk. In the case of Burkina Faso, one public health measure would be to increase the maternal intake of local foods containing n-3 PUFA (e.g. fish and green leafy vegetables). This will necessitate local authorities to encourage increased production of vegetables and fish, alongside nutrition education strategies targeting mothers.

In addition, it is vital that EFA are recognized as micronutrients. This would help in better understanding the causes of malnutrition and identifying appropriate interventions in developing countries.

Key words: Essential Fatty Acids – Infant nutrition and development – Maternal nutrition – Developing countries.

CARACTÈRE ESSENTIEL DES ACIDES GRAS (AG)

Cela fait aujourd'hui presque 8 décennies que l'on a établi le caractère essentiel de certains AG¹. Par AG «essentiels» (AGE) on entend des AG que notre organisme et, plus généralement, celui des mammifères supérieurs ne peuvent pas synthétiser. Par conséquent, ces AG doivent être présents dans notre alimentation quotidienne en quantités suffisantes et ce dès le stade fœtal et pendant toute la vie.

Initialement, on a identifié deux AGE: l'acide linoléique ou 18:2 ω6 et l'acide α-linolénique ou 18:3 ω3^a. Malencontreusement, le nom courant de ces deux AG, qui pourtant ont des fonctions bien différentes, ne diffère que par une seule lettre (n), ce qui amène souvent les personnes non averties à commettre de fâcheuses confusions. Il est à noter aussi que ces 2 AGE peuvent être bio synthétisés dans le règne végétal à partir de l'acide oléique (18:1 ω9), ce qui explique pourquoi la principale source alimentaire de ces deux AGE se trouve dans les végétaux.

Dans notre organisme, ces deux AGE donnent naissance, par une succession d'élongations et de désaturations de leur chaîne carbonée, à deux séries d'AG polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC) de 18 à 22 atomes de carbone ayant 3 à 6 doubles liaisons: la série ω6, issue de l'acide linoléique et la série ω3, issue de l'acide α-linolénique (tableau 1).

Tableau 1: Voies métaboliques des AGPI-LC (d'après Sprecher)².

Série ω6 (linoléique)	Enzyme	Série ω3 (linoléique)
18:2		18:3
↓	Δ6- désaturase (- 2H)	↓
18:3		18:4
↓	Elongase (+ 2C)	↓
20:3 → eicosanoïdes	→	20:4
↓	Δ5- désaturase (-2H)	↓
20:4 → eicosanoïdes		20:5 → eicosanoïdes
↓	Elongase (+2C)	↓
22:4		22:5
↓	Elongase (+2C)	↓
24:4		24:5
↓	Δ6- désaturase (- 2H)	↓
24:5		24:6
↓	β-oxydation (-2C) (peroxysomes)	↓
22:5		22:6

^a Il existe actuellement deux nomenclatures pour désigner les AGE et leurs dérivés métaboliques: l'ωx et la n-x, x étant le n° de l'atome de carbone portant la 1^{ère} double liaison et compté à partir du groupement méthyle (CH₃). Nous n'avons retenu ici que l' ωx car plus facile à lire.

Il est capital de préciser ici qu'il s'agit des mêmes enzymes (élongases et désaturases) qui convertissent les AGE «parents» en AGPI-LC. Par conséquent, selon l'importance quantitative des deux précurseurs, il y peut y avoir compétition dans la formation des AGPI-LC et des incidences fonctionnelles importantes. En fait, ces enzymes privilégient d'abord l'acide α -linoléique comme substrat et donc il faudra beaucoup moins de cet AG pour obtenir sa transformation et couvrir nos besoins. On conçoit donc aisément qu'un équilibre d'apport en ces deux AGE revêt une importance capitale.

La conversion des AGE en AGPI-LC dépend aussi d'autres facteurs comme l'âge, le sexe, le patrimoine génétique, les stades physiologiques (grossesse, allaitement), mais également l'environnement (température et humidité ambiantes, autres macro et micro-nutriments présents dans le régime)³.

IMPORTANCE DES AGE ET DE LEURS METABOLITES AGPI-LC POUR LA SANTÉ ET LA PRÉVENTION DE CERTAINES MALADIES

Les AGE parents mais surtout leurs métabolites AGPI-LC sont estérifiés principalement dans les phospholipides des membranes cellulaires où ils assurent, dès la vie foétale, de nombreuses fonctions vitales^{4,5}:

- structure (perméabilité, micro fluidité) et fonctions (enzymes, transports, activation des récepteurs, etc.) membranaires;
- synthèse des lipides de la barrière perméable épidermique (18:2 ω 6);
- synthèse des eicosanoïdes (à partir des 20:3 ω 6, 20:4 ω 6, et 20:5 ω 3) aux fonctions régulatrices multiples (agrégation plaquettaire, réactions inflammatoires, vasoconstriction et vasodilatation des vaisseaux, etc.);
- développement de la fonction rétinienne et du système nerveux central dès le stade foetal (20:4 ω 6 et 22:6 ω 3);
- développement cognitif;
- régulation de l'expression génétique;
- formation des radicaux libres;
- croissance corporelle de l'enfant.

Il est important de noter que si les protéines cellulaires sont déterminées génétiquement, la composition en AGPI-LC des lipides membranaires dépend pour une large part des ingrédients alimentaires.

C'est parce que ces AGPI-LC occupent des fonctions vitales et que leur conversion métabolique à partir des AGE «parents» est plus ou moins optimale selon l'activité des enzymes de conversion, que la notion du caractère essentiel de ces AG a évolué et qu'aujourd'hui on a tendance à considérer tous ces AG («parents» et AGPI-LC) comme essentiels. A titre d'exemple, nous évoquerons la conversion des 2 AGE «parents» chez le jeune enfant au cours des 6 premiers mois de sa vie postnatale. A ce stade, les systèmes enzymatiques de conversion (élongases et désaturases) ont une activité encore faible et il est donc nécessaire d'apporter, dans l'alimentation du nourrisson, non seulement les AGE «précurseurs» mais aussi leurs AGPI-LC préformés. Or la nature est bien faite puisque le lait maternel, comme nous le verrons plus loin, contient tous ces AG, en principe en quantités suffisantes, mais ce n'est pas le cas pour les aliments de complément actuellement administrés aux nourrissons, en particulier dans les pays en développement (PED).

Les AGPI-LC, mais surtout les AGPI-LC de la série ω 3, participent aussi à la prévention et à la modulation de nombreuses pathologies^{6,7}:

- maladies cardiovasculaires (dyslipoprotéinémies, arythmies, thromboses, athérosclérose, etc.);
- désordres auto-immuns (lupus, néphropathie);
- maladies de Crohn, d'Alzheimer, de Parkinson;
- cancers du sein, du colon, de la prostate;
- poly-arthrite rhumatoïdale, asthme, psoriasis, etc.
- sclérose en plaques;
- dépressions;
- diabète? SIDA?

Les recherches dans ces domaines sont très nombreuses et apportent presque chaque jour de nouveaux résultats.

SOURCES ALIMENTAIRES EN AGE ET AGPI-LC CHEZ LE NOURRISSON ET L'ENFANT

Chez le nourrisson, le lait maternel ou les laits de remplacement constituent la première source alimentaire d'AGE et d'AGPI-LC. Si le lait maternel contient à la fois les AGE et AGPI-LC préformés des deux séries $\omega 6$ et $\omega 3$, ce n'est pas toujours le cas pour nombre de formules infantiles, mais aujourd'hui, de nombreux nutritionnistes s'accordent pour recommander leur introduction dans ces formules.

Le lait maternel, quoiqu'on ait pu dire ou croire pendant longtemps, n'a pas une composition en AG unique, loin de là car celle-ci dépend pour une très large part de l'alimentation et de l'état de santé de la mère⁸. Il en résulte alors un apport en différentes familles d'AG qui peut être très variable d'une population à une autre comme d'une région à une autre et donc avoir des incidences nutritionnelles plus ou moins favorables pour le développement du nourrisson.

A titre d'exemple, la figure 1 rapporte les variations des teneurs en AGE et AGPI-LC $\omega 6$ et $\omega 3$ du lait maternel dans différentes régions du globe. D'après ces données on peut faire plusieurs remarques:

- On observe de fortes variations d'un pays à un autre que ce soit pour les AG de la série $\omega 6$ ou pour ceux de la série $\omega 3$. Ainsi les teneurs en $\omega 6$ varient de 10% (Malaisie) à ~ 25% (mères végétariennes de Grande Bretagne), celles en $\omega 3$ de 0,4% (Afrique du Sud) à 3,74 % (Chine).
- Pour un même pays, on constate des différences de composition dues aux modes alimentaires. Ainsi en Grande-Bretagne (GB) la teneur en $\omega 6$ du lait de végétariennes (24,6%) est plus du double de celle de mères non végétariennes (11,7%).
- Les teneurs en AG totaux de la série $\omega 6$ ne sont pas corrélées positivement ou négativement avec celles en AG de la série $\omega 3$. Ceci n'est pas surprenant puisque d'une part les AGE «parents» des séries $\omega 6$ et $\omega 3$ sont exclusivement d'origine alimentaire, alors que leurs dérivés AGPI-LC proviennent à la fois de l'alimentation et du métabolisme des AGE parents.

Il en résulte des variations sensibles des rapports entre AG des deux séries $\omega 6$ et $\omega 3$, comme l'illustre la figure 2 pour ce qui est du rapport 18:2 $\omega 6/18:3 \omega 3$ dans le lait maternel de 23 pays différents. On voit ainsi que pour 8 pays sur 23, ce rapport se situe entre le minimum et le maximum recommandés par les experts alors que pour 15 d'entre eux, dont le Nigeria, le Soudan et le Burkina Faso, il se situe au niveau du maximum ou nettement au-dessus. Les données manquent actuellement pour d'autres pays d'Afrique de l'Ouest comme le Mali ou le Niger, mais ces pays ayant

des modes alimentaires proches du Burkina Faso^b, on peut s'attendre à trouver des valeurs proches c'est-à-dire au-dessus des recommandations. Ces différences d'apport peuvent donc avoir des répercussions à terme sur le développement de l'enfant, notamment son développement psychomoteur.

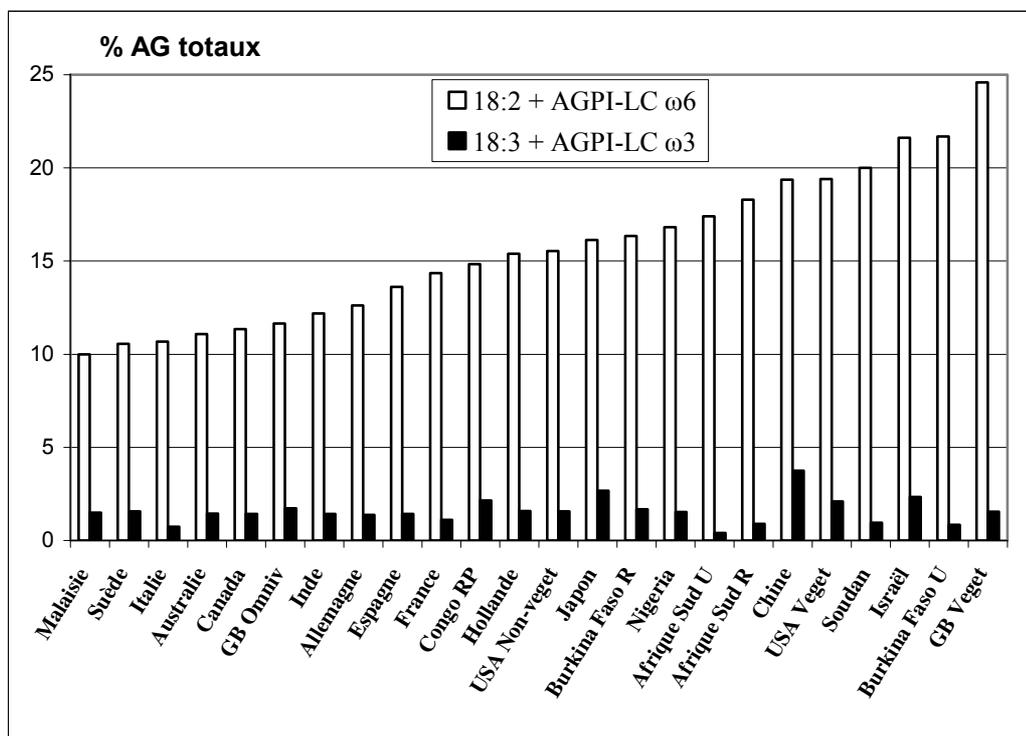


Figure 1: AGPI-LC dans le lait maternel: variations d'une région à une autre.

Les aliments de complément (AC) constituent théoriquement la seconde source d'AGE et d'AGPI-LC chez le nourrisson allaité, mais en principe seulement à partir de l'âge de 6 mois. Malheureusement, dans la plupart des PED, les AC sont donnés aux nourrissons avant l'âge de 6 mois, ils ont une densité énergétique faible et de plus ils sont pauvres en lipides et en AGE «parents». En outre, ils sont pratiquement dépourvus d'AGPI-LC préformés⁹. Dans ces conditions, les AC non seulement ne peuvent pas compenser un déséquilibre éventuel entre AGE ω6 et ω3 du lait maternel, mais ils aggravent aussi le déficit d'apport en AGE.

Chez l'enfant et chez l'adulte, les principales sources alimentaires en acides linoléique et α-linolénique sont les végétaux et plus précisément les huiles et graisses végétales. Cependant les sources d'acide α-linolénique sont beaucoup plus limitées que celles d'acide linoléique. On le trouve surtout dans les huiles de lin (35-56%), de colza (6-14%), de soja (5-10%), de noix (13%), qui sont des oléagineux souvent peu disponibles dans beaucoup de PED. Cependant, on trouve aussi l'acide α-linolénique dans les légumes à feuilles vertes, ce qui est intéressant dans le cas de l'alimentation lipidique des populations africaines, puisque nombre de celles-ci consomment ces légumes.

^b Des pays côtiers d'Afrique de l'Ouest, comme le Sénégal, la Côte d'Ivoire, etc., ne sont pas mentionnés ici, car disposant des ressources halieutiques importantes, leurs populations ont sans doute une alimentation plus riche en ω3 que celles des pays enclavés, dépourvus d'accès à la mer.

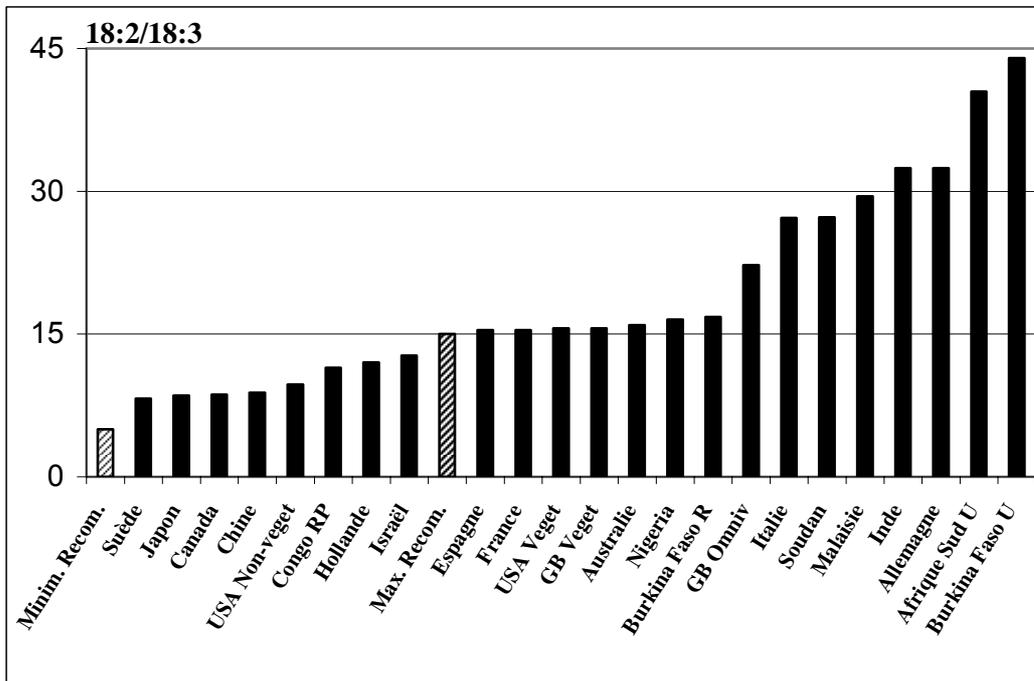


Figure 2: Rapport des AG 18:2 ω6/18:3 ω3 dans le lait maternel: variations entre pays.

En ce qui concerne les AGPI-LC des deux séries ω6 et ω3, on les trouve dans divers aliments, surtout d'origine animale; ce sont les poissons et mammifères marins qui en constituent la principale source, en particulier de la série ω3. Cela tient au fait que ces AGPI-LC sont largement présents dans les plantes marines et comme les animaux marins se nourrissent de ces plantes, on les retrouve incorporés en fortes quantités dans leurs tissus. Ce point est intéressant à signaler ici puisque le poisson occupe une place non négligeable dans l'alimentation de nombreuses populations africaines.

BESOINS ET APPORTS RECOMMANDÉS EN AGE ET AGPI-LC ω6 ET ω3

Les besoins quotidiens en AGE et leurs dérivés métaboliques varient chez l'homme en fonction de l'âge, du sexe et des stades physiologiques; en outre, ils sont différents d'un acide gras à un autre. Aujourd'hui de nombreux débats d'experts ont encore lieu pour mieux définir les besoins minima ou les apports recommandés en chacun de ces AG, que ce soit chez l'enfant ou l'adulte, car le consensus n'est pas encore totalement atteint. Il existe cependant des recommandations fournies par la WHO/FAO⁹ ou par des comités d'experts¹⁰ auxquelles nombre de nutritionnistes se rallient (tableaux 2a et 2b).

Ces apports recommandés ont été établis pour des sujets apparemment en bonne santé, ce qui signifie qu'ils peuvent être majorés ou adaptés dans le cas par exemple d'enfants nés avant terme et/ou de petit poids de naissance (< 2500g).

Il peut donc paraître curieux et à première vue paradoxal que malgré tout ce que l'on sait depuis plusieurs décennies sur l'importance des AGE et de leurs dérivés AGPI-LC pour le développement et le bien-être de l'homme et en particulier celui de l'enfant, ces AG n'aient pas été plus tôt pris en compte dans les travaux de recherche sur les causes de la malnutrition dans les PED. En effet, jusqu'en 1992, date de démarrage

de nos études sur les AGE dans les PED, aucune enquête d'envergure visant à évaluer le statut en AGE des populations infantiles vivant dans ces régions n'avait été entreprise. Certes il existait des études sur la composition en AG des lipides sanguins d'enfants malnutris, par exemple, mais elles étaient souvent ponctuelles et portaient sur un nombre limité de sujets.

Tableau 2a: Apports (mg/kg/jour) et rapports en AGE recommandés chez l'enfant³.

Apports recommandés (mg/kg/jour)	
18:2 ω6	600
18:3 ω3	50
20:4 ω6 et AGPI-LC associés	40
20:5 ω3	2
22:6 ω3	20
Rapports recommandés	
18:2 ω6/18:3 ω3	5 à 15
AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3	1 à 2

Tableau 2b: Apports en AGE recommandés (% des AG totaux)¹⁰.

AGE	Apport recommandé (%)
18:2 ω6	10,0
18:3 ω3	1,5
20:4 ω6	0,5
20:5 ω3	< 0,1
22:6 ω3	0,35

Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait. Il était logique et prioritaire, pour résoudre une malnutrition génératrice chez l'enfant de maigreur ou de retard de taille avec son cortège de pathologies diverses, que l'on s'intéresse d'abord aux apports alimentaires en énergie et en protéines, dont on connaissait bien l'influence sur la croissance: on parlait d'ailleurs de malnutrition protéino-énergétique (MPE). Il était également urgent de chercher à éradiquer certaines carences en vitamines ou micronutriments dont on connaissait bien là aussi les symptômes et les conséquences au sein des populations infantiles ou maternelles. De ce fait, les AGE et a fortiori leurs dérivés polyinsaturés n'intéressaient pas les nutritionnistes de terrain et étaient donc d'une certaine manière oubliés. Il est vrai qu'on ne connaissait pas chez l'homme, sauf dans des cas cliniques ou pathologiques très particuliers, de carence absolue en AGE, puisque dès lors que l'homme accepte de manger, il ingère forcément des AGE présents en plus ou moins fortes quantités dans la plupart des aliments. Ceci est d'autant plus vrai chez le nourrisson allaité, puisque le lait maternel contient les deux AGE «parents» et leurs dérivés AGPI-LC. On ne disposait donc pas encore de signes ou de marqueurs spécifiques d'une carence clinique ou infra clinique en AGE. De plus, comme les besoins minima en AGE chez l'enfant n'étaient pas connus ou faisaient l'objet de désaccords parmi les spécialistes, il était difficile d'en évaluer clairement les apports dans une ration alimentaire.

Une autre raison du peu d'intérêt des nutritionnistes et des organisations internationales comme l'UNICEF ou l'OMS pour les AGE et leur implication possible dans la malnutrition infantile sévissant dans les PED, peut tenir au fait que les AGE ne

sont pas classés avec les micronutriments, à côté des vitamines par exemple. Ils sont en quelque sorte cachés derrière les lipides qui eux se trouvent dans les macronutriments et sont considérés avant tout comme source d'énergie et transporteurs des vitamines liposolubles. Certes, les AGE et leurs dérivés AGPI-LC peuvent, comme les autres AG (saturés et monoinsaturés), être oxydés et donc fournir de l'énergie à l'organisme (1g de lipides = 9 Kcal, ou 37,6 kJ) mais telle n'est pas leur fonction primordiale, comme nous le verrons plus loin. Intégrer les AGE dans la grande famille des micronutriments est, à notre avis, une décision qu'il serait urgent de prendre.

RELATION ENTRE AGE + AGPI-LC ET CROISSANCE SOMATIQUE DE L'ENFANT

L'implication des AGE et de leurs AGPI-LC dans la croissance corporelle de l'enfant prématuré ou né à terme a fait l'objet, ces 10 dernières années, de nombreux travaux analysés dans deux revues bibliographiques récentes et complètes^{11,12}.

Chez le prématuré, il semble qu'il y ait une corrélation positive entre la teneur en 20:4 ω 6 et 22:6 ω 3 des lipides sanguins et l'anthropométrie du nouveau né (poids, périmètre crânien)^{13,14}. Chez l'enfant né à terme, la plupart des études menées montrent que durant les 12 premiers mois de la vie, la croissance des enfants recevant des préparations lactées contenant des AGPI-LC ω 6 et ω 3 est comparable à celle d'enfants nourris au lait maternel. Il faut cependant remarquer que toutes ces études ont été menées dans des pays industrialisés, chez des enfants qui, quelle que soit leur alimentation, présentaient une vitesse de croissance normale. De plus, la plupart des préparations lactées mises à l'épreuve présentaient des teneurs en AGPI-LC ω 6 et ω 3 comparables à celles des laits maternels servant de témoins. Dans ces conditions, il était difficile voire impossible de mettre en évidence des différences de vitesses de croissance attribuables aux AGPI-LC. Cependant, Xiang et al.¹⁵ ont observé que les teneurs en 20:4 ω 6 et 22:6 ω 3 dans le lait maternel étaient corrélées positivement avec la croissance corporelle d'enfants âgés de 3 mois. A l'inverse, Jensen et al.¹⁶ ont trouvé un effet négatif sur la croissance d'une préparation lactée dont le rapport 18:2 ω 6/18:3 ω 3 était faible (4,8:1). Dans la plupart des PED, le statut socio-économique de nombre de ménages est précaire, les pratiques alimentaires des enfants sont souvent inadéquates et la croissance des enfants n'atteint pas les valeurs de référence recommandées par l'OMS pour usage international. Déjà en 1995, Tichelaar et al.¹⁷ émettaient l'hypothèse qu'un déséquilibre d'apport en AGPI-LC, manifesté par un rapport ω 6: ω 3 trop élevé pouvait aggraver l'émaciation.

Dans les PED, c'est généralement le lait maternel qui constitue la première et unique source d'AGE et de dérivés AGPI-LC chez le nourrisson. Ceci étant, nous avons vu que les apports en ces AG ne sont pas nécessairement identiques comme la teneur du lait maternel fluctue et par conséquent, on peut supposer des répercussions fonctionnelles plus ou moins favorables. La teneur en ces AG du lait maternel peut ainsi servir de marqueur du statut du nourrisson allaité en AGE + AGPI-LC.

Nos premières enquêtes nutritionnelles sur le statut en AGE de nourrissons âgés de 5 mois vivant en milieu urbain à Brazzaville et à Ouagadougou ont révélé de fortes différences entre les deux sites quant à la composition en AG du lait maternel (tableau 3). Les laits des mères congolaises et burkinabè sont très riches en AG saturés à chaîne moyenne et intermédiaire (6:0 – 14:0), ce qui reflète un régime riche en glucides et pauvre en lipides, mais ils diffèrent sensiblement quant à la teneur en AGE et AGPI-LC ω 6 et ω 3. Les mères congolaises consommant plus de poissons (source d'AGPI-LC ω 3) et de légumes à feuilles vertes (source d'AG18:3 ω 3) que les mères burkinabè, leur lait contient deux fois plus de 18:3 ω 3 et d'AGPI-LC ω 3 mais nettement moins d'AG de la série ω 6.

Tableau 3: Teneur du lait maternel en lipides et en acides gras (AG), Congo et Burkina Faso (moyenne±ET).

	Brazzaville	Ouagadougou	p
Lipides (g/l)	28,59 ± 11,34	33,42 ± 9,84	<0,01
AG saturés			
C8:0-C14:0	7,17 ± 3,19	8,86 ± 3,44	<0,001
C15:0-C24:0	7,73 ± 3,26	8,27 ± 2,69	NS
AG mono insaturés	8,36 ± 3,81	8,22 ± 2,88	NS
AGE et AGPI-LC			
18:2 ω6	3,98 ± 2,15	6,73 ± 2,83	<0,0001
AGPI-LC ω6	0,34 ± 0,16	0,63 ± 0,21	<0,0001
18:3 ω3	0,34 ± 0,21	0,15 ± 0,08	<0,0001
AGPI-LC ω3	0,33 ± 0,16	0,15 ± 0,09	<0,0001
Rapports			
18:2 ω6/18:3 ω3	12,3 ± 3,26	52,6 ± 27,60	<0,0001
AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3	1,1 ± 0,37	4,9 ± 1,93	<0,0001

Source: Rocquelin et al^{18,19}.

Le lait des mères congolaises présente en moyenne des rapports 18:2 ω6/18:3 ω3 et AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3 (respectivement 12,3 et 1,1) se situant dans la fourchette des valeurs recommandées par WHO/FAO⁹, alors que ces rapports sont beaucoup plus élevés (respectivement 52,6 et 4,9) et nettement au-dessus des recommandations internationales dans le cas du lait des mères burkinabè. D'autres enquêtes menées plus récemment au Burkina Faso²⁰, cette fois-ci en milieu rural et à deux saisons différentes (disponibilités alimentaires élevées ou basses), nous ont permis de confirmer ce déséquilibre entre AGE et AGPI-LC ω6 et ω3 du lait maternel.

Nous avons comparé le gain de poids des nourrissons de Brazzaville à ceux de Ouagadougou et nous avons pu montrer²¹, à Brazzaville, que le gain de poids des enfants à 5 mois était inversement relié au rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 du lait maternel (figure 3). Le gain de poids était plus élevé lorsque ce rapport se situait entre 5 et 15 (p=0,003), ce qui correspond aux valeurs recommandées pour un développement optimal de l'enfant, que lorsque le rapport était supérieur (de 15 à 24). En ajustant l'effet du rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 aux autres co-variables ayant eu un effet sur le gain de poids (teneur en lipides du lait maternel, sexe et état de santé de l'enfant, statut socioéconomique de la mère), on accentue encore la significativité du résultat (p=0,001). En revanche, une telle relation n'est pas démontrée au Burkina Faso, où le rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 est nettement plus élevé qu'au Congo.

A notre connaissance, c'est la première fois qu'une étude d'observation démontre une relation entre le rapport 18:2ω6/18:3 ω3 dans le lait maternel et le gain de poids du jeune enfant. Jusqu'à présent, on s'était surtout focalisé sur l'importance des lipides comme première source d'énergie pour assurer une bonne croissance de l'enfant, les lipides du lait maternel représentant 40-55 % de l'énergie totale. Nos résultats suggèrent que les AGE et leurs dérivés AGPI-LC peuvent aussi jouer un rôle sur la croissance somatique.

On peut également penser que les AGPI-LC pourraient avoir un effet à long terme sur la croissance corporelle de l'enfant dans la mesure où ils régulent l'expression des gènes responsables du développement des adipocytes²².

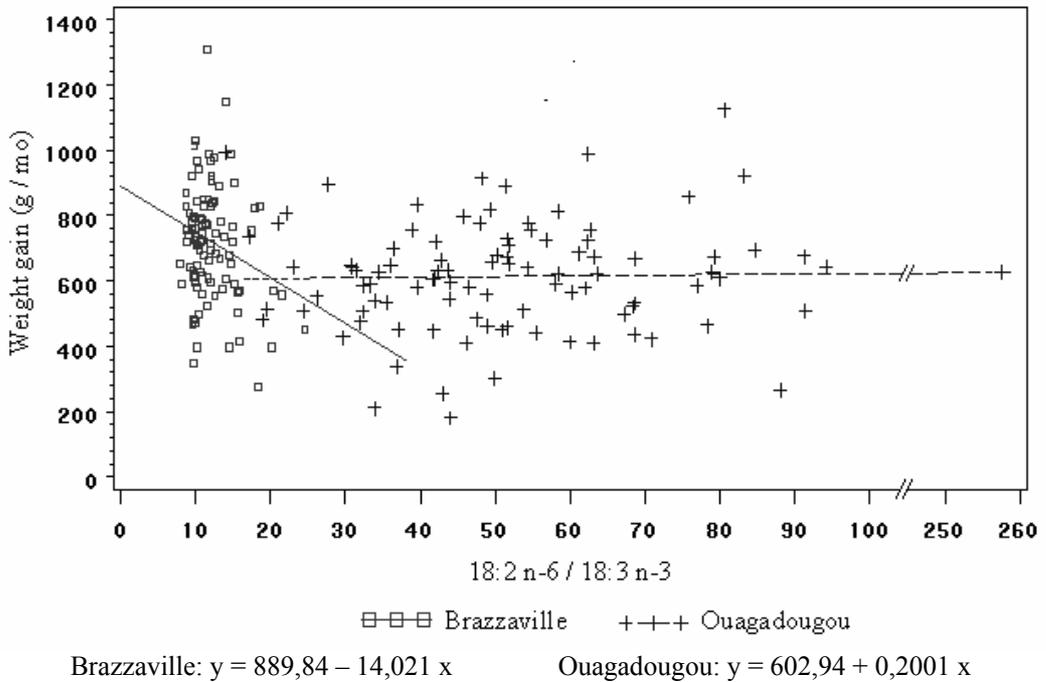


Figure 3: Relation entre le gain de poids de l'enfant (y) et le rapport 18:2ω6/18:2ω3 (x) dans le lait maternel, à Brazzaville (□) et Ouagadougou (+)

RELATION ENTRE AGE + AGPI-LC ET DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT

De très nombreuses études, toutes menées dans des pays industrialisés, ont cherché à élucider le rôle potentiellement bénéfique des AGPI-LC, en particulier ceux de la série ω3, dans de nombreuses fonctions telle que la fonction rétinienne, le développement psychomoteur et cognitif de l'enfant, etc.^{5,23-27}. La plupart de ces résultats ont été obtenus chez des enfants allaités comparés à des enfants recevant des préparations lactées dépourvues d'AGPI-LC. Si des effets favorables semblent bien établis chez des enfants prématurés, les résultats sont encore discordants chez l'enfant né à terme²³. Il n'est en effet pas facile de distinguer les effets de l'allaitement proprement dit en tant que pratique alimentaire de ceux des AGPI-LC apportés par le lait.

Quoi qu'il en soit, la plupart des nutritionnistes s'accordent aujourd'hui pour dire qu'il est important que l'enfant, dès le stade fœtal et au moins au cours des 6 premiers mois de sa vie post-natale, reçoive des quantités suffisantes et équilibrées en AGPI-LC. Toute carence infra clinique grave en AGE et AGPI-LC pourrait avoir des conséquences délétères et irréversibles pour le cerveau²⁸. Cela signifie que l'alimentation de la femme enceinte ou allaitante devrait être normalement pourvue en ces AG. Cela suppose aussi que les préparations lactées utilisées dans les pays industrialisés et les aliments de compléments utilisés dans les PED devraient renfermer ces AGPI-LC, ce qui n'est pas encore le cas. Aucune étude à notre

connaissance n'a encore été entreprise dans les PED sur l'incidence d'un apport déséquilibré en AGE et AGPI-LC sur le développement à court et long terme de l'enfant, notamment son développement psychomoteur. Il existe diverses méthodes et techniques d'évaluation de ce développement¹⁴ dont certaines sont applicables sur le terrain. Notre équipe envisage de mener de telles études au Burkina Faso.

VOIES ALIMENTAIRES D'AMÉLIORATION DU STATUT EN AGE ET AGPI-LC DES NOURRISSONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Compte tenu des données sur le statut en AGE et AGPI-LC des nourrissons au Burkina, résultats sans doute applicables à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, il est possible que la carence des mères et des nourrissons en AGE et AGPI-LC ait des conséquences défavorables sur le développement de l'enfant. Plusieurs voies alimentaires sont envisageables pour améliorer ce statut:

- Augmentation de l'apport en lipides alimentaires des femmes enceintes ou allaitantes en augmentant la consommation des:
 - huiles végétales, sources d'AGE «parents»;
 - poissons, principales sources d'AGPI-LC ω 3;
 - légumes feuilles, sources de 18:3 ω 3.

L'objectif à atteindre est d'augmenter la teneur en AGE et AGPI-LC ω 3 du lait maternel afin de rééquilibrer les rapports 18:2 ω 6/18:3 ω 6 et AGPI-LC ω 6/AGPI-LC ω 3.

- Pour les mêmes raisons que ci-dessus, augmenter la teneur en lipides des aliments de complément destinés aux enfants en y incorporant des:
 - huiles végétales;
 - poissons;
 - légumes feuilles.

L'objectif à atteindre est d'apporter, pendant la période de sevrage, suffisamment d'AGE et notamment d'AGPI-LC préformés, ainsi que d'augmenter la densité énergétique de ces aliments.

- Donner aux femmes africaines une éducation nutritionnelle appropriée afin qu'elles acceptent de modifier certaines de leurs habitudes alimentaires et celles de leurs enfants.

Pour aboutir à cela, une amélioration de la production et de la disponibilité de ces aliments doit être encouragée et supportée par les autorités locales.

RÉFÉRENCES

1. Burr GO, Burr MM. A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *J Biol Chem* 1999;82:345-67.
2. Sprecher H. An update on the pathways on polyunsaturated fatty acid metabolism. *Curr Opin Clin Nutr* 1999;2:135-8.
3. WHO/FAO. Joint expert consultation on fats and oils. Fats and oils in human nutrition. *FAO Nutrition Paper no 57*. 1994:1-147. Internet: <http://www.fao.org/docrep/>.
4. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 1991;54:38-63.
5. Spector AA. Essentiality of fatty acids. *Lipids* 1999;34S:1-3.

6. Connor WE. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2000;71S:171-5.
7. Youdim KA, Martin A, Joseph JA. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. *Int J Dev Neurosci* 2000;18:383-99.
8. Jensen RG, Lipids in human milk. *Lipids* 1999;34:1243-71.
9. Beare-Rogers J, Ghafoorunissa O, Korver O, Rocquelin G, Sundram K, Uauy R. Dietary fat in developing countries. *Food Nutr Bull* 1998;19:251-67.
10. Conference report. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. *PUFA Newsletter* 1999;3:3-4.
11. Gibson RA, Chen W, Makrides M. Randomized trials with polyunsaturated fatty acid interventions in preterm and term infants: functional and clinical outcomes. *Lipids* 2001;36:873-83.
12. Lapillonne A, Carlson SE. Polyunsaturated fatty acids and infant growth. *Lipids* 2001;36:901-11.
13. Foreman-van Drongelen MMHP, van Houwelingen AC, Kester ADM, Hassaart THM, Blanco CE, Hornstra G. Long-chain polyunsaturated fatty acids in preterm infants: status at birth and its influence on postnatal levels. *J Pediatr* 1995;126:611-18.
14. Carlson SE, Neuringer M. Assessment of infant visual and cognitive function in relation to long chain polyunsaturated fatty acids. Bâle, Suisse: Editions Roche, 1996:1-78.
15. Xiang M, Zetterstrom R. Relation between polyunsaturated fatty acids and growth. *Acta Paediatr* 1999;88:78-82.
16. Jensen CL, Prager TC, Fraley JK, Chen H, Anderson RE, Heird WC. Effect of dietary linoleic/alpha-linolenic acid ratio on growth and visual function of term infants. *J Pediatr* 1997;131:200-9.
17. Tichelaar HY, Dhansay MA, Smuts CM, et al. Fatty acid and nutritional status in children under two years of age from a low socio-economic community. *S Afr Food Sci Nutr* 1995;7:109-14.
18. Rocquelin G, Tapsoba S, Dop MC, Mbemba F, Traissac P, Martin-Prével Y. Lipid content and essential fatty acid (EFA) composition of mature Congolese breast milk are influenced by mothers' nutritional status: Impact on infants' EFA supply. *Eur J Clin Nutr* 1998;52:164-71.
19. Rocquelin G, Kiffer J, Tapsoba S, Bouda C. High proportions of n-6 polyunsaturated fatty acids in mature milk of mothers in Ouagadougou, Burkina Faso. *Acta Paediatr* 2001;90:450-52.
20. Thiombiano-Coulibaly N, Rocquelin G, Eymard-Duvernay S, Kiffer-Nunes J, Tapsoba S, Traoré SA. Seasonal and environmental effects on breast milk fatty acids in Burkina Faso and the need to improve the omega PUFA content. *Acta Paediatr* 2003;92:1388-93.
21. Rocquelin G, Tapsoba S, Kiffer J, Eymard-Duvernay S. Human milk fatty acids and growth of infants in Brazzaville (The Congo) and Ouagadougou (Burkina Faso). *Public Health Nutr* 2003;6:241-7.
22. Uauy R, Mena P, Rojas C. Essential fatty acids in early life: structural and functional role. *Proc Nutr Soc* 2000;59:3-15.

23. Carlson SE, Neuringer M. Polyunsaturated fatty acid status and neurodevelopment: a summary and critical analysis of the literature. *Lipids* 1999;34:171-8.
24. Koletzko B, Rodriguez-Palmero M. Polyunsaturated fatty acids in human milk and their role in early infant development. *J Mammary Gland Biol* 1999;4:269-84.
25. Buttriss J. N-3 fatty acids and health. Briefing paper, Brit Nutr Found. 1999;1-44. Internet: <http://www.nutrition.org.uk>.
26. Uauy R, Mena P, Valenzuela A. Essential fatty acids as determinants of lipid requirements in infants, children and adults. *Eur J Clin Nutr* 1999;53S:66-77.
27. Koletzko B, Agostoni C, Carlson SE, et al. Long chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) and perinatal development. *Acta Paediatr* 2001;90:460-4.
28. Crawford MA. The role of essential fatty acids in neural development: implications for perinatal nutrition. *Am J Clin Nutr* 1993;57S:703-10.