

## Influence de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur l'ingéré énergétique des nourrissons

Serge Trèche

**A**près avoir été essentiellement consacrés à la promotion de l'allaitement maternel, les efforts des organisations internationales pour améliorer l'alimentation infantile se sont récemment tournés vers l'amélioration de l'alimentation de complément au lait maternel [1-3]. Si une controverse persiste à propos de l'âge optimal d'introduction des aliments de complément [3], la quasi-totalité des nutritionnistes s'accorde à reconnaître qu'après l'âge de 6 mois, le lait maternel devenant insuffisant, ils doivent être apportés à l'enfant de façon appropriée.

### Problèmes posés par l'utilisation des bouillies

L'intérêt des bouillies au début de la période de sevrage réside dans leur consistance liquide ou semi-liquide, étant donné que l'appétit à mastiquer les aliments n'apparaît chez l'enfant qu'entre 7 et 9 mois [4]. Mais ces bouillies, lorsqu'elles sont préparées à partir d'aliments amyliacés n'ayant pas subi, avant cuisson, de traitements susceptibles de modifier les propriétés phy-

sico-chimiques de leur amidon, ont une viscosité qui augmente très vite en fonction de leur concentration en matière sèche, c'est-à-dire de leur densité énergétique [5]. La personne qui prépare la bouillie est donc placée devant le dilemme suivant : augmenter sa concentration mais obtenir une bouillie à la viscosité très élevée ou préparer une bouillie à la consistance appropriée mais à la concentration trop faible.

La densité énergétique insuffisante des aliments a été mentionnée comme facteur étiologique possible de la malnutrition protéino-calorique chez les jeunes enfants, au début des années 70, par Nicol [6], Naismith [7], Rutishauser [8] et Waterlow et Payne [9]. Avec des bouillies de densité énergétique insuffisante, les jeunes enfants, compte tenu de leur capacité stomacale réduite (30 à 40 g/kg de poids corporel) [10], sont rassasiés avant d'avoir pu ingérer des quantités suffisantes d'énergie et de nutriments. Pour sa part, l'intérêt de réduire la viscosité des bouillies à base de produits locaux et préparées à des densités énergétiques élevées a commencé à être souligné par Church [11] et Ljungqvist *et al.* [12]. Au cours des dix dernières années, une quinzaine de travaux ont été publiés dans lesquels figurent des résultats permettant d'estimer l'effet de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur les ingérés énergétiques des jeunes enfants. Les objectifs de cet article sont d'en faire une synthèse en s'intéressant plus particulièrement aux études qui concernent la période où les bouillies constituent le principal aliment de com-

plément (6-11 mois) et de chercher à répondre aux deux questions suivantes : une augmentation de la densité énergétique des bouillies se traduit-elle par une augmentation de l'ingéré énergétique ? Nécessite-t-elle obligatoirement la mise en œuvre d'un procédé permettant de réduire leur viscosité ?

### Résultats d'essais expérimentaux

Les conditions expérimentales et les résultats de tous les travaux recensés permettant des comparaisons statistiques entre les ingérés énergétiques obtenus avec des bouillies de densité énergétique et/ou de viscosité différentes sont résumés dans le *tableau 1* [13-28]. Dans de nombreux cas, les valeurs ont été recalculées et transformées pour pouvoir être exprimées dans des unités homogènes : g/100 g de matière sèche pour la concentration ; Pascal par seconde (Pa.s) pour la viscosité ; kcal/100 ml pour la densité énergétique ; kcal/jour ou kcal/[jour × kg] pour les ingérés énergétiques totaux ou les ingérés énergétiques à partir des bouillies.

### Influence de la densité énergétique

Dix études [15, 18, 20, 22-28] permettent d'estimer l'effet de la densité énergétique sur les ingérés énergétiques. Trois

S. Trèche : Directeur de recherche ORSTOM, Laboratoire de nutrition tropicale, Centre ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex, France.

Tirés à part : S. Trèche



PM 203

**Tableau 1**

**Effets de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur les ingérés énergétiques d'enfants de moins de 2 ans dans seize essais expérimentaux**

Réf.	Modalités expérimentales	Ingrédients des bouillies	[c] (%)	Densité énergétique (kcal/100 ml)	Viscosité (Pa.s)	Résultats			
13	Inde (1986) : 30 nourrissons pris au hasard : - 1 bouillie expérimentale par jour + régime habituel - mesures pendant 3 jours consécutifs	Riz + Su + Hu	10	75	2,78	IEb <sub>1</sub>	38		
		Riz + Su + Hu + FRA	10	75	0,31			p < 0,05	72
		Riz + Su + Hu	25	185	37,20	IEb <sub>1</sub>	104		
		Riz + Su + Hu + FRA	25	185	6,80			p < 0,05	174
14	Inde (1987) : 30 nourrissons, pris au hasard, répartis en 2 groupes : - 1 bouillie expérimentale par jour + régime habituel - mesures pendant 7 jours consécutifs	Maïs + Su + Hu	15	113	3,75	IEb <sub>1</sub>	50		
		Maïs + Su + Hu + FRA	15	113	0,14			p < 0,05	113
		Sorgho + Su + Hu	10	69	3,10	IEb <sub>1</sub>	46		
		Sorgho + Su + Hu + FRA	10	69	0,06			p < 0,05	78
15	Tanzanie (1987) : 9 enfants de 9 à 24 mois pris au hasard : - 1 bouillie expérimentale le matin + régime habituel - mesures pendant 3 à 7 jours consécutifs	Maïs + Su	14	51	Faible Élevée Moyenne	IEb <sub>1</sub>	81 <sup>a</sup>		
		Maïs + Su	17	62				p < 0,05	88 <sup>a</sup>
		Maïs + Su + FRA	27	104					
16	Inde (1988) : nombre inconnu de nourrissons pris au hasard : - 1 bouillie expérimentale par jour + régime habituel - mesures pendant 3 jours consécutifs	Blé + Su + Hu	20	165	33,33	IEb <sub>1</sub>	109		
		Blé + Su + Hu + FRA	20	165	17,87			p < 0,05	213
17	Inde (1988) : 30 enfants de 6 à 24 mois pris au hasard et répartis en 2 groupes Pas d'autres précisions sur les conditions expérimentales	Blé + soja + Su + Hu	20	168	10,00	IEb <sub>1</sub>	89		
		Blé + soja + Su + Hu + FRA	20	168	4,32			p < 0,05	210
18	Tanzanie (1990) : 4 enfants de 5 à 11 mois et 8 enfants de 12 à 24 mois pris au hasard : - 1 bouillie expérimentale le matin + lait maternel - 3 bouillies données alternativement pendant un jour sur une période de 3 jours chaque mois pendant 6 mois	Maïs + arachide	5	19	0,40	5-11 m IEb <sub>1</sub>	12-24 m 60 <sup>a</sup>		
		Maïs + arachide	20	78	50,00			114 <sup>b</sup>	IEb <sub>1</sub> 206 <sup>b</sup>
		Maïs + arachide + FRA	20	78	3,00	121 <sup>b</sup>	257 <sup>b</sup>		
							p < 0,05	p < 0,05	
19	Inde (1992) : 56 enfants de 6 à 24 mois pris au hasard et répartis en 2 groupes : - 1 bouillie par jour + lait maternel + aliments habituels - mesures pendant 180 jours consécutifs	Blé + Su + Hu	20	163	25,00	IEb <sub>1</sub>	IET <sub>1</sub>		
		Blé + Su + Hu + FRA	20	163	3,50			50 199	518 668
						p < 0,001	p < 0,01		
20	Pérou (1992) : 9 enfants de 7 à 15 mois relevant de malnutrition sévère (en hôpital) : - 5 bouillies par jour (aucun autre aliment) - mesures pendant 7 jours consécutifs pour chaque bouillie	Riz + lait + Su + amidon	7	52	Moyenne Moyenne	IEb <sub>2</sub>	Gain poids 2 (g/j) 57 (g/j)		
		Riz + lait + Su	16	104				110 148	p < 0,001
21	Pérou (1993) : 56 enfants de 9 à 20 mois relevant de diarrhée aiguë répartis en 2 groupes : - bouillies à la demande + lait maternel + aliments habituels - mesures pendant 2 jours consécutifs	Pdt + lait + Su + Hu + amidon	12	103	5,90	IEb <sub>2</sub>	IET <sub>2</sub>		
		Pdt + lait + Su + Hu	12	103	1,35			EA ES	EA ES
							68 66	109 99	
							37 65	92 113	
22	Jamaïque (1994) : 9 enfants de 7 à 15 mois relevant de malnutrition sévère (en unité métabolique) : - 4 bouillies par jour (aucun autre aliment) - mesures pendant 4 jours consécutifs pour chaque bouillie	Maïs + lait + Su + Hu	6	53	0,40	IEb <sub>2</sub>	Durée repas 7,4 <sup>ab</sup> min		
		Maïs + lait + Su + Hu	13	102	3,50			71 <sup>a</sup>	12,9 <sup>a</sup> min
		Maïs + lait + Su + Hu	13	101	0,40	96 <sup>b</sup>	6,4 <sup>b</sup> min		
							105 <sup>b</sup>	p < 0,001	p < 0,001

**Tableau 1 (suite)**

**Effets de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur les ingérés énergétiques d'enfants de moins de 2 ans dans seize essais expérimentaux**

Réf.	Modalités expérimentales	Ingrédients des bouillies	[c] (%)	Densité énergétique (kcal/100 ml)		Viscosité (Pa.s)	Résultats	
23	Bangladesh (1994) : 78 enfants de 5 à 18 mois atteints de malnutrition sévère (en unité hospitalière) en 3 groupes : - 4 bouillies par jour + lait maternel ou autres aliments - mesures pendant 5 jours consécutifs	Riz + lentille + Su + Hu	12	92		Faible Élevée Faible	IEb <sub>2</sub> 61 <sup>a</sup> 69 <sup>b</sup> 92 <sup>c</sup>	IET <sub>2</sub> 129 <sup>a</sup> 141 <sup>b</sup> 167 <sup>c</sup>
		Riz + lentille + Su + Hu	18	152				
		Riz + lentille + Su + Hu + FRA	18	147				
							p < 0,005	p < 0,05
24	Ghana/Nigeria (1995) : 14 (Gh) et 24 (Ni) enfants de 6 à 15 mois relevant de diarrhée aiguë (en unité pédiatrique) : - bouillies à la demande + lait maternel - mesures pendant 2 jours consécutifs pour chaque bouillie	Maïs fermenté + Su	12	Gh 41 Ni 61	Faible Faible Faible	IEb <sub>2</sub> (Gh) 13 <sup>a</sup> 42 <sup>b</sup> 28 <sup>ab</sup>	IEb <sub>2</sub> (Ni) 46 49 50	
		(Maïs + soja) fermenté + Su + FRA	20	105 88				
		Maïs + soja + Su + FRA	20	109 89				
							p < 0,01	NS
25	Bangladesh (1995) : 95 enfants de 6 à 23 mois souffrant de diarrhée aiguë (en unité métabolique) en 3 groupes : - 4 bouillies par jour + régime habituel - mesures pendant 4 jours consécutifs	Riz + lentille + Su + Hu	8	64	Faible Élevée Faible	IEb <sub>2</sub> 37 <sup>a</sup> 34 <sup>a</sup> 54 <sup>b</sup>	IET <sub>2</sub> 84 <sup>a</sup> 85 <sup>a</sup> 99 <sup>b</sup>	
		Riz + lentille + Su + Hu	17	128				
		Riz + lentille + Hu + FRA	17	130				
							p < 0,001	p < 0,05
26	Pérou (1995) : 18 enfants de 6 à 18 mois relevant de malnutrition sévère (en unité hospitalière) : - 3 ou 4 bouillies par jour (aucun autre aliment) - mesures pendant 2 à 4 jours consécutifs pour chaque bouillie	Riz + lait + Su + Hu + épaississ.	5	41	Moyenne Moyenne Moyenne Moyenne	3 repas/j - IEb <sub>2</sub> 109	5 repas/j 89 IEb <sub>2</sub> 135	
		Riz + lait + Su + Hu + épaississ.	9	72				
		Riz + lait + Su + Hu + amylases	12	103				
		Riz + lait + Su + Hu + amylases	18	156				
							p < 0,01	
27	Tanzanie (1995) : 75 enfants de 6 à 25 mois atteints de diarrhée aiguë (en unité pédiatrique) en 3 groupes : - 5 bouillies par jour + lait maternel - mesures pendant 1 à 4 jours consécutifs pour chaque bouillie	Maïs + arachide	7	39	0,80 0,60 0,54	IEb <sub>2</sub>	32 <sup>a</sup> 46 <sup>b</sup> 37 <sup>ab</sup>	
		Maïs + ARF	12	60				
		Maïs fermenté + FRA	12	60				
							p < 0,01	
28	Zaire (1996) : 82 enfants de moins de 2 ans hospitalisés (Z-score moyen P/A = -2 ET) répartis en 2 groupes : - 3 bouillies par jour + régime habituel - 7 jours consécutifs de mesure pour chaque bouillie	Maïs + sorgho + soja + Su	15	60	± 1,0 ± 1,0	IEb <sub>1</sub>	19 30	
		Manioc + maïs + soja + Su + amylases	30	120				
							p < 0,001	

Su: sucre; Hu: huile; FRA: farine riche en amylases; Pdt: pomme de terre; épaississ.: épaississant.

[c]: concentration approximative de la source d'amidon dans la bouillie.

IEb: ingéré énergétique à partir des bouillies (IEb<sub>1</sub> en kcal/jour; IEb<sub>2</sub> en kcal/(kg x jour)).

IET: ingéré énergétique total (IET<sub>1</sub> en kcal/jour; IET<sub>2</sub> en kcal/(kg x jour)).

EA: enfants allaités; ES: enfants sevrés.

<sup>a,b</sup>: pour chaque essai, les valeurs non suivies de lettres communes sont significativement différentes au niveau indiqué.

NS: non significatif.

**Effect of energy density and viscosity of gruels on intake by the under 2 year old in sixteen studies**

d'entre elles ont été réalisées avec des enfants ne consommant que des bouillies [20, 22, 26]. Seulement deux parmi les six autres ont pris simultanément en compte l'effet de la densité énergétique sur les ingérés à partir des bouillies et sur les ingérés à partir du lait maternel et des autres aliments du régime [23, 25].

Si on compare les valeurs obtenues pour des bouillies de consistance comparable, neuf études sur dix mettent en évidence

des ingérés énergétiques significativement plus importants avec les bouillies ayant les densités énergétiques les plus élevées. Les augmentations d'ingéré peuvent atteindre 330 % lorsque les densités énergétiques des bouillies comparées varient dans un rapport de 1 à 3, mais les différences de conditions expérimentales ne permettent raisonnablement pas de rechercher une relation permettant d'estimer les variations de l'ingéré éner-

gétique en fonction de celles de la densité énergétique. Les seuls résultats ne mettant pas en évidence une augmentation d'ingéré énergétique en relation avec une augmentation de la densité énergétique ont été obtenus au Nigeria avec des bouillies de maïs fermenté, mais la différence de densité énergétique entre les bouillies était très faible [24].

Les deux études prenant également en compte l'effet des modifications de den-

sité énergétique sur l'ingéré énergétique total pour des enfants ne consommant pas uniquement des bouillies ont été réalisées au Bangladesh [23, 25] : étant donné que l'utilisation de bouillies de densité énergétique plus élevée ne s'accompagne pas de diminution significative de l'ingéré énergétique à partir du lait maternel ou des autres aliments du régime, leur effet favorable sur le niveau d'ingéré énergétique à partir des bouillies se répercute au niveau de l'ingéré énergétique total.

Signalons que l'une des études [20] a mis en évidence un gain de poids journalier significativement plus important chez des enfants de 7 à 15 mois consommant la bouillie de densité énergétique la plus élevée.

Une autre approche pour étudier l'influence de la densité énergétique sur l'ingéré énergétique consiste à mesurer ces deux variables à chaque prise de bouillie dans une population observant des pratiques habituelles de sevrage. Les résultats obtenus de cette façon par Brown *et al.* au Nigeria [29], à partir de l'analyse de 774 prises de bouillies à base de maïs fermenté par 36 enfants âgés de 5 à 30 mois, montrent que l'ingéré énergétique est fortement corrélé à la densité énergétique des bouillies ( $r = +0,46$ ) : chaque augmentation de 10 kcal/100 g de la densité énergétique correspond, en moyenne, à une augmentation d'ingéré énergétique de 12,2 kilocalories.

## Influence de la viscosité

Les résultats concernant l'influence de la réduction de la viscosité sur les ingérés énergétiques sont moins convergents. Une première revue bibliographique, publiée en 1990 [30], a conclu à l'aptitude de certains procédés de transformation techniques traditionnels à réduire le « gros volume » des bouillies et, par conséquent, à augmenter les ingérés. Une seconde revue, publiée en 1992 [31], souligne l'absence de démonstration concluante de l'aptitude d'une réduction de la viscosité des bouillies par utilisation de sources enzymatiques à améliorer l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant.

En réalité, sur les dix publications recensées faisant état de comparaisons effectuées entre des bouillies de densité énergétique comparable mais de viscosité différente (*tableau 1*), sept font état d'ingérés énergétiques supérieurs avec les bouillies de plus faible viscosité [13, 14,

16, 17, 19, 23, 25] et trois ne présentent aucune différence significative [18, 21, 22]. En moyenne, sur les dix essais, les augmentations d'ingéré énergétique obtenues après réduction de la viscosité des bouillies sont de 80 % ; les variations vont de -45 % [18] à +298 % [19]. L'étude réalisée à la Jamaïque [22], si elle n'a pas permis d'observer d'effet de la réduction de viscosité sur les ingérés, a en revanche mis en évidence une réduction de moitié de la durée des repas.

Quatre de ces dix études se sont également intéressées aux ingérés énergétiques à partir des autres composantes de l'alimentation : trois d'entre elles [19, 23, 25] font état d'un effet significatif favorable de la réduction de la viscosité des bouillies sur les ingérés totaux, alors qu'une autre, réalisée au Pérou, n'a pas mis en évidence d'effet significatif [21].

## Discussion

Les protocoles suivis pour la réalisation des seize études expérimentales recensées présentent des différences importantes à plusieurs niveaux (*tableau 2*). Les études les plus anciennes ont été réalisées au domicile d'enfants tirés au sort au sein de la population générale et en distribuant une seule bouillie par jour. Les plus récentes, effectuées dans des unités hospitalières, concernent des enfants atteints ou relevant de malnutrition sévère ou de diarrhée aiguë et recevant au moins trois bouillies par jour.

Au cours de certains essais, les enfants ont été répartis par tirage au sort en plusieurs groupes correspondant à chaque type de bouillie ; dans d'autres, les régimes ont été essayés successivement sur les mêmes enfants en utilisant des effectifs souvent assez faibles. La durée des mesures pour chaque bouillie varie de 1 à 180 jours. Dans les essais permettant la comparaison de bouillies de densité énergétique différente, les densités les plus faibles varient de 19 à 92 kcal/100 ml, les densités les plus fortes de 60 à 156 kcal/100 ml et le rapport entre la densité la plus faible et la plus forte de 1,52 à 4,10. Pour les essais mettant en jeu des comparaisons de bouillies de même densité mais de viscosité différente, les viscosités les plus faibles varient entre 0,06 et 17,9 Pa.s et les viscosités les plus fortes entre 2,78 et 37,2 Pa.s.

Certaines de ces disparités témoignent de différences dans les objectifs poursuivis :

les essais les plus anciens, réalisés en Inde ou en Tanzanie avec des enfants représentatifs de la population générale, semblent avoir eu pour objectif principal de démontrer l'efficacité de l'utilisation de farines de céréales germées pour augmenter les ingérés énergétiques d'enfants bien portants au cours d'un seul repas ; les plus récents, réalisés au Pérou, au Bangladesh, à la Jamaïque, au Zaïre et dans des pays africains anglophones, ont principalement cherché à identifier des bouillies permettant d'augmenter les ingérés des enfants dans des périodes critiques, pendant et après un état de malnutrition sévère ou une diarrhée aiguë.

D'autres disparités reflètent les insuffisances de certains protocoles pour répondre aux questions posées. Dans aucun essai, les bouillies ne sont distribuées que deux fois par jour, fréquence pourtant la plus fréquemment observée en Afrique [2]. Dans plusieurs essais, la durée de distribution des bouillies n'est que de deux jours alors qu'il a été établi qu'une durée d'adaptation aux régimes de un à trois jours, selon les densités énergétiques utilisées, était nécessaire pour aboutir à un niveau d'ingéré à peu près constant [21]. Les densités énergétiques choisies pour les bouillies comparées ne correspondent pas toujours aux conditions les plus souvent rencontrées sur le terrain : soit elles sont trop faibles [18, 27], soit elles sont trop fortes [13, 16, 17, 19, 23]. Dans la plupart des études, les valeurs données pour la viscosité sont absentes ou bien difficilement comparables à celles des autres études, probablement en raison de conditions de mesures particulières.

Si on revient aux deux questions posées relatives à l'efficacité d'une augmentation de la densité énergétique et/ou d'une réduction de la viscosité des bouillies pour permettre une augmentation de l'ingéré énergétique, il apparaît nécessaire, pour y répondre, de faire une distinction selon les objectifs que l'on se fixe.

Si l'objectif principal est de maximiser les ingérés énergétiques d'enfants en période critique (malnutrition sévère, diarrhée aiguë) à un moment où ils peuvent et doivent faire l'objet de soins particuliers, il est indéniable, au vu des résultats des essais réalisés [20, 22-28], qu'il faut augmenter la densité énergétique des bouillies. En ce qui concerne l'intérêt de réduire la viscosité, il n'est pas possible de trancher : les deux essais réalisés au Bangladesh [23, 25], pour lesquels on peut seulement regretter que la

**Tableau 2**

**Comparaison des protocoles et synthèse des résultats de seize études expérimentales**

Réf.	Lieu essai	État des enfants	Dispositif- Nb de sujets	Nb de bouillies par jour	Durée de l'essai	Adéquation valeurs DE	Viscosité	Effets de la DE	Viscosité
13	D	N	A-30	1 + RH	3 j	TFo/TFa	Cpm	ne	+
14	D	N	A-30	1 + RH	7 j	TFa/Bon	Bon	ne	+
15	D	N	A-9	1 + RH	3 à 7 j	TFa	Nm	+	ne
16	D	N	A-7	1 + RH	3 j	TFo	Cpm	ne	+
17	D	N	3 G-30	?	?	TFo	Cpm	ne	+
18	D	N	A-(4 + 12)	1 + LM	1 j x 6	TFa	Cpm	+	0
19	D	N	2 G-56	1 + RH	180 j	TFo	Cpm	ne	+
20	Ho	RM	A-9	5 + rien	7 j	Bon	Nm	+	ne
21	D	RDia	2 G-56	Dem. + RH	2 j	Bon	Bon	ne	0
22	Ho	RM	A-9	4 + rien	4 j	TFa	Bon	+	0
23	Ho	M	3 G-78	4 + RH	5 j	TFo	Nm	+	+
24	Ho	RDia	A-(14 + 24)	Dem. + LM	2 j	Bon	Nm	+/0	ne
25	Ho	Dia	3 G-95	4 + RH	4 j	Bon	Nm	+	+
26	Ho	RM	A-18	3/4 + rien	2 à 4 j	Bon	Nm	+	ne
27	Ho	Dia	3 G-75	5 + LM	1 à 4 j	TFa	Bon	+	ne
28	Ho	M	2 G-82	3 + RH	7 j	Bon	Bon	+	ne

D: au domicile des enfants; Ho: en hôpital (ou unité métabolique).  
 N: normal; RDia: relevant de diarrhée aiguë; RM: relevant de malnutrition sévère; Dia: souffrant de diarrhée aiguë; M: atteints de malnutrition sévère.  
 A: régimes testés en alternance sur tous les enfants; G: constitution de groupes d'enfants par tirage au sort pour chacun des régimes.  
 RH: régime habituel; LM: lait maternel.  
 DE: densité énergétique; TFo: trop forte; TFa: trop faible; Cpm: conditions particulières de mesure; Nm: non mesurée; Dem.: à la demande.  
 +: effet favorable significatif; 0: pas d'effet significatif; ne: non étudié.

**Protocols and results of sixteen studies**

viscosité des bouillies n'ait pas été déterminée de manière précise, mettent en évidence un effet significatif relativement important à la fois sur l'ingéré énergétique à partir des bouillies et sur l'ingéré énergétique total. En revanche, les essais réalisés au Pérou [21] et à la Jamaïque [22], probablement parce que les différences de viscosité entre les bouillies comparées sont peu importantes, ne mettent en évidence aucun effet significatif. On peut cependant estimer que, lorsque les bouillies ne bénéficient pas de l'incorporation de quantités importantes de lait en poudre et/ou d'huile, la préparation et la consommation par les enfants de bouillies de haute densité énergétique nécessitent obligatoirement une réduction de leur viscosité. Si l'objectif principal est de mettre à disposition des enfants des pays en développement des bouillies qui leur permettent d'éviter les diarrhées et qui contribuent à les maintenir dans un état nutritionnel satisfaisant, les résultats des essais sont plus convergents mais ne répondent que très partiellement aux questions posées. Les deux seuls essais qui se sont intéressés à l'effet de la densité énergétique [15, 18] mettent en évidence des ingérés plus élevés avec les bouillies de plus forte densité énergétique, mais les conditions

expérimentales ne sont pas optimales: les bouillies n'ont pas une viscosité identique dans l'un des essais [15] et les densités énergétiques comparées sont très

faibles dans l'autre [18]. Concernant l'effet de la réduction de viscosité, seul un essai [18] sur six n'a pas mis en évidence un effet significatif favorable mais,

**Summary**

**Effect of energy density and viscosity of gruels on infants' energy intake**

Serge Trèche

*It has been known for at least 25 years that high energy density and low viscosity are desirable attributes of complementary foods. However, the effects of increasing energy density and reducing viscosity of gruels on infant energy intake have only been studied in the last 10 years. Works published between 1986 and 1992 were carried out with infants randomly selected in urban slums or rural areas in India and Tanzania. When gruels are given in a single meal, all of them showed higher energy intake with both high energy-dense and low viscosity gruels. But these studies do not give information about the effects of these gruels on daily energy intake from gruels and on total daily energy intake when they are given with feeding frequencies corresponding to traditional weaning practices.*

*Works published since 1992 were conducted among infants suffering from or recovering from acute diarrhoea or severe malnutrition. A positive effect of increasing energy density of gruels was observed not only on energy intake from gruels but also on total energy intake. On the other hand, effectiveness of reducing viscosity was not clearly demonstrated.*

*Further studies are required, particularly to identify the conditions for which high energy dense gruels prepared from bulk-reduced starchy staples are able to significantly improve infant energy intake.*

*Cahiers Santé 1996; 6: 237-43.*

dans chacun de ces essais, il n'était distribué qu'une seule bouillie par jour aux enfants, ce qui ne correspond pas aux habitudes de consommation.

En effet, l'objectif principal d'interventions visant à améliorer l'alimentation du jeune enfant n'est pas d'augmenter la quantité d'énergie consommable en une seule prise de bouillie mais d'augmenter l'ingéré énergétique total (IET). Cet ingéré est la somme des ingérés énergétiques journaliers à partir du lait maternel (IELm), à partir des bouillies et, éventuellement, d'autres aliments solides (IEAs). L'ingéré énergétique à partir des bouillies est lui-même fonction du nombre  $n$  de prises par jour, de la quantité de bouillie consommée à chaque prise ( $QB_i$ ) et de sa densité énergétique ( $DEB_i$ ). La question qui reste posée est donc de savoir si, dans l'équation suivante et compte tenu de la probable dépendance des différentes variables, une augmentation de  $DEB_i$  se traduit bien par une augmentation de IET :

$$IET = IELm + \sum_{i=1}^n (QB_i \times DEB_i) + IEA$$

## Conclusion

Les études expérimentales réalisées jusqu'à ce jour ne permettent pas de conclure de manière définitive sur l'effet de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur l'ingéré énergétique des nourrissons et des jeunes enfants. Pour les enfants atteints ou relevant de diarrhée aiguë ou de malnutrition sévère, l'effet favorable d'une augmentation de densité énergétique semble acquis mais celui d'une réduction de la viscosité doit encore être mesuré pour différents types de bouillies.

Pour les enfants sains, les essais réalisés mettent en évidence, dans la quasi-totalité des cas, des effets favorables de l'augmentation de la densité énergétique et de la réduction de la viscosité sur l'ingéré énergétique à l'occasion d'un repas isolé de bouillie. Mais aucune étude n'apporte d'informations relatives, d'une part, aux effets sur l'ingéré énergétique à partir des bouillies lorsqu'elles sont distribuées selon les fréquences journalières habituelles et, d'autre part, aux effets sur les ingérés totaux.

Il apparaît donc urgent que soient réalisées, dans différents environnements humains et agro-écologiques, des études permettant de préciser les conditions

dans lesquelles des modifications de la densité énergétique et/ou de la viscosité des bouillies traditionnelles permettraient d'augmenter les ingérés énergétiques des enfants et de contribuer ainsi à réduire les prévalences de malnutrition protéino-énergétique. La définition des protocoles de telles études doit s'inspirer largement des pratiques et des contraintes observées. En particulier, ils doivent intégrer le fait que, dans la plupart des cas, les mères préparent des bouillies de faible viscosité correspondant à une consistance liquide ou semi-liquide : les études doivent donc principalement s'attacher à comparer les ingérés permis par des bouillies préparées à partir de farines ayant subi ou non des traitements modifiant la relation entre leur concentration et leur viscosité. Dans la mesure où ces traitements permettent, dans certaines conditions (fréquence journalière de distribution, nature et quantités des autres aliments distribués, âge et état de santé de l'enfant...), d'augmenter les ingérés énergétiques totaux des enfants, il faut ensuite mettre au point et évaluer des stratégies économiquement, socialement et culturellement acceptables qui permettent de les mettre en œuvre.

## Remerciements

L'auteur est particulièrement reconnaissant à M. Gérard Rocquelin pour ses remarques et commentaires.

## Références

1. Alnwick D, Moses S, Schmidt OG. *Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages*. Ottawa : CRDI-265-f, 1989 ; 430 p.
2. Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F. *L'alimentation de complément du jeune enfant*. Paris : ORSTOM éditions, 1995 ; 391 p.
3. OMS. *Complementary feeding of infants and young children. Interim report of a Joint WHO/UNICEF consultation, 28-30/11/95*, Montpellier, France. Genève : OMS, 1996 ; WHO/NUT/96.9.
4. Akre J. L'alimentation infantile : bases physiologiques. *Bull WHO* 1989 ; suppl. 67 : 1-112.
5. Trèche S. Techniques pour augmenter la densité énergétique des bouillies. In : Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. *L'alimentation de complément du jeune enfant*. Paris : ORSTOM éditions, 1995 : 123-46.
6. Nicol BM. Protein and calorie concentration. *Nutr Rev* 1971 ; 29 : 83-8.
7. Naismith DJ. Kwashiorkor in western Nigeria : a study of traditional weaning foods, with particular reference to energy and linoleic acid. *Br J Nutr* 1973 ; 30 : 567-76.

8. Rutishauser IHE. Factors affecting the intake of energy and protein in Ugandan pre-school children. *Ecol Food Nutr* 1974 ; 3 : 213-22.
9. Waterlow JC, Payne PR. The protein gap. *Nature* 1975 ; 258 ; 113-7.
10. Brown KH. The importance of dietary quality versus quantity for weanlings in less developed countries : a framework for discussion. *Food Nutr Bull* 1991 ; 13 : 86-94.
11. Church M. Dietary factors in malnutrition : quality and quantity of diet in relation to child development. *Proc Nutr Soc* 1979 ; 38 : 41-9.
12. Ljungqvist BG, Mellander O, Svanberg U. Dietary bulk as a limiting factor for nutrient intake in pre-school children. I. A problem description. *J Trop Pediatr* 1981 ; 27 : 68-73.
13. Gopaldas T, Mehta P, Patil A, Gandhi H. Studies on reduction in viscosity of thick rice gruels with small quantities of an amylase-rich cereal malt. *Food Nutr Bull* 1986 ; 8 : 42-7.
14. Gopaldas T, Mehta P, John C. La réduction du volume des graux de sevrage traditionnels en Inde. In : Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, eds. *Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages*. Ottawa : CRDI-265-f, 1989 ; 375-85.
15. Lukmanji Z, Ljungqvist BG, Hedqvist F, Eilssonuo C. Les modes d'alimentation des enfants en Tanzanie : fréquence des repas et volume alimentaire. In : Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, eds. *Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages*. Ottawa : CRDI-265-f, 1989 ; 341-53.
16. Gopaldas T, Deshpande S, John C. Studies on a wheat based amylase-rich food. *Food Nutr Bull* 1988 ; 10 : 55-9.
17. John C, Gopaldas T. Reduction in the dietary bulk of soya-fortified bulgur wheat gruels with wheat-based amylase-rich food. *Food Nutr Bull* 1988 ; 10 : 50-3.
18. Mosha AC, Svanberg U. The acceptance and intake of bulk-reduced weaning foods : the Luganga village study. *Food Nutr Bull* 1990 ; 12 : 69-74.
19. Gopaldas T, John C. Evaluation of a controlled 6 months feeding trial on intake by infants and toddlers fed a high energy-low bulk gruel versus a high energy-high bulk gruel in addition to their habitual home diet. *J Trop Pediatr* 1992 ; 38 : 278-83.
20. Sanchez-Grinan MI, Peerson JM, Brown KH. Effect of dietary energy density on total *ad-libitum* energy consumption by recovering malnourished children. *Eur J Clin Nutr* 1992 ; 46 : 197-204.
21. Marquis GS, Lopez T, Peerson J, Brown KH. Effect of dietary viscosity on energy intake by breast-fed and non-breast-fed children during and after acute diarrhea. *Am J Clin Nutr* 1993 ; 57 : 218-23.
22. Stephenson D, Gardner JMM, Walker SP, Ashworth A. Weaning-food viscosity and energy density : their effects on *ad libitum* consumption and energy intakes in Jamaican children. *Am J Clin Nutr* 1994 ; 60 : 465-9.
23. Rahman M, Islam MA, Mahalanabis D, Biswas E, Majid N, Wahed MA. Intake from an energy-dense porridge liquefied by amylase of germinated wheat : a controlled trial in severely malnourished children during convalescence from diarrhoea. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 : 46-53.
24. Mensah P, Ndiokwelu CI, Uwaegbute A, et al. Feeding of lactic-fermented high nutrient density weaning formula in paediatric settings in Ghana

and Nigeria: acceptance by mother and infant and performance during recovery from acute diarrhoea. *Int J Food Sci Nutr* 1995; 46: 353-62.

25. Mitra AK, Rahman MM, Mahalanabis D, Patra FC, Wahed MA. Evaluation of an energy-dense meal liquefied with amylase of germinated wheat in children with acute watery diarrhoea: a randomized controlled clinical trial. *Nutr Res* 1995; 15: 939-51.

26. Brown KH, Sanchez-Grinan M, Perz F, Pearson JM, Ganoza L, Stern JS. Effects of dietary energy density and feeding frequency on total daily energy intakes of recovering malnourished children. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 13-8.

27. Darling JC, Kitundu JA, Kingamkono RR, et al. Improved energy intakes using amylase-digested weaning foods in Tanzanian children with acute diarrhoea. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1995; 21: 73-81.

28. Donnen P, Dramaix M, Brasseur D, et al. Use of high energy density gruels in the treatment of hospitalized children suffering from mainly protein malnutrition in Zaire. *Food Nutr Bull* 1996 (sous presse).

29. Brown KH, Dickin KL, Bentley ME, et al. La consommation de produits de sevrage à base de céréales fermentées dans l'état de Kwara, Nigeria. In: Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, eds. *Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages*. Ottawa: CRDI-265-f, 1989; 208-27.

30. Walker AF. The contribution of weaning food to protein-energy malnutrition. *Nutr Res Rev* 1990; 3: 25-47.

31. Ashworth A, Draper A. *The potential of traditional technologies for increasing the energy density of weaning foods*. Genève: OMS, 1992; WHO/CDD/EDP/92.4; 50 p.

---

## Résumé

Depuis un quart de siècle, une densité énergétique et une fluidité suffisante sont mentionnées comme étant des qualités essentielles pour les aliments de complément au lait maternel. Mais c'est seulement depuis une dizaine d'années qu'ont été publiés des résultats permettant de mesurer l'effet de l'augmentation de la densité énergétique et/ou de la réduction de la viscosité des bouillies sur l'ingéré énergétique des nourrissons. Cette revue bibliographique fait la synthèse de ces travaux.

Les travaux publiés de 1986 à 1992 ont été réalisés en Inde et en Tanzanie sur des enfants représentatifs de la population générale. Ils mettent en évidence des effets favorables sur l'ingéré énergétique à l'occasion d'un repas journalier unique de bouillie, mais ils n'apportent aucune information relative aux effets sur l'ingéré énergétique total ou sur l'ingéré énergétique à partir des bouillies lorsque celles-ci sont distribuées selon les fréquences journalières habituelles.

Les travaux publiés depuis 1992 ont été consacrés aux enfants atteints ou relevant de diarrhée aiguë ou de malnutrition sévère. Un effet favorable de l'augmentation sensible de la densité énergétique des bouillies a été observé dans tous les essais non seulement sur l'ingéré énergétique à partir des bouillies mais aussi, dans les deux études qui s'y sont intéressées, sur l'ingéré énergétique total. En revanche, un effet favorable d'une réduction de la viscosité des bouillies n'a pas encore été clairement démontré.

Des études complémentaires sont nécessaires, en particulier pour savoir dans quels contextes l'utilisation de bouillies préparées à des densités énergétiques élevées (> 100 kcal/100 ml), à partir de produits amylacés ayant subi un traitement enzymatique permettant de limiter leur viscosité, est susceptible d'augmenter significativement les ingérés énergétiques totaux des nourrissons.

---

# Santé



## Récupération nutritionnelle

### Études originales

Réhabilitation immuno-nutritionnelle d'enfants atteints de malnutrition sévère

*Philippe Chevalier et al.*

Supplémentation en vitamine E chez des enfants sénégalais présentant un kwashiorkor

*Jean-Pierre Beau et al.*

Prise en charge ambulatoire des enfants modérément et sévèrement mal nourris au Shaba (Zaire)

*Véronique Tellier et al.*

Faut-il fermer les centres de récupération nutritionnelle ambulatoire à Niamey (Niger) ?

*Hubert Barennes*

### Synthèses

Comment améliorer les aliments de complément du jeune enfant ?

*Pascale Gerbouin-Rérolle*

Influence de la densité énergétique et de la viscosité des bouillies sur l'ingéré énergétique des nourrissons

*Serge Trèche*

\*\*\*

### Étude originale

Atteintes sous-cutanées et des parties molles associées au Sida : aspects échographiques

*Roger-Daniel N'Gbesso et al.*

### Synthèse

Résultats récents sur la pharmacodynamie d'alcaloïdes de *Strychnos* malgaches

*Philippe Rasoanaivo et al.*

### Note de recherche

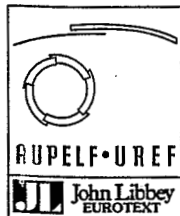
Glomérulonéphrite extra-membraneuse et cysticercose

*Rakotomanantsoa Rabenantoandro et al.*

### Cas clinique

Un ascaris dans les voies lacrymales

*Ngoy Kanapumbi et al.*



PH 203  
LNT

ISS N = 1157-5999

Prix au numéro :  
120 FF pays du Nord  
60 FF pays du Sud

Volume 6 Numéro 4 Pages 199 à 262 Juillet-Août 1996