

## **Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et les statuts en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes**

**Traoré<sup>1,3\*</sup> Tahirou, Zagré<sup>2</sup> Noël M, Traoré<sup>1</sup> Alfred S, Trèche<sup>3</sup> Serge**

<sup>1</sup> CRSBAN/UFR-SVT/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

<sup>2</sup> IRSS/CNRST, 09 BP 471 Ouagadougou 09, Burkina Faso.

<sup>3</sup> UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

\* Auteur correspondant: [ttahirou@ird.bf](mailto:ttahirou@ird.bf)

### **- Résumé -**

Deux groupes de 42 enfants ayant des caractéristiques anthropométriques et biologiques ainsi qu'une morbidité comparable et consommant de manière régulière à partir de l'âge de 6 mois, soit des bouillies améliorées, soit des bouillies traditionnelles ont été suivis pendant 4 mois de façon à comparer leur niveau d'ingéré, leur croissance et l'évolution de leurs concentrations en hémoglobine et en rétinol sérique. La farine servant à la préparation des bouillies améliorées était composée de mil (49,0%), de soja (18,0%), de sorgho germé (8,7%), de sucre (10,3%), d'arachide (6,2%), de pulpe de *nééré* (6,0 %), de sel iodé (0,67%), de CaCO<sub>3</sub> (0,67%) et d'un complément minéral et vitaminique (0,41%). Les ingérés de bouillies, des autres aliments de complément, de boissons ainsi que la fréquence et la durée des tétées ont été mesurés à domicile chez chaque enfant à l'âge de 7, 8, 9 et 10 mois. Un suivi hebdomadaire de la morbidité et des pratiques alimentaires a été effectué. Des prélèvements sanguins et des mesures anthropométriques ont été effectués à 6 et 10 mois.

La consommation des bouillies améliorées de haute densité en énergie (106 kcal/100g) et en nutriments a permis une augmentation très significative des ingérés énergétiques à partir des bouillies (11,4 vs 2,9 kcal/kg/jour;  $p < 10^{-5}$ ) par rapport à ceux obtenus à partir des bouillies traditionnelles (39 kcal/100g). Toutefois, les quantités de bouillie consommées par les deux groupes restent bien inférieures à la capacité gastrique théorique des nourrissons. La consommation des bouillies améliorées par les enfants de 6 à 10 mois a permis une amélioration significative, d'une part, de la croissance en taille (1,5 vs 1,1 cm/mois;  $p < 10^{-3}$ ) et, d'autre part, de la concentration en hémoglobine (+8,2 ± 18,9 vs -5,7 ± 21,5 g/l;  $p < 0,01$ ). Une augmentation de la teneur moyenne en rétinol sérique a été observée entre 6 et 10 mois, mais la différence n'est pas significative entre les deux groupes.

**Mots-clés:** Bouillies – Densité énergétique – Croissance – Fer – Vitamine A.

- Abstract -

**Effect of the consumption of high-energy density fortified gruels on intakes, growth and iron and vitamin A status of infants between 6 and 10 months in rural sahelian zones**

**Introduction:** In Burkina Faso, stunting and wasting affect, respectively, 37 and 13% of young children under 5 years. It is between 6 and 24 months of age, corresponding to the complementary feeding period, that the prevalence of protein energy malnutrition rises. In order to contribute to the improvement of this worrying nutritional situation, a study was carried out from December 2001 to May 2002 in the village of Ouarégou (*Province of Boulgou, Burkina Faso*). Its objective was to verify the effectiveness of improved gruels, by incorporation of malted flour and micronutrients, to increase energy intake and promote growth and better micronutrients status in infants of 6 to 10 months of age.

**Methods:** Two groups of 42 children, having comparable anthropometrical and biological characteristics as well as morbidity, and consuming regularly from 6 months of age, for the first, improved gruels, and for the second, traditional gruels usually prepared in the households, have been followed during 4 months in order to compare energy intake, growth and changes in haemoglobin and serum retinol concentrations. Flour used for improved gruels preparation was composed of millet (49.0%), soybean (18.0%), malted sorghum (8.7%), sugar (10.3%), peanut (6.2%), pulp of *nééré* (6.0%), iodized salt (0.67%), CaCO<sub>3</sub> (0.67%) and mineral and vitamin complement (0.41). Morbidity and feeding practices were followed up weekly. Intakes of gruel, other complementary foods and drinks as well as frequency and duration of feedings were measured at home for each infant when they reached the ages of 7, 8, 9 and 10 months. For each infant, blood samples and anthropometrical measures were taken at 6 and 10 months.

**Results:** The consumption of improved gruels of high energy (106 kcal/100g) and nutrient densities permitted a significant increase of energy intake from gruels (11.4 vs 2.9 kcal/kg/day;  $p < 10^{-5}$ ) compared with that obtained from traditional gruels of low energy (39 kcal/100g) and nutrient densities. However, the quantities of gruel consumed by the two groups remain much lower than infant theoretical gastric capacity. The consumption of improved gruels by infants from 6 to 10 months allowed a significant increase of growth in size (1.4 vs 1.1 cm/month;  $p < 10^{-3}$ ) and haemoglobin concentration ( $+8.2 \pm 18.9$  vs  $-5.7 \pm 21.5$  g/l;  $p < 0,01$ ). An increase of serum retinol concentration was observed between 6 and 10 months, but the difference between the two groups was not significant.

**Conclusion:** The consumption of gruels with high energy and nutrient densities permitted a significant improvement of energy intake compared to traditional gruels. Otherwise, it proved effective to improve growth and iron status of young children between 6 and 10 months of age.

**Key words:** Gruels – Energy density – Growth – Iron – Vitamin A.

---

## **INTRODUCTION**

Dans les pays en développement, la croissance des enfants nourris exclusivement au lait maternel pendant les 6 premiers mois de leur vie est similaire à celle de leurs homologues des pays développés<sup>1,2</sup>. Après cette période, la croissance de la plupart de ces enfants dévie du modèle de croissance satisfaisant à cause des infections répétées et de l'inadéquation des aliments de complément<sup>2</sup>. La faible densité énergétique et nutritionnelle des aliments de complément joue un rôle important sur les ingérés alimentaires et la croissance des jeunes enfants<sup>2</sup>. Les aliments de complément de faible valeur nutritionnelle pourraient se substituer au lait maternel et, par conséquent, avoir un effet néfaste sur le statut nutritionnel du jeune enfant<sup>2</sup>.

Au Burkina Faso, le retard de croissance et l'émaciation touchent environ, respectivement, 37% et 13% des enfants de moins de 5 ans<sup>3</sup>. Comme dans la plupart des pays en développement, les enfants reçoivent comme premier aliment de complément des bouillies préparées à partir de farines ou de mélange de farines, de consistance fluide et de qualité nutritionnelle très médiocre en raison d'une faible densité énergétique et d'un mauvais équilibre en micronutriments. La capacité gastrique réduite des nourrissons (30-40 ml/kg/repas)<sup>4</sup> et leur faible fréquence journalière de consommation (2 bouillies par jour) font que la consommation de telles bouillies ne peut généralement pas apporter les compléments au lait maternel nécessaires à la couverture des besoins nutritionnels. Dans ce contexte, l'incorporation de sources d'amylases dans les farines infantiles en vue de réduire la viscosité de bouillies à forte concentration en matière sèche et de leur conférer une consistance semi-liquide, peut avoir des répercussions positives sur les ingérés énergétiques<sup>5,6</sup> et sur la croissance des jeunes enfants<sup>7</sup>. Par ailleurs, une fortification de ces farines en vitamines et minéraux constitue une voie alimentaire possible de lutte contre les carences en micronutriments<sup>8</sup>. Un enrichissement bien conduit peut représenter une contribution importante aux apports journaliers comme c'est le cas aux USA et conduire à des effets à moyen et long terme<sup>9</sup>. Un impact positif de l'enrichissement d'aliments sur le statut en micronutriments a été rapporté par plusieurs auteurs<sup>10,11</sup>.

L'objectif de cette étude était de vérifier, en situation réelle, l'efficacité de bouillies améliorées, par incorporation de farine maltée et de micronutriments, pour augmenter les ingérés énergétiques et promouvoir la croissance et un bon statut en micronutriments chez les enfants de 6 à 10 mois dans un village de la province du Boulgou située au Sud-Est du Burkina Faso.

## **SUJETS ET MÉTHODES**

### **Description de l'étude**

La présente étude est un essai comparatif contrôlé au cours duquel deux groupes d'enfants ont été enrôlés pendant une période de 7 semaines et assignés à consommer pendant 4 mois, soit des bouillies améliorées au moins 2 fois par jour (groupe d'intervention), soit des bouillies préparées et distribuées dans les conditions habituelles des ménages (groupe témoin). Six enquêtrices, à raison de 3 enquêtrices par zone, ont été recrutées et formées au travail qui leur était imparti. Deux enquêtrices (1 par zone) étaient chargées de l'enquête d'éligibilité et de l'enquête de données générales, de la distribution hebdomadaire de la farine infantile ainsi que du suivi hebdomadaire des pratiques alimentaires et de la morbidité chez les enfants. Quatre enquêtrices (2 enquêtrices par zone) étaient chargées de réaliser dans les

ménages recrutés, des mesures d'ingérés et des observations relatives aux consommations alimentaires des jeunes enfants.

L'étude a été approuvée par le Ministère de la santé et le Centre national de recherche scientifique et technologique du Burkina Faso. Un consentement informé a été obtenu de tous les parents. A la fin de l'étude, la même stratégie d'amélioration de l'alimentation du jeune enfant a été mise en place dans la zone témoin.

### **Calcul des effectifs et recrutement des sujets**

Les effectifs ont été calculés en vue de mettre en évidence une amélioration (i) de l'ingéré énergétique journalier à partir des aliments de complément de 17,5% ( $\alpha=5\%$  et  $\beta=15\%$ ), (ii) de la croissance en taille de 1,2 cm en 4 mois ( $\alpha=\beta=5\%$ ), (iii) de la concentration en hémoglobine de 8,0 g/l en 4 mois ( $\alpha=\beta=5\%$ ) et (iv) de la concentration en rétinol sérique de 0,15  $\mu\text{mol/l}$  en 4 mois ( $\alpha=5\%$  et  $\beta=10\%$ ) entre le groupe d'enfants consommant les bouillies améliorées et le groupe d'enfants consommant les bouillies traditionnelles. A partir des résultats de ces calculs, deux groupes de 42 enfants étaient nécessaires.

Au moment du recrutement, les enfants devaient être âgés de 6 mois  $\pm$  7 jours, être allaités par leurs mères, ne pas être sévèrement malnutris (Z-scores poids-taille et Taille-âge  $>$  - 3), ne pas être atteints de handicaps sévères, ne pas être des jumeaux, et appartenir à une famille ne prévoyant pas un déplacement ou un voyage de plus d'une semaine. Les prévisions étant d'environ 7 naissances par semaine dans chaque zone, 2 groupes de 43 enfants ont été progressivement enrôlés sur une période de 7 semaines.

### **Farine expérimentale et bouillies traditionnelles**

Les compositions en ingrédients et nutriments des bouillies améliorées et traditionnelles sont données dans le tableau 1. La farine expérimentale a été formulée de façon à apporter les constituants nécessaires pour donner aux bouillies une consistance appropriée (farine de sorgho germé) lorsqu'elles sont préparées à une densité énergétique d'au moins 100 kcal/100 g et pour en améliorer l'acceptabilité (farine de *nééré*) et l'équilibre en micronutriments (complément minéral et vitaminique). Les procédés de fabrication de la farine ont été transférés à 2 groupements féminins de la zone d'intervention de façon à pérenniser leur utilisation. Par ailleurs, les mères du groupe d'intervention ont été formées au mode de préparation des bouillies améliorées à l'occasion de la première distribution de la farine infantile. Les bouillies traditionnelles généralement consommées par les enfants du groupe témoin étaient des bouillies de mil fermenté ou des bouillies à base de mil, de maïs, de sorgho ou de riz. La consistance des bouillies a été caractérisée à 45°C en mesurant leur distance d'écoulement (en mm/30s) à l'aide d'un consistomètre de Bostwick.

### **Collecte des données**

#### Caractéristiques socio-économiques des ménages et suivi hebdomadaire des pratiques alimentaires et de la morbidité chez les enfants

Les pratiques alimentaires de 0 à 6 mois des enfants et les caractéristiques socio-économiques des ménages ont été décrites à l'aide d'un questionnaire de données générales. Les fiches de suivi hebdomadaire de la morbidité et des pratiques alimentaires ont été remplies, à partir de l'âge de 6 mois jusqu'à l'âge de 10 mois, par deux enquêtrices de manière à pouvoir suivre, d'une part, les épisodes diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës, les fièvres et autres maladies tout le long de l'étude et, d'autre part, la nature des consommations alimentaires de la semaine.

**Tableau 1:** Composition en ingrédients et en nutriments des bouillies expérimentales et traditionnelles.

	Bouillies expérimentales	Bouillies traditionnelles <sup>1</sup>
<b>Composition en ingrédients (g/100 g de matière brute)</b>		
Mil	49,0	
Soja	18,0	
Malt de sorgho	8,7	
Sucre	10,3	
Arachide	6,2	
Pulpe de <i>nééré</i>	6,0	
Sel iodé	0,67	
Carbonate de calcium	0,67	
Complément minéral et vitaminique	0,41	
<b>Composition en nutriments (/100 g de matière sèche)</b>		
Protéines (g)	16,8	6,6 ± 2,1
Lipides (g)	9,9	3,0 ± 0,8
Energie (kcal)	435	410 ± 4
Fer (mg)	25,5	7,2 ± 2,1
Zinc (mg)	6,1	1,8 ± 1,1
Calcium (mg)	396	185 ± 105
Phosphore (mg)	348	213 ± 37
Vitamine A (µg ER <sup>2</sup> )	193	1,4 ± 0,9

<sup>1</sup> Moyenne ± écart-type obtenue sur 7 bouillies différentes. - <sup>2</sup> Equivalent rétinol.

### Mesures anthropométriques

Les mesures anthropométriques ont été prises chez chaque enfant à l'âge de 6 et 10 mois. Les enfants ont été pesés à l'aide d'un pèse-personne selon la méthode de la double pesée et leur taille mesurée en position couchée à l'aide d'un infantomètre (Holtain limited, Crymych, Royaume-Uni) avec une précision de 0,1 cm. Les indices anthropométriques taille-âge et poids-taille ont été exprimés en Z-scores de la population de référence (NCHS/OMS) à l'aide du logiciel Epi-Info 6.04d (CDC, Atlanta).

### Prélèvements sanguins et dosage des concentrations en hémoglobine et en rétinol sérique

Les prélèvements sanguins ont été effectués simultanément aux mesures anthropométriques à l'âge de 6 et 10 mois. Le dosage de l'hémoglobine a été effectué en triple par la méthode colorimétrique à la cyanmethémoglobine (Sigma Diagnostic CSC Europe, n°525). La détermination de la concentration en rétinol sérique a été faite en double par la chromatographie liquide à haute performance selon une méthode adaptée de celle de Sapin et al.<sup>12</sup>.

### Evaluation des ingérés alimentaires des enfants

Les observations et mesures relatives aux ingérés alimentaires ont été réalisées à domicile chez chaque enfant à l'âge de 7, 8, 9 et 10, ce qui représente un total de 172 observations dans chaque groupe. Elles ont été effectuées par 4 enquêtrices qui

arrivaient au domicile des enfants une heure avant la prise de la première bouillie et y restaient jusqu'au coucher des enfants. Chaque repas de lait maternel ou d'aliments de complément et chaque boisson ont été mentionnés sur une fiche récapitulative des repas de la journée. Pour le lait maternel, les données relevées ont porté sur la fréquence et la durée des tétées. Les quantités consommées ont été évaluées pour les boissons, les repas de bouillie et d'autres aliments de complément, en pesant avant et après consommation les récipients et en tenant compte des pertes éventuelles. Pour chaque repas d'aliments de complément, deux prélèvements ont été effectués pour la détermination en double de la teneur en matière sèche par dessiccation à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Selon le type d'aliments, un échantillon moyen a été constitué ou une liste précise des ingrédients et des proportions de ces ingrédients a été réalisée pour estimer leur teneur en nutriments et leur contenu énergétique soit, par analyse chimique, soit en consultant des tables de composition<sup>13,14</sup>. Au cours de chaque journée d'observation, les enfants ont été pesés en début de journée afin d'exprimer les ingérés par kg de poids corporel.

### **Analyse statistique des données**

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics, Inc., Etats-Unis). La normalité des données quantitatives a été étudiée en utilisant la combinaison de plusieurs tests de normalité (tests d'adéquation du Chi<sup>2</sup>, de Shapiro-Wilks et de Kolmogorov-Smirnov). Les données qui ne sont pas distribuées suivant la loi normale sont présentées en médiane, 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles. Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour mettre en évidence les liens existants entre les variables quantitatives et déterminer les variables d'ajustement. Le test t, le test t pour échantillons appariés, les tests de Mann Whitney et de Wilcoxon ont été utilisés pour comparer les données quantitatives. Le test du Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour étudier l'existence de relations entre deux variables qualitatives. Le modèle linéaire général (GLM) a été utilisé pour ajuster les différences entre les 2 groupes. Pour toutes les comparaisons, le seuil de signification statistique a été fixé à 0,05.

## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **Caractéristiques des enfants à l'âge de 6 mois**

Les principales caractéristiques des enfants (tableau 2) ont été comparées à l'âge de 6 mois et aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes à l'exception du poids qui était significativement plus élevé dans le groupe d'intervention. La forte prévalence de l'anémie et les taux de rétinolémie faible (<0,70µmol/l) montrent que les carences en fer et en vitamine A chez les enfants dès l'âge de 6 mois sont des problèmes sérieux de santé publique dans le village de Ouaregou.

### **Episodes morbides et consommation de lait maternel**

Entre 6 et 10 mois, les pourcentages de jours avec infections respiratoires aiguës et maladies de la peau ont été significativement ( $p=0,002$  et  $p=0,001$ , respectivement) plus élevés dans le groupe témoin que dans le groupe d'intervention (tableau 3). Le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës a été retenu comme facteur de confusion potentiel pouvant influencer négativement sur la croissance des enfants. La fréquence des tétées a été significativement ( $p=0,001$ ) moins élevée dans le groupe témoin (tableau 3). La consommation des bouillies améliorées au moins 2 fois par jour n'entraînerait donc pas une réduction de la fréquence des tétées et a même tendance à l'augmenter. Toutefois, aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes en ce qui concerne la durée totale des tétées

**Tableau 2:** Caractéristiques des deux groupes d'enfants à l'âge de 24 semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
<b>Genre<sup>1</sup></b>	<i>n</i> =43	<i>n</i> =43	
Garçons	58,1 (25)	44,2 (19)	0,28
Filles	41,9 (18)	55,8 (24)	
<b>Anthropométrie</b>	<i>n</i> =43	<i>n</i> =43	
Age <sup>2</sup> (mois)	5,95 (5,82 – 6,08)	5,91 (5,82 – 6,01)	0,42
Poids <sup>3</sup> (kg)	7,00 ± 0,93	6,60 ± 0,58	0,02
Taille <sup>3</sup> (cm)	64,27 ± 2,24	63,49 ± 1,89	0,08
Taille pour âge <sup>3</sup> (z-score)	-1,01 ± 0,76	-1,18 ± 0,68	0,28
Poids pour taille <sup>3</sup> (z-score)	0,19 ± 0,76	0,01 ± 0,64	0,28
<b>Anémie</b>			
Taux d'hémoglobine <sup>2</sup> (g/l)	<i>n</i> =42 100,1 (79,2 – 109,5)	<i>n</i> =43 99,4 (81,9 – 106,5)	0,84
Prévalence d'anémie <sup>1</sup>			
< 110 g/l	76,2 (32)	86,0 (37)	0,25
≥ 110 g/l	23,8 (10)	14,0 (6)	
<b>Statut en vitamine A</b>			
Rétinol sérique <sup>2</sup> (µmol/l)	<i>n</i> =42 0,59 (0,48 – 0,75)	<i>n</i> =42 0,52 (0,39 – 0,66)	0,20
Rétinolémie <sup>1</sup>			
< 0,70 µmol/l	71,4 (30)	76,2 (32)	0,62
≥ 0,70 µmol/l	28,6 (12)	23,8 (10)	
<b>Morbidité au cours de la semaine précédant l'étude<sup>2</sup></b>			
	<i>n</i> =43	<i>n</i> =43	
Diarrhée	0,0 (0,0 – 0,0)	0,0 (0,0 – 0,0)	0,29
Infections respiratoires aiguës	0,0 (0,0 – 42,9)	0,0 (0,0 – 57,1)	0,13
Fièvre	0,0 (0,0 – 14,3)	0,0 (0,0 – 28,6)	0,07
Anorexie	0,0 (0,0 – 42,9)	0,0 (0,0 – 57,1)	0,13
Toutes maladies confondues	0,0 (0,0 – 14,3)	10,7 (0,0 – 25,0)	0,07

<sup>1</sup>% (effectif) - <sup>2</sup>Médiane (25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles) - <sup>3</sup>Moyenne ± écart-type.

**Tableau 3:** Evolution de la morbidité et de la fréquence et durée des tétées entre 6 et 10 mois.

	Groupe d'intervention ( <i>n</i> =43)	Groupe témoin ( <i>n</i> =43)	Niveau de signification
<b>Morbidité (% de jours malade)<sup>a</sup></b>			
Diarrhée	2,7 (1,8 – 3,6)	2,7 (0,0 – 5,4)	0,92
Fièvre	8,9 (5,4 – 13,3)	8,9 (7,1 – 13,4)	0,69
Infections respiratoires aiguës	18,8 (10,7 – 25,0)	25,0 (18,8 – 29,5)	0,002
Maladies de la peau	0,0 (0,0 – 0,0)	0,0 (0,0 – 2,7)	0,001
Vomissements	3,6 (1,0 – 6,3)	4,5 (0,9 – 7,1)	0,39
Anorexie	2,7 (0,9 – 5,4)	3,6 (1,8 – 6,3)	0,43
<b>Fréquence et durées de tétées<sup>a</sup></b>			
Fréquence (nombre/jour)	14,0 (10,5 – 15,5)	10,8 (9,8 – 12,5)	0,001
Durée par tétée (min/tétée)	4,0 (3,3 – 4,4)	4,4 (3,7 – 5,0)	0,09
Durée totale (min/jour)	54,4 (37,3 – 62,7)	45,2 (34,8 – 55,9)	0,14

*n*: nombre d'enfants - <sup>a</sup>médiane (25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles).

### Principales caractéristiques des bouillies

Les bouillies améliorées et traditionnelles ont été distribuées à des températures ( $43,6 \pm 7,3$  vs  $41,7 \pm 7,6^\circ\text{C}$ ) et à des consistances ( $109 \pm 7$  vs  $125 \pm 5$  mm/30 s) comparables. Par ailleurs, la densité énergétique moyenne des bouillies améliorées était de 2,7 fois plus élevée que celle des bouillies traditionnelles ( $106,1 \pm 11,2$  vs  $38,6 \pm 11,8$  kcal/100 g;  $p < 10^{-10}$ ).

### Evaluation des ingérés énergétiques entre 6 et 10 mois

Aucune différence n'a été observée entre les ingérés de bouillies ramenés au kg de poids corporel (ingérés par repas et ingérés journaliers) mesurés à l'âge de 7, 8, 9 et 10 mois dans chacun des 2 groupes. Les résultats présentés pour les ingérés journaliers correspondent donc aux valeurs moyennes des 4 périodes. Les quantités médianes de bouillies traditionnelles consommées par repas ont été significativement plus élevées que celles des bouillies améliorées (5,9 vs 3,6 g/kg/repas;  $p < 0,01$ ). En revanche, la consommation des bouillies améliorées, de haute densité en énergie et en nutriments, a permis d'augmenter de 63% les ingérés énergétiques à partir des bouillies (3,9 vs 2,4 kcal/kg/repas;  $p < 0,01$ ) par rapport à ceux obtenus avec les bouillies traditionnelles. Toutefois, les quantités de bouillies consommées dans les 2 groupes restent bien inférieures à la capacité gastrique théorique des nourrissons. L'ingéré énergétique journalier (IEJ) à partir des bouillies améliorées a été significativement plus élevé que celui à partir des bouillies traditionnelles (tableau 4). Aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes au niveau des IEJ à partir des autres aliments de complément. Les bouillies améliorées représentaient plus de 80% des IEJ totaux. *A contrario*, dans le groupe témoin, ce sont les autres aliments de complément qui fournissaient l'essentiel de l'énergie ingérée dans la journée autre que celle provenant du lait maternel. Toutefois, les quantités de bouillie consommée étant faibles, la contribution des bouillies améliorées et traditionnelles à la couverture des besoins énergétiques journaliers (77 kcal/kg/jour chez les enfants de 6 à 10 mois<sup>15</sup>) reste faible (14% vs 4%, respectivement pour les bouillies améliorées et les bouillies traditionnelles). Les consommations alimentaires (à l'exception du lait maternel) observées pendant 12 h n'ont permis de couvrir que seulement 16 et 9% des besoins énergétiques journaliers, respectivement, dans le groupe d'intervention et dans le groupe témoin.

**Tableau 4:** Ingérés énergétiques journaliers à partir des bouillies et des autres aliments de complément (moyenne des valeurs à 7, 8, 9 et 10 mois).

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
A partir des bouillies (kcal/kg/jour)	<i>n</i> =43 8,8 (4,7 – 15,4)	<i>n</i> =29 2,5 (1,3 – 3,9)	< 0,00001
A partir des autres aliments de complément (kcal/kg/jour)	<i>n</i> =16 4,8 (2,0 – 8,3)	<i>n</i> =28 7,5 (4,2 – 10,8)	0,09
Totaux (kcal/kg/jour)	<i>n</i> =43 10,5 (6,4 – 16,8)	<i>n</i> =36 5,6 (2,9 – 9,2)	0,003

Médiane (25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles) - *n*: nombre d'enfants.

### Variation des caractéristiques anthropométriques entre 6 et 10 mois

L'évolution des caractéristiques anthropométriques entre 6 et 10 mois est présentée dans le tableau 5. Des corrélations significatives ont été observées entre la taille finale

et les facteurs de confusion potentiels (poids initial:  $r = +0,67$ ,  $p < 10^{-5}$ ; taille initiale:  $r = +0,86$ ,  $p < 10^{-5}$ ; pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës:  $r = -0,21$ ;  $p = 0,049$ ). Des associations ont également été observées entre le poids final et le poids initial ( $r = +0,82$ ;  $p < 10^{-5}$ ), la taille initiale ( $r = +0,74$ ;  $p < 10^{-5}$ ) et le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës ( $r = -0,20$ ;  $p = 0,05$ ). Le gain de poids a été significativement plus élevé dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin. Cette différence entre les 2 groupes disparaît après ajustement sur les facteurs de confusion potentiels (poids initial, taille initiale et pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës). Cette conclusion est similaire à celle de Moursi et al<sup>7</sup> qui n'avaient également observé aucune différence de poids entre 2 groupes d'enfants congolais, l'un consommant des bouillies de haute densité énergétique, et l'autre des bouillies de faible densité énergétique. En revanche, la croissance moyenne en taille des enfants du groupe d'intervention a été significativement plus importante que celle des enfants du groupe témoin ( $+0,45$ ;  $p < 10^{-4}$ ). L'ajustement sur les facteurs de confusion ne modifie pas ces résultats. Par ailleurs, la baisse significative des valeurs des z-scores taille-âge et poids-taille observée dans le groupe témoin témoigne d'une dégradation entre 6 et 10 mois de l'état nutritionnel des enfants ne bénéficiant pas de bouillies améliorées.

**Tableau 5:** Evolution des caractéristiques anthropométriques entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention (n=43)	Groupe témoin (n=43)	Différence (IC 95%) <sup>1</sup>	Niveau de signification
<b>Poids (kg)</b>				
T0 <sup>2</sup>	7,00 ± 0,93	6,60 ± 0,58	+0,39 (0,06 – 0,73)	0,02
T4 <sup>2</sup>	7,84 ± 1,06	7,20 ± 0,78	+0,63 (0,23 – 1,04)	< 0,001
T0-T4 <sup>2</sup>	+0,84 ± 0,63	+0,60 ± 0,47	+0,24 (0,00 – 0,48)	0,049
T4 ajusté <sup>3</sup>	7,75 ± 0,14	7,27 ± 0,10	+0,46 (0,12 – 0,80)	0,009
T0-T4 ajusté <sup>3</sup>	+0,75 ± 0,03	+0,68 ± 0,03	+0,07 (-0,02 – 0,16)	0,14
<b>Taille (cm)</b>				
T0 <sup>2</sup>	64,27 ± 2,24	63,49 ± 1,89	+0,78 (-0,11 – 1,67)	0,08
T4 <sup>2</sup>	70,07 ± 2,20	68,03 ± 2,38	+2,03 (1,05 – 3,02)	< 0,0001
T0-T4 <sup>2</sup>	+5,80 ± 1,12	+4,54 ± 1,13	+1,25 (0,77 – 1,73)	< 0,000001
T4 ajusté <sup>3</sup>	69,58 ± 0,36	68,52 ± 0,29	1,06 (0,14 – 1,97)	0,024
T0-T4 ajusté <sup>3</sup>	+5,31 ± 0,06	+5,03 ± 0,05	+0,27 (0,11 – 0,43)	0,0009
<b>Taille pour âge (z score)</b>				
T0 <sup>2</sup>	-1,01 ± 0,76 <sup>a</sup>	-1,18 ± 0,68 <sup>a</sup>	+0,17 (-0,14 – 0,48)	0,28
T4 <sup>2</sup>	-0,89 ± 0,70 <sup>a</sup>	-1,51 ± 0,91 <sup>b</sup>	+0,62 (0,27 – 0,97)	< 0,001
T4 ajusté <sup>3</sup>	-1,06 ± 0,12	-1,33 ± 0,10	+0,27 (-0,04 – 0,58)	0,086
<b>Poids pour taille (z score)</b>				
T0 <sup>2</sup>	0,19 ± 0,76 <sup>a</sup>	0,01 ± 0,64 <sup>a</sup>	+0,18 (-0,12 – 0,49)	0,23
T4 <sup>2</sup>	-0,86 ± 0,91 <sup>b</sup>	-0,88 ± 0,91 <sup>b</sup>	+0,03 (-0,37 – 0,42)	0,90
T4 ajusté <sup>3</sup>	-0,79 ± 0,09	-0,99 ± 0,06	+0,20 (-0,02 – 0,41)	0,068

n: nombre d'enfants - <sup>1</sup>Intervalle de confiance à 95% - <sup>2</sup>Moyenne ± écart-type. - <sup>3</sup>Variable ajustée sur la taille et le poids à 24 semaines et sur le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës: moyenne ± erreur-type.

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives (Taille-âge:  $p < 10^{-5}$ ; Poids-taille:  $p < 10^{-7}$ ; test t pour échantillons appariés).

### Variation de la concentration en hémoglobine entre 6 et 10 mois

Le tableau 6 présente l'évolution des concentrations en hémoglobine ainsi que de la prévalence de l'anémie à 6 et 10 mois. A 10 mois, la concentration en hémoglobine était significativement plus élevée dans le groupe d'intervention que le groupe témoin ( $p < 0,0001$ ). Entre 6 et 10 mois, la concentration en hémoglobine a significativement augmenté dans le groupe d'intervention ( $p = 0,016$ ) tandis qu'elle a significativement baissé dans le groupe témoin ( $p = 0,04$ ). Aucune corrélation n'a été observée entre les concentrations finale et initiale en hémoglobine. L'augmentation de la concentration en hémoglobine dans le groupe d'intervention indique donc que l'une des causes de l'anémie chez les nourrissons de cette étude est d'origine nutritionnelle notamment par carence en fer. Par ailleurs, la prévalence d'anémie a significativement davantage augmenté dans le groupe témoin après 4 mois, que dans le groupe d'intervention au niveau duquel il n'y a pas eu de variation ( $p < 0,001$ ). Mais, les faibles quantités de bouillies améliorées consommées n'ont pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en fer suffisants pour réduire la prévalence de l'anémie dans le groupe d'intervention. Par ailleurs, Chez les enfants anémiques à 6 mois du groupe d'intervention, la concentration en hémoglobine a significativement davantage augmenté que chez les non-anémiques ( $p < 0,0001$ ). Au niveau du groupe témoin, la concentration en hémoglobine a, au contraire, significativement plus baissé chez les enfants non-anémiques que chez les anémiques ( $p = 0,003$ ). Cependant, la variation de la concentration en hémoglobine est comparable chez les enfants non-anémiques des 2 groupes.

**Tableau 6:** Evolution des concentrations en hémoglobine et de la prévalence de l'anémie entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
<b>Taux d'hémoglobine (g/l)</b>	<i>n</i> =42	<i>n</i> =43	
T0 <sup>1</sup>	100,1 (79,2 – 109,5) <sup>a</sup>	99,4 (81,9 – 106,5) <sup>a1</sup>	0,84
T4 <sup>1</sup>	101,7 (95,4 – 109,4) <sup>b</sup>	93,3 (75,8 – 98,2) <sup>b1</sup>	< 0,0001
T0-T4 <sup>2</sup>	+8,22 ± 18,94	-5,74 ± 21,50	< 0,001
<b>Prévalence de l'anémie<sup>3</sup></b>			
T0			
THB < 110 g/l (anémique)	76 (32)	86 (37)	0,25
THB ≥ 110 g/l	24 (10)	14 (6)	
T4			
THB < 110 g/l (anémique)	76 (32)	100 (43)	< 0,001*
THB ≥ 110 g/l	24 (10)		
<b>Variation du THB selon le statut initial (g/l)<sup>2</sup></b>			
T0-T4 (anémique)	<i>n</i> =32	<i>n</i> =37	
	+14,19 ± 16,77 <sup>a</sup>	-3,89 ± 22,61 <sup>a</sup>	0,0004
T0-T4	<i>n</i> =10	<i>n</i> =6	
	-10,88 ± 11,54 <sup>b</sup>	-17,10 ± 4,74 <sup>b</sup>	0,23

*n*: nombre d'enfants - THB: taux d'hémoglobine - <sup>1</sup> médiane (25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles) - <sup>2</sup> Moyenne ± écart-type % (effectif).

\* Test exact de Fisher.

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives ( $p < 0,05$ : test de Wilcoxon;  $p < 0,01$ : test t).

### Variation de la concentration en rétinol sérique entre 6 et 10 mois

La concentration sérique en rétinol a considérablement augmenté dans les 2 groupes entre 6 et 10 mois (tableau 7). Toutefois, la différence observée entre les 2 groupes n'est pas significative. Des résultats similaires avaient été observés par Ake et al<sup>16</sup> au cours d'une étude comparant 2 régimes administrés, avec ou sans supplémentation en vitamine A, à des enfants malnutris. Ces auteurs signalent en revanche, un retour plus rapide aux teneurs sériques normales chez les enfants traités. L'augmentation moyenne de la concentration sérique en rétinol n'était pas différente entre les deux groupes mais, elle était toutefois légèrement plus élevée dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin (+0,50±0,73 vs +0,46±0,49 µmol/l). Par ailleurs, aucune corrélation n'a été notée entre la concentration finale en rétinol sérique et, d'une part, les facteurs de confusion potentiels (pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës et concentration initiale en rétinol sérique), et d'autre part, le facteur médiateur potentiel (apports en vitamine A). Le faible niveau d'ingéré des bouillies améliorées n'a pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en VA suffisants pour avoir un impact sur le statut en vitamine A des enfants. La prévalence de rétinolémie faible (<0,70 µmol) a considérablement et significativement diminué entre 6 et 10 mois, mais la différence n'est pas significative entre les 2 groupes. La proportion d'enfants ayant une rétinolémie < 0,70 µmol/l a significativement baissé entre 6 et 10 mois dans les 2 groupes. Chez les enfants des 2 groupes accusant une rétinolémie faible, la concentration sérique en rétinol a significativement augmenté par rapport aux enfants ayant une rétinolémie normale. En revanche, l'augmentation moyenne de la teneur sérique chez ces enfants est légèrement plus élevée dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin (0,67±0,77 vs 0,59±0,35 µmol/l).

**Tableau 7:** Evolution des concentrations sériques en rétinol et de la prévalence de rétinolémie faible entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
<b>Rétinol sérique<sup>1</sup> (µmol/l)</b>			
T0	n=42 0,59 (0,48 – 0,75) <sup>a</sup>	n=42 0,52 (0,39 – 0,66) <sup>a</sup>	0,20
T4	n=40 0,91 (0,72 – 1,30) <sup>b</sup>	n=39 1,03 (0,86 – 1,29) <sup>b</sup>	0,33
T0-T4	n=40 +0,33 (0,09 – 0,73)	n=38 +0,43 (0,25 – 0,80)	0,38
<b>Rétinolémie<sup>2</sup></b>			
T0 < 0,70 µmol/l (faible)	71 (30)	76 (32)	0,62
≥ 0,70 µmol/l (normale)	29 (12)	24 (10)	
T4 < 0,70 µmol/l (faible)	17 (7)	13 (5)	0,56
≥ 0,70 µmol/l (normale)	83 (33)	87 (34)	
<b>Variation de la CRS selon la rétinolémie initiale<sup>1</sup> (µmol/l)</b>			
T0-T4 (faible)	n=28 +0,54 (0,20 – 0,90) <sup>a</sup>	n=28 +0,63 (0,36 – 0,87) <sup>a</sup>	0,63
T0-T4 (normale)	n=12 +0,09 (0,00 – 0,33) <sup>b</sup>	n=10 +0,19 (-0,10 – 0,35) <sup>b</sup>	

n: nombre d'enfants - CRS: concentration en rétinol sérique - <sup>1</sup>médiane (25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles) % (effectif).

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives (p < 0,00001: tests de Wilcoxon et de Mann Whitney).

## CONCLUSION

La consommation de bouillies de haute densité en énergie et enrichies en micronutriments préparées par incorporation de farine de sorgho germé et de complément minéral et vitaminique a permis une amélioration très significative des ingérés énergétiques par rapport aux bouillies traditionnelles. Par ailleurs, elle s'est révélée efficace pour améliorer, d'une part, la croissance en taille et, d'autre part, le statut en fer des jeunes enfants. Cependant, les niveaux d'ingérés des bouillies n'ont pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en vitamine A suffisants pour avoir un impact sur le statut en vitamine A. Compte tenu du faible niveau de consommation des bouillies et de la faible fréquence de consommation d'autres aliments de complément, il serait envisageable d'augmenter la densité du complément minéral et vitaminique dans les farines infantiles et la fréquence de consommation des bouillies (au moins 3 fois/jour). La mise en œuvre de ces solutions permettrait d'espérer (i) atteindre des niveaux de couverture des besoins énergétiques journaliers acceptables, (ii) une réduction significative de la prévalence de l'anémie et, (iii) avoir un impact positif sur le statut en vitamine A des enfants. La mise au point de farines infantiles fortifiées en micronutriments par les technologues alimentaires, produites localement et disponibles à faible coût, combiné à une campagne d'éducation nutritionnelle des mères élaborée et mise en œuvre par les nutritionnistes, devrait contribuer à l'amélioration de l'état nutritionnel et à la prévention des carences en micronutriments chez les jeunes enfants Burkinabè.

## RÉFÉRENCES

1. Dewey KG, Peerson MJ, Heinig MJ, et al. Growth patterns of breast-fed infants in affluent (United States) and poor (Peru) communities: implications for timing of complementary feeding. *Am J Clin Nutr* 1992;56:1012-8.
2. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO/NUT/98.1, 1998.
3. EDS. Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso 1999. Maryland, USA: Macro International Inc., 2000.
4. Sanchez-Grinan MI, Person J, 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.
5. Den Besten L, Glatthaar II, IJsselmuiden CB. Adding alpha-amylase to weaning food to increase dietary intake in children. A randomised controlled trial. *J Trop Pediatr* 1998;44:4-9.
6. Vieu MC, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. *Int J Food Sci Nutr* 2001;52:213-8.
7. Moursi M, Mbemba M, Trèche S. Does the consumption of amylase-containing gruels impact on energy intake and growth of Congolese infants? *Public Health Nutr* 2003;6(3):249-57.
8. Berger J, Dillon JC. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. *Cah Santé* 2002;12(3):22-30.
9. Berner LA, Clydesdale FM, Douglass JS. Fortification contributed greatly to vitamin and mineral intakes in the United States, 1989-1991. *J Nutr* 2001;131:2177-83.

10. Walker T, Olivares M, Hertrampf E. Field trials food fortification with iron: the experience of Chile. In: Lonnerdal D, ed. Iron metabolism in infants. Boca Raton: CRC Press, 1990:127-55.
11. Solon FS, Klemm RDW, Sanchez L, et al. Efficacy of a vitamin A-fortified wheat-flour bun on the vitamin A status of Filipino schoolchildren. *Am J Clin Nutr* 2000;72:738-44.
12. Sapin V, Alexandre MC, Chaïb S, et al. Effect of vitamin A status at the end of term pregnancy on the saturation of retinol binding protein with retinol. *Am J Clin Nutr* 2000;71:537-43.
13. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, et al. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. *Int J Food Sci Nutr* 1996;47:455-68.
14. Souci SW, Fachman W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. 5<sup>th</sup> ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publisher, CRC Press, 1994.
15. Dewey KG, Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. *Food Nutr Bull* 2003;24(1):5-28.
16. Ake M, Poby AG, Malan KA, et al. Effets de la supplémentation en vitamine A sur les marqueurs de la nutrition dans la prise en charge de la malnutrition de l'enfant. *Ann Biol Clin* 2001;59(4):417-21.

**Remerciements:** *Aux mères et aux enfants ayant participé à l'étude et à toute la population du village de Ouarégou.*

