
Université de Montréal

La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation
d'enfants nigériens se reflète sur leur croissance

par

Ann Tarini

Département de Nutrition

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M. Sc.)
en nutrition

Mars 1998

© Ann Tarini, 1998



QU
145
US8
1998
V.005

Université de Montréal

Dr.
Ann Tamin
Département de Nutrition
Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M. Sc.)
en nutrition



Mars 1998
© Ann Tamin, 1998

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :
La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation
d'enfants nigériens se reflète sur leur croissance

présenté par :
Ann Tarini

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

*Marielle Ledoux
Néline Desrosiers
Guy Laroche Ferland*

Mémoire accepté le : 02.06.1998

SOMMAIRE

Les retards de croissance, la carence en vitamine A et l'anémie sont des problèmes majeurs au Niger. De plus, on soupçonne une forte prévalence de carence en zinc. Toutefois, il y a peu de données sur les apports nutritionnels des jeunes enfants de cette région. Le but de la présente étude longitudinale est d'estimer le risque d'apports inadéquats en énergie et en certains nutriments critiques chez des enfants d'âge préscolaire entièrement sevrés de la région de Ouallam au Niger.

Les apports ont été mesurés par pesée des aliments sur trois jours à un an d'intervalle chez 60 enfants âgés de deux à quatre ans, pendant la saison des pluies, puis chez trente de ceux-ci à la fin de la saison sèche subséquente. Tous les ingrédients crus entrant dans la composition des plats familiaux ainsi que les plats une fois cuits étaient pesés. Pour cerner la consommation de l'enfant, on comptait le nombre de poignées (bouchées) prises par l'enfant et pesait trois de celles-ci. Les aliments pris hors domicile et en dehors des repas étaient estimés par un rappel auprès des mères. Les apports en énergie, en protéines, en vitamine A, en fer et en zinc, ont été calculés à partir des données les plus récentes sur la composition des aliments. L'adéquation des besoins a été estimée par l'approche probabiliste (Beaton, 1985; 1994) et à partir de valeurs seuil correspondant grossièrement aux besoins moyens pour le groupe d'âge et de sexe. Un score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA) et un score de diversité alimentaire (SDA) ont été développés. La relation entre les apports nutritionnels, les scores et les indices anthropométriques a été examinée.

Les résultats de l'étude montrent que les enfants ont une alimentation monotone contenant de très faibles quantités de denrées animales, de matières grasses, de fruits et de légumes autres que les feuilles vertes. Les céréales

fournissaient environ 80 à 90% des apports en énergie, en protéines, en fer et en zinc. Les feuilles vertes étaient la principale source de vitamine A. Les apports en énergie, en protéines, en vitamine A et en zinc étaient inadéquats, et ce, de façon plus marquée en saison des pluies sauf pour la vitamine A. La presque totalité des enfants était à risque de carence en zinc tandis que les apports en fer semblaient suffisants pour la majorité des enfants. De faibles scores de qualité et de diversité étaient généralement liés à une plus faible couverture des besoins nutritionnels. Les apports en énergie, en protéines et en zinc étaient significativement corrélés avec le statut anthropométrique, particulièrement les cotes-Z de poids-pour-taille, ainsi qu'avec le SQNA. Même si les deux scores de qualité alimentaire montraient une association positive avec les indices de poids et de taille, cette association était significative seulement entre le SQNA et l'indice de poids-pour-taille. Nos résultats montrent que le SDA et le SQNA sont pertinents, toutefois, la diversité alimentaire pourrait montrer un meilleur lien avec le statut anthropométrique si les apports en énergie étaient moins limitant.

Comme les inadéquations nutritionnelles multiples sont fréquentes chez les jeunes enfants des pays en développement, des scores de qualité nutritionnelle globale pourraient être des indicateurs plus appropriés que les apports en nutriments spécifiques. Toutefois, plus d'études sont nécessaires pour développer et valider des scores qui reflètent la qualité nutritionnelle des différents modèles alimentaires africains.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire	i
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations	vii
Introduction	viii
Chapitre 1-Revue de la littérature	1
1. LA MALNUTRITION ET LES CARENCES SPÉCIFIQUES EN MICRONUTRIMENTS CHEZ LES ENFANTS DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT	1
1.1 <i>Prévalence de la malnutrition et des carences en micronutriments.</i>	1
1.2 <i>Conséquences des carences en micronutriments</i>	2
1.3 <i>Principaux facteurs étiologiques</i>	3
2. CONSOMMATION ALIMENTAIRE ET APPORTS NUTRITIFS D'ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE AFRICAINS	6
2.1 <i>Habitudes alimentaires</i>	6
2.2 <i>Les apports et leur fluctuation dans le temps</i>	9
2.3 <i>Mesure de la consommation alimentaire.</i>	13
2.4 <i>Estimation des apports nutritionnels</i>	18
2.5 <i>Détermination des besoins nutritionnels individuels et apports nutritionnels recommandés</i>	20
2.6 <i>Évaluation des risques d'insuffisance</i>	24
2.6.1 <i>Comparaison des apports aux ANR</i>	25
2.6.2 <i>Estimation de l'adéquation des apports par l'approche probabiliste</i>	25
2.7 <i>Évaluation de la qualité globale de l'alimentation.</i>	27
3. INFLUENCES NUTRITIONNELLES SUR LA CROISSANCE	30
3.1 <i>Évaluation de la croissance</i>	30
3.1.1 <i>Les indices anthropométriques</i>	31
3.1.2 <i>Valeurs de référence.</i>	32
3.2 <i>Malnutrition globale et croissance</i>	33
3.3 <i>Les carences en micronutriments spécifiques et leur influence sur la croissance</i> ..	34
3.3.1 <i>Vitamine A et croissance</i>	34
3.3.2 <i>Fer et croissance</i>	35
3.3.3 <i>Zinc et croissance</i>	36
Chapitre 2-Problématique, hypothèses et objectifs de l'étude	38
1. PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE	38
2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE.....	38
3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	39
Chapitre 3-Méthodologie.....	40
1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	40
1.1 <i>Présentation du Niger et du site de l'étude</i>	40
1.2 <i>Projet de recherche dans lequel s'inscrit l'étude.</i>	42
2. POPULATION ET ÉCHANTILLON DE L'ÉTUDE	44

3. ÉVALUATION DES APPORTS PAR LA PESÉE DES ALIMENTS.....	45
3.1 <i>Composition des plats</i>	45
3.2 <i>Consommation alimentaire de l'enfant</i>	47
3.3 <i>Consommation alimentaire de l'enfant hors domicile</i>	47
4. MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES.....	48
5. CONDUITE DES ENQUÊTES SUR LE TERRAIN.....	49
5.1 <i>Recrutement et formation des enquêtrices</i>	49
5.2 <i>Déroulement des enquêtes</i>	50
6. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES.....	51
6.1 <i>Données alimentaires</i>	51
6.1.1 <i>Détermination des apports en nutriments</i>	52
6.1.2 <i>Couverture des besoins</i>	53
6.1.3 <i>Risque d'apports inadéquats</i>	55
6.1.4 <i>Scores de qualité alimentaire</i>	56
6.2 <i>Données anthropométriques</i>	58
Chapitre 4-Article.....	59
Chapitre 5- Résultats et discussion complémentaires.....	89
1. VARIATION DES APPORTS NUTRITIONNELS DANS LE TEMPS ET IMPLICATIONS POUR L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	89
1.1 <i>Variation des apports nutritionnels selon la saison</i>	89
1.2 <i>Variations des apports quotidiens</i>	89
2. COMPARAISON DES RÉSULTATS AUX TRAVAUX ANTÉRIEURS.....	92
2.1 <i>Habitudes alimentaires</i>	92
2.2 <i>Apports nutritionnels</i>	95
2.3 <i>Qualité globale de l'alimentation</i>	101
2.4 <i>Influences nutritionnelles sur la croissance</i>	102
3. LIMITES DE L'ÉTUDE.....	104
3.1 <i>Méthode d'évaluation de la consommation</i>	104
3.2 <i>Estimation des apports nutritionnels et de leur adéquation</i>	106
3.3 <i>Scores de qualité des rations</i>	107
3.4 <i>Modifications de la méthode</i>	109
3.5 <i>Influence des déterminants non alimentaires du statut anthropométrique</i>	110
Conclusion.....	111
Bibliographie.....	113
Annexe I-Fiches d'enquête utilisées au premier et au deuxième passage.....	x
Annexe II-Fiches d'enquête du troisième passage (1996).....	xiii
Annexe III-Table de composition des aliments.....	xvi
Annexe IV-Besoins nutritionnels quotidiens utilisés dans l'étude Niger.....	xxi
Annexe V-Valeurs estimées de la distribution des besoins alimentaires.....	xxii

LISTE DES TABLEAUX

Article

Tableau 1 : Apports nutritifs par rapport aux besoins	80
Tableau 2 : Qualité nutritionnelle et diversité alimentaire.....	81
Tableau 3 :Relation entre diversité alimentaire et niveau d'apport nutritif.....	82
Tableau 4 : Statut anthropométrique des enfants.....	83
Tableau 5 : Relation entre le pourcentage de couverture des besoins nutritifs et le statut anthropométrique	84

Résultat et discussion complémentaire

Tableau I : Variation intra-individuelle et interindividuelle	92
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cadre conceptuel des causes de la malnutrition.....	4
Figure 2 : Distribution des besoins et approche probabiliste du risque d'apports insuffisants.....	27

Article

Figure 1 : Fréquence de consommation de différentes catégories d'aliments..	79
Figure 2 : Indices de poids et de taille selon la qualité et la diversité des rations .	85

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ER : équivalents-rétinol

FAO : Organisation pour l'agriculture et l'alimentation

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RBP : Rétinol binding protein

SDA : Score de diversité alimentaire

SMIAR : Système Mondial d'Information et d'Alerte Rapide sur l'Alimentation et
l'Agriculture

SQNA : Score de qualité nutritionnelle de l'alimentation

UNICEF : Fond des Nations Unies pour l'enfance

UNU : Université des Nations Unies

Introduction

La malnutrition est un problème important qui met en péril la survie et la santé de millions d'enfants dans le monde. Dans les pays en développement, la malnutrition chronique sévit chez 42% des enfants de moins de 5 ans alors que la malnutrition aiguë en affecte environ 6% (Unicef, 1998). On estime que près de deux milliards d'individus dans le monde sont anémiques, un plus grand nombre encore carencés en fer. La carence en vitamine A touche plus de 100 millions d'enfants d'âge préscolaire. Elle est probablement aussi très répandue dans de nombreux pays chez les femmes en âge de procréer. Il n'y a pas de données sur la prévalence de la carence en zinc, car il n'existe pas de méthode fiable pour déterminer à l'échelle d'une population le statut sur le plan du zinc. Il est cependant probable que cette carence constitue un problème de santé publique dans les régions où sévit une malnutrition généralisée ; et elle est maintenant reconnue comme telle dans de nombreux pays (UNICEF, 1998).

Chez les jeunes, la malnutrition est assimilée aux troubles de la croissance. Toutefois, les études examinant le lien entre les apports nutritionnels et la croissance s'intéressent habituellement à un seul nutriment à la fois. La supplémentation en un seul nutriment a parfois montré un effet positif sur la croissance linéaire, parfois un effet positif sur le gain de poids et parfois aucun effet (Allen, 1994). Une des raisons qui pourrait expliquer ces résultats inconstants, est la forte probabilité que la croissance soit limitée par plusieurs carences nutritionnelles simultanément dans les populations étudiées.

Comme la coexistence de multiples carences nutritionnelles est fréquente chez les enfants des pays en développement et étant donné les interactions entre les nutriments, l'utilisation d'indices de qualité nutritionnelle globale semble plus pertinente que l'évaluation des apports en un nutriment spécifique. Les scores alimentaires apparaissent particulièrement intéressants

puisqu'ils captent facilement et rapidement l'ensemble de l'alimentation. D'ailleurs, les interventions devraient tenter d'améliorer l'alimentation de façon globale au lieu de s'attaquer à une seule carence spécifique pour avoir un meilleur impact sur l'état nutritionnel et la santé.

Ce travail qui se propose d'évaluer l'adéquation des apports en énergie, en protéines, en fer, en vitamine A et en zinc des enfants d'âge préscolaire d'une région rurale au Niger ainsi que de développer des indices de qualité alimentaire, est présenté en cinq chapitres. Le premier expose l'état des connaissances sur la malnutrition et certaines carences en micronutriments spécifiques, sur la consommation alimentaire et les apports nutritionnels des enfants africains, ainsi que sur l'influence nutritionnelle sur la croissance. Le second chapitre introduit la problématique, les hypothèses et les objectifs de cette étude alors que le troisième présente le contexte et la méthodologie. Le quatrième est constitué d'un article présentant l'essentiel des résultats des analyses alors que le cinquième aborde la discussion complémentaire des résultats comprenant une comparaison des résultats avec les études antérieures et les principales limites de l'étude. Une brève conclusion termine cet ouvrage.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. La malnutrition et les carences spécifiques en micronutriments chez les enfants des pays en développement.

1.1 Prévalence de la malnutrition et des carences en micronutriments.

Chez les jeunes enfants, la malnutrition est synonyme de troubles de la croissance, les enfants malnourris étant plus petits et plus légers que ne le voudrait leur âge (UNICEF, 1998). Dans les pays en développement, le retard de croissance linéaire associé à la malnutrition chronique sévit chez 42% des enfants de moins de 5 ans, alors que l'émaciation associée à la malnutrition aiguë en affecte environ 6% (UNICEF, 1998).

Les carences en fer, en vitamine A, en iode et en zinc sont très répandues. En effet, la carence en fer touche entre 40% et 50% des enfants de moins de 5 ans des pays en développement (UNICEF, 1998), alors que la carence en vitamine A menace la santé de plus de 250 millions d'enfants d'âge préscolaire dans ces pays (Underwood et Arthur, 1996). Le goitre affecte 655 millions de personnes dans le monde (Hetzl et Pandav, 1996). D'autres carences en micronutriments, dont le zinc, sont probablement répandues dans plusieurs pays en développement. Cependant, il n'y a pas de statistiques sur la prévalence de la carence en zinc à cause de l'absence de méthodes sensibles, spécifiques et pratiques pour identifier les carences modérées (Sandstead, 1991).

En Afrique sub-saharienne, 41% et 7% des enfants d'âge préscolaire souffrent de malnutrition chronique et de malnutrition aiguë, respectivement (UNICEF, 1997). On évalue à 206 millions le nombre de personnes anémiques ou souffrant d'une carence en fer sur le continent africain et à 18 millions le

nombre de personnes à risque d'avoir une carence en vitamine A, la xérophtalmie affectant 1,3 millions de ces personnes (World Bank, 1994). En Afrique centrale et de l'Ouest, 34 millions de personnes ont un goitre et plus de 88 millions sont menacées par la carence en iode (World Bank, 1994). De très faibles apports en zinc biodisponible associés à un risque élevé de carence ont été observés chez des enfants d'âge préscolaire au Malawi, au Ghana et au Kenya (Ferguson et al, 1993b ; Murphy et al, 1992).

1.2 Conséquences des carences en micronutriments

Dans cette section, un bref rappel des principales conséquences des carences en vitamine A, en fer et en zinc, fait à partir de revues de la littérature récentes, est présenté.

La carence en vitamine A est la principale cause de lésions oculaires évitables chez les enfants des pays en développement et contribue significativement aux infections sévères et aux décès provoqués particulièrement par la diarrhée et la rougeole. Cette carence augmente également la vulnérabilité à d'autres maladies telles que l'anémie chez les femmes et les enfants, elle accroît le risque de complications durant la grossesse et l'allaitement et elle contribue aux retards de croissance chez les enfants (Underwood et Arthur, 1996)

La cécité nocturne est un des signes précoces de la carence en vitamine A. L'invasion bactérienne et l'ulcération de la cornée (xérophtalmie) sont des symptômes de déficience plus profonde. Lorsque l'altération devient irréversible et résulte en une perforation de la cornée, on appelle cette lésion la kératomalacie. Une grave déficience en vitamine A peut également se manifester par une modification de l'apparence et des fonctions de la peau, des poumons et des muqueuses intestinales (Olson, 1994).

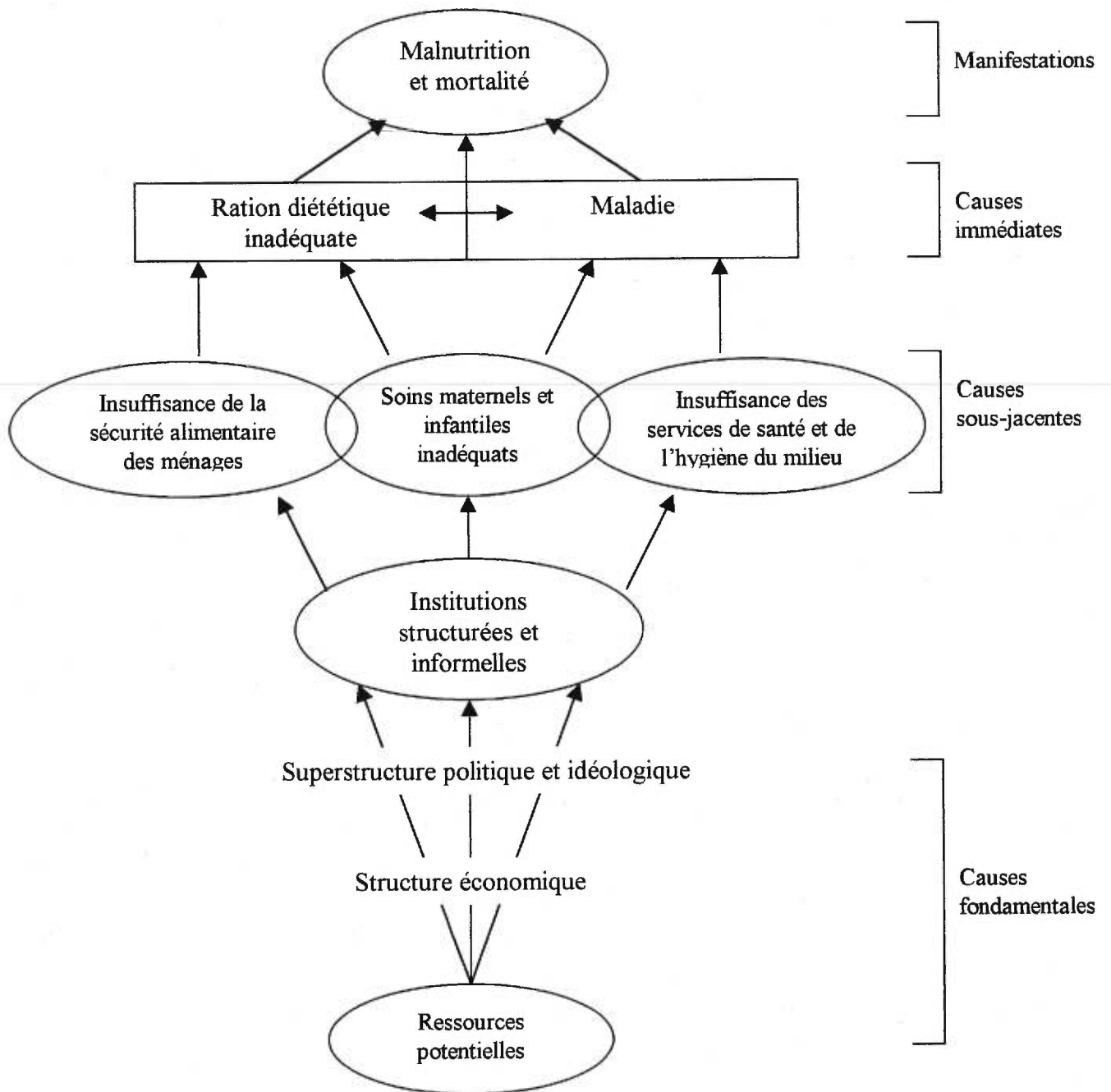
L'anémie est la conséquence la plus importante de la carence en fer. La personne anémique présente une microcytose, ainsi qu'une faible concentration en hémoglobine (Fairbanks, 1994). Les principaux signes d'anémie sont la pâleur des muqueuses buccales (langue, intérieur des lèvres), la fatigue et l'essoufflement. L'anémie ferriprive abaisse le pouvoir immunitaire et diminue les capacités physiques et mentales des populations. Durant la grossesse, elle augmente le risque d'avoir un enfant prématuré ou de petit poids de naissance (Hercberg et al, 1987). De plus, l'anémie est une cause importante de mortalité maternelle car elle augmente le risque d'hémorragie et d'infection lors de l'accouchement. Les enfants nés de mères anémiées présentent souvent eux-mêmes de l'anémie, ainsi qu'une insuffisance pondérale (UNICEF, 1998). Chez les jeunes enfants, la déficience en fer est associée à des troubles de comportement et à une diminution des capacités cognitives (Lozoff et al, 1991 ; Idjiradinata et Pollitt, 1993).

Il n'existe pas de signes cliniques spécifiques d'une carence modérée en zinc (Sandstead, 1991). Cependant, la carence en zinc contribue aux troubles de la croissance chez les enfants malnutris et les rend plus sensibles aux infections. Une carence importante entraîne des diarrhées, des lésions cutanées, la perte d'appétit, la chute des cheveux, une léthargie mentale et elle retarde le développement sexuel chez les garçons (Prasad, 1996 ; UNICEF, 1998).

1.3 Principaux facteurs étiologiques

La malnutrition est causée par une multitude de facteurs. Il existe plusieurs modèles qui tentent d'illustrer ces causes. Un des modèles conceptuels les plus connus est celui de l'UNICEF (Figure 1). Il démontre bien la hiérarchie des causes.

Figure 1 : Cadre conceptuel des causes de la malnutrition



Source : UNICEF

Habituellement, le principal indicateur utilisé pour évaluer l'état nutritionnel global est le défaut de croissance. Les principaux facteurs externes qui influencent la croissance sont : l'alimentation de l'enfant, les infections et l'interaction mère-enfant, qui dépend en partie du niveau socio-économique et éducationnel de la famille (Waterlow, 1994).

Les études épidémiologiques suggèrent que le ralentissement de la croissance survient généralement entre 6 et 18 mois (Allen et Uauy, 1994). On suppose qu'avant cet âge, l'allaitement maternel protège l'enfant des retards de croissance en lui procurant les nutriments nécessaires, des immunoglobulines et des facteurs de croissance. Pendant le sevrage, la consommation de l'enfant peut être limitée soit par la consistance non appropriée des aliments, soit par un nombre insuffisant de prises alimentaires. La présence d'infections peut aussi réduire l'appétit de façon importante (Lunn et Northrop-Clewes, 1993 ; Waterlow, 1994).

Au-delà de la quantité, il y a la qualité de l'alimentation de sevrage qui pose aussi problème (Allen, 1994). En effet, les enfants qui présentent des retards de croissance ont habituellement un poids-pour-taille normal et ils ingèrent des quantités suffisantes de nourriture. Dans le cas contraire, les apports en plusieurs nutriments sont aussi insuffisants (Waterlow, 1994). Plusieurs études ont d'ailleurs montré un lien entre les apports en micronutriments et la croissance (Angeles, 1993 ; Dirren et al, 1994 ; Penland et al, 1997 ; Muhilal et al, 1988).

Les infections ou infestations, symptomatiques ou non, contribuent aussi aux retards de croissance. L'altération de la muqueuse gastro-intestinale, qui diminue l'absorption de certains micronutriments et augmente la perméabilité aux antigènes et aux bactéries ainsi que la libération de cytokines durant les

infections, conduit à une perte accrue de nutriments (Lunn et Northrop-Clewes, 1993 ; Waterlow, 1994). Selon Solomons et al. (1993), même en l'absence d'infections décelables, l'environnement insalubre dans lequel vivent les enfants des pays en développement stimulerait de façon continue le système immunitaire et pourrait détourner les nutriments de leur rôle physiologique nécessaire à la croissance pour les diriger vers les fonctions de défense et de catabolisme. Ceci pourrait expliquer, en partie, l'incapacité à corriger entièrement les retards de croissance par la supplémentation chez les enfants des pays en développement.

La privation psychosociale chez un enfant peut également nuire à la croissance. L'interaction entre la mère et l'enfant joue un rôle important, entre autres au niveau de l'appétit (Waterlow, 1992 ; 1994). Selon Longhurst et Tomkins (1995), les soins donnés aux enfants sont trop souvent négligés dans les interventions en nutrition. Les actions de soins comprennent entre autres la détection des états morbides chez l'enfant, la détermination du moment où il doit être supplémente, la stimulation du langage et autres capacités cognitives, ainsi que le support émotionnel (Longhurst et Tomkins, 1995).

2. Consommation alimentaire et apports nutritifs d'enfants d'âge préscolaire africains.

2.1 Habitudes alimentaires

La description des habitudes alimentaires d'une population permet de faire le lien avec le risque d'apports inadéquats en nutriments. Les modèles alimentaires varient selon l'ethnie, la zone géographique et la saison. La section qui suit tente de résumer les habitudes alimentaires des populations sédentaires d'Afrique telles que décrites dans différentes sources (Ferguson et al, 1992 ; van Liere et al, 1995 ; Dop, 1997 ; Hudson, 1995 ; Tanner et Lukmanji, 1987 ; Neumann et Harrison, 1994 ; FAO/SMIAR, 1998).

Dans la plupart des zones rurales, deux repas sont habituellement préparés : un en mi-journée et un en soirée. Cependant, les ménages les plus pauvres ont parfois de la difficulté à assurer ces deux repas particulièrement en période de soudure.

Les repas familiaux en Afrique sont habituellement constitués d'un aliment de base et d'aliments complémentaires mélangés à l'aliment de base ou servis sous forme de sauce. Les aliments de base sont soit des céréales (mil, sorgho, riz, maïs...), soit des féculents (racines, tubercules, plantain). Les céréales sont consommées en plus grande quantité par les populations des zones désertiques et les racines et tubercules sont plutôt consommées dans les zones forestières. Ces aliments sont la principale source énergétique et protéique des individus. Par exemple, au Ghana et au Malawi, les aliments de base fournissent 52% à 60% de l'apport énergétique (Ferguson et al, 1992), tandis qu'au Niger les céréales contribuent à plus de 80% des calories chez les sédentaires en milieu rural (FAO/SMIAR, 1998). Dans une étude faite au Bénin par van Liere et al. (1995), les céréales, les racines et les tubercules fournissaient 88% de l'apport énergétique et 82% à 85% de l'apport protéique des enfants âgés de 2 à 5 ans.

Les modèles de consommation varient de façon importante d'une saison à l'autre. Au Bénin par exemple, les céréales contribuaient pour environ 80% de l'énergie en avril, saison intermédiaire entre les récoltes et la période de soudure, alors qu'elles ne fournissaient que 67% en août, période précédant les récoltes (van Liere et al. 1995). Au Mali, les aliments de base consommés d'octobre à décembre sont surtout le mil, le sorgho et le riz, alors qu'en période de soudure (juillet à septembre), l'alimentation est surtout composée de maïs, de fonio et de niébé (FAO/SMIAR, 1998).

Les sauces permettent d'avoir un peu de variété dans l'alimentation. Elles peuvent être à base de feuilles vertes, de légumes (gombo, tomate, oignon...), de légumineuses, de poisson et peuvent contenir de la viande ou du poulet à l'occasion. La composition de la sauce est beaucoup plus influencée par les saisons et le niveau socio-économique que la quantité de l'aliment de base. Par exemple, en Tanzanie, Tanner et Lukmanji (1987) ont observé que la sauce ne contenait que très rarement du poisson en période de soudure (février) alors que le poisson était inclus quotidiennement dans la sauce durant la période suivant les récoltes (août). Les légumes de la sauce variaient aussi. Les feuilles vertes étaient consommées en février et ensuite remplacées par des légumineuses en août. De façon générale, la saison semble influencer les modèles alimentaires de deux façons : elle modifie la variété d'aliments disponibles et elle a une influence sur le temps dont les paysans disposent pour la cueillette et la pêche.

Les denrées animales sont souvent peu consommées par les populations rurales sédentaires (Neumann et Harrison, 1994 ; FAO/SMIAR, 1998). Par exemple, en Gambie, le cheptel est rarement pour la consommation, les animaux étant considérés sous un angle de sécurité plutôt que sous celui de nourriture potentielle alors qu'au Niger, la viande, le poisson et les œufs restent des aliments festifs occasionnels (FAO/SMIAR, 1998). Dans leur étude faite au Ghana et au Malawi, Ferguson et al. (1992) ont trouvé que les produits animaux fournissaient de 3% à 7% de l'apport énergétique annuel des enfants d'âge préscolaire. Au nord-ouest du Bénin, van Liere et al. (1995) ont évalué à seulement 1% à 2% l'énergie qui était fournie aux enfants de deux à 5 ans par les denrées animales.

Les fruits sont surtout consommés entre les repas et la consommation dépend fortement de la saison. Par exemple, au Malawi, Ferguson et al. (1992) ont observé que pratiquement tous les enfants (98%) consommaient des

mangues durant la période de récolte (qui correspond à la période de soudure des céréales), alors qu'en période d'abondance de céréales aucun n'en consommait, la saison des mangues étant passée et les fruits n'étant pas transformés pour la conservation.

2.2 Les apports et leur fluctuation dans le temps.

Les apports en énergie et en nutriments des enfants africains n'ont été estimés que par quelques auteurs. Les apports quotidiens sont exprimés en moyenne annuelle (estimée par 2 ou plusieurs mesures durant l'année) ou par saison. Les études montrent que les apports en énergie sont généralement insuffisants chez une grande partie des enfants des zones rurales d'Afrique et que ces insuffisances sont plus ou moins importantes selon la saison. Ferguson et al. (1993b), ont trouvé des apports annuels moyens en énergie de 5419 kJ et 4698 kJ chez des enfants d'âge préscolaire de zones rurales du Malawi et du Ghana respectivement. Quatre-vingt-quatre pour cent des enfants du Malawi et 93% des enfants du Ghana n'atteignaient pas les apports recommandés pour l'énergie. Lors de l'étude « Food Intake and Human Function », qui s'est déroulée dans trois pays (Mexique, Égypte et Kenya), les apports en énergie d'enfants kenyans âgés de 18 à 30 mois ont été estimés à 847 Kcal/j (3550 kJ) (Beaton et al. 1992) et le taux de couverture moyen des besoins à 75% (Neumann et Harrison, 1994). Dans une autre étude, toujours au Kenya, les apports en énergie de 41 enfants âgés de 18 à 36 mois couvraient de 82% à 89% des apports recommandés en énergie (Kigutha, 1995). En Tanzanie, Tanner et Lukmanji (1987) ont mesuré les apports en énergie des enfants de six mois à trois ans. Ils ont trouvé que les apports étaient passablement faibles et ne couvraient que 49% à 67% des apports recommandés, en période de soudure et en période post-récolte respectivement. Dans l'étude faite au Bénin par van Liere et al. (1995), les apports énergétiques des enfants variaient de façon inverse aux apports des adultes en couvrant 71% des besoins à la fin de la saison sèche et 79% à la fin de la saison des pluies (période pré-récolte).

Dans ces mêmes études, les apports en protéines ont également été évalués. Il semble que les apports en protéines chez ces enfants soient moins problématiques que les apports en énergie. En effet, la prévalence d'apports inadéquats en protéines était estimée à seulement 2,2%, 0% et 2% chez les enfants des études faites au Kenya (Beaton et al, 1992), au Malawi et au Ghana (Ferguson et al. 1993b). Chez les enfants kenyans de l'étude de Kigutha et al. (1995), les apports moyens en protéines couvraient plus de 90% des apports recommandés. De plus, van Liere et al. (1995) ont observé des apports en protéines qui couvraient de 163% à 186% des besoins en moyenne. En Tanzanie toutefois, les apports variaient énormément et passaient de 15g à 31g d'une saison à l'autre, donnant une couverture moyenne de 56% et 111% des ANR pendant la période de soudure et la période post-récolte respectivement (Tanner et Lukmanji, 1987). Il est vrai néanmoins que si les apports énergétiques sont insuffisants, une partie des protéines est dérivée pour combler les besoins en énergie.

Comme le fer alimentaire des enfants africains provient essentiellement des végétaux, la biodisponibilité est faible. Cette faible biodisponibilité augmente donc le risque d'apports insuffisants. Par exemple, chez les enfants de l'étude faite au Kenya par Murphy et al. (1992), les apports en fer étaient estimés à $7,02 \pm 1,84$ mg par jour alors que la prévalence d'apports inadéquats (par rapport aux besoins de base) était estimée à 36,2%, le pourcentage de fer biodisponible étant de 8,7% seulement. Toujours au Kenya, les apports en fer des enfants de l'étude de Kigutha (1995) couvraient 86% des besoins après avoir été ajustés pour la biodisponibilité. L'étude faite en Tanzanie par Tanner et Lukmanji (1987), montre des apports en fer de 9,6 mg par jour en période de soudure et de 6,0 mg en période post-récolte. La couverture moyenne des besoins passait de 96% à 60% d'une saison à l'autre. Dans l'étude de Ferguson et al. (1993b), les apports en fer étaient légèrement plus élevés au Malawi ($13,1 \pm 2,8$ mg par jour) qu'au Ghana ($11,6 \pm 2,4$ mg par jour).

raffinées et que celle des enfants ghanéens est à base de féculents et de céréales fermentées, la quantité de phytates dans l'alimentation était de trois à quatre fois plus élevée au Malawi qu'au Ghana. Même si le risque d'apports inadéquats en fer n'a pas été calculé, on peut s'attendre à ce qu'il soit plus important au Malawi, malgré des apports plus élevés.

Les apports en zinc des enfants ont été évalués au Malawi, au Ghana et au Kenya (Ferguson et al, 1993b ; Murphy et al, 1992). Comme l'absorption du zinc est fortement affectée par le contenu en phytates de la ration, le ratio molaire phytates/zinc a été calculé pour les trois pays afin d'estimer la biodisponibilité du zinc. Comme il avait été observé pour le fer, les apports en zinc étaient plus élevés au Malawi ($7,4 \pm 1,9$ mg par jour) qu'au Ghana ($5,1 \pm 1,1$ mg par jour). Toutefois, comme le ratio phytates/Zn était plus élevé au Malawi (25 ± 4) qu'au Ghana (12 ± 2), la quantité de zinc biodisponible était beaucoup plus faible au Malawi. La prévalence d'apports inadéquats était très élevée chez les enfants des deux pays, mais elle était plus importante au Malawi (94%) qu'au Ghana (72%). De faibles apports en zinc (3,7 mg par jour), un ratio molaire phytates/Zn élevé et une prévalence d'apports inadéquats estimée à 90% ont été observés chez les enfants de l'étude de Murphy et al. (1992) au Kenya. Afin d'avoir une idée plus juste du risque réel de carence, les auteurs de ces études ont analysé la composition en zinc des aliments consommés pour lesquels il n'y avait pas de valeur disponible dans la littérature. Ces études confirment que les enfants des régions rurales d'Afrique dont l'alimentation est à base de céréales non-raffinées et contenant donc des quantités importantes de phytates sont particulièrement à risque d'une carence en zinc (Sanstead, 1991).

Les apports en vitamine A ont été évalués chez les enfants en Tanzanie par Tanner et Lukmanji, (1987). Ils ont observé de grandes variations dans les apports, ceux-ci passant de 826 ± 1194 équivalents-rétinol (ER) par jour en période de soudure à 161 ± 112 ER par jour en période post-récolte. La couverture moyenne des besoins passait de 20% à 103% selon la saison. Les

apports en vitamine A ainsi que la prévalence d'apports inadéquats ont aussi été estimés chez les enfants kenyans par Calloway et al. (1993). L'apport moyen était de 370 ± 228 ER par jour et la prévalence d'apports inadéquats de 12,3 %. Chez les enfants de l'étude de Kigutha et al. (1995) au Kenya, les apports en vitamine A variaient de 366 ± 225 ER à 481 ± 323 ER selon la saison et couvraient plus de 90% des apports à chacune des saisons. Dans une étude conduite auprès d'enfants d'âge préscolaire au Niger, les médianes d'apports en vitamine A étaient de 302 ER et de 283 ER en saison des pluies deux années de suite (Bakari, 1997)¹. Le pourcentage médian de couverture des besoins en vitamine A était de 87% et de 74%. Soixante-cinq pour cent et 71% des enfants avaient un apport inférieur à l'apport de sécurité au passage 1 et au passage 2 alors que 42% et 45% des enfants étaient considérés à risque élevé de carence en vitamine A (apport $< 250 \mu\text{g ER/j}$). Coutoudis et al. (1992) ont observé des apports en vitamine A beaucoup plus élevés chez 203 enfants âgés de six mois à six ans en Afrique du Sud. La moyenne des apports était de 915 ± 572 ER et la médiane de 743 ER. Seulement 19 enfants avaient des apports inférieurs aux apports nutritionnels recommandés. Le foie était la principale source de vitamine A et contribuait à 26% de l'apport total.

Il y a peu d'études comparant les apports en nutriments d'enfants à différentes saisons, en dehors de celles de Tanner et Lukmanji (1987) en Tanzanie et de Kigutha et al. (1995) au Kenya. En Tanzanie, les apports en énergie et protéines plus élevés en saison post-récolte qu'en période de soudure sont attribués par les auteurs à une grande disponibilité en céréales et au fait que les gens ont plus de temps pour aller à la pêche. De plus, la charge de travail des mères à cette saison étant moins grande, elles ont plus de temps à consacrer à leurs enfants. Les apports en vitamine A et en fer variaient inversement aux apports en énergie et étaient plus élevés en période de soudure qu'en saison post-récolte. La plus forte consommation de feuilles

¹ L'échantillon de notre étude est un sous-échantillon de cette étude

vertes pendant les pluies (période de soudure) expliquerait cette différence. La variation était très marquante pour la vitamine A (40%) étant donné que les feuilles vertes sont une des principales sources de cette vitamine. Au Kenya, Kigutha et al. (1995) ont observé que les apports en calcium, en vitamine A, en thiamine et en riboflavine d'enfants d'âge préscolaire étaient significativement plus élevés à la période post-récolte qu'à la période de soudure antérieure. Une diminution de la disponibilité en légumes verts qui sont la principale source de vitamine A chez ces enfants peut expliquer les plus faibles apports en cette vitamine à la période de soudure, alors qu'une diminution de la consommation de légumineuses peut expliquer les apports plus faibles en calcium, thiamine, et riboflavine à cette période. Aucune différence significative, n'a cependant été rapportée pour les apports en énergie, en protéines, en lipides, en fer et en niacine. En Gambie, Bates et al. (1994) ont examiné les variations saisonnières des apports de femmes enceintes et allaitantes. Ils ont trouvé que les apports en vitamine C étaient plus élevés durant la période des mangues (avril, mai et juin) et montrait également une légère augmentation durant le mois de décembre lorsque les oranges sont disponibles. Les apports en provitamine A augmentaient à partir de février, certaines familles consommant de l'huile de palme rouge durant les mois de février à avril, pour atteindre leur pic à la période des mangues (avril à juin) et ensuite chuter de façon importante à partir d'octobre, période où les arachides remplacent les feuilles vertes dans la sauce. Ces études montrent que les variations saisonnières peuvent être importantes. Cependant, les apports varient de façon différente d'une région géographique à l'autre et même d'une ethnie à l'autre.

2.3 Mesure de la consommation alimentaire.

L'évaluation de la consommation alimentaire est un exercice difficile spécialement chez les jeunes enfants. Les enfants d'âge préscolaire consomment habituellement de petites quantités à intervalles fréquents et leur consommation peut varier considérablement d'un jour à l'autre. Comme ils ne

peuvent rapporter eux-mêmes leur consommation, des rappels doivent être faits auprès des parents ou du gardien de l'enfant. L'exactitude des rappels obtenus par un intermédiaire n'est pas toujours garantie et elle est particulièrement difficile à atteindre lorsque l'enfant est sous la supervision de plusieurs personnes (Thompson et al, 1994).

Deux catégories de méthodes sont utilisées pour évaluer la consommation alimentaire des enfants. Les premières sont les méthodes indirectes ou rétrospectives se basant sur le rappel auprès des parents ou gardiens, incluant le rappel de 24 heures et le questionnaire de fréquence de consommation, les secondes étant les méthodes d'observation directe sur une période plus ou moins longue, telles que la pesée et l'observation par des enquêteurs des aliments consommés (Thompson et al, 1994).

Les rappels auprès des parents sont souvent utilisés, car ils ont l'avantage d'être faciles, rapides, peu coûteux, et non exigeants en termes de collaboration des participants (Bingham et Nelson, 1991 ; Witschi, 1990). Cette technique est intéressante pour les pays en développement car elle n'exige pas un haut niveau de scolarisation de la part des répondants contrairement au journal par exemple (Bingham et Nelson, 1991). Par contre, elle dépend fortement de la mémoire et de l'aptitude à communiquer du sujet, ainsi que des habiletés de l'interviewer (Witschi, 1990). En effet, les personnes interviewées peuvent être tentées de donner la " bonne " réponse au lieu de donner leur consommation réelle (Feinberg, 1991). Dans les pays en développement, le rappel est sujet à des erreurs liées à l'absence de standardisation des mesures locales utilisées pour estimer les quantités consommées (Cassidy, 1994). De plus, l'estimation de la consommation individuelle est très difficile lorsque les commensaux mangent à un plat commun (Dop, 1997), ce qui est souvent le cas en Afrique.

Des études de validation du rappel de 24 h au moyen de la pesée d'aliments, dans les pays en développement, rapportent parfois une surestimation des apports alimentaires (Olinto et al, 1995) et parfois une sous-estimation (Ferguson et al. 1989b ; 1994). Dans l'étude d'Olinto et al. (1995) au Brésil, la surestimation était plus marquée chez les enfants malnourris. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les mères de ces enfants, conscientes de la précarité de l'état nutritionnel de leurs enfants, exagèrent la consommation de ceux-ci. Dans une étude conduite auprès d'enfants d'âge préscolaire d'une communauté rurale du Kenya, les apports estimés par des rappels de 24 h multiples se sont avérés comparables à ceux d'une enquête par pesée de trois jours (Kigutha, 1997). Selon l'auteur, des études utilisant plusieurs rappels de 24 h peuvent procurer une information fiable si elles sont bien planifiées et si elles tiennent compte des unités de mesure et des habitudes alimentaires locales, particulièrement dans les communautés où les gens ont une alimentation monotone.

La pesée reste plus précise que les méthodes faisant appel à la mémoire et elle est souvent utilisée comme méthode de référence pour la validation des méthodes indirectes. Elle comporte néanmoins des limites importantes. Tout d'abord, comme dans les pays en développement les parents sont souvent analphabètes, ils ne peuvent pas mesurer eux-mêmes la consommation de leur enfant ; il est donc nécessaire de former des enquêteurs de terrain pour effectuer les pesées ou observer la consommation. Le recours à des enquêteurs rend la technique plus coûteuse et envahissante (Thompson et al, 1994). En outre, elle peut entraîner une modification des comportements alimentaires au cours de l'enquête, soit pour simplifier le processus de la pesée ou pour plaire à l'enquêteur (Witschi, 1990). Dans une étude faite chez des jeunes enfants au Sénégal, Dop et al. (1994) ont observé une diminution des apports entre le premier et le cinquième jour de pesée. Ils attribuent cette diminution à la méthode qui était peut-être trop exigeante pour les participants.

Selon Cassidy (1994), l'effet de lassitude aurait pu être diminué si les enquêteurs avaient tenté de rendre la collecte de données plus agréable voire même amusante pour les participants. L'omission ou l'évaluation inadéquate des aliments pris hors du foyer contribuent également à l'erreur dans l'estimation des apports par la pesée (Witschi, 1990).

Il est encore plus difficile de conduire des enquêtes par pesée en Afrique, étant donné les habitudes de consommation alimentaire. Par exemple, lorsque les repas sont consommés en groupe dans un bol commun, il devient pratiquement impossible d'estimer la consommation alimentaire d'un seul individu par la pesée sans perturber les habitudes de consommation (Dop et al, 1997 ; Hudson et al, 1995). La plupart des chercheurs utilisant la pesée comme outil de mesure se voient obligés d'isoler l'enfant de son groupe de consommation (Ferguson et al, 1989b ; 1994 ; Tanner et Lukmanji, 1987 ; van Liere et al, 1995) ou d'utiliser une méthode estimant la distribution entre les commensaux partageant un même plat (Hudson et al, 1995). Mesurer fidèlement les apports d'enfants africains reste un exercice très difficile qui demanderait le développement et la validation de nouvelles méthodes, comme le souligne Dop (1994 ; 1997).

Le type de plats consommés pose également problème. En effet, dans plusieurs pays africains, le plat principal est généralement composé d'un aliment de base auquel on ajoute une sauce sans la mélanger. Cependant, lors des enquêtes par pesée, les chercheurs doivent supposer que les enfants consomment l'aliment de base et la sauce dans des proportions fixes comme si tous les ingrédients étaient mélangés de façon uniforme (Hudson, 1995 ; Dop et al, 1997). Cette présupposition peut être une source importante d'erreur. Dop et al. (1997) ont tenté d'examiner ce problème en mesurant la consommation d'enfants âgés de 10 à 18 mois par différentes techniques : l'analyse de portions aliquotes (APA), une technique de pesée incluant la mesure précise de

chaque ingrédient (P-PI), une technique de pesée utilisant des recettes moyennes (P-RM) et une technique de pesée modifiée où l'on notait les aliments consommés et pesait l'enfant avant et après le repas (PM). Ils ont trouvé que les pesées d'ingrédients ou de recette moyennes (P-PI et P-RM) surestimaient la consommation de légumes et de poisson (ingrédients contenus dans la sauce) et sous-estimaient la consommation de riz comparativement aux APA et PM. L'erreur au niveau de l'apport en énergie, glucides et lipides était acceptable, mais une très grande surestimation était observée au niveau des apports en protéines.

Un autre aspect à considérer est la variation saisonnière des apports alimentaires. Cette variation est particulièrement marquée dans les régions où il n'y a qu'une saison des pluies par année, où l'économie monétaire est peu importante et où les moyens de transport sont très limités (Bates et al, 1994). Afin de cerner les variations saisonnières, l'évaluation de la consommation peut se faire à plusieurs reprises durant l'année. Par exemple, certains auteurs ont estimé les apports à deux périodes en essayant de saisir la période où les apports énergétiques sont le plus susceptibles d'être faibles et la période où la nourriture est la plus abondante (Tanner et Lukmanji, 1987 ; Ferguson et al, 1993b). Les apports sont ensuite exprimés soit par saison (Tanner et Lukmanji, 1987), soit en moyenne annuelle (Ferguson et al, 1993b). Cette méthode donne déjà une idée plus précise du risque d'apports inadéquats en énergie et nutriments au cours d'une année. Cependant, comme les apports en nutriments ne suivent pas nécessairement le même profil de fluctuation que les apports en énergie, comme c'est le cas pour la vitamine A (Bates et al, 1994), cette technique ne permet pas d'estimer de façon très satisfaisante les apports de ces nutriments.

Certains auteurs ont pris des mesures plus fréquentes durant l'année (Bates et al, 1994 ; Murphy et al, 1992). Par exemple, dans l'étude faite par

Murphy et al. (1992), la consommation alimentaire des enfants était mesurée tous les mois sur une période d'au moins un an. Les apports étaient exprimés en moyenne annuelle à partir de laquelle le risque d'apports inadéquats était estimé. Cette technique permet d'avoir une évaluation plus précise du risque d'apports inadéquats en nutriments, mais elle est certainement plus coûteuse que les méthodes estimant la consommation à deux reprises seulement.

2.4 Estimation des apports nutritionnels

Afin d'estimer les apports en énergie et nutriments, il faut convertir l'information sur la consommation alimentaire en apports nutritifs. Pour ce faire, on utilise généralement des tables de composition. Plusieurs limites sont associées à l'utilisation de ces tables, telles que les erreurs liées à la variation biologique des aliments, à la codification, à l'identification des aliments et aux méthodes d'analyse de la composition (Feinberg, 1991).

Les variétés génétiques, le degré de maturité ainsi que les différences culturelles influencent grandement la composition des végétaux (West et van Staveren, 1991 ; Feinberg, 1991 ; Wischi, 1990). L'utilisation de valeurs moyennes des tables de composition est donc une cause d'erreur pouvant être importante, mais difficilement mesurable et inévitable.

Des erreurs lors de la codification et de la saisie des données sur la consommation peuvent également survenir. Ces risques peuvent être limités en évitant les calculs manuels et en prévoyant des mécanismes de vérification (West et van Staveren, 1991 ; Feinberg, 1991 ; Wischi, 1990). Un autre aspect problématique lors de la codification est la désignation des aliments. Parfois, même si l'identification proposée dans les tables et celle utilisée par les enquêteurs est la même, elle ne correspond pas toujours au même produit. De plus, il arrive assez fréquemment qu'on utilise des équivalents entre aliments

similaires de façon très arbitraire (West et van Staveren, 1991 ; Feinberg, 1991).

Même dans une situation où la désignation correspond au même produit alimentaire, les valeurs qu'on peut trouver dans les différentes tables varient de façon importante. Une des raisons qui explique les différences observées d'une table à l'autre est l'utilisation de méthodes d'échantillonnage et d'analyse différentes. La précision des méthodes d'analyse utilisées pour établir les teneurs en nutriments des aliments est souvent insuffisante ou mal connue. En effet, lors d'études inter-laboratoires, de très grands coefficients de variation ont été observés (West et van Staveren, 1991 ; Feinberg, 1991). Le choix d'utiliser l'une ou l'autre des tables peut influencer grandement les résultats.

En 1983 une conférence a été organisée par l'Université des Nations Unies pour pallier aux limites des tables de composition. Des efforts sont actuellement faits pour établir un réseau international de données sur les aliments (INFOODS) comprenant un système international commun de codification descriptive des aliments et des lignes directrices permettant de standardiser les méthodes d'analyses (West et van Staveren, 1991 ; Scrimshaw, 1997 ; Lupien, 1997). Un répertoire des bases de données et des tables de composition internationales est actuellement disponible sur Internet ([http : //www.crop.cri.nz/foodinfo/infoods/infoods.htm](http://www.crop.cri.nz/foodinfo/infoods/infoods.htm)) (Scrimshaw, 1997). Ce système pourrait résoudre une partie des problèmes posés par les tables de composition. Cependant, l'établissement d'un tel système et de telles normes nécessite beaucoup de temps.

2.5 Détermination des besoins nutritionnels individuels et apports nutritionnels recommandés

Au moins 40 pays ont leurs propres apports nutritionnels recommandés (ANR), les autres pays utilisant habituellement les recommandations des agences internationales FAO/OMS ou des États-Unis (Truswell, 1987). Les apports recommandés diffèrent d'un pays à l'autre selon la définition et l'utilisation prévue, les subdivisions des groupes en fonction de l'âge, du sexe et de l'état physiologique, les critères utilisés pour définir l'adéquation nutritionnelle et les différents aliments disponibles et préférés dans chaque pays (Truswell, 1983). En théorie, les ANR sont toujours situés à l'extrême droite de la distribution des besoins d'un nutriment particulier pour des individus en santé (Truswell, 1987).

Les apports nutritionnels recommandés habituellement utilisés dans les pays en développement sont ceux proposés par les comités mixtes d'experts FAO/OMS/UNU (1986) et FAO/OMS (1989). Toutefois, certains auteurs ont utilisé les ANR canadiens pour évaluer l'adéquation des apports en zinc d'enfants au Ghana et au Malawi (Ferguson et al, 1992), alors que d'autres ont utilisé les apports recommandés américains pour évaluer l'adéquation des apports en protéines, vitamine A, vitamine C, thiamine et riboflavine d'enfants kenyans (Kigutha et al. 1995). L'estimation des besoins nutritionnels est délicate et associée à une erreur pouvant être importante. Les apports nutritionnels recommandés que nous avons utilisés dans notre étude sont ceux des agences internationales et ils sont décrits dans la section des méthodes.

Le dernier comité mixte FAO/OMS/UNU (1986) a fondé les besoins énergétiques sur une estimation des dépenses énergétiques sauf pour les enfants jusqu'à l'âge de 10 ans. En effet, pour les nourrissons et les jeunes enfants, le comité a fondé l'estimation des besoins énergétiques sur l'apport

alimentaire observé chez les enfants bien portants ayant une croissance et un développement normaux, vu l'absence de données sur leur niveau d'activité physique.

Le poids retenu pour le calcul des besoins en énergie peut être le poids actuel ou le poids médian acceptable pour l'âge et la taille. Le choix dépend des objectifs de l'enquête et de la situation particulière. En Afrique, comme les retards de croissance liés à la malnutrition et à l'infection sont fréquents, le poids utilisé comme référence peut être à l'origine de différences notables ; il est suggéré d'utiliser le poids médian acceptable pour l'âge (Delisle et al, 1990).

Le comité mixte FAO/OMS/UNU (1986) recommande d'apporter une correction pour la faible digestibilité des rations riches en fibres (+5%). La correction peut se faire sur les apports ou sur les besoins, mais il semblerait plus logique, selon nous, d'appliquer la correction aux besoins.

Pour les protéines, on peut calculer les besoins à partir du poids réel ou du poids médian acceptable pour l'âge, tout comme pour l'énergie. L'apport recommandé en protéines, aussi appelé apport de sécurité, est la quantité de protéines jugée nécessaire pour couvrir les besoins physiologiques et maintenir en bonne santé la presque totalité des personnes (95%) du groupe d'âge et de sexe considéré. Il se situe à deux écarts-types au-dessus de la moyenne (25%) en considérant que le coefficient de variation des besoins individuels est de 12,5% (FAO/OMS/UNU, 1986).

Afin de corriger l'apport protéique de sécurité de façon à tenir compte de la composition en acides aminés essentiels, la méthode préconisée par le comité d'experts FAO/OMS/UNU (1986), consiste à établir un indice chimique de qualité protéique en fonction de l'acide aminé limitant. La valeur obtenue correspond à un pourcentage qui sera appliqué à la valeur d'apport

recommandé pour corriger celle-ci à la hausse et obtenir un apport de sécurité tenant compte des besoins en acides aminés essentiels. L'indice chimique se calcule comme suit :

$$\text{Indice chimique} = \frac{\text{mg de l'acide aminé « x » par g du mélange protéique de la ration} \times 100}{\text{mg de l'acide aminé « x » dans les besoins postulés}}$$

Afin de tenir compte de la digestibilité, un coefficient de 85% peut être appliqué pour les régimes à base de céréales complètes brutes et autres végétaux, alors qu'un coefficient de 95% est suggéré pour les régimes à base de céréales raffinées. Tout comme pour l'énergie, les corrections peuvent être appliquées aux apports ou aux besoins.

Le besoin de base en vitamine A d'un individu est l'apport journalier minimal de vitamine A, nécessaire pour empêcher l'apparition de signes cliniques de carence en vitamine A (cécité nocturne et lésions épithéliales de la conjonctive et de la cornée) et pour permettre une croissance normale (FAO/OMS, 1989). Mais comme aucune donnée n'est disponible pour les enfants en croissance, les ANR ont été extrapolés à partir des estimations pour des nourrissons de six à 12 mois allaités et de ceux estimés pour les adultes, en prenant en considération les rythmes de croissance aux différents âges (FAO/OMS, 1989).

L'apport de sécurité en vitamine A est défini de la même manière que dans le cas des protéines (FAO/OMS 1989). Il correspond donc aux besoins de stockage plus deux écarts-types. Il se situe à environ 40% au-dessus de la moyenne, considérant que la variation des besoins individuels est de l'ordre de 20%. L'apport de sécurité est exprimé en μg d'équivalents-rétinol (ER) et il établit les relations suivantes entre les diverses sources de vitamine A :

$$1\mu\text{g rétino}l = 1,0\mu\text{g ER}$$

$$1\mu\text{g } \beta\text{-carotène} = 1/6\mu\text{g ER}$$

$$1\mu\text{g autres caroténoïdes} = 1/12\mu\text{g ER.}$$

Toutefois, ces équivalences sont sérieusement remises en question (Solomons et Bulux, 1993, de Pee et al, 1995 ; 1996a). Dans une étude faite en Indonésie, de Pee et al. (1995) ne rapportaient aucune augmentation significative du rétinol sérique, du β -carotène sérique ou du rétinol dans le lait, chez des femmes allaitantes ayant reçu un supplément de feuilles vertes pendant six semaines, comparativement à un groupe témoins recevant un biscuit non-enrichi en β -carotène, alors qu'ils ont observé une amélioration significative des trois indicateurs dans le groupe recevant un biscuit enrichi en β -carotène synthétique. Selon les auteurs, comme les molécules de β -carotène des feuilles vertes sont organisées dans un complexe pigment-protéine dans les chloroplastes tandis que dans les fruits le β -carotène se trouve dans des gouttelettes lipidiques et les chloroplastes, le β -carotène des feuilles vertes est peut-être plus difficile à libérer de sa matrice végétale. Suite à une deuxième étude chez des enfants d'âge scolaire indonésiens, les mêmes auteurs (de Pee et al, 1996b) proposaient de nouveaux facteurs d'équivalence pour les caroténoïdes provitamine A qui restent à valider :

1 μ g de caroténoïdes provenant de feuilles vertes = 1/15 μ g ER

1 μ g de caroténoïdes provenant de fruits et légumes = 1/10 μ g ER

Pour le fer, le comité FAO/OMS (1989) a proposé des recommandations d'apport pour deux niveaux de besoins : le besoin de base et le besoin pour éviter l'anémie, ainsi qu'en fonction des types de rations.

Les besoins physiologiques, la biodisponibilité du fer alimentaire et le statut ferrique de l'organisme servent de fondement aux estimations des besoins d'individus sains par catégorie d'âge et de sexe. Les variations de ces différents paramètres ne sont pas toutes connues et les autres facteurs qui augmentent les pertes de base en fer, comme les infestations et parasites intestinaux, sont difficiles à évaluer.

Pour un régime simple et monotone contenant des céréales, des racines et des tubercules et des quantités négligeables de produits animaux ou d'aliments riches en acide ascorbique, la biodisponibilité est faible et est estimée à environ 5 % par le comité d'expert FAO/OMS (1989). Ce régime est largement répandu dans de nombreux pays en développement, notamment parmi les catégories socio-économiques défavorisées. L'absorption du fer à partir de régimes composés presque exclusivement de céréales peut parfois tomber jusqu'à 1 ou 2 pour cent (FAO/OMS, 1989). Lorsque la ration est plus diversifiée et contient des quantités généreuses de viande, de volaille, de poisson ou d'aliments riches en acide ascorbique, l'absorption du fer peut être estimée à 15%.

La biodisponibilité du fer du régime à faible biodisponibilité décrit plus haut peut être augmentée à 10% lorsque de petites quantités de viande, de poisson ou d'acide ascorbique, qui facilitent l'absorption du fer, sont consommées. Un régime à biodisponibilité élevée peut également être ramené à ce niveau intermédiaire par la consommation régulière de repas contenant des quantités accrues de produits inhibant l'absorption du fer comme le thé et le café (FAO/OMS, 1989).

Sandstead et al. (1991), ont proposé des valeurs de besoins en zinc selon différentes catégories d'âge et selon la biodisponibilité dans la ration. Les apports de sécurité correspondants sont obtenus par l'ajout de 2 coefficients de variation à la valeur moyenne de besoin, c'est-à-dire environ 25%.

2.6 Évaluation des risques d'insuffisance

Les études qui décrivent les apports nutritionnels des populations, évaluent leur adéquation en comparaison aux ANR ou en utilisant une approche probabiliste. Les comparaisons entre les résultats des études sont difficiles étant donné que les façons d'évaluer l'adéquation des apports sont

parfois très différentes. Aucune de ces méthodes ne permet toutefois d'identifier les individus ayant des apports inadéquats (Beaton, 1994).

2.6.1 Comparaison des apports aux ANR

Une façon d'évaluer l'adéquation des apports nutritionnels consiste à faire le rapport entre les apports estimés et les apports nutritionnels recommandés. Cette approche a été utilisée par Tanner et Lukmanji (1987) pour estimer l'adéquation des apports nutritionnels dans une communauté rurale de Tanzanie, et par van Liere et al. (1995) au Bénin. Les ANR n'ont pas été conçus pour une telle utilisation (Truswell, 1990). Comme les ANR dépassent les besoins réels de la majorité des personnes, il n'est pas nécessaire que la moyenne des apports soit égale à l'ANR pour que tous les membres de ce groupe consomme la quantité qui leur est nécessaire. La couverture moyenne des ANR donne donc peu d'information à moins qu'elle ne soit très faible (Truswell, 1990).

L'utilisation d'une valeur seuil permet d'identifier les individus à plus haut risque. Les 2/3 des ANR sont utilisés dans certains pays (Truswell, 1987). Ferguson et al (1992) ont utilisé les 2/3 de l'ANR comme valeur seuil pour estimer le nombre d'enfants à plus haut risque d'apports inadéquats en énergie, en protéines et en zinc. Ils ont également estimé le pourcentage d'enfants ayant des apports inadéquats en protéines et en zinc par la méthode probabiliste. Les pourcentages d'enfants à risque d'apports insuffisants en protéines et en zinc, estimés par les deux méthodes, étaient comparables au Malawi mais comportaient des différences importantes au Ghana.

2.6.2 Estimation de l'adéquation des apports par l'approche probabiliste

Selon Beaton (1994), la meilleure façon d'estimer le risque d'apport inadéquat est par l'approche probabiliste. Cette méthode est utilisée dans quelques études (Ferguson et al, 1992 ; Murphy et al, 1992 ; Beaton et al, 1992

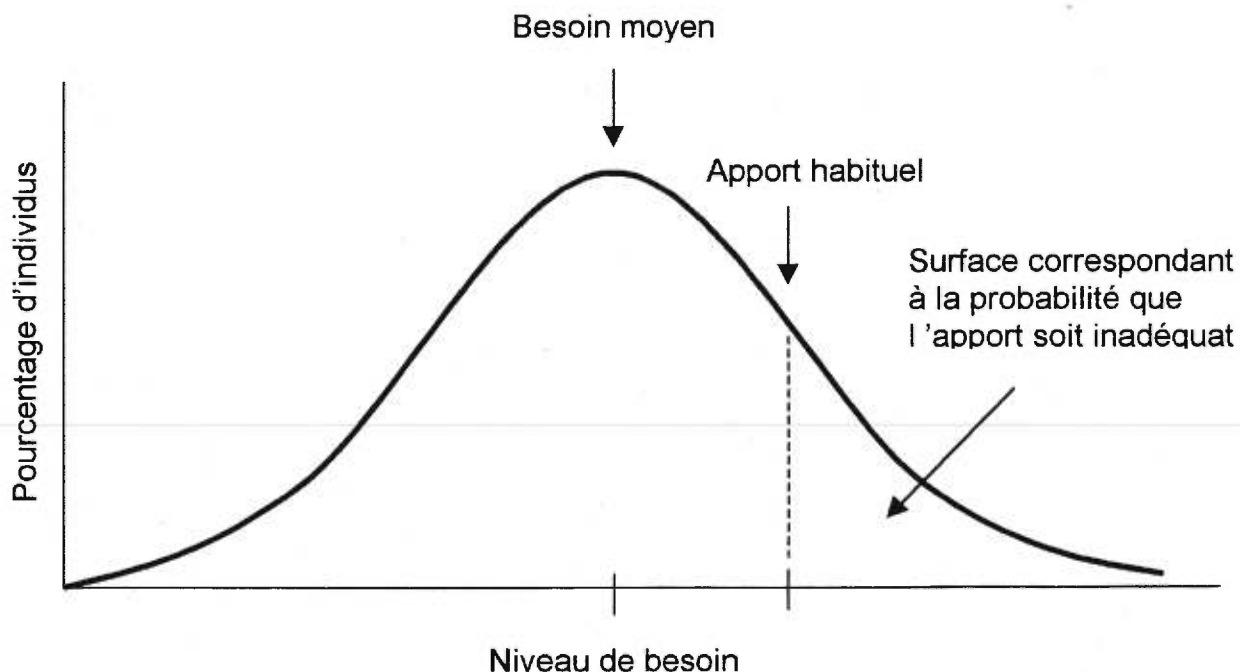
; Calloway et al, 1993). Au niveau individuel, la probabilité que l'apport d'une personne soit inadéquat peut être établie à partir de la distribution (moyenne et écart type) des besoins du groupe auquel appartient l'individu. Si l'on suppose que les besoins suivent une distribution normale, la fraction d'écart-type (cote-Z) correspondant à l'apport usuel estimé peut être calculée par la formule suivante :

$$\text{Cote-Z} = (\text{apport estimé} - \text{besoin moyen}) / \text{écart-type des besoins}$$

La surface sous la courbe des besoins correspond à une probabilité de 1 ou de 100%. En utilisant une table de loi normale, on peut facilement obtenir la valeur de la surface de probabilité correspondant à la cote-Z calculée. La probabilité que l'apport soit inadéquat correspond à l'aire sous la courbe à droite de la Cote-Z calculée (figure 2). Par exemple, une cote-Z calculée égale à la moyenne correspondrait à une probabilité de risque de 50% alors qu'une cote-Z égale ou supérieure à l'apport de sécurité correspondrait à une un risque de carence d'apport de 2,5% ou moins.

La prévalence prévisible d'apports inadéquats dans un groupe, qui correspond à la proportion d'individus ayant des apports inférieurs à leurs propres besoins, s'obtient simplement en faisant la somme des probabilités de risque des individus de ce groupe (Beaton, 1994). Cette façon d'estimer l'adéquation des apports, rend plus facile les comparaisons entre différentes populations.

Figure 2 : Distribution des besoins et approche probabiliste du risque d'apports insuffisants



2.7 Évaluation de la qualité globale de l'alimentation.

De plus en plus d'auteurs, conscients des limites d'interprétation du lien entre l'apport en un seul nutriment et ses répercussions sur la nutrition et la santé des individus, suggèrent d'adopter une approche évaluant plusieurs aspects de la consommation alimentaire simultanément.

Des indices mesurant la qualité nutritionnelle globale ont été développés surtout dans les pays industrialisés. La plupart des indices ont été mis en relation avec l'adéquation des apports en nutriments aux besoins (protéines, calcium...), les recommandations alimentaires ou nutritionnelles pour la santé ou avec la prévalence de maladies. Très peu d'études ont examiné la qualité

alimentaire en relation avec les indices biochimiques, anthropométriques et cliniques du statut nutritionnel (Kant, 1996).

Par exemple, dans une étude faite aux États-Unis auprès de femmes et d'enfants, un score alimentaire a été développé et validé en comparaison avec un indice de qualité nutritionnelle (Krebs-Smith et Clark, 1989). Le score alimentaire était calculé à partir de la fréquence de consommation de groupes et de sous-groupes d'aliments. Les aliments étaient regroupés selon leur contenu en nutriments. L'indice de qualité nutritionnelle était établi en calculant la couverture des besoins pour plusieurs nutriments et en faisant ensuite la moyenne de ces pourcentages. Les rapports étaient tronqués à 100 étant donné qu'il n'y a pas d'avantages démontrés à dépasser les apports recommandés. Un deuxième indice était calculé à partir des nutriments problématiques seulement, c'est-à-dire ceux pour lesquels le rapport moyen avec les besoins était inférieur à 80%. Les auteurs ont trouvé des corrélations allant de 0,60 à 0,81 ($p < 0,0001$) entre un ou l'autre des indices de qualité et le score alimentaire. L'intérêt de ce score est qu'il nécessite seulement l'administration d'un questionnaire de fréquence alimentaire sans avoir à estimer les quantités consommées.

En dépit du grand intérêt qu'on lui reconnaît, l'évaluation globale de la qualité des rations au moyen de scores est encore peu utilisée dans les pays en développement. Toutefois, certains auteurs ont tenté de développer d'autres types d'indicateurs. Dans une étude conduite en Égypte, au Kenya et au Mexique, les chercheurs ont examiné le lien entre l'apport en certains aliments et groupes d'aliments et la croissance ou les apports en micronutriments (Allen, 1994 ; 1995). Ces auteurs ont trouvé que la croissance était corrélée positivement avec l'apport en denrées animales (énergie provenant des denrées animales) au Mexique et au Kenya (Allen, 1994 ; 1995). Ils expliquent cette relation par le fait que la consommation de denrées animales était liée à

de meilleurs apports en fer et en zinc fortement biodisponibles, de même qu'en vitamine A. Un pourcentage élevé d'énergie provenant des denrées animales se révélait en effet un bon indice d'une diète de meilleure qualité nutritionnelle et généralement plus faible en fibres et en phytates (Allen, 1992 ; 1994). En outre, la consommation de denrées animales était aussi associée aux capacités cognitives et comportementales des enfants dans les trois pays. Toutefois, il est difficile d'attribuer les retards de croissance à un seul groupe d'aliments puisque de meilleurs apports en denrées animales étaient aussi associés à de meilleurs apports en fruits et en légumes. Au Mexique l'apport en *tortillas* était associé négativement avec la croissance. Ceci pourrait s'expliquer par un apport plus élevé en fibres et phytates qui rendrait les minéraux peu biodisponibles (Allen, 1994).

La diversité alimentaire est un autre indicateur utilisé par certains auteurs. Ferguson et al. (1993b) ont évalué le niveau de diversité alimentaire chez les enfants au Ghana et au Malawi en comptant le nombre d'aliments différents consommés par jour. Ils ont trouvé une association positive entre la diversité alimentaire et l'apport en énergie au Malawi. La diversité alimentaire n'était cependant pas associée aux apports en protéines, en gras ou en calcium des rations des enfants des deux pays et montrait même une corrélation négative avec les apports en zinc et en fer chez les enfants du Malawi pendant la saison de soudure. Les auteurs attribuent ce phénomène au fait que les enfants ayant une diète moins diversifiée consommaient plus régulièrement un type de farine de maïs (extraction 95%), avec une densité plus grande en fer et en zinc, que les enfants qui avaient une alimentation plus diversifiée.

Beaucoup de travail reste à faire dans le développement d'indices pratiques permettant d'évaluer rapidement la qualité globale de l'alimentation des enfants et d'autres groupes dans les pays en développement. Sanjur et Romero (1975), ont présenté des indicateurs nutritionnels qui permettent

d'évaluer les modèles alimentaires des communautés selon cinq niveaux conceptuels : la complexité alimentaire, la diversité alimentaire, les quantités d'aliments, un score d'aliments protéiques, ainsi que l'estimation des apports en nutriments. Des indicateurs se situant à différents niveaux conceptuels ont montré des liens avec les apports en nutriments ou avec le statut anthropométrique. Ce modèle conceptuel pourrait servir de base à la création de nouveaux indices pratiques de la qualité de l'alimentation.

3. Influences nutritionnelles sur la croissance

3.1 Évaluation de la croissance

Le retard de croissance est l'indice le plus souvent utilisé pour évaluer l'état de nutrition. L'évaluation de la croissance des enfants se fait par la prise de mesures anthropométriques. L'attrait des mesures anthropométriques tient au fait que : 1) elles sont la meilleure estimation des contraintes au bien-être des plus pauvres (inadéquations nutritionnelles, maladies infectieuses, risques environnementaux), 2) elles permettent de prédire des problèmes de santé subséquents, des problèmes fonctionnels et/ou la mortalité, 3) elles sont relativement peu coûteuses à effectuer, 4) elles sont objectives, 5) elles sont non-invasives, 6) elles sont facilement compréhensibles par la population en général, 7) elles donnent des résultats qui peuvent être quantifiés, et 8) elles donnent de l'information concernant la croissance qui ne peut être obtenue aussi facilement et à si peu de frais par d'autres méthodes (Beaton et al, 1990 ; Jelliffe et Jelliffe, 1989 ; de Onis et Habicht, 1997).

Il existe toutefois quelques inconvénients liés à l'utilisation de mesures anthropométriques. Tout d'abord, elles comportent un potentiel d'erreur de mesure important. Elles peuvent être dues à une mauvaise technique de l'enquêteur (par manque de formation, par manque de motivation, par fatigue ou par lassitude), et/ou des erreurs de transcription. Les équipements doivent être vérifiés fréquemment et un système de contrôle de la qualité avant et

pendant l'enquête doit être instauré pour minimiser les erreurs de l'observateur (Jelliffe et Jelliffe, 1989).

Le besoin de connaître l'âge précis des enfants peut poser un problème dans certain pays. En effet, certaines cultures n'attachent pas d'importance à l'âge exact, celui-ci n'ayant aucune signification sociale. Dans une telle situation, l'utilisation d'un calendrier des événements passés peut aider à estimer l'âge des enfants (Kigutha et al, 1995 ; Jelliffe et Jelliffe, 1989). Dans certains cas, l'utilisation d'indices ne nécessitant pas la connaissance de l'âge exact peuvent être utilisés, comme le poids-pour-taille et la circonférence brachiale.

Finalement, les retards de croissance ont une utilité limitée dans le diagnostic nutritionnel car ils ne sont pas un indicateur spécifique des carences en vitamines et minéraux (Jelliffe et Jelliffe, 1989 ; Beaton, 1990).

3.1.1 Les indices anthropométriques

Les mesures habituellement prises sont le poids, la taille (en position allongée ou debout) ainsi que et la circonférence brachiale (Jelliffe et Jelliffe, 1989 ; Waterlow, 1992). Les indices le plus souvent utilisés lors de l'évaluation anthropométrique sont le poids-pour-taille, la taille-pour-âge et le poids-pour-âge par rapport à une population de référence. Ces indices permettent d'identifier les cas d'émaciation «wasting», de retard de croissance «stunting» et d'insuffisance pondérale respectivement (Waterlow, 1992).

Le poids-pour-taille ainsi que la circonférence brachiale sont des indices de choix pour des actions à court terme telles que le dépistage dans les situations d'urgence, l'évaluation d'interventions à court terme et les systèmes d'alerte rapide de pénuries alimentaires. L'indice de taille-pour-âge est approprié pour l'évaluation à long terme, c'est-à-dire les effets des

changements socio-économiques. L'indice de poids-pour-âge peut dans certains cas remplacer l'indice de taille-pour-âge si la prévalence d'émaciation est quasi-nulle. Cependant, l'utilisation de l'indice poids-pour-âge devrait être évitée le plus possible car il ne permet pas de faire la distinction entre les enfants qui ont un retard de croissance linéaire et les enfants émaciés (Waterlow, 1992 ; Jelliffe et Jelliffe, 1989).

3.1.2 Valeurs de référence.

Afin de classer les enfants selon leur état nutritionnel et de faciliter la comparaison entre différents groupes, il importe d'utiliser une population de référence. Les données du « National Center for Health Statistics » aux États-Unis, sont acceptées comme référence internationale par l'Organisation Mondiale de la Santé (Waterlow, 1992). Bien que ces données proviennent de la population américaine uniquement, leur utilisation se justifie par le fait que, dans une population, l'influence des différences ethniques sur la croissance des enfants d'âge préscolaire est minime comparativement aux effets des facteurs environnementaux (Habicht, 1974). L'utilisation de ces valeurs a cependant été remise en question récemment étant donné qu'elles ne reflètent pas le modèle de croissance correspondant à des enfants nourris selon les recommandations de l'OMS, c'est-à-dire exclusivement allaités jusqu'à six mois (de Onis et Habicht, 1997). Cependant, une modification des valeurs de référence pourrait rendre difficile les comparaisons entre les nouvelles études et celles qui se basaient sur les références antérieures.

Les indices anthropométriques peuvent être exprimés en centiles, en pourcentage de la médiane ou en fractions d'écart-type (cote-Z). La méthode qui consiste à associer les données observées au centile de la distribution de référence (Waterlow, 1992) est peu utile lorsqu'une majorité de sujets se situe sous le troisième centile. Quant à l'utilisation du pourcentage de la médiane, elle n'a pas de signification statistique précise. Par exemple, 80% du poids-

pour-âge représente une cote-Z de -1,5 à 6 mois et de -2,0 à un an. C'est pourquoi l'utilisation des fractions d'écart-type (cotes-Z) a été proposée et est graduellement devenue plus largement acceptée (Waterlow, 1992).

La valeur seuil servant à séparer les enfants présentant un déficit de croissance des normaux qui est habituellement utilisée dans les études est une cote-Z de -2,0, c'est-à-dire 2 écarts-types sous la médiane de référence. Ceci vaut pour les trois principaux indices, poids-pour-âge, poids-pour-taille et taille-pour-âge (Kigutha et al, 1995 ; Waterlow, 1992 ; Jelliffe et Jelliffe, 1989).

L'utilisation d'une valeur seuil est privilégiée dans les cas de dépistage au niveau des individus dans le but de cibler des individus ou des familles qui bénéficieront d'une intervention. Dans les situations reliées à une population ou des groupes, particulièrement lorsque des comparaisons sont faites, une description de l'entière distribution avec moyenne et écart-type des cotes-Z est préconisée (Waterlow, 1992).

3.2 Malnutrition globale et croissance

Lorsque les apports en énergie sont associés à un retard de croissance, il est difficile d'interpréter cette relation, car si les apports en énergie sont faibles, il est fort probable que les apports en plusieurs autres nutriments seront aussi inadéquats. Le même problème est observé lors de faibles apports en protéines, qui sont non seulement associés à de faibles apports en énergie, mais souvent à de faibles apports en fer, zinc, cuivre, calcium et vitamine A (Allen, 1994).

Dans l'étude longitudinale INCAP au Guatemala (Allen, 1994), la croissance des enfants a été améliorée par l'administration d'un supplément en énergie et en protéines. Cependant, même si ce supplément procurait des apports en énergie supérieurs aux valeurs de besoins suggérés par le comité

FAO/OMS (1973) et que les apports en protéines étaient deux à 3 fois plus élevés que les apports recommandés, les enfants présentaient toujours des retards de croissance importants après deux ans. D'autres causes, alimentaires ou non-alimentaires, limitaient donc la croissance. Dans leur étude faite en Égypte, au Mexique et au Kenya, Beaton et al. (1992) ont observé que les retards de croissance étaient fréquents chez les enfants d'âge préscolaire, même si leurs apports en énergie, protéines et acides aminés essentiels semblaient adéquats.

Ces études montrent que même avec des apports en énergie et protéines apparemment adéquats, des retards de croissance peuvent survenir, notamment en raison de carences en micronutriments. Plusieurs micronutriments semblent impliqués dans la croissance des enfants. Dans le texte qui suit, les effets sur la croissance d'une supplémentation en zinc, en vitamine A ou en fer sont décrits.

3.3 Les carences en micronutriments spécifiques et leur influence sur la croissance

3.3.1 Vitamine A et croissance

Des associations entre les retards de croissance linéaire et la cécité nocturne et/ou la xérophtalmie ont été rapportées dans certaines études (Muhilal et al, 1988 ; Mele et al, 1991), alors que d'autres n'en ont pas observées (Tielsch al. 1986). Les études de supplémentation donnent également des résultats inconstants. Par exemple, dans une étude faite en Indonésie dans une population où plusieurs enfants avaient une carence subclinique en vitamine A, l'enrichissement du glutamate monosodique avec de la vitamine A a amélioré la croissance linéaire des enfants, mais sans affecter le gain de poids (Muhilal et al. 1988). Par contre, dans une autre étude faite en Inde, la prise de suppléments en vitamine A par des enfants ayant une carence légère ou modérée n'a pas amélioré la croissance linéaire non plus que le gain

de poids (Ramakrishnan et al, 1995). Les auteurs suggèrent qu'une supplémentation en vitamine A n'a pas d'effet sur la croissance des enfants lorsque ceux-ci ont accès à des soins de santé et ont été vaccinés adéquatement. Une autre explication serait que de petites doses de vitamine A prises de façon régulière pourraient avoir un meilleur effet que de fortes doses prises de façon plus espacée.

3.3.2 Fer et croissance

Comme c'est le cas pour d'autres nutriments, la supplémentation en fer a dans certaines études eu des effets positifs sur la croissance, alors qu'elle est restée sans effet dans d'autres. Dans une étude faite au Kenya, l'administration d'un supplément en fer a été associée avec une augmentation de l'appétit et de la croissance chez des enfants anémiques (Lawless et al, 1994). Dans une étude faite en Indonésie, une supplémentation en fer a également augmenté la croissance linéaire et pondérale, sans toutefois qu'elle ne soit associée à une augmentation de l'apport énergétique (Angeles, 1993). Les auteurs attribuent l'effet positif sur la croissance à une diminution de la morbidité. Au Mexique, aucun effet sur la croissance n'a été observé suite à une supplémentation en fer (Rosado, 1997). Idjiradinata et al. (1994) ont même observé un effet négatif sur le poids lorsqu'ils ont donné un supplément en fer à des enfants âgés de 12 à 18 mois et ayant un statut en fer adéquat. Les enfants recevaient soit un supplément de sulfate ferreux (3mg/jour) ou un placebo tous les jours pendant quatre mois. Le gain de poids était significativement supérieur dans le groupe placebo. Les auteurs croient que le supplément a pu augmenter la prévalence ou l'intensité des épisodes morbides. En effet, la supplémentation en fer exacerbe parfois les infections en servant de nutriments aux parasites (Jurado, 1997). Les données sur la relation entre la carence en fer et les infections sont conflictuelles. Certains chercheurs croient qu'une carence modérée serait bénéfique pour l'immunité alors que d'autres soutiennent que

tout déficit nuit au bon fonctionnement du système immunitaire (Walter et al, 1997).

3.3.3. Zinc et croissance

Des chercheurs chinois ont trouvé une association très significative ($p < 0,002$) entre les taux de zinc capillaire et la taille chez 187 enfants (Chen, 1985). Plusieurs études de supplémentation en zinc en lien avec la croissance des enfants ont été faites. Certaines ont montré un effet positif sur la taille (Dirren et al, 1994 ; Schlesinger et al. 1992) , alors que d'autres ont montré un effet sur le gain de poids (Golden et Golden, 1981 ; Castillo-Duran et al, 1987). Bates et al. (1993), quant à eux, n'ont observé aucun effet sur la taille ou sur le poids lors de leur étude faite auprès de jeunes enfants en Gambie. Dans une étude récente faite en Chine, Penland et al. (1997) ont étudié l'effet du zinc sur la croissance de 372 enfants chinois âgés de 6 à 9 ans. Ils ont trouvé que la croissance était nettement meilleure chez les enfants recevant un supplément combinant le zinc et d'autres micronutriments que chez ceux qui recevaient le zinc seul ou les autres suppléments sans le zinc. Les auteurs pensent que les enfants souffraient de multiples carences et qu'il était nécessaire de corriger les carences latentes pour pouvoir démontrer les effets du zinc sur la croissance. Dans une étude faite au Mexique (Rosado, 1997) un supplément en zinc (20mg/jour) administré sur 12 mois n'a eu aucun effet sur la croissance linéaire ou pondérale d'enfants d'âge préscolaire. La supplémentation en zinc a cependant réduit le nombre d'épisodes morbides. Dans cette étude, l'absence d'impact sur la croissance et le poids du supplément en zinc pourrait s'expliquer, selon l'auteur, par le fait que les enfants n'avaient pas de retards de croissance très importants, ni de carence en zinc très marquée.

Dans une étude faite au Canada, Gibson et al. (1989) ont noté une amélioration de la croissance suite à une supplémentation en zinc chez de jeunes garçons de petite taille qui avaient de faibles concentrations en zinc

capillaire. Des résultats semblables ont été observés aux États Unis chez des enfants d'âge préscolaire et même chez des nourrissons allaités (Walravens et al, 1983 ; 1989). Des carences subcliniques en zinc pourraient donc être fréquentes même dans les pays industrialisés.

Il existe d'autres carences en micronutriments qui peuvent limiter la croissance. Ainsi, des suppléments en iode, en cuivre ou en calcium ont amélioré la croissance dans certaines situations (Prentice et Bates, 1994 ; Allen, 1994).

Il est évident que plusieurs nutriments sont impliqués dans la croissance. Les effets parfois limités de la supplémentation en un seul nutriment peuvent s'expliquer, du moins en partie, par la présence d'autres carences nutritionnelles limitant la croissance. L'évaluation de l'adéquation nutritionnelle en plusieurs nutriments simultanément pourrait peut-être montrer un lien plus constant avec le statut nutritionnel que les apports en un nutriment pris isolément. De plus, il existe plusieurs indicateurs diététiques simples qui ne nécessitent pas la mesure précise de la consommation alimentaire et qui ont montré des liens significatifs avec le statut anthropométrique et les apports en nutriments (Sanjur et Romero, 1975). L'utilisation de tels indices alimentaires pourrait être une façon intéressante d'estimer rapidement et facilement la qualité globale de l'alimentation, comme de montrer des liens avec l'adéquation des apports et le statut anthropométrique. Toutefois, l'évaluation globale de la qualité des rations au moyen d'indices ou de scores est encore peu utilisée dans les pays en développement. Notre étude tentera de répondre à ce besoin.

CHAPITRE 2

PROBLÉMATIQUE, HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1. Problématique de l'étude

Au Niger, comme dans plusieurs pays d'Afrique au sud du Sahara, les retards de croissance ainsi que les carences en micronutriments sont très répandus. Plusieurs études ont rapporté des carences d'apports en énergie et en nutriments dans les pays africains et dans d'autres pays en développement. Ces carences pourraient expliquer en partie les retards de croissance observés. Peu d'études sur les apports tels qu'évalués par pesée et à plusieurs reprises ont été effectuées. Toutefois, les études de supplémentation utilisant un seul nutriment ont parfois montré un effet positif sur la croissance linéaire, parfois un effet positif sur le gain de poids et parfois aucun effet. Une des raisons qui pourrait expliquer ces résultats inconstants, est la forte probabilité que la croissance soit limitée par plusieurs carences nutritionnelles simultanément dans les populations étudiées. Cependant, il y a peu d'études qui ont pu évaluer la qualité nutritionnelle globale des rations en lien avec la croissance. Nous croyons que l'utilisation d'indices ou de scores qui prennent en considération plusieurs composantes nutritionnelles simultanément pourrait présenter des liens plus constants avec le statut anthropométrique des jeunes enfants africains. C'est ce que nous tentons de vérifier dans notre étude.

2. Hypothèses de recherche

- 1) Les rations alimentaires des enfants de la région de Ouallam ne procurent pas suffisamment d'énergie et d'éléments nutritifs pour satisfaire les besoins nutritionnels de ces enfants, surtout à certaines saisons.

- 2) Les insuffisances d'apports en énergie et en nutriments limitent la croissance des enfants.
- 3) Le statut anthropométrique montre un lien plus constant avec la qualité globale de l'alimentation qu'avec la couverture des besoins en énergie ou en nutriments pris isolément.

3. Objectifs de l'étude

- 1) Évaluer à trois reprises, la consommation alimentaire, les apports en énergie et nutriments d'enfants sevrés et âgés de deux à quatre ans dans la région de Ouallam au Niger.
- 2) Évaluer la qualité globale de l'alimentation au moyen d'un score de diversité alimentaire et d'un score de qualité nutritionnelle.
- 3) Évaluer le statut anthropométrique des enfants.
- 4) Examiner les relations entre la croissance, les apports en nutriments clés et les scores de qualité de l'alimentation.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

1. Contexte de l'étude

1.1 Présentation du Niger et du site de l'étude

Le Niger est un pays d'Afrique de l'Ouest d'une superficie de 1 267 000 km² dont la population était estimée à 8 971 605 habitants en 1994 (CIA, 1997). Ce pays enclavé possède un climat désertique chaud et sec sur la majeure partie de son territoire et un climat tropical dans son extrême sud (CIA, 1997).

Le Niger se classe au rang des pays les plus pauvres du monde avec, en 1994, un Produit National Brut (PNB) de 230 \$ US par habitant (Unicef, 1997). L'agriculture est la principale ressource économique, qui occupe 85,4% de la population active (FAO, 1994). Trente cinq pour-cent de la population rurale était sous le seuil de pauvreté absolue durant la période de 1980 à 1989 (Unicef, 1997). Ce pays se situe au bas de l'échelle de l'indice de développement humain, indice composite tenant compte de l'espérance de vie, du niveau d'instruction et du revenu (PNUD, 1996).

La population de ce pays est très jeune, avec près de 50% de ses habitants âgés de moins de 15 ans. Plusieurs ethnies cohabitent, les deux principales étant les Hausa (56% de la population) et les Djerma (22%). La religion musulmane est très présente (80% de la population) et est souvent combinée aux croyances indigènes traditionnelles. La langue officielle est le français, mais on compte plusieurs langues nationales, le Hausa et le Djerma étant les plus répandues. En 1990, la population alphabétisée (personne de plus de 15 ans pouvant lire et écrire le français) était estimée à 20% (40% des hommes et 17% des femmes) (CIA, 1997).

La situation sanitaire est plutôt alarmante. Seulement 54% de la population avait accès à de l'eau potable entre 1990 et 1996 (Unicef, 1997). Entre 1990 et 1995, 32% de la population totale avait accès aux services de santé. Les ressources sanitaires sont réparties inégalement entre les milieux urbains et ruraux ; 99% des gens de la ville ont accès aux services sanitaires contre seulement 32% de la population rurale (Unicef, 1997). La répartition des professionnels de la santé était, en 1994, d'un médecin pour 75 110 habitants, un infirmier pour 4 455 habitants et une sage-femme pour 5 880 femmes en âge de procréer (Unicef 1994). Les infrastructures de santé sont constituées de trois hôpitaux nationaux, cinq hôpitaux régionaux et 314 formations sanitaires fixes (Unicef, 1994).

La croissance démographique élevée, qui était de 3,36% en 1994 (CIA, 1997), la faible accessibilité des soins de santé, la désertification et la dégradation de la situation économique ont concouru à une détérioration de l'état sanitaire et nutritionnel de la population en général et des femmes et des enfants en particulier. L'espérance de vie moyenne était de 44,3 ans en 1994. Le taux de mortalité infantile est estimé à 191 décès/1000 naissances vivantes et la mortalité chez les moins de 5 ans, à 320/1000 (Unicef, 1997). Le taux de mortalité maternelle en 1990 était de 1200/100 000 naissances vivantes (Unicef, 1997). En 1990, quinze pour cent des nouveau-nés présentaient une insuffisance pondérale (Unicef, 1997). L'Enquête démographique et de Santé de 1992, rapportait une prévalence de 33% de malnutrition chronique, incluant 15% de malnutrition sévère, chez les enfants de moins de 5 ans (EDS/Niger, 1992); la malnutrition aiguë touchait 16% des enfants dont 2,8% sévèrement. Cette même enquête rapportait un déficit énergétique (indice de masse corporelle (IMC < 18,5) chez 19% des femmes en âge de procréer (15-45 ans). La cécité nocturne chez les enfants de moins de 5 ans était de 1,6% et atteignait 2,5% chez les enfants de 24 à 59 mois. L'anémie ferriprive touche environ 60% des mères et des enfants d'âge préscolaire (Unicef 1994). Enfin,

la présence de goitre endémique a été notée dans quelques régions aux frontières du Mali et du Nigeria (Unicef 1994).

L'arrondissement de Ouallam (département de Tillabéri), situé à l'extrême ouest du pays, couvre une superficie de 22 132 km² et compte une population estimée à 190 765 habitants répartie dans 273 villages administratifs (SAP/Ouallam, 1989). L'agriculture constitue la principale activité économique de cette région où la scolarisation est pratiquement nulle tant chez les hommes que chez les femmes (Bakari, 1997).

Dans la région de Ouallam l'enquête nationale de 1985 laissait apparaître un taux de 16,8% de malnutrition aiguë et 27,5% de malnutrition chronique chez les enfants de moins de cinq ans (MSP, 1985). En 1990, on rapportait pour cette région un des taux des plus élevés de cécité nocturne au Niger, avec une prévalence de 4% (MSP, 1990). La présence du goitre endémique a été notée dans cette région ; toutefois, aucune étude de prévalence n'a été réalisée à ce jour (PCAN, 1990)

1.2 Projet de recherche dans lequel s'inscrit l'étude.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet plus vaste sur les déterminants de l'apport et du statut en vitamine A d'enfants d'âge préscolaire au Niger. Le projet principal se déroulait dans deux arrondissements : l'arrondissement de Ouallam (département de Tillabéri) et l'arrondissement de Bouza (Département de Tahoua). Le choix de la zone de Bouza reposait sur l'existence d'un projet d'intervention axé sur la promotion de la production et de la consommation des aliments sources de provitamine A. La région de Ouallam a été retenue parce qu'elle n'a bénéficié d'aucune intervention en vitamine A et qu'il s'agit d'une région avec un taux d'avitaminose A très élevé malgré une consommation apparente élevée en feuilles vertes (MSP, 1990). Initialement l'étude comportait une phase préliminaire de type qualitatif réalisée en 1993 et

deux phases quantitatives réalisées en 1994 et 1995 dans les deux zones. Une troisième phase quantitative a été ajoutée 1996 mais seulement pour la zone de Ouallam.

Le projet de recherche principal avait entre autres pour objectifs : de valider un questionnaire de fréquence de consommation (QFC) d'aliments riches en vitamine A, d'évaluer l'apport en vitamine A des enfants des deux zones, d'évaluer l'état nutritionnel des enfants et leur morbidité récente, et de quantifier dans un sous-échantillon d'enfants les apports en vitamine A et en d'autres éléments nutritifs, et d'évaluer dans ce sous-échantillon le statut en vitamine A et ses déterminants alimentaires et non alimentaires. La validation du QFC se faisait en comparant les apports estimés par celui-ci et ceux mesurés par la pesée des aliments consommés, dans le sous-échantillon d'enfants.

La présente étude ne concerne que l'évaluation des apports nutritionnels par la pesée des aliments et pour la zone de Ouallam seulement. Dans cette zone, les deux premières collectes de données se sont déroulées d'août à septembre 1994 et 1995 et la troisième, en juin et juillet 1996. Les trois passages se déroulaient durant la période de « soudure », avec des déficits alimentaires plus ou moins menaçants. Toutefois, les deux premiers passages étaient conduits pendant la période de grande disponibilité des feuilles vertes fraîches (saison de pluies), source locale importante de vitamine A, alors qu'au troisième passage les feuilles étaient peu disponibles car les pluies n'avaient pas encore commencé.

L'auteure a été responsable de la dernière collecte de données, les deux précédentes ayant été menées par Seidou Bakari. La planification de l'enquête, la formation des enquêtrices, ainsi que la supervision incombait aux deux

mêmes personnes aux passages correspondant. Les pesées des aliments étaient effectuées par les même enquêtrices aux trois passages.

2. Population et échantillon de l'étude

Les enfants d'âge préscolaire constituent la couche la plus vulnérable à la malnutrition et aux carences en micronutriments en raison de leur taux de croissance élevé (Jelliffe et Jelliffe, 1989). C'est pourquoi, ces enfants constituent la population cible. L'étude a été conduite sur un échantillon aléatoire total de 60 enfants entièrement sevrés et âgés de deux à quatre ans, au début de l'étude.

Pour l'échantillon principal, la procédure d'échantillonnage était la suivante. Un intervalle (r) était déterminé en divisant le nombre total de ménages du village par le nombre de ménages désiré (45). Ensuite, un premier nombre était tiré à partir d'une table de nombres aléatoires. Le ménage correspondant à ce nombre sur le fichier de recensement était alors choisi. Le deuxième ménage était celui dont le numéro de la liste était égal au premier nombre plus l'intervalle (r). Cette procédure était poursuivie jusqu'à l'obtention du nombre de ménages désiré.

Dans les villages, les ménages sélectionnés étaient successivement contactés. Lorsqu'il y avait des enfants âgés de deux à quatre ans, le plus jeune était retenu. Cette procédure était poursuivie jusqu'à ce que soit atteint l'échantillon souhaité de 30 enfants dans chaque village.

L'échantillon de la présente étude, dix enfants (cinq filles et cinq garçons) par village, a été sélectionné par tirage aléatoire parmi les 30 enfants de chacun des 6 villages de Ouallam. Les mêmes enfants étaient suivis au deuxième passage, les absents étant remplacés au hasard par des enfants choisis parmi les 20 enfants non touchés par l'enquête par pesée au premier passage.

L'enfant substitut était du même âge et du même sexe. Sept enfants sur 60 ont été remplacés au deuxième passage, tandis que tous les enfants qui ont été suivis au troisième passage avaient été inclus dans les enquêtes par pesée précédentes. Au troisième passage, l'échantillon est passé de 10 à 6 enfants par village dû à des modifications de la méthode (voir section 5.2). L'échantillon prévu pour le troisième passage était donc de 36 enfants.

3. Évaluation des apports par la pesée des aliments

L'évaluation des apports nutritionnels a été faite sur 3 jours non-consécutifs d'une même semaine durant les deux premiers passages et sur trois jours consécutifs durant le troisième.

L'évaluation de la consommation alimentaire individuelle en Afrique est très difficile étant donné les habitudes de consommation. En effet, les repas sont habituellement consommés en groupe dans un plat commun, qui consiste principalement en une pâte à laquelle une sauce est ajoutée (Dop, 1997 ; Hudson, 1995). Afin de cerner le mieux possible la consommation alimentaire d'un seul enfant dans un milieu où les repas sont consommés en groupe, une méthode combinant trois approches a été développée. La première opération consiste à faire un relevé par pesée de la composition de tous les plats familiaux. La seconde consiste à évaluer la consommation individuelle de ces plats et des autres aliments par l'enfant. Enfin, un rappel toutes les deux heures pour cerner les aliments consommés en dehors des repas et hors domicile complétait les deux premiers procédés.

3.1 Composition des plats

À cette étape, l'enquêtrice relevait et pesait, pour tous les repas préparés pour une partie ou l'ensemble des membres de la famille, tous les ingrédients crus ainsi que les plats une fois cuits. Pour la boule (boisson lactée à base de mil ou de sorgho), la quantité de lait caillé et d'eau ajoutée à la boule

dure cuite (boule de pâte ferme que l'on écrase dans de l'eau ou du lait pour donner la consistance liquide) était aussi relevée. Une balance mécanique d'usage domestique d'une capacité de 25kg (Teraillon™, précision 50g) était utilisée pour peser les céréales principalement et une balance électronique à affichage numérique d'une capacité de 2,5kg (Apsco™, précision 2g) pour les petites quantités. Les balances étaient vérifiées chaque jour en pesant des objets de poids connu. Toutes ces informations étaient reportées sur des fiches plats (cf. annexes I et II). Si le repas était préparé en l'absence de l'enquêtrice (plats reçus, plats préparés la veille), on recueillait la liste des ingrédients de la recette auprès de la femme qui avait préparé le plat et on utilisait une recette équivalente pour évaluer les quantités des ingrédients.

Selon le cas, l'ingrédient était pesé dans un sachet très fin ou dans son ustensile de mesure dont on soustrayait le poids. Pour les plats composés d'un aliment de base (pâte, couscous) et d'une sauce, on notait les ingrédients de la sauce et les ingrédients de l'aliment de base comme s'il s'agissait de deux plats différents. Ensuite, les quantités de pâte et de sauce servies dans le bol des enfants étaient pesées afin d'avoir la proportion de chacun. Lors de l'évaluation de la consommation de l'enfant, on supposera que l'enfant consomme les ingrédients dans ces mêmes proportions.

Des recettes moyennes de pâte et de « boule dure » ont été calculées à partir des pesées des deux premiers passages et ont été utilisées pour simplifier la collecte et les calculs du troisième passage. Cette modification ne devrait pas être une grande source d'erreur étant donné que ces recettes varient peu. Pour la sauce, tous les ingrédients étaient relevés et pesés de la même façon aux trois passages.

3.2 Consommation alimentaire de l'enfant

Dans le but de cerner au plus près la consommation effective de l'enfant, l'enquêtrice assistait à tous les repas pris à domicile durant les trois journées. Pendant les repas, l'enquêtrice comptait le nombre de bouchées (poignées) prises par l'enfant et pesait trois de celles-ci. Lorsque l'aliment consommé était liquide comme dans le cas de la boule, on comptait le nombre de louches consommées par l'enfant et on pesait le contenu d'une louche équivalente. La consommation de l'enfant était notée sur la fiche prévue à cette fin (cf. annexes I et II). Les aliments simples étaient pesés avant consommation et inscrits dans la section « autres aliments et boissons » (passage 1 et 2) ou sur la fiche « aliments » (passage 3). Les morceaux de viande consommés aux repas étaient pesés à part et inscrits comme des aliments simples.

3.3 Consommation alimentaire de l'enfant hors domicile

Afin de capter les aliments consommés hors du foyer, un rappel auprès de la mère ou du gardien de l'enfant était fait toutes les deux heures. Le poids de la portion consommée était estimé et reporté sur la fiche de l'enfant. S'il s'agissait d'une denrée achetée, le montant payé était relevé. Des pesées sur les marchés avaient été effectuées durant la phase qualitative afin d'estimer le poids moyen des portions correspondant aux différents prix des aliments. Si un plat était consommé chez un voisin, les informations sur la composition du plat étaient recueillies auprès de la femme qui avait préparé le plat. Au troisième passage, chaque fois que c'était possible, l'enquêtrice suivait l'enfant chez le voisin pour mesurer la consommation de l'enfant.

4. Mesures anthropométriques

Pour la grande majorité des enfants (78% de l'échantillon total), l'âge était relevé directement de l'extrait de naissance ou du cahier des naissances du village tenu par les matrones. Pour les enfants qui ne possédaient pas de document officiel, une évaluation de la date a été faite à partir d'un questionnement auprès des parents de l'enfant à l'aide d'un calendrier des principales fêtes religieuses (Ramadan, Tabaski et Mouloud). La correspondance des dates de ces événements par rapport au calendrier romain a été établie avec l'Association islamique du Niger (Bakari, 1997). Le choix de ces dates comme points de repère se justifie par une signification sociale plus importante de ces événements que les fêtes nationales administratives pour ces populations en grande majorité analphabètes et musulmanes. Ces estimations étaient réalisées par la superviseure de chaque équipe qui avait été préalablement formée.

Durant les deux premiers passages, le poids corporel (avec un minimum de vêtements) et la taille en position debout de tous les enfants étaient mesurés respectivement avec une balance Salter à crochet (capacité 25kg et précision de 100g) et une toise à règle coulissante, en utilisant les méthodes standard (Lohman, 1991). Ces mesures étaient effectuées dans la cour du chef de village par les superviseures. La présence de la personne responsable de l'enfant était sollicitée pour une meilleure coopération de l'enfant. Pour les enfants réticents, un rendez-vous pour une pesée à domicile était pris (Bakari, 1997).

Après chaque pesée, le calibrage de la balance était fait. Une vérification de l'exactitude des mesures était faite auprès de quelques enfants par Seidou Bakari. Une différence de 250 g de poids et de 2,5 cm de taille chez plus de deux enfants entraînait la reprise des mesures sur l'ensemble des enfants du

village. Une standardisation entre superviseuses a été effectuée lors de la formation pour réduire les différences entre superviseuses (Bakari, 1997).

5. Conduite des enquêtes sur le terrain.

5.1 Recrutement et formation des enquêtrices

La première année, six enquêtrices et trois superviseuses ayant déjà une expérience en matière d'enquêtes alimentaires ou nutritionnelles et parlant la langue du terroir ont été sélectionnées sur la base d'un test écrit et d'une entrevue orale. Le profil académique des enquêtrices était de niveau BEPC (Brevet d'études du premier cycle), soit 10 ans de scolarité. Les superviseuses avaient un niveau d'au moins 13 ans de scolarité. Les enquêtrices étaient chargées de la conduite de l'enquête par pesée. Les superviseuses étaient chargées, outre de la conduite de l'enquête par pesée, de l'administration d'un questionnaire auprès des mères sur les connaissances, attitudes et pratiques reliées à la vitamine A (incluant un questionnaire de fréquence de consommation d'aliments riches en vitamine A par l'enfant), de la prise des mesures anthropométriques des enfants ainsi que de la supervision des enquêtrices.

Les même enquêtrices et superviseuses ont été retenues lors du second passage de l'enquête et six d'entre elles lors du troisième passage. Au cours de ce dernier les enquêtrices effectuaient les pesées seulement, l'auteure était chargée de la supervision et Halimatou Niandou (étudiante au M.Sc. Nutrition) administrait le questionnaire auprès des mères. Aucune donnée anthropométrique n'a été recueillie au troisième passage.

Une formation de sept jours, dont trois de formation théorique et quatre de formation pratique, a été dispensée à la fois aux enquêtrices et aux superviseuses au début de chacune des phases de collecte. Cette formation était axée principalement sur la méthodologie et le remplissage des fiches de

l'enquête alimentaire par pesée. Aux deux premiers passages, une formation de quatre jours sur le questionnaire destiné aux mères et sur les mesures anthropométriques a complété l'entraînement des superviseuses.

5.2 Déroulement des enquêtes

Pour les deux premiers passages (1994-1995), trois équipes composées chacune de deux enquêtrices et d'une superviseure étaient formées. Les trois équipes menaient simultanément l'enquête dans des villages différents. La durée de l'enquête était de 6 jours par village.

Durant ces deux passages, il a été décidé compte tenu du nombre d'enfants impliqués par village (10 enfants), que chacune des enquêtrices serait chargée du suivi de deux enfants à la fois pendant trois jours. La superviseure suivait un seul enfant par jour.

Au troisième passage, afin de minimiser le recours au rappel pour la composition du plat consommé le matin, qui était très souvent composé du reliquat de la veille, des modifications ont été apportées à la technique. Les pesées ont été effectuées sur trois jours consécutifs au lieu de jours non-consécutifs. De plus, parce qu'elles suivaient deux enfants simultanément, les enquêtrices devaient parfois avoir recours à un rappel auprès de la mère d'un des deux enfants lorsque ceux-ci mangeaient en même temps. Pour le troisième passage, il a donc été convenu que chacune des enquêtrices ne suivrait qu'un seul enfant à la fois. Compte tenu de ces modifications et au regard des moyens financiers limités ne permettant pas d'augmenter le nombre d'enquêtrices, le nombre d'enfants suivis par village a été diminué à 6 portant le nombre total à 36 au lieu de 60. Cependant, un chef de village a refusé que l'enquête se poursuive dans son village, de sorte que notre échantillon a été de 30 enfants.

La superviseure, répondait aux questions ou problèmes survenant durant la journée et vérifiait les fiches en soirée. Celles-ci étaient revues avec l'enquêtrice ou la ménagère si on décelait ou soupçonnait des erreurs.

6. Traitement et analyse des données

6.1 Données alimentaires

Dans un premier temps, un dépouillement manuel des données des deux premiers passages de l'enquête par pesée a été effectué et des fiches intermédiaires constituées. Pour chaque prise alimentaire, la quantité d'un aliment/ingrédient consommée par l'enfant a été établie selon la formule suivante :

$$\text{Quantité consommée d'un aliment} = \frac{\text{Quantité aliment cru dans la recette}}{\text{poids total cuit de la recette}} \times \text{Poids de la portion consommée}$$

Au troisième passage, aucun calcul manuel n'a été fait. Les fiches d'enquête ont été modifiées pour pouvoir être codées et saisies directement sur SPSS 6.1. Les données ont été saisies en trois fichiers différents : Un fichier plat, un fichier aliments ainsi qu'un fichier consommation.

Le premier fichier, le « fichier plat », contenait l'information complète sur la composition des plats familiaux. Il était constitué du numéro de l'enfant ayant consommé le plat, le numéro de la recette, le code de chacun des aliments/ingrédients, la quantité de l'aliment/ingrédient dans la recette, le poids total de la recette et la quantité servie dans le bol des enfants.

Le deuxième fichier, le « fichier aliments », contenait les informations sur les aliments simples qui n'entraient pas dans la composition d'une recette. Dans ce fichier on retrouvait le code de l'enfant, le jour, le code de l'aliment et la quantité consommée.

Le dernier fichier, le « fichier consommation », donnait la consommation de l'enfant pour chacun des plats composés. On y trouvait le code de l'enfant, le jour, le numéro de la recette, le nombre de bouchées et le poids de trois bouchées. La portion consommée par l'enfant a été calculé par la formule suivante :

$$\text{Portion de l'enfant (g)} = \text{Moyenne}(\text{poids1, poids2, poids3}) \times \text{nombre de bouchées}$$

Pour calculer les quantités consommées des aliments par chacun des enfants, un programme a été conçu spécialement pour l'enquête sur D-base 4. Le programme transformait les portions consommées par l'enfant (fichier consommation) en quantité d'ingrédients en se référant à la recette correspondante (fichier plat). Le fichier final obtenu à la suite de l'exécution du programme, contenait le code de l'enfant, le jour, et le code de chaque aliment/ingrédient consommé ainsi que la quantité consommée. Ce fichier était ensuite joint au fichier aliments. Le fichier final contenait donc la liste de tous les aliments ainsi que la quantité qui a été consommée par chaque enfant pour chacun des trois jours de relevé alimentaire.

6.1.1 Détermination des apports en nutriments

Une table de composition des aliments a été élaborée pour le calcul des apports en énergie, protéines, lipides, glucides, vitamine A, fer et zinc (cf annexe III). Pour l'énergie et les macro-nutriments, nous avons surtout utilisé la table de composition de la FAO (1970), celle de l'ORANA (1993) et celle de West et al. (1988). Nous avons complété par d'autres sources de données pour la vitamine A (Delisle et al, 1997 ; Smith et al., 1996a ; Nordeibe et al 1994 ; West et Poortvliet, 1993 ; Mangels et al., 1994 ; Booth et al, 1992 ; Tee et Lim, 1992 ; Moreno-Rojas et al, 1993), le fer, et le zinc (Humphry et al. 1993 ; Ferguson, 1988, 1989a, 1993a ; Mbofung et Atimo, 1987 ; Smith et al. 1996b). Les valeurs manquantes ont été complétées à partir du Fichier canadien sur les éléments nutritifs (Ministère de la Santé et du bien-être social

Canada, 1991). Les apports en énergie et en nutriments ont été calculés pour chaque jour de pesée. La moyenne des trois jours a été utilisée dans les analyses ultérieures.

6.1.2 Couverture des besoins

L'adéquation des apports en énergie, en protéines, en vitamine A, en fer et en zinc a été appréciée par rapport aux apports nutritionnels recommandés (ANR). Le degré de couverture des besoins en nutriments pour chaque enfant a été calculé en faisant le rapport entre l'apport moyen et l'apport nutritionnel recommandé. Les enfants ayant des apports en protéines, en vitamine A et en zinc inférieurs à environ 2 écarts-types sous l'apport recommandé étaient considérés à haut risque d'un apport insuffisant. Pour l'énergie, la valeur seuil correspond à 100 % des besoins théoriques, car il n'y a pas lieu de dépasser les besoins; il en est de même pour le fer, car l'ANR ne permet pas de faire des réserves et n'est donc pas un apport de sécurité.

6.1.2.1 Besoin en énergie

Les valeurs de besoins énergétiques suggérées par le comité mixte FAO/OMS/UNU (1986) ont été utilisées. Nous avons calculé les besoins selon la tranche d'âge ; 2-3 ans, 3-5 ans et 5-7 ans.

Au Niger comme les retards de croissance liés à la malnutrition et à l'infection sont hautement prévalents, nous avons utilisé le poids médian acceptable pour l'âge et la taille au lieu du poids effectif dans le calcul des besoins en énergie. De plus, compte tenu de la teneur élevée en fibres du régime des enfants nigériens, nous avons effectué une correction à la hausse (5%) des besoins énergétiques afin de tenir compte de la faible digestibilité de la ration, comme le suggère le comité mixte (FAO/OMS/UNU, 1986).

6.1.2.2 Apports de sécurité en protéines

Tout comme pour les besoins en énergie, les apports de sécurité en protéines des enfants ont été calculés selon le poids médian acceptable pour la tranche d'âge.

Les apports protéiques de sécurité ont également été corrigés à la hausse pour tenir compte de la digestibilité et de la composition en acides aminés essentiels de la ration protéique. Nous avons appliqué une correction pour la faible digestibilité d'un régime riche en fibres (85%), ainsi qu'une correction pour la qualité du mélange protéique (67%). L'indice chimique de qualité protéique utilisé est celui suggéré par le comité mixte d'expert FAO/OMS/UNU, (1986) pour la ration nigérienne à base de sorgho. Cet indice chimique correspond au rapport entre la quantité d'acide aminé limitant (la lysine) contenu dans un gramme de protéine de la ration étudiée et la quantité d'acide aminé dans les besoins postulés.

6.1.2.3 Apport de sécurité en vitamine A

L'apport de sécurité en vitamine A tel que proposé pour les enfants de un à six ans par le comité mixte FAO/OMS (1989) a été utilisé. L'apport de sécurité est de 400 μ g d'équivalents-rétinol (ER) et établit les relations suivantes entre les diverses sources de vitamine A :

$$1 \mu\text{g rétino}l = 1,0 \mu\text{g ER}$$

$$1 \mu\text{g } \beta\text{-carotène} = 1/6 \mu\text{g ER}$$

$$1 \mu\text{g autres caroténoïdes} = 1/12 \mu\text{g ER}$$

6.1.2.4 Besoins en fer

Les chiffres de besoins en fer que nous avons utilisés sont ceux du comité FAO/OMS (1989). Ces valeurs correspondent au besoin médian de

base ; celui-ci représente la quantité de fer nécessaire pour approvisionner normalement en fer les tissus et pour préserver toutes les fonctions, sans toutefois permettre de maintenir des réserves importantes de fer. Ces valeurs ne sont donc pas des apports de sécurité.

Le besoin médian de base pour un régime à faible biodisponibilité du fer (*absorption d'environ 5 %*) est celui que nous avons utilisé. Ce niveau d'absorption est celui suggéré pour un régime simple et monotone contenant des céréales, des racines et des tubercules et des quantités négligeables de produits animaux ou d'aliments riches en acide ascorbique. Ce régime comporte des aliments riches en fibres, en phytates, en oxalates etc., qui limitent l'absorption du fer.

6.1.2.5 Apports recommandés en zinc

Pour le zinc, les valeurs d'apports recommandés sont celles qui ont été suggérées par Sandstead et al. (1991). Ces valeurs sont proposées à titre temporaire car il n'existe toujours pas de méthode permettant d'évaluer avec suffisamment de précision les besoins. Elles correspondent au groupe d'âge des enfants de l'étude et au plus faible niveau de biodisponibilité, c'est-à-dire 10%.

6.1.3 Risque d'apports inadéquats

La prévalence attendue d'apports inadéquats en protéines, en fer, en vitamine A et en zinc a été estimée par l'approche probabiliste décrite par Beaton (1985 ; 1994). Afin d'obtenir cette prévalence, nous avons d'abord calculé la probabilité que l'apport moyen d'un enfant soit sous son propre besoin, en supposant que la distribution des besoins suivait une courbe normale.

En utilisant la moyenne et l'écart-type de la distribution des besoins de chaque nutriment, nous avons calculé la cote-Z (fraction d'écart-type) correspondant à la consommation de chaque enfant par la formule suivante :

$$\text{Cote-Z calculée} = (\text{apport estimé} - \text{besoin moyen}) / \text{écart-type des besoins}$$

En utilisant une table de loi normale, on obtenait la valeur de la surface de probabilité correspondant à la cote-Z. Le logiciel statistique SPSS 6.1 nous permet de calculer facilement cette probabilité que l'apport soit inadéquat (PROBINAD) par la formule suivante :

$$\text{PROBINAD} = 1 - \text{CDFNORM}(\text{cote-Z})$$

La fonction CDFNORM calcule automatiquement la probabilité que l'apport soit adéquat à partir de la cote-Z. Autrement dit cette fonction calcule l'aire sous la courbe des besoins qui est située à gauche de l'apport estimé. On obtient la probabilité que l'apport soit inadéquat, en soustrayant de 1 ou de 100% la probabilité que l'apport soit adéquat. La prévalence attendue d'apport inadéquat dans le groupe a ensuite été calculée en faisant la somme des probabilités individuelles.

Les valeurs de besoins utilisées sont celles suggérées par les commissions mixtes d'experts FAO/OMS (1986) et FAO/OMS/UNU (1989) en ce qui concerne l'énergie, les protéines, le fer et la vitamine A, alors que pour le zinc, les valeurs utilisées sont celles suggérées par Sandstead (1991) en se basant sur un coefficient de variation de 12.5%.

6.1.4 Scores de qualité alimentaire

Il y a plusieurs avantages à évaluer la qualité globale de l'alimentation au moyen de scores. Tout d'abord, la complexité de l'alimentation humaine, la

corrélation des apports en certains nutriments avec l'apport en d'autres nutriments, ainsi que les multiples interactions entre les nutriments dans le métabolisme, permettent difficilement de tirer des conclusions sur l'effet de l'apport d'un seul nutriment, aliment ou composante nutritionnelle sur la santé ou la croissance. De plus, les scores alimentaires sont particulièrement intéressants puisqu'ils ne requièrent pas la mesure précise des apports nutritionnels.

6.1.4.1 Score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA)

Un score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA) a été élaboré à partir des apports en énergie, en protéines, en vitamine A et en zinc en fonction des besoins. Les valeurs seuil correspondant à un haut risque d'apport insuffisant ont été utilisées. Celles-ci ont été empiriquement fixées à deux écarts-types sous l'apport recommandé, puisque cet apport de sécurité est généralement établi à deux écarts-types au-dessus du besoin moyen pour le groupe d'âge et de sexe. Pour l'énergie, la valeur seuil correspond à 100 % des besoins théoriques, car il n'y a pas lieu de dépasser les besoins; il en est de même pour le fer, car l'ANR ne permet pas de faire des réserves et n'est donc pas un apport de sécurité. Les valeurs seuils correspondent donc à 100% des besoins en énergie, 75% de l'ANR en protéines, 60% de l'ANR en vitamine A, 100% de l'ANR en fer et 75% de l'ANR en zinc. Cependant, comme tous les enfants dépassaient la valeur seuil pour le fer, celui-ci a été exclu du calcul et comme la presque totalité des enfants n'atteignait pas la valeur seuil pour le zinc, celle-ci a été abaissée à 40% des ANR afin de distinguer deux groupes. Les enfants sous la valeur seuil se voyaient attribuer un score de 0, alors que les autres recevaient un score de 1. Le score maximum était de 4.

6.1.4.2 Score de diversité alimentaire (SDA)

Un score de diversité alimentaire (SDA), autre indice de la qualité de l'alimentation, a également été développé, sur le fondement de la

présence/absence de 11 catégories d'aliments dans le relevé alimentaire de l'enfant sur trois jours. Un score de 1 était attribué si l'enfant avait consommé au moins un aliment de la catégorie, autrement le score était nul. Les catégories d'aliments sont les suivantes : 1) céréales, 2) racines et tubercules, 3) légumineuses, 4) oléagineux, 5) feuilles vertes, 6) légumes autres que les feuilles vertes, 7) fruits, 8) lait et œufs, 9) viande, foie et insectes, 10) matières grasses, 11) sucre. Les différentes catégories regroupent des aliments ayant une valeur nutritive comparable. De plus, certains groupes ont été créés afin de mieux faire ressortir les rares différences de consommation d'un enfant à l'autre.

6.2 Données anthropométriques

Pour les données anthropométriques sur les enfants, le logiciel « CDC Anthropometric Software Package 4.0 » a été utilisé pour obtenir les cotes-Z par rapport à la population internationale de référence (NCHS) pour les indices suivants : poids-pour-taille, taille-pour-âge. Ce sont ces indices qui ont servi dans les analyses statistiques. La malnutrition chronique est suggérée par une cote-Z de taille-pour-âge inférieure à $-2,0$; une cote-Z de poids-pour-taille inférieure à $-2,0$ est assimilé à une malnutrition aiguë.

6.3 Analyses statistiques

Les analyses statistiques de l'ensemble des données ont été effectuées à l'aide du logiciel « SPSS-PC 4,0 » et du logiciel « SPSS 6,1 pour Windows ». L'exploration préliminaire de la distribution des données a permis de déceler et de vérifier les valeurs extrêmes et apparemment aberrantes, ainsi que de détecter les variables présentant des distributions fortement asymétriques.

Les différences d'apport en énergie et en nutriments d'un jour à l'autre n'étant significatives à aucun passage (MANOVA pour mesures répétées), des tests de t pour données appariées ont été effectués sur la moyenne des trois

jours pour comparer les passages deux à deux. La corrélation (r de Spearman ou de Pearson) et le χ^2 ont été utilisés pour évaluer les relations entre les scores, le degré de couverture des besoins nutritionnels, ainsi que le statut anthropométrique. Les tests non paramétriques correspondants ont été utilisés pour la vitamine A, la distribution des apports étant fortement asymétrique.

CHAPITRE 4

ARTICLE :

**La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation d'enfants nigériens
se reflète sur leur croissance**

Soumis pour publication dans :

Cahier d'Études et de Recherche Francophones/Santé

**La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation d'enfants nigériens
se reflète sur leur croissance**

Ann TARINI, Seidou BAKARI, Hélène DELISLE Département de nutrition, Faculté de
Médecine, Université de Montréal

Pour tirés-à-part :

Hélène DELISLE, professeur titulaire
Département de nutrition (Faculté de médecine)
Université de Montréal
C.P. 6128 succursale Centre-ville
Montréal (Qc) Canada H3C 3J7.
Tél : 1 514 343-6406
Télécopieur : 1 514 343-7395
delisleh@dsuper.net

Résumé

Le but de cette étude longitudinale était d'estimer le risque d'apports inadéquats en énergie et en certains nutriments critiques chez des enfants âgés de 2 à 4 ans et entièrement sevrés au Niger (Ouallam, département de Tillabéri). Les apports ont été mesurés par pesée des aliments sur trois jours chez 60 enfants à un an d'intervalle, pendant la saison des pluies, puis chez 30 de ceux-ci à la saison sèche subséquente. Deux scores ont été développés pour évaluer la qualité globale des rations : un score de qualité nutritionnelle (SQNA), qui synthétise l'adéquation des apports aux besoins, ainsi qu'un score de diversité de l'alimentation (SDA). La relation entre ces scores et le statut anthropométrique a été examinée. Les rations, à base de céréales, comportent peu de denrées animales, de matières grasses, de fruits et de légumes autres que des feuilles vertes. Les apports en énergie, protéines, vitamine A et zinc sont insuffisants et ce, de façon encore plus marquée en saison des pluies, sauf pour la vitamine A. Le risque de carence en zinc est très élevé. Le score de qualité (SQNA) était significativement associé à l'adéquation des apports aux besoins en énergie, protéines, fer, zinc et vitamine A (dans une moindre mesure), de même qu'aux indices de poids et de taille des enfants. Une plus grande diversité était associée à une meilleure qualité nutritionnelle des rations, mais la relation avec les poids et tailles était lâche. Nos données suggèrent que la diversité alimentaire présenterait davantage de lien avec la croissance somatique lorsque l'énergie n'est pas un facteur limitant. De tels indices de la qualité globale des rations, de par leur intérêt pratique, devraient être davantage étudiés dans diverses populations d'enfants et leur validation devrait s'appuyer, au delà des indices anthropométriques, sur des marqueurs biochimiques de l'état de nutrition.

Summary

Overall nutritional quality of diets is reflected in the growth of Niger children

Tarini A, Bakari S, Delisle H

Child malnutrition is widespread in Sahelian Africa. In Niger, the population and health survey of 1992 revealed 32 % of stunting and 16 % of wasting among under-five children. Vitamin A deficiency and anemia are major public health problems, and a high rate of zinc deficiency is suspected. There is, however, a paucity of data on child dietary intakes. The purpose of this prospective study was to assess food consumption, energy and nutrient intakes in weaned preschool age children, and to appraise dietary deficiency risk. Three survey rounds were conducted during lean seasons over a two-year period. Rounds 1 and 2 took place one year apart, during the rains (August-September), and round 3, at the end of the subsequent dry season (July). Sixty rural children (30 females and 30 males) initially aged 2 to 4 years ($36,8 \pm 7,0$ month) from Ouallam district (western Niger) participated in surveys 1 and 2, and thirty of those were again studied at round 3. Food intakes were assessed using a modified weighed intake technique. All foods and beverages consumed by the child at each meal were measured over three days. Raw ingredients of family dishes were weighed, as well as the total yield once cooked. To estimate food intake when the child ate from a common pot, the number of mouthfuls was counted, and three mouthful samples were weighed. Total serving size was computed using mean weight and number of mouthfuls. Snacks and meals eaten outside the home were assessed using maternal recall. Energy, protein, vitamin A, iron and zinc intakes were computed using the most relevant food composition data, and adequacy was based on international recommended intakes. Energy, iron, and zinc requirements were

adjusted for low digestibility diets. Protein requirements were adjusted for quality score of protein mix (67%). Estimated rates of inadequate intakes were derived from the probability approach developed by Beaton (1985), or else, from cut-off values roughly corresponding to mean requirement for age-and-sex group. Two scores of overall quality of diets were developed, a nutritional quality score (NQS), and a diversity score (DS). The relationship between dietary intakes and scores, and children's weights and heights was examined.

As expected, the study children had a monotonous diet, with little animal products, fats, fruits, and vegetables other than green leaves (Figure 1). Cereals provided roughly 80-90% of total energy, protein, iron and zinc. Green leaves supplied most of the vitamin A. Intakes were chronically inadequate, and particularly so during the rains, except for vitamin A (Table 1). Nearly all the children were at high risk of zinc deficiency. Diet quality and diversity scores were related (Tables 2 and 3), with significantly higher mean % adequacy of intakes on at least one occasion, except for iron. Roughly half the children were stunted (Table 4). Energy, protein, and zinc intakes were highly and significantly correlated with anthropometric status, particularly weight-for-height Z-scores, and with dietary NQS (Table 5). Although both dietary scores showed a positive association with weight and height indices, only in the case of NQS was a higher score significantly associated with better growth indices, and only for weight-for-height (Figure 2). It was also noted that diet quality was predictive of anthropometric status of the child one year later. The findings suggest that both dietary scores have relevance, and that food diversity may be a better determinant of growth status when energy is not too limiting.

As multiple dietary inadequacies are often present in developing country children, scores of overall diet quality may be more appropriate indicators than intakes of specific nutrients. Similarly, interventions should strive to improve overall intake rather than to correct specific micronutrient deficiencies, for enhanced impact on growth and health. More research is required in order to develop and validate diet quality scores in diverse population groups.

Introduction

La malnutrition affecte bon nombre d'enfants, au Niger, comme c'est le cas dans plusieurs pays d'Afrique au sud du Sahara. L'enquête démographique et de santé du Niger [1] rapportait en 1992 un taux de 32 % de malnutrition chronique (cote-Z de taille-pour-âge < -2,0) et de 16 % de malnutrition aiguë (cote-Z de poids-pour-taille < -2,0) chez les enfants de moins de 5 ans. Les carences en micro-nutriments y sont également très répandues, en particulier l'hypovitaminose A et l'anémie nutritionnelle, qui constituent des problèmes majeurs de santé publique[2]. Il n'y a pas de données disponibles sur la prévalence de la carence en zinc. Cependant, les enfants des régions rurales d'Afrique qui ont une alimentation à base de céréales non raffinées, contenant des quantités importantes de phytates et peu de denrées animales, comme c'est le cas au Niger, sont particulièrement à risque d'une carence en zinc[3].

Dans la présente étude, nous avons mesuré la consommation alimentaire et estimé le risque d'apports inadéquats en énergie et en certains nutriments critiques chez des enfants nigériens d'âge préscolaire à trois reprises sur une période de deux ans. Nous avons également vérifié si une alimentation plus variée était associée à une meilleure adéquation des apports aux besoins nutritifs. Comme les retards de croissance peuvent être une manifestation de la carence en énergie ou en micro-nutriments[2-4], nous avons examiné le lien entre les apports et le statut anthropométrique des enfants.

Méthodes

Population et sujets de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet plus vaste sur les déterminants de l'apport et du statut en vitamine A d'enfants d'âge préscolaire au Niger. Elle a été conduite dans cinq villages de l'arrondissement de Ouallam (département de Tillabéri), situé à l'extrême ouest du pays. L'agriculture est la principale activité économique de cette région où le mil et le sorgho constituent la base de l'alimentation et qui est sujette à des déficits alimentaires quasi-annuels.

Un des objectifs du projet était de valider un questionnaire de fréquence de consommation (QFC) d'aliments riches en vitamine A en comparant les apports estimés par celui-ci et par la pesée des aliments consommés, dans un sous-échantillon d'enfants. Le QFC et les pesées d'aliments ont été effectués à trois reprises sur une période de deux ans. Les deux premières collectes de données se sont déroulées d'août à septembre 1994 et 1995 et la troisième, en juin et juillet 1996. Les trois passages se déroulaient durant la période de « soudure », avec des déficits alimentaires plus ou moins menaçants. Toutefois, les deux premiers se situaient pendant la période de grande disponibilité des feuilles vertes fraîches, source locale importante de vitamine A, alors qu'au troisième passage les feuilles étaient peu disponibles car les pluies n'avaient pas encore commencé.

L'échantillon aléatoire total d'enfants entièrement sevrés et âgés de 2 à 4 ans au début de l'étude était de 180 pour la zone de Ouallam, dont 60 étaient inclus dans l'enquête par pesée des aliments. Les mêmes enfants furent suivis au second passage, les absents étant remplacés par des enfants de même âge et de même sexe. Au troisième

passage, la pesée des aliments n'a été faite que chez 30 enfants. La présente étude porte sur ces enfants pour lesquels nous disposons de relevés alimentaires par pesée.

Méthodologie d'enquête

La mesure des apports alimentaires a été faite pendant 3 jours non consécutifs d'une semaine donnée durant les deux premiers passages et sur 3 jours consécutifs durant le troisième. Compte tenu des difficultés à cerner la consommation individuelle dans les régions où les commensaux mangent à partir d'un plat commun, nous avons utilisé une méthode combinant deux approches : la pesée des ingrédients et des plats familiaux, ainsi que l'évaluation de la consommation individuelle de l'enfant.

Pour les plats préparés pour une partie ou l'ensemble des membres du ménage, tous les ingrédients crus étaient pesés, ainsi que le plat une fois cuit. Une balance mécanique d'usage domestique d'une capacité de 25 kg (Teraillon™, précision 50g) était utilisée pour peser les céréales principalement et une balance électronique à affichage numérique d'une capacité de 2,5kg (Apsco™, précision 2g) pour les plus petites quantités. La proportion de chacun des ingrédients dans le plat était calculée en faisant le rapport entre le poids de l'ingrédient cru et le poids total cuit. Pour les plats préparés en l'absence de l'agent de recherche ou hors domicile, la composition était estimée à partir d'un rappel auprès de la femme qui avait préparé le plat.

Pour estimer au plus près la consommation réelle de l'enfant, l'agent de recherche assistait à tous les repas pris à domicile durant les trois jours d'enquête et comptait le nombre de bouchées des divers plats (poignées ou louches) prises par l'enfant. Trois bouchées étaient pesées au cours des repas et la moyenne était utilisée dans les calculs. La consommation effective de chaque aliment était obtenue par le produit du poids total

de la portion de l'enfant et de la proportion de cet aliment dans la recette. L'agent de recherche procédait à une vérification auprès des mères toutes les 2 heures afin d'estimer éventuellement les quantités d'aliments consommés hors du domicile ou en dehors des repas.

Durant les deux premiers passages, le poids corporel (avec un minimum de vêtements) et la taille en position debout de tous les enfants ont été mesurés respectivement avec une balance Salter à crochet (capacité 25kg et précision de 100g) et une toise à règle coulissante, en utilisant les méthodes standard [5]. Les indices anthropométriques calculés ont été le poids-pour-taille et la taille-pour-âge, exprimés en cote-Z par rapport à la population internationale de référence [6].

Une table de composition des aliments a été élaborée pour le calcul des apports en énergie, protéines, lipides, glucides, vitamine A, fer et zinc. Pour l'énergie et les macronutriments, nous avons surtout utilisé la table de composition de la FAO [7], celle de l'ORANA [8] et celle de West et al [9]. Nous avons complété par d'autres sources de données pour la vitamine A [10-12], le fer et le zinc [13,14]. Les valeurs manquantes ont été complétées à partir du fichier canadien sur les éléments nutritifs [15]. Les apports en énergie, protéines, vitamine A, fer et zinc ont été comparés aux apports nutritionnels recommandés (ANR)[16-18]. Les ANR en énergie et en protéines ont été ajustés pour une ration de faible digestibilité; les facteurs d'ajustement utilisés sont 0,95 pour l'énergie et 0,85 pour les protéines. Les ANR en protéines ont également été corrigés à la hausse pour tenir compte de la qualité protéique (67 %). De même, les ANR pour des rations à faible biodisponibilité ont été utilisés pour le fer [17] et le zinc [18]. La proportion d'enfants ayant une carence d'apport a été estimée par l'approche probabiliste décrite par

Beaton [19]. La probabilité que l'apport de chaque enfant soit inférieur à ses propres besoins (inconnus) est d'abord calculée, puis la moyenne des probabilités individuelles, ce qui estime la prévalence d'apports insuffisants dans le groupe d'enfants. Cette valeur ne se prêtant pas aux analyses statistiques, l'insuffisance d'apport a aussi été calculée à partir de valeurs seuils. Celles-ci ont été empiriquement fixées à deux écarts-types sous l'apport recommandé, puisque cet apport de sécurité est généralement établi à deux écarts-types au-dessus du besoin moyen pour le groupe d'âge et de sexe¹. Pour l'énergie, la valeur seuil correspond à 100 % des besoins théoriques, car il n'y a pas lieu de dépasser les besoins; il en est de même pour le fer, car l'ANR ne permet pas de faire des réserves et n'est donc pas un apport de sécurité.

Un score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA) a été élaboré à partir des apports en énergie, en protéines, en vitamine A et en zinc. Comme tous les enfants dépassaient la valeur seuil pour le fer, celui-ci a été exclu du calcul. Les enfants sous la valeur seuil se voyaient attribuer un score de 0, alors que les autres recevaient un score de 1. La presque totalité des enfants n'atteignant pas la valeur seuil pour le zinc, celle-ci a été abaissée à 40% des ANR afin de distinguer deux groupes. Le score maximum était de 4.

Un score de diversité alimentaire (SDA), autre indice de la qualité de l'alimentation, a également été développé, sur le fondement de la présence/absence de 11 catégories d'aliments dans le relevé alimentaire de l'enfant sur trois jours. Un score de 1 était attribué si l'enfant avait consommé au moins un aliment de la catégorie, autrement le score était nul.

¹ Coefficient de variation des besoins : protéines : 12,5% vitamine A : 20% zinc : 12,5% [19-21]

Les différences d'apport en énergie et en nutriments d'un jour à l'autre n'étant significatives à aucun passage (MANOVA pour mesures répétées), des tests de t pour données appariées ont été effectués sur la moyenne des trois jours pour comparer les passages. La corrélation (r de Spearman ou de Pearson) et le χ^2 ont été utilisés pour évaluer les relations entre les scores, le degré de couverture des besoins nutritionnels, ainsi que le statut anthropométrique. Les tests non paramétriques correspondants ont été utilisés pour la vitamine A, la distribution des apports étant fortement asymétrique. Les données ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS 6.1 pour Windows.

Résultats

Au recrutement, les sujets étaient âgés de 2 à 4 ans (moyenne de $36,8 \pm 7,0$ mois). Soixante enfants (30 garçons et 30 filles) ont été suivis aux deux premiers passages et 30 de ceux-ci (15 garçons 15 filles) ont eu une troisième évaluation alimentaire. Ceci correspond à 450 jours de relevés alimentaires quantifiés.

Diversité alimentaire et apports nutritifs

Chez les enfants étudiés, nous avons relevé de 5 à 6 prises alimentaires par jour. Le midi, c'est la boule (boisson lactée à base de mil ou de sorgho) qui est le plus souvent consommée. Le soir, la pâte de mil, de sorgho, ou parfois de maïs, est accompagnée d'une sauce à base de feuilles; les restes sont consommés au petit déjeuner du lendemain. Entre les repas, c'est la boule qui est consommée, ainsi que des fruits ou des criquets à l'occasion.

Comme le montre la figure 1, tous les enfants consomment des céréales, des feuilles vertes et des oléagineux. Cependant, les quantités d'oléagineux sont très faibles,

car il s'agit essentiellement d'un condiment à base de graines d'oseille fermentées. Même si la fréquence de consommation des matières grasses diminue d'une enquête à l'autre, les apports en énergie augmentent, car ils sont davantage influencés par la consommation de céréales. En effet, les céréales fournissent en moyenne 89 % à 93 % de la ration énergétique, 76 % à 84 % des protéines, 87 % à 90 % du fer et 83 % à 86 % du zinc aux différents passages. La vitamine A provient presque exclusivement des feuilles vertes (92 % à 93 %). L'apport en énergie est fortement corrélé à l'apport en protéines ($p < .001$), en fer ($p < .001$) et en zinc ($p < .001$), mais non à l'apport en vitamine A. Non seulement la consommation de denrées d'origine animale, de légumes autres que les feuilles vertes, de fruits et de matières grasses n'est pas courante, mais les quantités consommées sont très faibles. Par exemple, la consommation moyenne est de 10g à 13g/jour pour la viande de chèvre, de 1-6g pour le gombo séché et 2-6g pour l'huile de palme raffinée, même en ne considérant que les enfants en ayant consommé.

Les estimations d'apports nutritifs, de couverture des besoins et de prévalence de carences d'apport sont présentées au tableau 1. Les apports aux deux premiers passages, mesurés en saison des pluies, sont bas et **significativement** inférieurs à ceux du troisième passage sauf pour la vitamine A, tant en termes absolus qu'en pourcentage des ANR. La moyenne d'apport est particulièrement faible dans le cas du zinc, n'atteignant que 41 % à 55% de l'apport de sécurité suggéré par Sandstead[18].

Une forte proportion d'enfants sont à risque de carence en énergie (et secondairement en protéines), surtout en saison des pluies (deux premiers passages). Pour la vitamine A, le risque de carence est encore plus important (57% des enfants) au

troisième passage, effectué en fin de saison sèche. La carence d'apport en fer semble limitée, alors que la quasi-totalité des enfants ont de faibles apports en zinc en tout temps.

Les scores de qualité et de diversité de l'alimentation sont présentés au tableau 2. La diversité alimentaire apparaît légèrement moindre au premier passage, mais la différence n'est pas significative. Quant à la qualité nutritionnelle, elle est semblable aux trois passages, comme la détérioration des apports en vitamine A lors de la troisième enquête est en quelque sorte compensée par l'amélioration des apports en énergie et en ces nutriments corrélés avec l'énergie (protéines, fer, zinc). Le SQNA et le SDA sont significativement reliés, mais seulement au troisième passage (r Spearman = 0,526 p = 0.003). Une plus haute fréquence d'apports insuffisants est en général observée parmi les enfants dont l'alimentation est peu variée, comparativement à ceux dont le score de diversité alimentaire est supérieur à 5 (tableau 3). La différence est statistiquement significative en au moins une occasion pour l'énergie (p = .01), les protéines (p = .02) et le zinc (p = .04); on note une tendance dans le cas de la vitamine A (p = .06). Le score de qualité nutritionnelle de l'alimentation est d'ailleurs significativement plus élevé dans le groupe à plus grande diversité alimentaire, et ce dans les trois enquêtes.

Statut anthropométrique et qualité de l'alimentation

Les données sur le statut anthropométrique des enfants (tableau 4) indiquent que la malnutrition chronique (cote-Z de taille-pour-âge <-2,0) touche pratiquement la moitié des enfants. L'amélioration importante des indices de poids au second passage, qui se traduit par une baisse du taux de malnutrition aiguë, laisse à penser que les approvisionnements alimentaires se sont améliorés la seconde année, car il s'agit de la même saison.

Comme le montre le tableau 5, il y a une corrélation hautement significative ($p < 0.01$) entre l'indice de poids pour la taille et le % de couverture des besoins en énergie, en protéines, en fer et en zinc lors des deux enquêtes effectuées à un an d'intervalle. Une corrélation est également observée entre les apports et l'indice taille-pour-âge, mais elle n'est significative qu'au premier passage et seulement pour l'énergie, les protéines et le zinc. Le niveau d'apport en vitamine A n'est toutefois pas relié de manière significative au poids ou à la taille. Les apports en énergie, protéines et zinc (en % des besoins) en 1994 présentent en outre une relation significative avec les deux indices de croissance un an plus tard. Si la relation avec le poids est légèrement plus faible, la relation avec l'indice de taille reste tout aussi étroite qu'un an plus tôt. Quant aux scores de qualité alimentaire, la corrélation entre le SQNA et les indices anthropométriques est significative lorsque les apports nutritifs le sont, comme ce score synthétise en quelque sorte les apports. En revanche, le SDA ne montre de relation significative qu'avec le poids et au second passage seulement (apports et anthropométrie '95). La figure 2 illustre ces associations entre scores alimentaires et indices anthropométriques. Une meilleure qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA > 3) est associée à des indices de taille et de poids plus élevés, bien que la différence ne soit significative que dans le cas des cotes-Z de poids-pour-taille. Une plus grande diversité alimentaire (SDA >6) semble également se traduire par de meilleurs indices de croissance, encore que généralement non significatifs statistiquement.

Discussion

La coutume de l'alimentation au plat commun rend la mesure des apports individuels très difficile[20]. La méthode qui consiste à évaluer la consommation de l'enfant à partir du nombre et du poids moyen des bouchées nous apparaît être l'approche la plus précise adoptée à ce jour. Néanmoins, les données doivent être interprétées avec prudence compte tenu des limites méthodologiques et sources possibles d'erreur. Par exemple, la présence d'un observateur aux repas a pu entraîner des modifications dans les habitudes alimentaires. De plus, le recours au rappel par les mères des aliments consommés hors du foyer ou hors des repas peut ajouter à l'erreur dans l'estimation des apports, sans compter l'utilisation des tables de composition des aliments, forcément imprécises [21].

Nos observations montrent que les rations des enfants à l'étude sont peu satisfaisantes dans l'ensemble. Les apports et les taux de couverture des ANR en énergie, en protéines et en zinc sont faibles, en particulier à la saison des pluies, les réserves de céréales de la récolte précédente tirant alors à leur fin. Une tendance inverse est observée pour la vitamine A. Comme les feuilles vertes, source importante, sont plus disponibles au moment des pluies, les apports sont plus élevés aux deux premières enquêtes qu'à la troisième. Il n'y a pratiquement pas de différence entre les apports nutritifs à un an d'écart mais à la même saison, même en termes absolus.

Les apports en fer paraissent élevés, ce qui reflète la forte teneur en fer du mil, base de l'alimentation dans cette zone. Toutefois, la teneur en fer du mil varie de façon importante selon les variétés et les tables de composition [7,8], de sorte que le choix du chiffre de teneur influence grandement l'estimation de l'apport total. En outre, on ne peut

préjuger de la biodisponibilité réelle de ce fer [22], non plus que des répercussions sur les besoins des infections et parasitoses [23], fréquentes dans la zone étudiée.

Le risque de déficience en zinc s'avère particulièrement important, la proportion d'enfants ayant des carences d'apport atteignant 85% à 100% selon le moment. De très faibles apports en zinc ont également été observés ailleurs en Afrique [24, 25]. Selon Ferguson et al. [25], le haut risque de carence est attribuable à la faible biodisponibilité du zinc des régimes à forte prédominance de céréales. Notre étude confirme que la carence en zinc devrait faire l'objet d'une attention particulière puisqu'elle se révèle un problème de santé publique dans plusieurs pays africains.

Selon nos résultats, le niveau d'apport en énergie et en zinc est associé au statut anthropométrique au moment de l'enquête et même un an plus tard. Les différentes études sur la relation entre les apports en zinc et la croissance ne sont pas entièrement concluantes. Plusieurs auteurs observent un lien entre les apports en zinc et la croissance de jeunes enfants dans les pays en développement [26-28]. Toutefois, dans une étude faite en Gambie, Bates et al. [29] ne décèlent pas d'effet sur la croissance staturale ou pondérale de suppléments de zinc chez des enfants de 7 à 27 mois. Une explication possible est que l'augmentation des apports en zinc n'aurait que peu d'impact sur la croissance lorsque d'autres carences nutritionnelles sont présentes, à moins de corriger celles-ci simultanément. Selon Allen [4], en effet, la coexistence probable de multiples carences nutritionnelles dans les pays en développement, ainsi que la forte morbidité, pourraient expliquer l'inconstance des effets sur la croissance de suppléments en un seul nutriment. L'étude récente de Penland et al chez des écoliers chinois [30] supporte cette hypothèse, puisque c'est en combinaison avec un mélange d'autres micro-nutriments que

le zinc montrait le plus d'impact sur la croissance staturale, alors que seul, il avait peu d'effet. Malgré le lien observé entre les indices de croissance et le taux de couverture des besoins en zinc dans notre étude, il y a beaucoup trop d'autres causes potentielles de retard de croissance pour considérer isolément le zinc.

Il est pertinent de s'intéresser à la qualité globale des rations plutôt qu'à un nutriment en particulier et pour cette raison, nous avons élaboré des scores de qualité de l'alimentation. Dans les pays industrialisés, de tels indices sont de plus en plus utilisés [31]. Des indices ou scores ont été élaborés à partir du type, de la quantité ou de la variété des aliments consommés, ou encore, des apports en différents nutriments, les recommandations alimentaires pour la santé ou les ANR servant d'étalon. Des indices très simples se sont révélés étroitement associés avec des marqueurs de risque de maladies chroniques, ou même avec le risque de mortalité chez des adultes. Toutefois, leur association avec des indicateurs anthropométriques, biochimiques ou cliniques de l'état nutritionnel a été peu étudiée, la malnutrition étant moins un problème que les risques de maladies chroniques liés à l'alimentation pléthorique ou déséquilibrée, dans les pays industrialisés. En dépit du grand intérêt qu'on lui reconnaît depuis longtemps par sa simplicité et l'information qu'elle fournit dans les pays en développement [32], l'évaluation globale de la qualité des rations au moyen de scores est encore peu utilisée dans ces contextes.

Nos résultats montrent qu'une meilleure qualité globale des rations est liée à un meilleur statut anthropométrique des enfants. Toutefois, les apports en énergie et en plusieurs nutriments provenant essentiellement des céréales, ils sont corrélés et le SQNA augmente avec l'apport en énergie. Néanmoins, lorsqu'il n'y a pas de déficit généralisé en

énergie, un ou plusieurs micro-nutriments peuvent devenir les facteurs limitants de la qualité alimentaire et de la croissance.

Le score de diversité alimentaire (SDA) représente principalement la consommation de denrées autres que les céréales. Cependant, comme les quantités consommées sont souvent très faibles, la contribution à la satisfaction des besoins nutritionnels (et donc au SQNA) est également faible. Une plus grande diversité favorise néanmoins la qualité nutritionnelle des rations, comme nous avons pu le montrer. Une relation significative entre la diversité alimentaire et la croissance n'a pu être mise en évidence, bien qu'une tendance soit incontestable. Il est possible que la diversité ne se manifeste comme facteur positif que lorsque les apports en énergie ne sont pas trop limitants. Ce serait le cas au troisième passage d'enquête et d'ailleurs, il y avait alors une corrélation significative entre le SDA et le SQNA. On pourrait donc s'attendre à une relation plus nette entre la diversité alimentaire et la croissance somatique. Malheureusement, nous n'avons pas de données sur la croissance au troisième passage pour étayer cette hypothèse. Le score de diversité pourrait peut-être, par ailleurs, être amélioré en tenant compte des quantités, ou encore, en considérant chaque journée d'enquête séparément. Il serait en outre intéressant d'étudier la relation entre ces scores et des indicateurs biochimiques du statut nutritionnel.

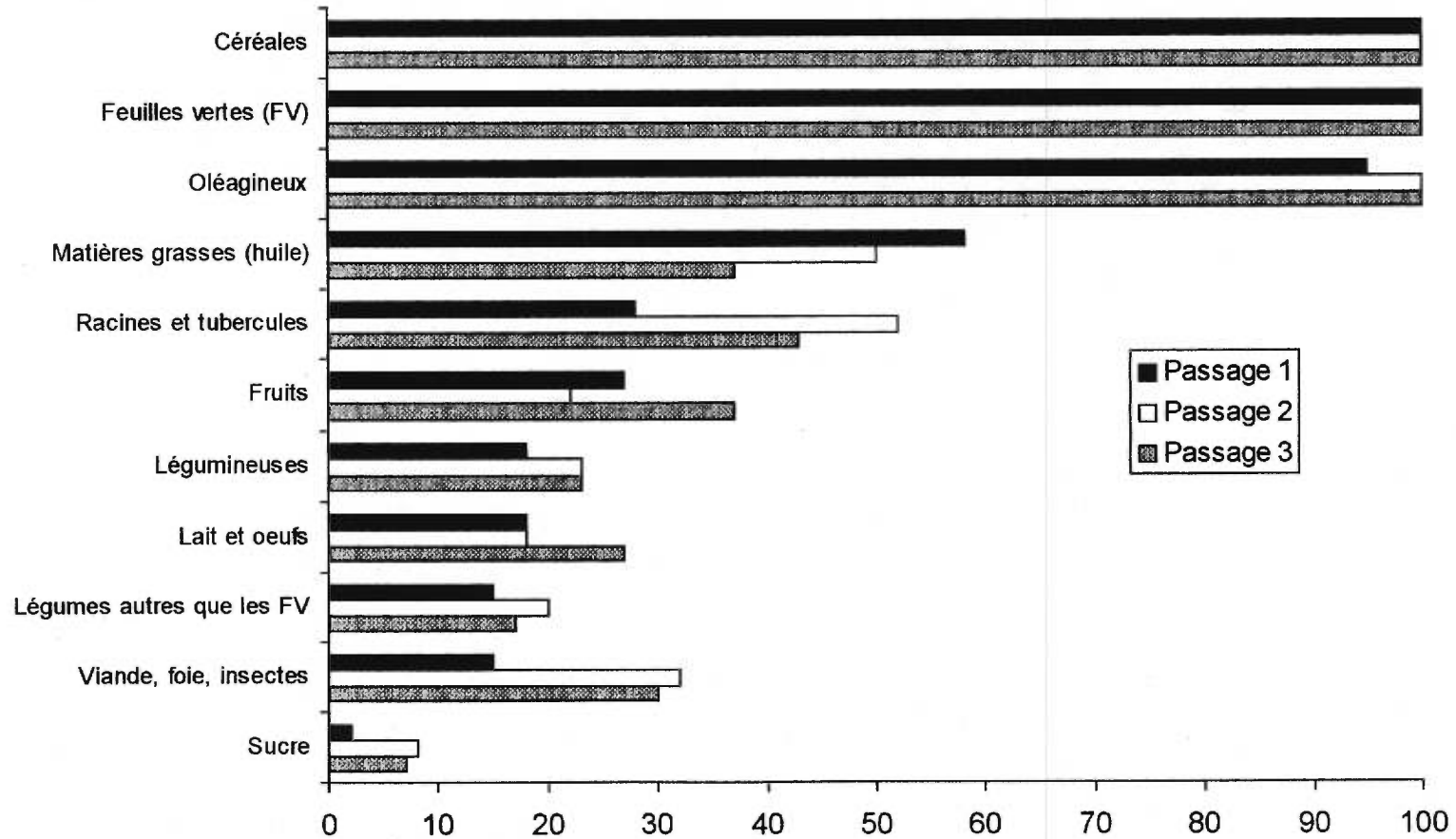
Conclusion

Les rations des enfants étudiés sont insuffisantes pour satisfaire les besoins en énergie, protéines, vitamine A et zinc. Les carences d'apport sont plus ou moins marquées selon les périodes de l'année, mais le risque de carence en zinc est

particulièrement élevé. Les déficits d'apport en énergie et en zinc pourraient expliquer, du moins en partie, les retards de croissance observés. Dans cette étude, l'appréciation de la qualité globale de l'alimentation au moyen de scores met en évidence le lien entre la qualité nutritionnelle ou la diversité des rations et le statut anthropométrique de jeunes enfants. Des travaux de recherche seront encore nécessaires pour valider de tels scores, dont l'utilité est encore méconnue dans les pays en développement, par des indicateurs autres qu'anthropométriques.

Figure 1

Fréquence de consommation de différentes catégories d'aliments (%) ¹



¹ Pourcentage d'enfants ayant consommé au moins un aliment de la catégorie durant les trois jours d'enquête

Frequency of intake by food groups

Tableau 1**Apports nutritifs par rapport aux besoins**

	Août-septembre '94 (n=60)			Août-septembre '95 (n=60)			Juin-juillet '96 (n=30)		
	Apport moyen	% moyen des ANR	Carence d'apport (% groupe) §	Apport moyen	% moyen des ANR	Carence d'apport (% groupe)	Apport moyen	% moyen des ANR	Carence d'apport (% groupe)
Energie (kcal)	1242 ^a ± 284	81 ± 19 ^b	85,0	1280 ^a ± 278	78 ± 17 ^b	93,3	1744 ± 648	98 ± 38	53,3
Protéines (g)	27 ^a ± 6	93 ± 21 ^b	33,6	27 ^a ± 7	88 ± 22	42,0	36 ± 15	107 ± 46 ^b	31,6
Lipides (g)	16 ^a ± 4			18 ^a ± 7			23 ± 14		
Glucides (g)	258 ^a ± 61			260 ^a ± 57			358 ± 128		
Fer (mg)	28 ^a ± 9	202 ± 55 ^b	0	25 ± 7	179 ± 49 ^b	0,7	33 ^a ± 14	233 ± 103	5,9
Zinc (mg)	6 ^a ± 1	41 ± 9 ^b	99,8%	7 ^a ± 1	44 ± 9 ^b	99,7	9 ± 3	55 ± 21	85,3
Vitamine A (ER) ‡	361 ^a (240 ;592)†	90 (60 ;148) ^b	34,7	365 ^a (270 ;475)	91 (67 ;118) ^b	30,0	222 ^a (89 ;519)	55 (22 ;130) ^b	57,2

a, b Les lettres identiques indiquent les valeurs qui ne sont pas significativement différentes ($p < .05$) lorsqu'on compare les passages (Test de t pour mesures appariées).

§ Calculé selon l'approche probabiliste (Beaton, 1985), sauf pour l'énergie où le pourcentage représente la proportion d'enfants n'atteignant pas leurs besoins théoriques

‡ Équivalents-rétinol

† Médiane (P25 ;P75)

Mean intakes and % of requirements

Tableau 2**Qualité nutritionnelle et diversité alimentaire**

	Passage 1 (n=60)	Passage 2 (n=60)	Passage 3 (n=30)
Score de qualité (SQNA) ¹ (moyenne ± ET)	2,2 ± 1,1	2,2 ± 1,1	2,4 ± 1,4
Score de diversité (SDA) ² (moyenne ± ET)	4,8 ± 1,3	5,3 ± 1,4	5,3 ± 1,7
Corrélation ³ entre SDA et SQNA	0,203 (p=0,120)	0,229 (p=0,079)	0,568 (p=0,001)

¹ Maximum de 4

² Maximum de 11

³ r de Spearman

Diet quality and food diversity

Tableau 3**Relation entre diversité alimentaire et niveau d'apport nutritif**

Scores de diversité (SDA)	Énergie	Protéines	Vitamine A	Fer	Zinc	Scores de qualité (SQNA) (moyenne ± ET)
	<100% ANR (%)	< 75% ANR (%)	< 60% ANR (%)	<100% ANR (%)	< 40% ANR (%)	
Passage 1						
Score ≤ 5 (n=42)	85,7	31,0	31,0	---	52,4	2,0 ± 1,2
≥ 6 (n=18)	83,3	5,6	11,1	---	44,4	2,6 ± 0,7
χ^2 (p)	0,06 (0,81)	4,54 (0,03)	2,65 (0,10)	---	0,32 (0,57)	t = 2,2 (0,03)
Passage 2						
Score ≤ 5 (n=34)	97,1	25,3	26,5	5,9	44,1	2,0 ± 1,1
≥ 6 (n=26)	88,5	23,1	7,7	0	26,9	2,5 ± 1,0
χ^2 (p)	1,75 (0,19)	1,05 (0,31)	3,47 (0,06)	1,58 (0,21)	1,88 (0,17)	t = 2,0 (0,05)
Passage 3						
Score ≤ 5 (n=14)	78,6	42,9	71,4	7,1	100,0	1,5 ± 1,3
≥ 6 (n=16)	31,3	6,3	37,5	6,3	75,0	3,1 ± 1,1
χ^2 (p)	6,72 (0,01)	5,59 (0,02)	3,45 (0,06)	0,01 (0,92)	4,04 (0,04)	t = 3,5 (0,002)

Relationship between nutrient intakes and food diversity

Tableau 4

Statut anthropométrique des enfants

	Passage 1 (n=60)	Passage 2 (n=59)
Taille-pour-âge (cote-Z moyenne)	- 2,17 ± 1,5	- 1,97 ± 1,3
Malnutrition chronique, % (cote-Z < -2,0)	50%	47,5%
Poids-pour-taille (cote-Z moyenne)	- 0,88 ± 1,1	- 0,11 ± 1,1
Malnutrition aiguë, % (cote-Z < -2,0)	18,3%	3,4%

Anthropometric status of children

Tableau 5

Relation entre le pourcentage de couverture des besoins nutritifs et le statut anthropométrique

	Août-septembre 1994 (n=60) cotes-Z		Août-septembre 1995 (n=59) cotes-Z	
	T/A	P/T	T/A	P/T
Apport 1994				
Énergie	,31*	,80**	,34*	,60**
Protéines	,27*	,69**	,32*	,56**
Fer	,01	,39**	-,09	,41**
Zinc	,30*	,67**	,30*	,55**
Vitamine A ¹	,00	-,03	-,01	,11
SQNA ¹	,30*	,58**	,27*	,53**
SDA ¹	,16	,10	,10	,01
Apport 1995				
Énergie			,09	,69**
Protéines			,13	,63**
Fer			,01	,61**
Zinc			,06	,68**
Vitamine A ¹			-,14	,24
SQNA ¹			,01	,65**
SDA ¹			,17	,31*

* $X < .05$

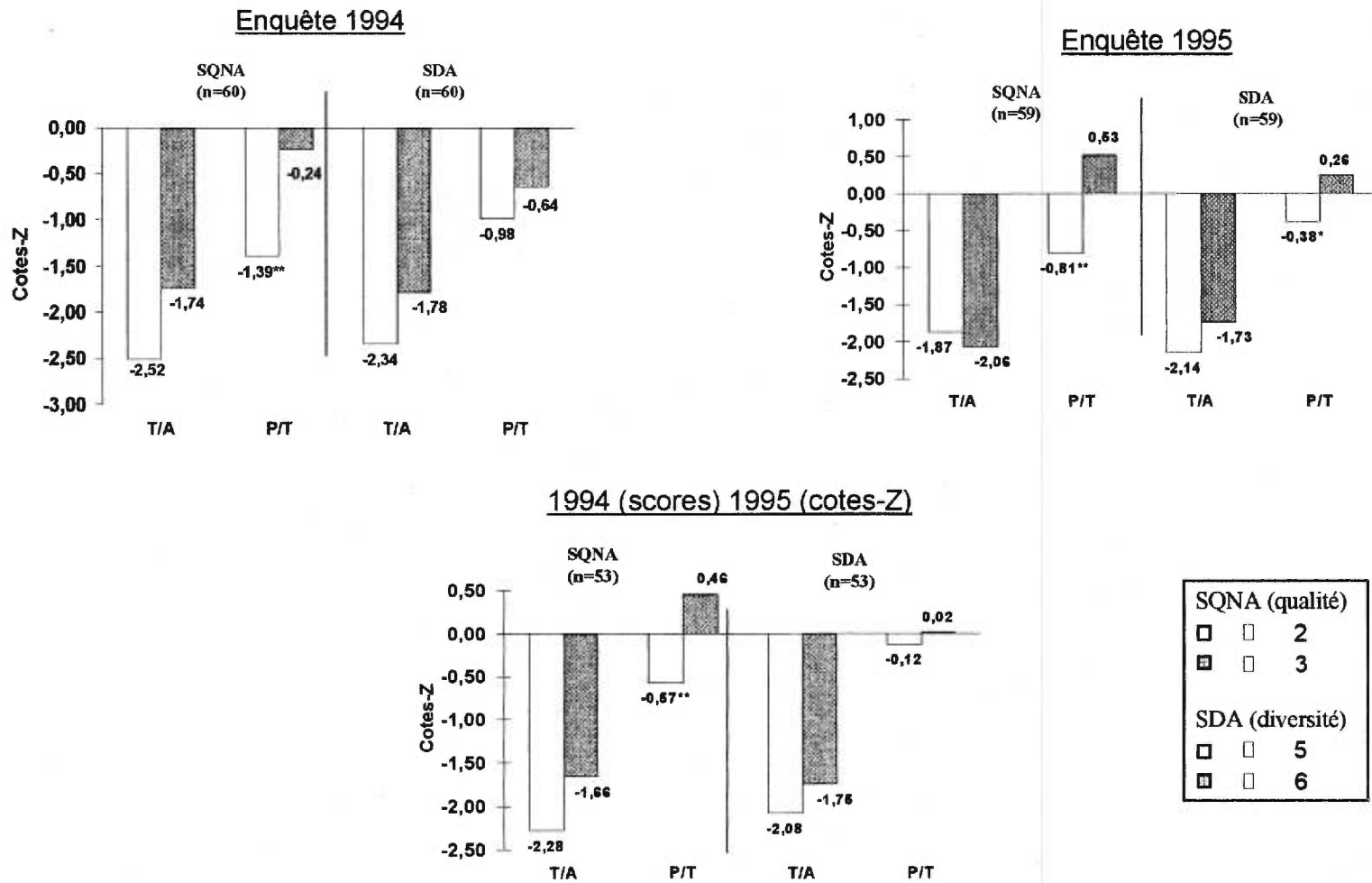
** $X < .01$

¹ Corrélation de Spearman

Relationship between energy and nutrient intake level, and growth status

Figure 2

Indices de poids et de taille selon la qualité et la diversité des rations



T/A: Taille-pour-âge P/T: Poids-pour-taille
 * p < .05 ** p < .01 (Test de t)

Body height and weight indices according to diet quality and diversity

Bibliographie

1. Gouvernement du Niger. Ministère des finances et du plan. *Enquête Démographique et Santé du Niger*, Niamey 1992.
2. UNICEF, *Analyse de la situation des femmes et des enfants au Niger*. Niamey 1994.
3. Prasad AS. Discovery of human zinc deficiency and studies in an experimental human model. *Am J Clin Nutr* 1991 ; 53 : 403-12.
4. Allen LH. Nutritional influences on linear growth : a general review. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 (suppl. 1), S75-S89.
5. Lohman TG, Roche AF, Martorell R (Eds). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, III: Human Kinetics Books, 1991 : 90 p.
6. Waterlow JC, Buzina R, Keller W, Lane JM, Nichaman MZ. The presentation and use of height and weight data for comparing the nutrition status of groups of children under the age of 10 years. *Bull WHO* 1977 ; 55 : 489-98.
7. FAO. *Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique*. Rome : FAO, Documents techniques sur la nutrition no.3, 1977, 218 p.
8. ORANA (Office de recherche en alimentation et nutrition africaine) *Table de composition des aliments*, Dakar 1993 : 26 p.
9. West CE, Pepping F, Temalilwa CR. *The composition of foods commonly eaten in East Africa*. Wageningen Agricultural University, 1988 : 73 p.
10. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A des feuilles vertes traditionnelles du Niger. *Cah Études Rech Franc/Agric* 1997 ; 6 : 553-560.
11. Smith GC, Dueker SR, Clifford AJ, Grivetti LE. Carotenoid values of selected plant foods common to southern Burkina Faso, West Africa. *Ecol Food Nutr* 1996 ; 35 : 43-58.
12. West CE and Poortvliet EJ. *The carotenoid content of foods with special reference to developing countries*. Washington : VITAL, 1993 : 210 p.
13. Ferguson EL . The zinc, calcium, copper, manganese, nonstarch, polysaccharides and phytate content of seventy eight locally grown and prepared African foods. *J Food Comp Anal* 1993 ; 6 : 1-13.

14. Smith GC, Clegg MS, Keen CL, Grivetti LE. Mineral values of selected plant foods common to southern Burkina Faso and to Niamey, Niger, West Africa. *Int J Food Sc Nutr* 1996 ; 47 : 41-53.
15. Gouvernement du Canada. Ministère de la santé et du bien-être social. *Fichier canadien sur les éléments nutritifs*. Ottawa : 1991.
16. FAO/OMS/UNU *Besoins énergétiques et besoins en protéines : rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS/UNU*. Genève : OMS, Série de rapports techniques , no. 724, 1986
17. FAO/OMS *Besoins en vitamine A, fer, acide folique et vitamine B₁₂ : rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS*. Rome : FAO, Série Alimentation et nutrition, no 23, 1989
18. Sandstead HH. Zinc deficiency. A public health problem ? *Am J Dis Child* 1991 ; 145 : 853-9.
19. Beaton GH. Nutritional assessment of observed nutrient intake : an interpretation of recent requirement reports. *Adv Nutr Res* 1985 ; 7 : 101-28.
20. Hudson GJ. Food intake in a West African village. Estimation of food intake from a shared bowl. *Br J Nutr* 1995 ; 73 : 551-69.
21. Thompson FE, Byers T. Dietary assessment resource manual. *J Nutr* 1994 ; 124 : 2245S-317S.
22. Hurrell RF, Bioavailability of iron. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51(suppl 1) : S4-S8
23. Walter t, Olivares M, Pizarro F, Munoz C. Iron, anemia, and infection. *Nutr Rev* 1997 ; 55 : 111-24.
24. Murphy SP, Beaton GH, Calloway DH. Estimated mineral intakes of toddlers : predicted prevalence of inadequacy in village populations in Egypt, Kenya, and Mexico. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 56 : 565-72.
25. Ferguson EL, Gibson RS, Opare-Obisaw C, Ounpuu S, Thompson LU and Lehrfeld J. The zinc nutriture of preschool children living in two African countries *J Nutr* 1993 ; 123 : 1487-96.

26. Golden MHN et Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1981 ; 34 : 900-8.
27. Castillo-Duran C, Heresi G, Fisberg M et Uauy R. Controlled trial of zinc supplementation during recovery from malnutrition : effect on growth and immune function. *Am J Clin Nutr* 1987 ; 45 : 602-8.
28. Khanum S, Alam AN, Anwaar I, Akbar Ali M, Mujibur Rahaman M. Effect of zinc supplementation on the dietary intake and weight gain of Bangladeshi children recovering from protein-energy malnutrition. *Eur J Clin Nutr* 1988 ; 42 : 709-14.
29. Bates CJ, Evans PH, Dardenne M ,Prentice A, Lunn PG, Northrop-Clewes CA, Hoare S, Cole TJ, Horan SJ, Longman SC et al. A trial of zinc supplementation in young rural Gambian children. *Br J Nutr* 1993 ; 69 : 243-55.
30. Penland JG, Sandstead HH, Alcock NW, *et al.* A preliminary report : Effects of zinc and micronutrient repletion on growth and neuropsychological function of urban Chinese children. *J Am Coll Nut* 1997 ; 16 :268-72
31. Kant AK. Indexes of overall diet quality : A review. *J Am Diet Assoc* 1996 ; 96 :785-91 .
32. Sanjur D, Romero E. Conceptual levels of dietary indicators as predictors of nutritional status. *Nutrition* 1975 ; 2 :214-22.

CHAPITRE 5

RÉSULTATS ET DISCUSSION COMPLÉMENTAIRES

1. Variation des apports nutritionnels dans le temps et implications pour l'interprétation des résultats

1.1 Variation des apports nutritionnels selon la saison

Dans les pays où il n'y a que deux saisons, comme c'est le cas au Niger, la consommation alimentaire fluctue de manière importante selon le moment de l'année. Dans notre étude, même si la troisième collecte de données s'est déroulée seulement deux mois plus tôt dans l'année que les deux premières collectes, nous avons observé des apports en énergie, en protéines, en fer et en zinc plus élevés à cette période. Le troisième passage (juin-juillet) était plus près de la récolte précédente. On peut donc supposer que les réserves de céréales étaient plus importantes à cette période qu'aux deux autres qui se déroulaient en août et septembre. Il est cependant difficile d'attribuer cette différence à la saison seulement, car la production céréalière dépend des précipitations annuelles et peut fluctuer du simple au double d'une année à l'autre (SEDES, 1987). Néanmoins, on peut supposer que l'adéquation des apports énergétiques aurait été meilleure durant la période post-récolte (octobre) de la même année. Malheureusement nous n'avons pas évalué la consommation à cette période de l'année. Des différences saisonnières au niveau de la morbidité ont également pu influencer les apports alimentaires des enfants, mais nous n'avons pas évalué cet aspect.

1.2 Variations des apports quotidiens

En début d'étude, il a été estimé que trois jours de relevé alimentaire non-consécutifs au cours d'une même semaine seraient suffisants pour cerner l'apport habituel des enfants de l'étude pour la période d'enquête, supposant que la ration alimentaire fluctuait très peu d'une semaine à l'autre au cours

d'une même saison. Il est possible que trois jours de pesée des aliments ne soient pas suffisants pour cerner la consommation habituelle des enfants surtout pour les aliments consommés de façon irrégulière. Cependant, si l'on tient compte du caractère envahissant de la méthode, une prolongation des pesées pourrait créer une certaine lassitude des mères et réduire leur coopération. Dans la plupart des enquêtes par pesée effectuées en Afrique, le nombre de jours de pesée variait de deux à quatre (Beaton, 1992 ; Ferguson et al, 1993 ; Kigutha et al, 1997 ; Tanner et Lukmanji, 1987 ; van Liere et al, 1995).

Au troisième passage, afin de minimiser le recours au rappel pour la composition du plat consommé le matin, qui était très souvent composé du reliquat de la veille, les trois jours de relevé se sont déroulés sur des jours consécutifs. Cette modification a pu avoir un impact sur les résultats. En effet, lorsqu'on examine les coefficients de variation des moyennes d'apports en énergie et en nutriments aux différents passages, on se rend compte que la variance est beaucoup plus grande au troisième passage qu'aux deux premiers (tableau 1). Tarasuk et Beaton (1992), ont comparé la validité d'une estimation des apports faite à partir des données de consommation de sept jours consécutifs versus des données de sept jours non-consécutifs, dans une étude faite chez des adultes américains. Les apports des sept jours étaient comparés aux apports estimés par 365 jours de relevés alimentaires. Ils ont trouvé que l'estimation des apports à partir de jours consécutifs ou non, donnait des moyennes d'apports semblables. Par contre, la moyenne des apports estimée par sept jours adjacents avait une variance beaucoup plus grande que celle obtenue par sept jours non adjacents. La variance était presque deux fois plus élevée. Toutefois, la variance au jour le jour (intra-individuelle) était inférieure avec les jours consécutifs. Selon Tarasuk et Beaton (1992), les sept jours consécutifs ne réussissaient pas à capter le modèle de variation sur une longue période et sous-estimaient la variance réelle des apports d'un jour à l'autre, ce

qui surestimait la variance interindividuelle. C'est ce qui a pu se produire lors de notre étude puisque les apports en énergie, en glucides, en fer et en zinc semblent moins varier d'un jour à l'autre, au troisième passage qu'aux deux premiers passages comme le suggèrent les valeurs de «*p*» plus élevées de l'analyse MANOVA à mesures répétées à ce passage (tableau 1).

La surestimation de la variance interindividuelle influence les résultats de certains tests statistiques. Par exemple, cette plus grande variance au troisième passage a pu jouer dans l'absence de différence significative entre les saisons pour l'apport en vitamine A, qui était pourtant nettement inférieur au troisième passage. L'utilisation de jours non-consécutifs au troisième passage aurait peut-être permis d'observer une différence significative entre les apports en vitamine A mesurés à ce passage et les apports aux deux premiers passages, en réduisant la variation interindividuelle. Dans les études de consommation alimentaire chez les enfants en Afrique, la consommation était néanmoins habituellement évaluée sur des jours consécutifs (Beaton et al, 1992 ; Ferguson et al, 1993b ; van Liere et al. 1995). L'utilisation des jours non-consécutifs devrait être favorisée dans les enquêtes de consommation particulièrement lorsque leur but est de comparer les apports à différentes périodes de l'année ou entre différents groupes.

Tableau I : Variation intra-individuelle et interindividuelle

Variable	Passage	Effet du jour (valeur p) ¹	Coefficient de variation interindividuelle (%)
Énergie	1	0,081	23
	2	0,172	22
	3	0,524	37
Protéines	1	0,313	22
	2	0,441	26
	3	0,143	42
Lipides	1	0,246	25
	2	0,597	39
	3	0,136	61
Glucides	1	0,096	24
	2	0,059	22
	3	0,672	36
Vitamine A	1	0,671	61
	2	0,330	40
	3	0,409	94
Fer	1	0,255	32
	2	0,241	28
	3	0,277	42
Zinc	1	0,057	17
	2	0,315	14
	3	0,655	33

¹ MANOVA à mesures répétées

2. Comparaison des résultats aux travaux antérieurs

Dans cette section les résultats seront discutés en quatre parties. D'abord nous discuterons des habitudes alimentaires. Ensuite, les apports nutritionnels des enfants de Ouallam seront comparés à ceux observés dans d'autres régions d'Afrique. Dans la troisième partie, nous discuterons des méthodes d'évaluation de la qualité globale, pour finir avec les influences nutritionnelles sur la croissance des enfants.

2.1 Habitudes alimentaires

Dans la région de Ouallam nous avons observé la préparation de deux repas par jour ; un en mi-journée et l'autre en soirée. Les restes du repas du

soir sont consommés au petit déjeuner du lendemain. Dans plusieurs autres régions rurales d'Afrique on prépare également deux repas par jour (Hudson, 1995 ; Tanner et Lukmanji, 1987 ; FAO/SMIAR, 1998). La consommation des restes de la veille au petit déjeuner est une pratique qui a aussi été observée en Gambie (Hudson, 1995). Chez les enfants étudiés, nous avons relevé de cinq à six prises alimentaires par jour, donc deux à trois qui avaient lieu en dehors des heures habituelles de repas. Ne pas estimer la consommation entre les repas pouvait entraîner une sous-estimation assez importante des apports.

Nous avons observé que la cuisson des aliments se faisait sur un foyer en terre cuite. Le bois était la principale source de combustible. La quantité restreinte de bois limitait le nombre de préparations. Une telle contrainte a également été observée en Tanzanie par Tanner et Lukmanji (1987). Lors des repas, les membres de la famille sont regroupés par unités de consommation (groupe de personnes mangeant dans un bol commun). Ces unités sont habituellement formées par sexe et groupe d'âge. La consommation en groupe dans un plat commun est une pratique très courante en Afrique ; elle a été rapportée dans des études faites au Sénégal, en Gambie, au Bénin, au Malawi et au Ghana (Dop et al, 1997 ; Hudson, 1995 ; van Liere et al, 1995 ; Ferguson et al, 1993b).

Le modèle alimentaire que nous avons observé est celui de la période de soudure. Pendant cette période de l'année, la ration est faible et principalement constituée de céréales. En effet, les céréales fournissaient en moyenne 89 % à 93 % de l'énergie et 76 % à 84 % des protéines aux différents passages. Ces résultats vont dans le même sens que les données rapportées par la FAO selon lesquelles plus de 80% des calories proviennent des céréales dans les populations sédentaires en milieu rural nigérien (FAO/SMIAR, 1998). Une forte contribution des denrées de base à l'apport énergétique (88%) et protéique (82% à 85%) a aussi été rapportée dans une étude faite auprès d'enfants âgés

de deux à cinq ans au Bénin (van Liere et al. 1995). Une plus faible contribution des aliments de base à l'apport calorique a été rapportée dans l'étude de Ferguson et al. (1992) conduite au Ghana et au Malawi. En effet, dans cette étude, les aliments de base fournissaient 52% à 60% de l'apport énergétique. On peut supposer que la ration des enfants de cette dernière étude est plus variée que celle des enfants du Niger.

Les feuilles vertes étaient consommées par tous les enfants de notre échantillon et elles fournissaient la presque totalité de la vitamine A (92 % à 93 %). La consommation de légumes autres que les feuilles vertes (tomate, gombo, piment, poivron) était négligeable puisque ces aliments étaient ajoutés occasionnellement pour donner un peu de saveur à la sauce. Les fruits étaient également très peu consommés, fournissant moins de 1% de l'apport énergétique. La FAO rapportait également en 1990 une consommation régulière de sauce à base de feuilles vertes et une très faible consommation de fruits et de légumes (autres que les feuilles vertes) chez les populations du Niger (FAO/SMIAR, 1998).

Les denrées animales étaient consommées rarement et en petites quantités par les enfants. Le poisson n'est pas disponible dans la région de l'étude et la consommation de viande est très rare. Les œufs, le lait et les criquets sont consommés occasionnellement. La FAO rapportait aussi une faible consommation de viande, de poisson et d'œufs qui se limitait presque exclusivement aux fêtes (FAO/SMIAR, 1998). Nos résultats montrent que la consommation d'aliments d'origine animale fournit moins de 1% de l'énergie et de 3% à 4,5% de l'apport protéique. Au Bénin, les produits animaux étaient aussi très peu consommés par les enfants et ne contribuaient qu'à 2% de l'énergie totale et 3% à 7% de l'apport protéique (van Liere et al. 1995). Chez les enfants du Malawi et du Ghana, les denrées animales fournissaient de 3% à 7% de l'énergie et 19% à 35% de l'apport protéique (Ferguson et al, 1992). Le

poisson était la principale source de protéines animales au Malawi et au Ghana. Au Kenya, les denrées animales fournissaient 8% de l'énergie et 16% de l'apport protéique (Beaton et al, 1992 ; Calloway et al, 1993). En Tanzanie, Tanner et Lukmanji (1987) ont rapporté que les enfants consommaient en moyenne 5g de poisson par jour en période de soudure et 58g en période post-récolte. La consommation de viande suivait la même tendance et passait de 0,3g à 27g d'une saison à l'autre. Les quantités de viande consommées par les enfants de notre échantillon étaient de 2g en moyenne aux trois passages et de 10g à 13g en ne considérant que les enfants en ayant consommé.

L'huile de palme raffinée était parfois ajoutée en petites quantités. Cette huile fournissait moins de 1% de l'apport énergétique et de 3% à 10% de l'apport lipidique de tous les enfants. Au Bénin, les matières grasses représentaient 5% à 7% de l'apport énergétique des enfants (van Liere et al, 1995).

De façon générale, le modèle de consommation des enfants de Ouallam se compare défavorablement aux modèles rapportés chez les enfants dans d'autres régions d'Afrique. Les céréales non-raffinées prennent une plus grande place dans l'alimentation alors que les denrées animales, les fruits, les légumes (autres que les feuilles vertes) et les matières grasses sont peu consommés. On peut donc s'attendre à ce que la qualité nutritionnelle de la ration alimentaire des enfants de notre échantillon soit parmi les plus faibles en Afrique.

2.2 Apports nutritionnels

Comme on pouvait s'y attendre, nos observations montrent que les rations des enfants à l'étude sont peu satisfaisantes dans l'ensemble. Les apports et les taux de couverture des ANR en énergie, en protéines et en zinc sont faibles, en particulier à la saison des pluies. Les apports en vitamine A

sont également faibles mais la saison la plus problématique est la fin de la saison sèche. Des apports insuffisants en énergie et plusieurs nutriments ont également été observés chez les enfants d'âge préscolaire de plusieurs pays africains (Ferguson et al, 1992 ; 1993b ; Beaton et al, 1992 ; Murphy et al, 1992 ; Calloway et al. 1993 ; van Liere et al, 1995 ; Tanner et Lukmanji, 1987).

Chez les enfants de notre étude, 53% à 93% avaient des apports inférieurs aux besoins en énergie, selon la saison. Dans l'étude de Ferguson et al, (1993b) 84% des enfants du Malawi et 93% des enfants du Ghana n'atteignaient pas la valeur d'apport recommandé pour l'énergie. D'autres auteurs ont aussi rapporté de faibles taux de couverture des besoins en énergie chez des enfants africains (Beaton et al, 1992 ; Neumann et Harrison, 1994 ; Tanner et Lukmanji, 1987).

La proportion estimée d'enfants qui avaient des apports en protéines insuffisants est de 37% à 48% en saison des pluies et de 32% en fin de saison sèche. Le risque d'apports inadéquats en protéines est nettement plus élevé que celui rapporté dans d'autres études. En effet, la prévalence prévisible d'apports inadéquats en protéines était pratiquement nulle chez les enfants d'âge préscolaire des études faites au Kenya (Beaton et al, 1992), au Malawi et au Ghana (Ferguson et al, 1993b). La meilleure satisfaction des besoins en protéines dans ces études peut s'expliquer par une plus grande contribution des denrées animales à l'apport protéique dans les rations des enfants du Kenya (16%), du Malawi (19%) et du Ghana (>35%) que dans la ration des enfants de notre étude (3% à 4,5%). La digestibilité et la qualité protéique des rations étaient donc meilleures.

Les apports en fer des enfants étudiés semblent suffisants aux trois passages. Ces résultats contrastent avec ceux de l'étude faite au Kenya par Murphy et al. (1992). En effet, dans cette étude, la prévalence d'apports

inadéquats (comparativement aux besoins de base) était estimée à 36%. Les apports des enfants de notre étude étaient quatre fois ceux calculés par Murphy et al. (1992). Toutefois, les taux apparemment élevés de couverture des besoins pourraient en partie être liés à la teneur élevée en fer du mil. La teneur en fer du mil varie toutefois de façon importante d'une table de composition à l'autre. La table de la FAO (1970) suggère une valeur de 10mg/100g alors que Ferguson et al. (1989b) ont utilisé une valeur de 4mg/100g (Gibson, communication personnelle, 1997) pour leurs calculs au Malawi. Comme notre étude se déroulait en Afrique de l'Ouest, nous avons utilisé la valeur de la table de l'*Office de recherche en alimentation et nutrition africaine* (ORANA, 1993) situé à Dakar au Sénégal, c'est-à-dire 6mg/100g. La teneur en fer du mil choisie influence grandement l'estimation de l'apport total des enfants nigériens, car cette céréale prend une place très importante dans leur alimentation. Nous avons réévalué les apports en fer des enfants de notre étude au troisième passage en utilisant la valeur de 4 mg/100g. L'apport total moyen a diminué de 15% et le pourcentage d'enfants à risque a augmenté de 6% à 8%. Même en utilisant cette valeur, le risque d'apports inadéquats en fer est donc resté assez faible.

Cependant, même si les apports sont réellement élevés, on ne peut conclure à un statut en fer adéquat. En effet, on peut se demander dans quelle mesure le fer est et utilisé par l'organisme, étant donné la présence probable de parasites et d'infections. De plus, nous ne connaissons pas la biodisponibilité réelle du fer dans la ration des enfants. Il est à signaler que les chiffres de besoins sont ceux qui sont proposés pour des rations à faible disponibilité du fer, mais il est difficile de dire si le pourcentage d'absorption que nous avons utilisé (5%) surestime la biodisponibilité. Pour la ration des enfants du Kenya, la biodisponibilité du fer a été estimée par Murphy et al, (1992). Ils ont trouvé que le pourcentage de fer biodisponible était de 8,7% seulement. Or, la ration alimentaire de ces enfants contenait plus de denrées

animales que celle des enfants de notre étude. Étant donné la consommation presque nulle de produits animaux chez les enfants de notre échantillon, il est raisonnable de croire que la biodisponibilité du fer de leur ration serait inférieure à celle observée au Kenya.

Toutefois, si les apports en fer sont suffisants pour permettre de faire des réserves, il est possible que de faibles apports en vitamine A entravent son utilisation dans l'hématopoïèse et provoquent de l'anémie. En effet, van Stuijvenberg et al. (1997) ont observé une amélioration limitée du fer sérique et la saturation de la transferrine, suite à une supplémentation en fer et en vitamine C chez des enfants d'âge préscolaire qui avaient un statut vitaminique A marginal (rétinolémie < 40µg/dl) comparativement à un effet plus appréciable chez les enfants ayant une rétinolémie de plus de 40µg/dl. Des études de supplémentation ont également montré un effet positif de la vitamine A sur le statut en fer (Mejia et Chew, 1988 ; Suharno et al, 1993). La vitamine A pourrait avoir un rôle dans la synthèse de la transferrine (Mejia et Arroyave (1982). Thurnham (1993) a proposé un mécanisme indirect. Selon lui, comme la RBP et la transferrine sont abaissées durant les infections, la supplémentation en vitamine A rétablirait leur synthèse en combattant les infections présentes. Le fer et le rétinol entreposés pourraient ainsi être libérés.

La satisfaction des besoins en zinc apparaît particulièrement problématique. En effet, lorsqu'on calcule la proportion prévisible d'enfants ayant des apports inadéquats, on observe que la quasi-totalité des enfants ont des apports insuffisants. D'autres études ont montré des résultats semblables (Ferguson et al, 1993b ; Murphy et al, 1992). La prévalence d'apports inadéquats était de 94% au Malawi, de 72% au Ghana (Ferguson et al, 1993b) et de 90% au Kenya (Murphy et al, 1992). Ces observations sont très importantes étant donné les conséquences d'une carence en zinc sur la croissance et le développement des enfants et son interaction avec les autres

nutriments. En effet, des apports insuffisants en zinc peuvent augmenter le risque d'apports insuffisants en énergie et autres nutriments par une diminution de l'appétit (UNICEF, 1998) : ils peuvent aussi affecter le statut en vitamine A en raison de l'implication du zinc dans le métabolisme de la vitamine, comme il sera discuté plus loin.

Les médianes d'apport en vitamine A des enfants de Ouallam sont de 222 ER pour la fin de la saison sèche et de 361 ER et 365 ER pour les deux saisons des pluies. Dans la région de Bouza au Niger, Bakari (1997)² rapportait des médianes d'apport allant de 198 ER à 288 ER en saisons des pluies. Les apports médians des enfants de Ouallam sont plus élevés que ceux des enfants de la région de Bouza en raison d'une consommation beaucoup élevée de feuilles vertes. Dans notre échantillon, la proportion estimée d'enfants ayant un apport insuffisant est de 57% en fin de saison sèche et de 30% à 34% en saison des pluies. Les risques élevés d'apports inadéquats peuvent s'expliquer par la très faible consommation de vitamine A d'origine animale. Les apports en vitamine A ainsi que la prévalence d'apports inadéquats ont aussi été estimés chez les enfants kenyans par Calloway et al. (1993). L'apport moyen était de 370 ± 228 ER par jour et la prévalence estimée d'apports inadéquats, de 12,3%. Il est difficile de comparer nos résultats à ceux de l'étude de Calloway et al. (1993) puisqu'ils ont calculé le risque d'apport inadéquat sur les apports annuels, alors que nous avons estimé le risque avec des données pour une seule période de l'année. Des apports plus élevés en vitamine A associés à un plus faible risque de carence ont été rapportés chez des enfants d'âge préscolaire au Kenya (Kigutha et al. 1995) et en Afrique du sud (Coutsoudis et al. 1992).

Les facteurs de conversion que nous avons utilisés pour transformer en équivalents-rétinol les différentes sources alimentaires de vitamine A, sont ceux

² L'échantillon de notre étude est un sous-échantillon de cette étude

suggérés par le comité d'experts FAO/OMS (1989). Ces facteurs sont cependant remis en question par certains auteurs (Solomons et Bulux, 1993 ; de Pee et al, 1995 ; 1996a ; 1996b). Selon ces auteurs, la biodisponibilité des caroténoïdes provitaminique A serait surestimée, particulièrement pour les feuilles vertes. Si cette supposition se vérifie, le risque d'apports inadéquats en vitamine A des enfants de notre étude serait encore plus important que ce que nous avons estimé. Bakari (1997), a réévalué les apports en vitamine A de 180 enfants en utilisant les facteurs de conversion suggérés par de Pee et al. (1996b). de Pee et al. (1996b) estiment que 1 μg de caroténoïdes provenant de feuilles vertes équivaldrait à 1/15 ER, alors que 1 μg de caroténoïdes provenant de fruits et légumes correspondrait 1/10 ER. L'application de ces nouveaux facteurs de conversion s'est traduit par une réduction moyenne d'environ 50% de l'apport total estimé avec les facteurs de conversion classiques. La contribution des feuilles vertes aux apports en vitamine A passait de 48% à 44 %, cette différence entre les deux estimations était hautement significative ($t = 11,60$ $p < 0,0001$). Sur la base des nouvelles valeurs, aucun enfant n'atteindrait la recommandation de 400 ER/j contre 53% avec les facteurs courants d'équivalence. Davantage d'études seront nécessaires avant de retenir les coefficients proposés par de Pee et al. (1996b).

Un apport faible en zinc peut également affecter le statut en vitamine A (Udomkesmalee et al. 1990 ; 1992). En effet, le zinc en plus d'être cofacteur dans les réactions d'oxydation et de réduction du rétinol, interagit avec la vitamine A au niveau de la synthèse ou de la libération par le foie de la protéine de transport (RBP) de la vitamine A (Sklan, 1987). Le zinc serait également impliqué dans la conversion du β -carotène en rétinol (Sklan, 1987 ; Olson, 1993). On pourrait penser que les interventions de supplémentation en vitamine A pourraient s'avérer peu efficaces si des apports en zinc sont insuffisants.

Chez les enfants de Ouallam les apports moyens en lipides fournissaient seulement 12% de l'apport énergétique. Ces apports sont comparables à ceux observés chez les enfants du Kenya (12%) (Calloway et al, 1993) et nettement inférieurs aux valeurs habituellement observées dans les pays industrialisés (>35%) (Calloway et al, 1993). Le gras provenait essentiellement des céréales (66%-77%), une faible quantité provenant des légumineuses et oléagineux (12%-21%) et de l'huile de palme raffinée (2%-10%). Même si une faible quantité de gras alimentaire (5g à 10g par jour) est nécessaire pour une absorption efficace du β -carotène (Jalal et al, 1990), une bonne partie des enfants de notre étude n'en consommerait pas suffisamment. En effet, la consommation de matière grasse était de 0,4g à 2,6g en moyenne selon le passage et de 2g à 6g en ne considérant que les enfants en ayant consommé. La faible consommation de gras pourrait restreindre la bioconversion de la provitamine A (Solomons et Bulux, 1993).

2.3 Qualité globale de l'alimentation

Dans notre étude, nous avons évalué la qualité globale de l'alimentation à partir du calcul de deux scores : le score de diversité alimentaire (SDA) et le score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA). Le SDA a été développé sur le fondement de la présence/absence de 11 catégories d'aliments dans le relevé alimentaire de l'enfant sur trois jours, alors que le SQNA a été élaboré à partir des apports en énergie, en protéines, en vitamine A et en zinc en fonction des besoins.

Lorsque nous avons examiné les liens entre le SDA et l'adéquation des apports nutritionnels, nous avons trouvé une plus haute fréquence d'apports insuffisants parmi les enfants dont l'alimentation était peu variée, comparativement à ceux dont le SDA était supérieur à 5. Le score de qualité nutritionnelle de l'alimentation était d'ailleurs significativement plus élevé dans le groupe à plus grande diversité alimentaire, et ce dans les trois enquêtes.

Ferguson et al, (1992) ont aussi évalué la diversité alimentaire chez des enfants au Ghana et au Malawi. Pour ce faire, ils comptaient le nombre de catégories d'aliments différents consommés par jour. Ils ont trouvé une association positive entre la diversité alimentaire et l'apport en énergie au Malawi. Toutefois, la diversité alimentaire n'était pas un bon indice de qualité nutritionnelle puisqu'elle n'était pas associée aux apports en protéines, gras ou calcium des enfants des deux pays et montrait même une corrélation négative avec les apports en zinc et en fer des enfants du Malawi pendant la saison de soudure. Les enfants qui avaient une diète peu diversifiée consommaient plus régulièrement un type de farine de maïs qui était plus riche en fer et en zinc que celle consommée par les enfants qui avaient une alimentation plus variée.

Le pourcentage d'énergie provenant des denrées animales s'est avéré un bon indice de qualité nutritionnelle au Mexique et au Kenya (Allen, 1992 ; 1994 ; 1995). En effet, la consommation de denrées animales était liée à de meilleurs apports en fer et en zinc fortement biodisponibles, ainsi qu'en vitamine A. Un pourcentage élevé d'énergie provenant des denrées animales se révélait un bon indice d'une diète de meilleure qualité nutritionnelle et généralement plus faible en fibres et en phytates.

2.4 Influences nutritionnelles sur la croissance

Les insuffisances de la ration alimentaire pourraient expliquer la forte prévalence de la malnutrition observée aux deux premiers passages. En effet, environ 50% des enfants présentaient une malnutrition chronique (cote-Z de taille-pour-âge < - 2,0) aux deux passages. La malnutrition aiguë (cote-Z de poids-pour-taille < -2,0) touchait 18% des enfants au premier passage et 3 % des enfants au passage 2. L'amélioration importante des indices de poids au second passage, qui se traduit par une baisse du taux de malnutrition aiguë, laisse à penser que les approvisionnements alimentaires se sont améliorés la seconde année, car il s'agit de la même saison. Des taux élevés de

malnutrition chronique (56%) ont été observés en période de soudure chez des enfants d'âge préscolaire au Kenya (Kigutha et al, 1995). Le pourcentage d'enfants montrant un déficit de croissance était tombé à 36% suite aux récoltes la même année.

Nous avons observé des corrélations hautement significatives ($p < 0.01$) entre l'indice de poids pour la taille et le pourcentage de couverture des besoins en énergie, en protéines, en fer et en zinc lors des deux enquêtes effectuées à un an d'intervalle. Une corrélation était également observée entre les apports et l'indice taille-pour-âge, mais elle n'était significative qu'au premier passage et seulement pour l'énergie, les protéines et le zinc. Dans une étude faite en Papouasie Nouvelle Guinée auprès d'enfants âgés de 6 à 10 ans, Gibson et al. (1991) ont trouvé que le retard de croissance était relié au déficit chronique en énergie et en protéines et était exacerbé par une carence subclinique en zinc chez les garçons les plus âgés. Plusieurs études de supplémentation ont également montré un lien entre les apports en micronutriments et la croissance (Angeles, 1993 ; Dirren et al, 1994 ; Penland et al, 1997 ; Muhilal et al, 1988), alors que d'autres n'en ont pas observé (Ramakrishnan et al. 1995 ; Rosado, 1997 ; Bates et al, 1993). L'inconstance de ces résultats pourrait, entre autres, s'expliquer par la présence de multiples carences nutritionnelles.

Afin de prendre simultanément en compte l'apport en plusieurs nutriments, nous avons comparé les indices de croissance aux scores de qualité de l'alimentation. Le score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA) et le score de diversité alimentaire (SDA) ont montré des liens avec le statut anthropométrique des enfants. Dans une étude conduite en Égypte, au Kenya et au Mexique, un lien entre la croissance et un autre type d'indice de qualité alimentaire a été observé (Allen, 1994 ; 1995). En effet, les chercheurs ont trouvé que la croissance était corrélée positivement avec l'apport en

denrées animales (énergie provenant des denrées animales) au Mexique et au Kenya (Allen, 1994 ; 1995). La consommation de denrées animales prédisait également les capacités cognitives et comportementales des enfants dans les trois pays.

3. Limites de l'étude

3.1 Méthode d'évaluation de la consommation

La consommation alimentaire a été évaluée par la pesée des aliments. Cette méthode est la plus utilisée pour la mesure de la consommation en Afrique de l'Ouest (Dop, 1995). Cependant, la validité de cette méthode dans les régions où les repas sont pris au plat commun, comme c'est le cas au Niger, est remise en cause (Dop et al. 1997). Afin d'évaluer la consommation alimentaire d'un individu par la pesée des aliments dans une telle situation, plusieurs chercheurs ont isolé l'individu de son groupe, le plaçant ainsi dans une situation atypique de consommation (Dop, 1997 ; Ferguson et al. 1989 ; 1994 ; Tanner et Lukmanji, 1987). D'autres ont estimé la distribution du plat entre les individus à partir du poids de l'âge et du sexe des commensaux (Hudson, 1995). La méthode que nous avons utilisée, qui consiste à compter le nombre de poignées (bouchées) consommées et à peser trois de celles-ci, est inédite et nous apparaît la plus précise adoptée à ce jour car elle nous semble mieux respecter les habitudes de consommation des enfants en leur permettant de manger avec leur groupe. Une autre méthode, qui a été utilisée par Dop et al. (1997) et qui semble intéressante, est l'évaluation des quantités consommées par la pesée de l'enfant avant et après le repas.

Au-delà de la quantité consommée d'un plat, il est difficile d'estimer les quantités d'ingrédients qui ont été consommés. Au Niger, les plats sont habituellement composés d'une pâte à laquelle on ajoute une sauce qui n'est pas mélangée à la pâte. Lors de l'évaluation de la consommation, nous avons

basé nos calculs sur la présupposition que les enfants consomment les ingrédients dans des proportions fixes comme si la pâte et la sauce étaient mélangées de façon uniforme. Selon Dop et al. (1997), cette présupposition pourrait être une source importante d'erreur. Dans une étude qui s'est déroulée au Sénégal, Dop et al. (1997) ont tenté d'évaluer l'erreur y associée. Ils ont trouvé que cette façon de procéder surestimait la quantité de sauce et sous-estimait la quantité de pâte consommée par les jeunes enfants. Dans notre étude, si la quantité de sauce est surestimée, l'apport en vitamine A est également surestimé, puisque la sauce de feuilles vertes est la principale source de ce nutriment dans l'alimentation.

Une modification des habitudes alimentaires pourrait résulter du processus même de la pesée des aliments. Dop et al. (1994) ont tenté de mesurer «l'effet de l'instrument», lors d'une pesée des aliments de 7 jours faites auprès de 70 enfants âgés de 10 à 13 mois au Sénégal. Durant l'enquête, l'apport en énergie a diminué significativement après cinq jours. Comme les enfants ont perdu du poids durant l'enquête, les auteurs concluent que les apports mesurés étaient inférieurs aux apports habituels. Un tel effet a pu survenir lors de notre étude, car non seulement les enquêtrices étaient présentes à tous les repas, mais elles devaient en outre interrompre l'enfant à trois reprises au cours du repas pour peser des poignées de nourriture.

Même si les mères collaboraient généralement bien, il est possible que les aliments pris hors domicile et en dehors des heures de repas aient été mal évalués. En effet, non seulement le rappel reposait sur la mémoire des femmes, mais les enfants étaient parfois sous la supervision de plusieurs personnes différentes durant la journée. De plus, les femmes étaient souvent très occupées (particulièrement en juillet car elles travaillaient au champ) et l'évaluation de la consommation alimentaire de leur enfant n'était pas une priorité pour elles.

Un autre aspect à considérer est la variation saisonnière de la consommation alimentaire et des apports nutritionnels. Afin de tenir compte de ces variations qui sont particulièrement marquées, il aurait été préférable d'estimer la consommation à différentes périodes au cours d'une même année. Il aurait été intéressant d'ajouter une collecte de données durant la période où les apports en énergie sont plus susceptibles d'être élevés, c'est-à-dire juste après les récoltes de céréales. Cependant, comme le projet de recherche principal s'intéressait à la vitamine A plus particulièrement, le choix des périodes de collecte s'est fait en fonction de la disponibilité des feuilles vertes, qui sont la principale source de cette vitamine dans la région. Toutefois, l'apport en vitamine A aurait également pu être mieux estimé par un nombre plus grand de collectes au cours d'une même année. En effet, des collectes plus fréquentes nous auraient permis entre autre de mesurer l'apport en vitamine A pendant les périodes de forte disponibilité des mangues et des courges.

3.2 Estimation des apports nutritionnels et de leur adéquation

L'estimation du niveau d'adéquation des apports nutritionnels dépend à la fois de la précision de l'estimation des apports et de celle de l'estimation des besoins.

Aux erreurs liées à l'évaluation de la consommation alimentaire vient s'ajouter l'erreur liée à l'utilisation de tables de composition pour l'estimation des apports nutritionnels. Les erreurs liées à la codification, à la saisie, et à la désignation des aliments, ainsi que les erreurs liées aux méthodes d'analyse de la composition, sont présentes. De plus, pour estimer la valeur nutritive de certains aliments indigènes pour lesquels peu de données sont disponibles, nous avons dû utiliser des équivalents entre aliments similaires de façon très arbitraire, sauf pour les analyses de feuilles vertes effectuées dans nos laboratoires (Delisle et al, 1997). Toutefois, en ce qui concerne la vitamine A,

nous avons utilisé les facteurs d'équivalences classiques, qui surestiment les apports (de Pee et al, 1995 ; 1996a ; 1996b ; Solomons et Bulux, 1993). L'estimation des apports nutritionnels ne tenait pas non plus compte des pertes pouvant survenir pendant la cuisson.

Les valeurs de besoins et d'apports recommandés auxquelles nous avons comparé les apports estimés sont les valeurs suggérées par les comités d'experts FAO/OMS (1989) et FAO/OMS/UNU (1986) et par Sandstead (1991). Ces valeurs sont recommandées pour des personnes en bonne santé, exemptes d'infections et de parasitoses. Ce n'était certainement pas le cas chez les sujets de notre étude puisque dans une étude qui incluait les enfants de notre échantillon (Bakari, 1997), une fréquence d'infections très élevée a été observée. Étant donné que la biodisponibilité réelle des nutriments comme le fer et le zinc n'est pas connue de façon exacte, une erreur peut être associée à l'estimation de la biodisponibilité.

3.3 Scores de qualité des rations

Les scores de qualité des rations comportent également des limites. Par exemple, le score de diversité alimentaire (SDA) que nous avons élaboré, a été développé, sur le fondement de la présence/absence de 11 catégories d'aliments dans le relevé alimentaire de l'enfant sur trois jours. Les aliments ont été regroupés de façon arbitraire. Nous avons essayé de faire ressortir les aliments qui différenciaient les enfants. Par exemple, nous avons séparé les légumineuses et les oléagineux en deux groupes différents parce que nous avons observé que tous les enfants consommaient des oléagineux et que seulement quelques-uns consommaient des légumineuses. Un regroupement différent aurait probablement donné des résultats différents. Comme les céréales, les feuilles vertes et les oléagineux étaient consommées invariablement par tous les enfants, le SDA représente principalement la consommation des autres aliments.

Le SDA pourrait peut-être être amélioré en attribuant une cote différente aux aliments en fonction de leur valeur nutritive au lieu de donner un poids égal à toutes les catégories d'aliments. Par exemple, une cote plus élevée pourrait être attribuée aux denrées animales parce qu'elles procurent plusieurs nutriments clés ayant une bonne biodisponibilité. De plus, le SDA représenterait mieux la qualité nutritionnelle de l'alimentation si les aliments étaient regroupés en fonction de leur contenu en nutriments clés comme il a été fait dans certaines études (Ries et al. 1986 ; Krebs-Smith et Clark, 1989). Dans l'étude de Ries et al. (1986) un score a été établi à partir des 6 groupes d'aliments suivant : fer et protéines ; fer, protéines et thiamine ; fer, protéines et vitamines B ; calcium et protéines ; vitamine A ; vitamine C. Les grosseurs de portions des aliments de la liste étaient ajustées afin que chaque item fournisse approximativement la même quantité des nutriments désignés. Pour chaque groupe, un nombre de portions était recommandé et un nombre de points par portion était attribué. Le maximum de point par groupe d'aliments était de vingt et le nombre de portions nécessaires pour atteindre ce maximum variait d'un groupe à l'autre. Ils ont trouvé que le score alimentaire basé sur ces six groupes était significativement corrélé (0,83, $p < 0,001$) avec la moyenne de couverture des besoins en 8 nutriments (protéines, fer, thiamine, riboflavine, niacine, calcium, vitamine A et vitamine C).

Une autre façon d'améliorer le score serait de tenir compte des quantités consommées. Dans une étude faite chez des enfants d'âge préscolaire au Kenya et au Mexique, au lieu de seulement examiner le lien entre la croissance et la consommation d'un aliment ou une catégorie d'aliments, ils ont utilisé le pourcentage de l'énergie fournie par les différentes catégories d'aliments dans les analyses (Allen, 1994 ; 1995). Cette façon de faire, même si elle n'était pas utilisée dans un score, a permis de montrer des liens avec la qualité nutritionnelle des rations, avec la croissance et avec les capacités cognitives des enfants. Toutefois, cette technique requiert la mesure des apports. Un

ystème dénombrant les portions consommées de chacune des catégories d'aliments, comme il est souvent utilisé dans les pays industrialisés (Krebs-Smith et Clark, 1989 ; Ries et al, 1986), serait plus intéressant car il ne nécessiterait pas l'estimation précise des quantités consommées. Mais pour cela, il faudrait standardiser les portions locales.

Le score de qualité nutritionnelle de l'alimentation (SQNA) donnait une idée globale de la qualité nutritive de la ration alimentaire, car il se basait sur l'apport en plusieurs nutriments clés. Cependant, comme la plupart des nutriments avaient la même origine (les céréales), le score de qualité nutritionnelle représentait grossièrement l'apport en énergie. Si d'autres nutriments avaient été inclus dans le score (Vitamine B12, vitamine C, calcium...) celui-ci aurait peut-être mieux différencié les enfants ayant une ration de meilleure qualité des autres. L'intérêt de ce score est qu'il permet une appréciation globale de la qualité nutritionnelle. Toutefois, il exige une estimation assez précise de la consommation alimentaire des individus et est moins pratique qu'un indice alimentaire.

Il serait au demeurant intéressant d'étudier la relation entre les scores de qualité de l'alimentation et des indicateurs biochimiques du statut nutritionnel, dans une perspective de validation.

3.4 Modifications de la méthode

La méthode d'évaluation de la consommation a été modifiée au troisième passage pour des raisons pratiques. En effet, chacune des enquêtrices ne suivait qu'un seul enfant à la fois au lieu de deux. De plus, comme il a été mentionné plus haut, au troisième passage les pesées se sont déroulées sur trois jours consécutifs au lieu de trois jours non-consécutifs pour faciliter le suivi et pour saisir la composition des plats consommés le matin, qui sont régulièrement constitués des restes de la veille. Les modifications faites dans le

but de faciliter la collecte de données et de limiter les risques d'erreurs, ont pu influencer les résultats, ce qui limite l'interprétation des différences entre les apports d'une saison à l'autre.

3.5 Influence des déterminants non alimentaires du statut anthropométrique

Comme le montre bien le modèle causal de l'UNICEF, il n'y a pas que des causes alimentaires à la malnutrition. Une des causes importantes de la malnutrition, qui n'a pas été évaluée dans notre étude, mais l'a été dans le projet plus vaste axé sur la vitamine A, est la morbidité. Les infections et parasitoses étant assez courantes dans les régions rurales d'Afrique, leur contribution à la malnutrition est certainement non négligeable (Chandra, 1993). L'impact de l'interaction mère-enfant sur l'état de nutrition de l'enfant est un autre aspect qui n'a pas été étudié. Il est fort probable que la charge de travail des mères, ainsi que leurs connaissances, attitudes et pratiques en matière de nutrition et de santé influencent la qualité des soins donnés aux jeunes enfants, et par le fait même, leur état nutritionnel (Longhurst et Tomkins, 1995). Notre étude nous permet tout de même de voir que les insuffisances nutritionnelles sont importantes et qu'elles peuvent expliquer en partie les retards de croissance.

CONCLUSION

Malgré les limites évoquées plus haut, les résultats de notre étude permettent d'avoir une meilleure idée du modèle de consommation alimentaire des enfants de la région de Ouallam au Niger et des risques d'insuffisances nutritionnelles.

L'alimentation des enfants de notre étude est très peu variée, principalement constituée de céréales non-raffinées et de feuilles vertes, et ne contient que de très faibles quantités de denrées animales. Les rations alimentaires de ces enfants paraissent donc insuffisantes pour satisfaire les besoins en énergie, protéines, vitamine A et zinc. Les carences d'apport sont plus ou moins marquées selon les périodes de l'année et le risque de carence en zinc est particulièrement élevé.

La prévalence de la malnutrition, d'après les indices anthropométriques, est importante dans cette région car elle touche 50% des enfants. Les déficits d'apport en énergie et en zinc pourraient expliquer, du moins en partie, les retards de croissance observés. Cependant, comme la présence simultanée de carences multiples rend l'association entre l'apport en un seul nutriment et la croissance difficile à interpréter, l'évaluation de la qualité globale de l'alimentation nous a semblé plus pertinente. Dans notre étude, l'appréciation de la qualité globale de l'alimentation au moyen de score met en évidence le lien entre la diversité des rations, la qualité nutritionnelle et le statut anthropométrique des enfants.

Les scores de qualité nutritionnelle des rations, particulièrement ceux qui se basent sur les aliments consommés sont d'un grand intérêt puisqu'ils captent facilement et rapidement l'ensemble de l'alimentation. Toutefois, beaucoup

reste à faire afin de développer et de valider des scores qui reflètent la qualité nutritionnelle des différents modèles alimentaires africains.

BIBLIOGRAPHIE

Allen LH, Backstrand JR, Stannek EJ, Pelto GH, Chávez A, Molina E, Castillo JB, Mata A. The interactive effects of dietary quality on the growth and attained size of young Mexican children. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 56 : 353-364.

Allen LH. Nutritional influences on linear growth : a general review. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 (suppl. 1) : S75-S89.

Allen LH et Uauy R, Guidelines for the study mechanisms involved in the prevention of reversal of linear growth retardation in developing countries. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 (Suppl.1) : S212-S216.

Allen LH. Malnutrition and human function : a comparison of conclusions from the INCAP and Nutrition CRSP Studies. *J Nutr* 1995 ; 125 : 1119S-1126S.

Angeles IT, Schultink WJ, Matulesi P, Gross R, Sastroamidjojo S. Decreased rate of stunting among anaemic Indonesian preschool children through iron supplementation. *Am J Clin Nutr* 1993 ; 58 (3) : 339-42.

Bakari S. *Le déficit d'apport permet-il d'expliquer la forte prévalence de la carence en vitamine A au Niger ? Étude chez les enfants d'âge préscolaire*. Thèse de Ph.D. Université de Montréal, 1997.

Bates CJ, Evans PH, Dardenne M, Prentice A, Lunn PG, Northrop-Clewes CA, Hoare S, Cole TJ, Horan SJ, Longman SC. A trial of zinc supplementation in young rural Gambian children. *Br J Nutr* 1993 ; 69 : 243-255.

Bates CJ, Prentice AM, Paul AA. Seasonal variation in vitamin A, C, riboflavin and folate intakes and status of pregnant and lactating women in rural Gambian community : some possible implications. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 :660-668.

Beaton GH. Nutritional assessment of observed nutrient intake : an interpretation of recent requirement reports. *Adv Nutr Res* 1985 ; 7 : 101-128.

Beaton GH, Kelly A, Kevany J, Martorell R, Mason J. *Appropriate uses of anthropometric indices in children*. ACC/SCN State-of-the-Art series, Nutrition policy discussion paper no. 7. Geneva, 1990.

Beaton GH, Calloway DH, Murphy SP. Estimated protein intakes of toddlers: predicted prevalence of inadequate intakes in village populations in Egypt, Kenya and Mexico. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 55 : 902-911.

Beaton GH. Criteria of an adequate diet. dans : Shils M, Olson JA, Shike M (Eds.). *Modern Nutrition in Health and Disease*, 8^e ed. Lea et Febiger, Philadelphia, 1994 : 1491-1505.

Bingham SA et Nelson M. Assessment of food consumption and nutrient intake. Dans : Margetts BM et Nelson M. (Eds.). *Design concepts in nutritional epidemiology*, Oxford University Press, New York, 1991 : 153-191.

Booth SL, Johns T and Kuhlein HV. Natural food source of vitamin A and provitamin A. *Food Nutr Bull* 1992 ; 4 : 6-19.

Calloway DH, Murphy SP, Beaton GH, Lein D. Estimated vitamin intakes of toddlers : predicted prevalence of inadequacy in village populations in Egypt, Kenya, and Mexico. *Am J Clin Nutr* 1993 ; 58 : 376-384.

Cassidy CM, Walk a mile in my shoes : culturally sensitive food-habit reset. *Am J Clin Nutr* 1994 ; 59 (suppl. 1) : 190S-197S.

Castillo-Duran C, Heresi G, Fisberg M, Uauy R. Controlled trial of zinc supplementation during recovery from malnutrition : effects on growth and immune function. *Am J Clin Nutr* 1987 ; 45 : 602-608.

Chandra RK, Nutrition and the immune system. *Proc Nutr Soc* 1993 ; 52 : 77-84.

Chen XC, Yin TA, He JS, Ma QY, Han ZM, Li LX. Low levels of zinc in hair and blood, pica, anorexia, and poor growth in Chinese preschool children. *Am J Clin Nutr* 1985 ; 42(4) : 694-700.

CIA, Central Intelligence Agency (Page consultée le 25 novembre 1997). CIA World fact book : Niger [en ligne]. Adresse URL : <http://mickey.la.psu.edu/Lang3/pays/info/niger.htm>

Coutsoudis A, Zwane M, Coovadia HM, Gouws E. Dietary intake of vitamin A in African pre-school children in Umlazi, South Africa. *Int J Vit Nutr Res* 1992 ; 62(1) : 3-8.

de Onis M, Habicht J-P, Anthropometric reference data for international use : recommendations from a WHO expert committee. *Food Nutr Bull* 1997 ; 18 : 179-189.

de Pee S, West CE, Muhilal, Karyadi D, Hautvas JGAJ. Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leafy vegetables. *Lancet* 1995 ; 346 : 75-81.

de Pee S and West CE. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency : a review of the literature. *Eur J Clin Nutr* 1996a ; 50 : S38-S53.

de Pee S, West CE, Muhilal, Hautvast JGAJ. Carotene-rich fruits and vegetables : their capacity to improve vitamin A status of children in West Java, a comparison with dietary retinol sources. Report of the XVII International Vitamin A Consultative Group Meeting. Virtual Elimination of vitamin A deficiency : Obstacles and solutions for the year 2000. Guatemala city, Guatemala, 18-22 mars 1996b.

Delisle H, Alladoumgué M, Bégin F, Nandjingar K, Lasorsa C. Household food consumption and nutritional adequacy in Wadi zones of Chad, central Africa. *Ecol Food Nutr* 1990 ; 25 : 229-248.

Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A des feuilles vertes traditionnelles du Niger. *Cah Études Rech Franc/Agric* 1997 ; 6 : 553-560.

Dirren H, Barclay D, Ramos JG, Lozano R, Montalvo MM, Davila N, Mora JO. Zinc supplement and child growth in Ecuador. *Adv Exp Med Biol* 1994 ; 352 : 215-222.

Dop MC, Milan CH, Milan CL, N'Diaye AM. Use of the multiple-day weighed record for Senegalese children during the weaning period : a case of the « instrument effect ». *Am J Clin Nutr* 1994 ; 59(suppl.) : 266S-268S.

Dop MC, Milan CH et Milan CL. Measuring African children's intake from the family common pot (abstract). *Am J Clin Nutr* 1997 ; 65 (suppl. 1) : 1321.

EDS/Niger. *Enquête Démographique et Santé Niger*. Niamey, Niger 1992.

Fairbank VF, Iron in medicine and nutrition. dans: Shils M, Olson JA, Shike M (Eds.). *Modern Nutrition in Health and Disease*, 8^e ed. Lea et Febiger, Philadelphia, 1994 : 185-213.

FAO. *Table de composition des aliments à usage de l'Afrique*. FAO, documents techniques sur la nutrition no.3, Rome 1970.

FAO, *Annuaire FAO de la production 1994*, FAO Statistique No 125, vol. 48.

FAO/OMS. *Besoins énergétiques et besoins en protéines : rapport d'un comité spécial mixte d'experts FAO/OMS*. Genève : OMS, 1973 [Série de rapports techniques 522]

FAO/OMS/UNU. *Besoins énergétiques et besoins en protéines : rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS/UNU*. Genève : OMS, 1986 [Série de rapports techniques 724]

FAO/OMS. *Besoins en vitamine a, fer, acide folique et vitamine B₁₂ : rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS*. Rome : FAO, 1989 [Collection FAO : Alimentation et nutrition, no 23].

FAO/SMIAR, Food and Agriculture Organisation / Système Mondial d'Information et d'Alerte Rapide sur l'Alimentation et l'Agriculture. (Pages consultées le 20 janvier 1998)

Habitudes alimentaires au Niger [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/gIEWS/french/basedocs/ner/nercon3f.stm>

Habitudes alimentaires au Mali [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/gIEWS/french/basedocs/mli/mlicon3f.stm>

Habitudes alimentaires au Ghana [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/gIEWS/french/basedocs/gha/ghacon3f.stm>

Habitudes alimentaires au Nigeria [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/gIEWS/french/basedocs/nir/nircon3f.stm>

Habitudes alimentaires au Tchad [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/giews/french/basedocs/chd/chdcon3f.stm>

Habitudes alimentaires au Burkina Faso [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/giews/french/basedocs/bkf/bkfcon3f.stm>

Habitudes alimentaires en Gambie [en ligne]

adresse URL : <http://www.cirad.fr/giews/french/basedocs/gam/gamcon3f.stm>

Feinberg M. Vers une solution à l'incohérence des tables de composition : les banques de données sur la composition des aliments. *Cah Nutr Diét* 1991 ; 26 (4) : 270-274.

Ferguson EL, Gibson RS, Thompson LU, Ounpuu S, Margaret B. Phytate, zinc, and calcium contents of 30 East African Foods and their calculated phytate : Zn, Ca : Phytate, and [Ca] [Phytate] [Zn] molar ratios. *J Food Comp Anal* 1988 ; 1 : 316-325.

Ferguson EL, Gibson RS, Weaver SD, Heywood P, Heywood A, Yaman C. The mineral content of commonly Malawian and Papua Guinean foods. *J Food Comp Anal* 1989a ; 2 : 260-262.

Ferguson EL, Gibson RS, Ounpuu S, Sabry JH. The validity of the 24 hour recall for estimating the energy and selected nutrient intakes of a group of rural Malawian preschool children. *Ecol Food Nutr* 1989b ; 23 : 273-285.

Ferguson EL, Gibson RS, Opare-Obisaw C, Osei-Opare F, Lamba C, Ounpuu S. Seasonal food consumption patterns and dietary diversity of rural preschool Ghanaian and Malawian children. *Ecol Food Nutr* 1992 ; 29 : 219-234.

Ferguson EL. The zinc, calcium, copper, manganese, nonstarch, polysaccharides and phytate content of seventy eight locally grown and prepared African foods. *J Food Comp Anal* 1993a ; 6 : 1-13.

Ferguson EL, Gibson RS, Opare-Obisaw C, Ounpuu S, Thompson LU, Lehrfeld J. The zinc nutrition of preschool children living in two African countries. *J Nutr* 1993b ; 123 : 1487-1496.

Ferguson EL, Gibson RS, Opare-Obisaw C. The validity of the repeated 24 h recall for estimating energy and selected nutrient intakes of rural Ghanaian children. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 : 241-252.

Gibson RS, Vanderkooy PD, MacDonald AC, Goldman A, Ryan BA., Berry M. A growth-limiting, mild zinc-deficiency syndrome in some southern Ontario boys with low height percentiles *Am J Clin Nutr* 1989 ; 49(6) : 1266-1273.

Gibson RS. Heywood A. Yaman C. Sohlstrom A. Thompson LU. Heywood P. Growth in children from the Wosera subdistrict, Papua New Guinea, in relation to energy and protein intakes and zinc status. *Am J Clin Nutr* 1991 ; 53(3) : 782-789.

Golden MH et Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1981 ; 34 : 900-908.

Habicht JP, Martorell F, Yarbrough C, Malina RM, Klein RE. Height and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential?. *Lancet* 1974 ; 1(858) : 611-614.

Hercberg S, Galn P, Dupin H. Iron Deficiency in Africa. *Wld Rev Nutr Diet* 1987 ; 54 : 201-236.

Hetzel et Pandav *S.O.S for a billion. The conquest of Iodine deficiency disorders.* Oxford University Press. Delhi, 1996 : 466p.

Hudson GJ. Food intake in a West African village. Estimation of food intake from a shared bowl. *Br J Nutr* 1995 ; 73 : 551-569.

Humphry CM, Clegg MS, Kleen CL, Grivetti LE. Food diversity and drought survival. The Hausa example. *Int J Food Sc Nutr* 1993 ; 44 : 1-16.

Idjradinata P, Pollitt E. Reversal of developmental delays in iron-deficient anaemic infants treated with iron. *Lancet* 1993 ; 341 : 1-4

Idjradinata P, Watkins WE, Pollitt E. Adverse effect of iron supplementation on weight gain of iron-replete young children. *Lancet* 1994 ; 343 (8908) : 1252-1254.

Jalal F, Nesheim MC, Sanjur D, Habicht JP. Effect of deworming, dietary fat intake and carotenoid rich diets on vitamin A status of *Ascaris lumbricoides* infected preschool children in West Sumatra. *FASEB J* 1990; 4 : A1376.

Jelliffe DB and Jelliffe EFP. *Community nutritional assessment : special reference to less technically developed countries.* Oxford University Press, New York 1989 : 633 p.

Jurado RL. Iron, infections, and anemia of inflammation. *Clin Infect Dis* 1997 ; 25(4) : 888-895.

Kant AK. Indexes of overall diet quality : A review. *J Am Diet Assoc* 1996 ; 96 : 785-791.

Kigutha HN, van Staveren WA, Veerman W, Hautvast JG. Child malnutrition in poor smallholder households in rural Kenya : an in-depth situation analysis. *Eur J Clin Nutr* 1995 ; 49(9) : 691-702.

Kigutha HN. Assessment of dietary intake in rural communities in Africa : experiences in Kenya. *Am J Clin Nutr* 1997 ; 65 (suppl.4) : 1168S-1172S.

Krebs-Smith SM et Clark D. Validation of a nutrient adequacy score for use with women and children. *J Am Diet Assoc* 1989 ; 89 : 775-780, 783.

Lawless JW, Latham MC, Stephenson LS, Kinoti SN, Pertet AM. Iron supplementation improves appetite and growth in anemic Kenyan primary school children. *J Nutr* 1994 ; 124(5) : 645-654.

Lohman TG, Roche AF, Martorell R (Eds.). *Anthropometric standardisation reference manual*. Champaign, Ill: Human Kinetics Books, 1991.

Longhurst et Tomkins, The role of care in nutrition- a neglected essential ingredient. Centre for International Child health. SNC News 1995 ; 12 : 1-6.

Lozoff B, Jiminez E, Abraham WW. Long term development outcome of infants with iron deficiency. New Eng J Med 1991 ; 325 : 687-694.

Lunn PG et Northrop-Clewes CA. The impact of gastrointestinal parasites on protein-energy malnutrition in man. Proc Nutr Soc 1993 ; 52 (1) : 101-111.

Lupien JR. The Food and Agriculture Organisation food-composition initiative. Am J Clin Nutr 1997 ; 65 (suppl) : 1194S-1197S.

Mangels AR, Holden JM, Beecher JR, Forman MR, Lanza E. Carotenoid content of fruits and vegetables : an evaluation of analytical data. J Am Diet Assoc 1993 ; 93:284-296.

Mbofung CMF, Atinmo T . Trace elements nutritive of Nigerians. Wld Rev Nutr Diet 1987 ; 5 : 105-139.

Mejia LA et Arroyave G. The effect of vitamin A fortification of sugar on iron metabolism in pre-school children in Guatemala. Am J Clin Nutr 1982 ; 36 :87-93.

Mejia LA et Chew F. Haematological effect of supplementing anaemic children with vitamin A alone and in combination with iron. Am J Clin Nutr 1988 ; 48 : 595-600.

Mele L, West KP, KUSDIONO AP et al. Nutritional and household risk factors for xerophthalmia in Aceh, Indonesia : a case-control study. Am J Clin Nutr 1991 ; 53 : 1460-1465.

Ministère de la santé et du bien-être social Canada. Fichier canadien sur les éléments nutritifs. Canada, 1991.

Moreno-Rojas R, Amaro-Lopez MA, Zurera-Cosano G. Micronutrients in natural cow, ewe and goat milk. Int J Food Sci Nutr 1993 ; 44 : 37-46

MSP/Niger (Ministère de la santé publique du Niger), *Enquête nationale sur la situation nutritionnelle*. 1985.

MSP/Niger. *Enquête sur l'avitaminose A dans le département de Tillabéri, Rapport final*. 1990.

Muhilal, Permeisih D, Idjiradinata YR, Muherdiyantiningsih, Karyadi D. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and health, growth, and survival of children : a controlled field trial. Am J Clin Nutr 1988 ; 48 : 1271-1276.

Murphy SP, Beaton GH, Calloway DH. Estimated mineral intakes of toddlers : predicted prevalence of inadequacy in village populations in Egypt, Kenya, and Mexico. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 56 : 565-572.

Nordeide MB, Holm H, Oshaug A. Nutrient composition and protein quality of wild gathered foods from Mali. *Int J Food Sc Nutr* 1994 ; 45 : 275-286.

Neumann CG and Harrison GG. Onset and evolution of stunting in infants and children. Examples from the Human Nutrition Collaborative Research Support Program. Kenya and Egypt studies. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 (suppl.1) : S90-S102.

Olinto MT, Victoria CG, Barros FC, Gigante DP. Twenty-four-hour recall overestimates the dietary intake of malnourished children. *J Nutr* 1995 ; 125 (4) : 880-884.

Olson JA, Vitamin A, retinoids, and carotenoids. Dans: Shils M, Olson JA, Shike M (Eds.). *Modern Nutrition in Health and Disease*, 8^e ed. Lea et Febiger, Philadelphia, 1994 : 287-307.

Olson JA. The irresistible fascination of carotenoids and vitamin A. *Am J Clin Nutr* 1993 ; 57 : 833-839.

ORANA (Office de recherche en alimentation et nutrition africaine) *Table de composition des aliments*, Dakar 1993 : 26p.

PCAN, *Rapport d'évaluation PCAN-Niger/OMS/UNICEF 1990*, Niger, 1990.

Penland JG, Sandstead HH, Alcosk NW, Dayal HH, Chen XC, Li JS, Zhao F, Yang JJ. A preliminary report : effects of zinc and micronutrient repletion on growth and neuropsychological function of urban Chinese children. *J Am Coll Nutr* 1997 ; 16(3) : 268-272.

PNUD, *Rapport Mondial sur le développement humain 1996*, Economica, Paris 1996.

Prasad AS. Zinc deficiency in women, infant and children. *J Am Coll Nutr* 1996 ; 15(2) : 113-120.

Prentice et Bates. Adequacy of dietary mineral supply for human growth and mine realisation. *Eur J Clin Nutr*, 1994 ; 48 (suppl.1) : S161-S177.

Ramakrishnan U, Latham MC, Abel R. Vitamin A supplementation does not improve growth of preschool children : a randomised, double-blind field trial in south India. *J Nutr* 1995 ; 125 (2) : 202-211.

Ries CP et Daehler MS. Evaluation of the nutrient guide as a dietary assessment tool. *J Am Diet Assoc* 1986 ; 86 : 228-233.

Rosado JL, Lopez P, Munoz E, Martinez H, Allen LH. Zinc supplementation reduced morbidity, but neither zinc nor iron supplementation affected growth or body composition of Mexican preschoolers. *Am J Clin Nutr* 1997 ; 65(1) : 13-19.

Sandstead HH. Zinc deficiency A public health problem ? Am J Dis Child 1991 ; 145 : 853-859.

Sanjur D, Romero E. Conceptual levels of dietary indicators as predictors of nutritional status. Nutr 1975 ; 2 :214-22.

Sap/Ouallam (Service d'arrondissement du Plan de Ouallam) *Rapport collectif de stage d'analyse régionale du Zarmaganda : Groupe d'étudiant de l'institut panafricain pour le développement de l'Afrique de l'ouest*. Niamey, 1989.

Schlesinger L, Arevalo M, Arredondo S, Diaz M, Lönnerdal B, Stekel A. Effect of a zinc-fortified formula on immunocompetence and growth of malnourished infants. Am J Clin Nutr. 1992 ; 56 : 491-498.

Scrimshaw NS. INFOODS : the international network of food data systems. Am J Clin Nutr 1997 ; 65 (suppl): 1190S-1193S.

SEDES. Études du secteur agricole du Niger, phase 1 et 2. Paris, 1987.

Sklan D. Vitamin A in nutrition. Prog Food Nutr Sci 1987 ; 11 : 39-55.

Smith GC, Dueker SR, Clifford AJ, Grivetti LE. Carotenoids values of selected plant foods common to southern Burkina Faso, West Africa. Ecol Food Nutr 1996a ; 35 : 43-58.

Smith GC, Clegg MS, Keen CL, Grivetti LE. Mineral values of selected plant foods common to southern Burkina Faso and to Niamey, Niger, West Africa. Int J Food Sc Nutr 1996b ; 47 : 41-53.

Solomons NW, Mazariegos M, Brown KH, Klasing K. The underprivileged, developing country child: Environmental contamination and growth failure revisited. Nutr Rev 1993 ; 51(11) : 327-332.

Solomons NW et Bulux J. Plant sources of provitamin A and human nutriture. Nutr Rev 1993 ; 51(7) : 199-204.

Suharno D, West CE, Muhilal, Karyadi D and Hautvast JG Supplementation with vitamin A and iron for nutritional anaemia in pregnant women in West Java, Indonesia. Lancet 1993 ; 342 :1325-1328.

Tarasuk V et Beaton GH. Statistical estimation of dietary parameters : implication of patterns in within-subject variation-a case study of sampling strategies. Am J Clin Nutr 1992 ; 55 :22-27.

Tanner M et Lukmanji Z. Food consumption patterns in rural Tanzania community (Kikwawila village, Kilombero District, Morogoro Region) during lean and post-harvest season. Acta Tropica 1987; 44 : 229-244.

Tee ES et Lim CL. Re-analysis of vitamin A values of selected Malaysian foods of animal origin by the AOAC and HPLC methods. *Food Chem* 1992 ; 45 : 289-296.

Thompson FE, Byers T, Kohlmeier L. Dietary assessment resource manual. *J Nutr* 1994 ; 124 : 2243-2317.

Tielsch JM, West KP, KatzJ. Prevalence and severity of xerophthalmia in southern Malawi. *Am J Epidemiol* 1986 ; 124 : 561-68.

Truswell AS, Beaton GH, Chambers T, Haenel H, Hejda S, Hou X-C, Leveille G, Morava E, Pedersen J, Stephen JML, Suzue R. Recommended dietary intakes and allowances around the world – an introduction. *Food Nutr Bull* 1983 ; 4(4) :34-45.

Truswell AS. Evolution of dietary recommendations, goals and guidelines. *Am J Clin Nutr* 1987 ; 45 : 1060-1072.

Truswell AS. The philosophy behind recommended dietary intakes : can they be harmonised? *Eur J Clin Nutr* 1990 ; 44 (suppl.2) : 3-11.

Thurnham DI. Vitamin A, Iron, and heamatopoiesis (editorial). *Lancet* 1993; 342:1312-1313.

Udomkesmalee E, Dhanamitta S., Yhoun-Aree J., Rojroongwasinkul N and Smith JC Jr. Biochemical evidence suggestive of suboptimal zinc and vitamin A status in schoolchildren in Northeast Thailand. *Am J Clin Nutr* 1990 ; 52 : 564-567.

Udomkesmalee E, Dhanamitta S, Sirisinha S, Charoenkiatkul S, Tuntipopipat S, Banjong O, Rojroongwasinkul, Kramer TR, Smith JC Jr. Effect of vitamin A and zinc supplementation on the nutriture of children in Northeast Thailand. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 56 : 50-57.

Underwood BA. Vitamin A deficiency prophylaxis programs in developing countries : Past experience and future prospects. *Nutr Rev* 1990 ; 48 : 265-274.

Underwood B et Arthur P. The contribution of vitamin A to public health. *FASEB J* 1996 ; 10 : 1040-1048.

UNICEF, *Analyse de la situation des femmes et des enfants au Niger*, Niamey, 1994.

UNICEF, *La situation des enfants dans le monde* 1997, Genève, Suisse, 1997.

UNICEF, *La situation des enfants dans le monde* 1998, Genève, Suisse, 1998.

van Liere MJ, Ategbro E-AD, Den Hartog AP, Hautvast JGAJ, The consequences of seasonal food insecurity for individual food-consumption patterns in north-western Benin. *Food Nutr Bull* 1995 ; 16 : 147-154.

van Stuijvenberg ME, Kruger M, Badenhorst CJ, Mansvelt EPG, and Lauscher JA. Response to an iron fortification programme in relation to vitamin A status in 6-12-year-old school children. *Int J Food Sc Nutr* 1997 ; 48 : 41-49.

Walravens PA, Krebs NF, Hambidge KM. Linear growth of low income preschool children receiving zinc supplement. *Am J Clin Nutr* 1983 ; 38(2) : 195-201.

Walravens PA, Hambidge KM, et Koepfer DM. Zinc supplementation in infants with a failure to thrive : a double blind, controlled study. *Pediatrics* 1989 ; 83 : 532-38.

Walter T, Olivares M, Pizarro F, Munoz. Iron, anemia, and infection. *Nutr Rev* 1997 ; 55 (4) : 111-124.

Waterlow JC, Buzina R, Keller W, Lane JM, Nichaman MZ. The presentation and use of height and weight data for comparing the nutrition status of groups of children under the age of 10 years. *Bull WHO* 1977 ; 55 : 489-98.

Waterlow JC, *Protein energy malnutrition 2^e* ed. E. Arnold, London, 1992 : 407p.

Waterlow JC, Summary of causes and mechanisms of linear growth retardation. *Eur J Clin Nutr* 1994 ; 48 (Suppl.1) : S210.

West CE, Pepping F, Temalilwa CR. *The compositions of food commonly eaten in East Africa*. Wageningen Agricultural University, 1988 : 73 p.

West CE, van Staveren, Food consumption, nutrient intake, and the use of food composition tables. Dans : Margetts and Nelson (eds.) *Design concepts in nutritional epidemiology*. Oxford University press. New York, 1991 : 420 p.

West CE and Poortvliet EJ. *The carotenoid content of foods with special reference to developing countries*. VITAL 1993 : 210p.

Witschi JC. Short-term dietary recall and recording methods. Dans : Willett W. (eds.) *Nutritional Epidemiology*. Oxford University press. New York 1990 : 395 p.

World Bank. *Enriching lives :overcoming vitamin and mineral malnutrition in developing countries*. Washington. 1994 : 73p.

ANNEXE I

**FICHES D'ENQUÊTE UTILISÉES AU PREMIER ET AU DEUXIÈME PASSAGE
(1994-1995)**

No identification: | | | | |

Saison: Hivernage Saison sèche | |

Jour: 1 2 3 | |

Fiche plat

Nom du plat: _____ No plat: _____

Type plat: familial: Oui Non
Spécial: Oui Non
Plat acheté: Oui Non
Plat reçu: Oui Non

Form with three checkboxes for identification, season, and day.

Table with columns: Aliments/Ingrédients, Quantité (Nom unité, Nombre unités, Poids unité), Origine (Ménage, Achat, Cadeau). Includes a section for 'Poids total du produit fini cuit (g):' with sub-questions for 'Fura'.

No identification: | | | | |

Saison: Hivernage Saison sèche | |

Jour: 1 2 3 | |

Fiche plat

Nom du plat: _____ No plat: _____

Type plat: familial: Oui Non
Spécial: Oui Non
Plat acheté: Oui Non
Plat reçu: Oui Non

Form with three checkboxes for identification, season, and day.

Table with columns: Aliments/Ingrédients, Quantité (Nom unité, Nombre unités, Poids unité), Origine (Ménage, Achat, Cadeau). Includes a section for 'Poids total du produit fini cuit (g):' with sub-questions for 'Fura'.

ANNEXE II

FICHES D'ENQUÊTE DU TROISIÈME PASSAGE (1996)

Village de: _____

No Identification:

--	--	--

Nom de l'enfant: _____

Date: ____ / ____ / ____

FICHE ALIMENTS

Aliments et boissons autres que les plats						
Jour	Nom de l'aliment	Code aliment	Quantité			prix en CFA si achat
			Nom de l'unité	Poids de l'unité (g)	Nombre d'unités	
1						
2						
3						

FICHE PLAT

No identification:

Encerclez le jour: 1 2 3

No du plat: _____

Nom du plat: _____

Code aliment	Aliments/Ingrédients	Quantité		
		Nom de l'unité	Poids de l'unité (g)	Nombre d'unités

Poids total cuit (Sauce ou Dounou) :

Plat des enfants			
	Nom de l'unité	Poids de l'unité (g)	Nombre d'unités
Pâte de			
Sauce			
Morceaux de viande ★			

★ Reporter sur la **fiche aliments** la quantité consommée par l'enfant.

Portion(s) consommée(s) par l'enfant

Quantité			
# Prise	Poids de l'unité		n. d'unité
1			
2			
3			
4			
5			

ANNEXE III

TABLE DE COMPOSITION DES ALIMENTS

Table de composition des aliments

CODEALIM	Nom de l'aliment	ENERGIE	PROTEINE	LIPIDES	GLUCIDES	RETINOL	CAROTENE	FER	ZINC
		Kcal	(g)	(g)	(g)	(ER)	(ER)	(mg)	(mg)
1101	MIL GRAINS	341	10,4	4,0	71,6	0	4,2	10,0	1,7
1102	MIL FARINE	333	5,9	3,5	71,3	0	0,0	6,0	1,7
1103	MIL SON	325	11,0	7,6	53,4	0	0,0	41,0	1,7
1104	MIL GALETTE	203	4,4	8,9	29,8	0	0,0	15,0	1,7
1105	BOUILLIE MIL	85	2,7	0,5	17,0	0	0,0	1,9	1,2
1106	PATE DE MIL	123	2,2	1,3	26,4	0	0,0	2,2	0,6
1107	BOULE DE MIL	256	4,5	2,7	54,9	0	0,0	4,6	1,3
1201	SORGHO BLANC GRAINES	342	9,8	3,2	74,0	0	0,0	17,0	1,5
1202	SORGHO BLANC FARINE	343	9,5	2,8	75,5	0	0,0	10,0	1,5
1203	SORGHO ROUGE GRAINES	339	9,8	3,2	73,6	0	3,3	15,6	1,5
1204	SORGHO ROUGE FARINE	343	9,5	2,8	75,5	0	3,3	10,0	1,5
1205	SORGHO BOUILLIE	85	2,7	0,5	17,0	0	0,0	1,7	0,4
1206	PATE SORGHO	127	3,5	1,0	27,9	0	0,0	3,7	0,6
1207	BOULE DE SORGHO	257	7,1	2,1	56,6	0	0,0	7,5	1,1
1301	MAIS GRAINS	357	8,6	4,3	73,9	0	20,6	2,8	0,9
1302	MAIS FARINE	368	9,4	3,3	74,1	0	23,6	3,3	0,9
1303	MAIS GRAINS LAITEUX	381	8,0	4,8	79,2	0	60,0	3,0	0,5
1304	MAIS GALETTE	227	1,8	7,7	37,5	0	0,0	2,4	0,8
1306	PATE DE MAIS	132	3,4	1,2	26,7	0	8,5	1,2	0,3
1401	RIZ USINE	363	7,0	0,5	79,9	0	0,0	1,7	1,6
1406	PATE DE RIZ	363	7,0	0,5	79,9	0	0,0	1,7	1,6
1501	BLE PAIN	261	7,7	2,0	51,7	0	0,0	1,7	1,3
1502	BLE BISCUITS SECS	376	12,9	1,1	77,0	0	0,0	2,6	0,6
1503	BLE BEIGNETS	330	4,7	12,6	49,8	0	0,0	1,8	1,2
2101	NIEBE GRAINES	342	23,1	1,4	61,4	0	2,5	4,2	1,0
2102	NIEBE BEIGNETS	384	8,4	27,5	30,7	0	0,0	2,9	1,7
2201	DOLIQUE GRAINES	338	22,5	1,4	61,0	0	0,0	5,1	9,3
2401	VOUANZOU	345	19,0	6,2	57,0		1,7	12,0	
2501	ARACHIDES COQUES	549	23,2	44,8	23,0	0	2,5	3,8	3,4
2502	ARACHIDES DECORTIQUEES	549	23,2	44,8	23,0	0	2,5	3,8	3,4
2503	ARACHIDES GRILLEES	595	23,2	50,9	21,7	0	2,5	2,3	3,3
2504	PATE ARACHIDE	555	25,0	47,2	18,0	0	0,0	6,0	2,5
2505	ARACHIDE TOURTEAU	386	36,4	12,2	38,7	0	0,0	18,3	3,6
2601	GRAINES OSEILLES FERMENTEES	429	19,4	22,2	43,3	0	0,0	21,0	6,0
2701	GRAINES NERE FERMENTEES	431	32,8	26,4	23,6	0	0,0	12,0	6,0
2801	SESAME	558	17,9	48,4	22,3	0	7,0	8,1	10,2
2901	AMANDE ANZA	554	29,2	42,4	24,1	0		6,5	1,1
3201	HUILE ARACHIDE	884	0,0	100,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
3301	HUILE PALME RAFFINE	875	0,0	98,9	0,0	0	0,0	0,0	0,0

3501	SUCRE	375	0,0	0,0	100,0	0	0,0	0,0	0,0
3502	BONBONS	382	0,0	0,0	98,7	0	0,0	0,2	0,0
3601	SEL	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,1	0,0
3602	NATRON	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
3603	AROME	252	18,5	21,3			0,0	4,9	0,4
4101	SOUCHET	452	4,0	25,3	56,9	0	0,0	3,2	1,2
4201	MANIOC FRAIS	149	1,2	0,2	35,7	0	54,0	1,9	0,6
4202	MANIOC FARINE	351	1,0	1,1	84,2	0	0,0	1,6	1,1
4301	POMME DE TERRE FRAICHE	82	1,7	0,1	18,9	0	4,0	1,1	0,4
4402	PATATE DOUCE BLANCHE	121	1,6	0,2	28,5	0	5,8	2,0	0,2
4403	PATATE DOUCE JAUNE	121	1,6	0,2	28,5	0	300,0	2,0	0,2
5101	TOMATE FRAICHE	21	1,0	0,2	4,8	0	74,0	0,6	0,1
5102	TOMATE SECHEE	245	12,1	2,0	55,8	0	349,0	7,3	1,7
5103	TOMATE CONCENTREE	43	1,8	0,1	10,6	0	156,0	3,0	0,8
5201	GOMBO FRAIS	36	2,1	0,2	8,2	0	19,0	0,6	0,5
5202	GOMBO SEC Poudre	282	10,7	0,8	69,7	0	251,0	5,2	5,1
5301	PIMENT SEC	346	12,5	11,5	61,5	0	4162,0	16,7	1,0
5401	POIVRON SEC	331	12,8	11,9	56,2	0	1382,0	8,7	0,7
5501	OIGNON FRAIS	41	1,2	0,1	9,6	0	0,0	0,8	0,2
5502	OIGNON SEC	320	9,4	0,8	75,1	0	0,0	6,2	1,5
5601	AIL FRAIS	131	5,2	0,1	30,2	0	0,0	1,7	1,2
5701	COURGE FRAICHE	23	1,0	0,1	5,5	0	530,0	1,4	0,3
6101	CASSIA TORA FEUILLES FRAICHES	60	5,6	0,2	12,5	0	1013,0	5,9	0,7
6102	GYNANDROPIS FEUILLES FRAICHES	41	4,2	1,0	6,3	0	1276,0	4,2	0,4
6103	NIEBE FEUILLES FRAICHES	44	4,7	0,3	8,3	0	728,0	5,7	1,0
6104	CORETE FEUILLES FRAICHES	58	4,5	0,3	12,4	0	1066,0	8,1	0,4
6105	CERATOTHECA FEUILLES FRAICHES	54	4,2	0,5	11,0	0	3210,0	15,1	0,2
6106	LEPTEDENIA FEUILLES FRAICHES	54	4,9	0,2	11,3	0	100,0	20,7	0,4
6107	AMARANTHE (LANJE) F. FRAICHES	43	4,0	0,9	7,1	0	1278,0	1,7	0,9
6108	MORINGA FEUILLES FRAICHES	78	8,2	0,6	14,7	0	1325,0	11,4	0,7
6109	OSEILLE FEUILLES FRAICHES	43	3,3	0,3	9,2	0	1525,0	4,8	0,3
6110	MAERUA (HASU) F. FRAICHES	60	5,4	0,6	11,7	0	1244,0	7,7	0,4
6111	OIGNON FEUILLES FRAICHES	22	1,3	0,1	4,9	0	798,0	0,2	0,2
6112	GOMBO FEUILLES FRAICHES	56	4,4	0,6	11,3	0	122,0	0,7	1,8
6113	TSAIDA FEUILLES FRAICHES	70	5,4	0,6	14,6	0	510,0	5,3	0,7
6114	SANGAMA FEUILLES FRAICHES	53	3,9	0,4	10,3	0	1411,0	8,7	0,7
6115	RAMA FEUILLES FRAICHES	53	2,8	0,6	11,6	0	1027,0	4,7	6,3
6116	FEUILLES PATATE DOUCE	49	4,6	0,2	10,2	0	1885,0	6,2	1,2
6201	CASSIA TORA FEUILLES SECHES	261	24,2	2,2	51,4	0	2712,0	8,0	3,1
6202	CORETE FEUILLES SECHES	239	19,0	1,6	50,1	0	2515,0	48,7	2,4
6203	BAOBAB FEUILLES SECHES	282	12,3	3,1	63,2	0	861,0	32,6	2,0

6204	MORINGA FEUILLES SECHES	272	22,7	2,6	54,7	0	1784,0	24,9	2,3
6205	OSEILLE FEUILLES SECHES	276	4,9	0,9	74,0	0	2872,0	21,9	2,5
6206	MAERUA (HASU) F. SECHES	358	26,0	4,1	54,2	0	1564,0	32,9	1,5
6207	OIGNON FEUILLES SECHES (GABA)	279	16,5	1,2	60,8	0	2820,0	5,2	5,1
6208	GOMBO FEUILLES SECHES	266	15,7	2,4	58,7	0	2780,0	29,8	8,7
6209	OSEILLE CALICES SECS	258	8,2	0,3	65,9	0	457,0	12,2	2,9
6210	CERATOTHECA FEUILLES SECHES	259	19,9	2,6	52,9	0	3681,0	10,4	3,7
7101	MANGUES FRAICHES	60	0,6	0,2	15,8	0	400,0	1,2	0,1
7201	GOYAVES FRAICHES	64	1,1	0,4	15,7	0	49,0	1,3	0,6
7301	PAPAYES FRAICHES	32	0,4	0,1	8,3	0	50,0	0,6	0,1
7401	DOUM SEC	296	2,6	0,4	79,0	0	0,0	5,0	1,8
7501	DATTES FRAICHES	142	1,6	0,6	36,6	0	483,0	6,0	0,3
7502	DATTES SECHES	293	2,7	0,6	77,6	0	5,0	9,4	0,5
7601	CITRON FRAIS	29	0,7	0,4	8,8	0	0,0	0,5	0,1
7701	FARINE PARKIA BIBLOBOSA	328	4,6	1,1	84,3	0	423,0	2,8	2,0
7801	DATTE DU DESERT	275	5,0	0,1	71,5	0	0,0	3,1	
8101	LAIT VACHE ENTIER FRAIS	79	3,8	4,8	5,4	27	13,3	0,0	0,4
8102	LAIT VACHE ECREME CAILLE	39	3,5	0,8	4,4	0	0,0	0,1	0,1
8103	LAIT CONCENTRE ENTIER	321	7,9	8,7	54,4	81	1,0	0,2	0,9
8104	LAIT EN POWDRE ENTIER	496	26,3	26,7	38,4	280	23,0	0,5	3,3
8201	LAIT CHEVRE ENTIER FRAIS	84	3,4	4,9	7,0	25	0,0	0,1	0,3
8202	LAIT CHEVRE CAILLE	39	3,5	0,8	4,4	0	0,0	0,1	0,1
8301	LAIT BREDIS ENTIER FRAIS	100	5,9	7,0	3,5	42	0,0	0,1	0,5
8302	LAIT BREBIS CAILLE	39	3,5	0,8	4,4	0	0,0	0,1	0,1
8401	FROMAGE LAIT VACHE	340	24,4	26,0	1,9	291	26,0	0,2	3,5
8402	FROMAGE LAIT CHEVRE	206	11,1	17,5	1,2	129	36,8	0,2	3,5
8403	FROMAGE LAIT BREDIS	206	11,1	17,5	1,2	129	36,8	0,2	3,5
8501	LAIT CHAMELLE ENTIER	63	2,0	4,1	4,7	95	0,0	0,2	0,1
8502	LAIT CAILLE CHAMELLE	39	3,5	0,8	4,4	0	0,0	0,1	0,1
8601	BEURRE DE VACHE	685	0,0	77,3	1,5	140	112,5	0,4	0,1
8602	BEURRE DE CHEVRE	685	0,0	77,3	1,5	140	112,5	0,4	0,1
9101	VIANDE BOEUF	237	18,2	17,7	1,0	24	0,8	3,6	10,8
9102	VIANDE BOEUF GRILLEE	172	27,2	15,0	0,0	0	0,0	2,5	6,0
9201	VIANDE CHEVRE	179	18,0	11,3	1,0	0	0,0	2,3	4,0
9202	VIANDE CHEVRE GRILLEE	143	27,1	3,0	0,0	0	0,0	3,7	5,3
9203	CERVEAU CHEVRE	273	17,0	22,2	0,0	0	0,0	2,0	2,0
9301	VIANDE MOUTON	277	16,2	22,7	0,0	10	0,0	2,0	2,4
9302	VIANDE MOUTON GRILLEE	277	16,2	22,7	0,0	0	0,0	2,1	6,5
9401	VIANDE POULET	139	14,5	6,5	0,0	75	10,0	1,1	1,1
9501	VIANDE PINTADE	110	20,6	2,5	0,0	12	0,0	0,8	1,2
9601	OEUFS POULES	140	11,8	9,6	0,6	91	0,0	2,6	5,9

9602	OEUFS PINTADES	140	11,8	9,6	0,6	91	0,0	2,6	5,9
9701	FOIE BEOUF	143	19,0	4,7	5,0	810	30,0	10,0	5,9
9702	FOIE CHEVRE	220	30,6	8,8	2,5	7490	0,0	8,3	7,9
9703	FOIE MOUTON	220	30,6	8,8	2,5	7490	0,0	8,3	7,9
9704	FOIE POULE	157	24,4	5,5	0,9	8235	3,0	8,5	4,3
9705	FOIE PINTADE	157	24,4	5,5	0,9	8235	3,0	8,5	4,3
9706	FOIE OISEAUX	157	24,4	5,5	0,9	8235	3,0	8,5	4,3
9801	CRICQUET GRILLE	420	62,2	10,4	15,8				

ANNEXE IV

BESOINS NUTRITIONNELS QUOTIDIENS UTILISÉS DANS L'ÉTUDE NIGER

	Besoins		Commentaires
Énergie	2-3 ans :	1350 kcal (5700kJ)/0,95	Source : FAO/OMS/UNU (1986)
	3-5 ans :	1550 kcal (6500kJ)/0,95	Besoins basés sur le poids corporel médian acceptable pour la tranche d'âge.
	5-7 ans (G) :	1850 kcal (7700kJ)/0,95 (F) : 1750 kcal (7300kJ)/0,95	La digestibilité de la ration est d'environ 95% du à la haute teneur en fibres.
Protéines	2-3 ans :	15,5 g/(0,85 x 0,67)	Source : FAO/OMS/UNU (1986)
	3-5 ans :	17,5 g/(0,85 x 0,67)	Apport de sécurité basé sur le poids corporel médian acceptable pour la tranche d'âge.
	5-7 ans :	21 g/(0,85 x 0,67)	Digestibilité : 85% Indice chimique : 67%
Fer	2-6ans :	14 mg	Source : FAO/OMS (1989) Besoins de base incluant la variabilité
Vitamine A	400 µg d'équivalents-rétinol (ER)		Source : FAO/OMS (1989) Apport de sécurité
Zinc	16 mg	15,5 mg	Source : Sandstead (1991)
			La biodisponibilité du Zn dans la ration est estimé à 10%

ANNEXE V

VALEURS ESTIMÉES DE LA DISTRIBUTION DES BESOINS ALIMENTAIRES

Nutriment	Besoin moyen corrigé ± écart-type	CV ^d (%)
Protéines^a	2-3 ans : 21,6g ± 2,7 3-5 ans : 25,5g ± 3,2 5-7 ans : 29,7g ± 3,7	12,5%
Fer^b	11 ± 1,7 mg/J	15%
Vitamine A^b	286±57 ER/J	20%
Zinc	Garçon : 12,8mg ±1,6 ^c Filles : 12,4 ± 1,6	12,5%

a) FAO/OMS/UNU (1986)

b) FAO/OMS (1989)

c) Valeur estimée à partir des ANR (Sandstead,1991) et du coefficient de variation utilisé par Murphy (1992).

d) CV = coefficient de variation